

Научно- исследовательский радиофизический институт



Результаты научной деятельности
ФГНУ НИРФИ
за 2008 год

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ
федеральное государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский радиофизический институт»
(ФГНУ НИРФИ)

Препринт № 527

Результаты научной деятельности ФГНУ НИРФИ
за 2008 год

Нижний Новгород

2009

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГНУ НИРФИ
ЗА 2008 ГОД

// Препринт №527. – Нижний Новгород: ФГНУ НИРФИ, 2009. –
с.76

УДК 501

В препринте приведены итоги работы ФГНУ НИРФИ в
2008 году.

© Научно-исследовательский радиофизический институт, 2009



В препринте изложены основные результаты деятельности федерального государственного научного учреждения “Научно-исследовательский радиофизический институт” в 2008 году.

В 2008 г. проведена аттестация всех сотрудников института, осуществлен переход на новую систему оплаты труда, утверждена новая структура института, разработан и утвержден новый Устав института, укреплены структуры, связанные с управлением и хозяйственной деятельностью.

Итоги научной деятельности

В 2008 г. в ФГНУ НИРФИ выполнялись 56 НИР, из них:

1 НИР – по тематическому плану,

1 НИР – по госконтракту с Роснаукой от 18 апреля 2007 г. № 02.518.11.7067 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» (мероприятие 1.8 Программы по теме «Развитие технологий мониторинга верхней атмосферы Земли с использованием уникальной установки СУРА по активному зондированию окружающей среды» (шифр 2007-7-1.8-00-05-046),

3 НИР – по контрактам в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2015 годы»,

22 НИР – по грантам РФФИ,

29 НИР – по хозяйственным договорам.

При выполнении работ по тематическому плану 2008 года получены следующие основные результаты:

1. Разработана и реализована новая схема измерений магнитных полей солнечной фотосферы по эффекту Зеемана. Особенность этой схемы заключается в применении созданного анализатора поляризации параллельного типа.

Был решен ряд сопутствующих задач, связанный с разработкой нового алгоритма определения магнитного поля по данным измерения интенсивности в 6 различных состояниях поляризации во всех спектральных точках профиля используемой магнитоактивной линии:

- совмещение изображений, соответствующих одному и тому же элементу на Солнце и на спектре во всех шести изображениях спектра, соответствующих разным поляризациям;
- учет всех видов фоновых излучений, аберраций и дефокусировки;
- учет световой проницаемости всей стопы оптических элементов от входного окна до светочувствительного элемента ПЗС-камеры;
- автоматическая компенсация видимого перемещения изображения солнечного диска.

2. Решена задача получения точных карт распределения магнитного поля в солнечной атмосфере созданием широкополосного гида в сочетании с адекватной системой управления телескопом для высокоточной привязки данных измерений к гелиофизическим координатам солнечной атмосферы.

Разработанный спектромагнитограф с параллельным спектрально-поляризационным анализом излучения был установлен на башенном солнечном телескопе ИЗМИРАН и прошел пробные испытания. Спектромагнитограф обеспечил чувствительность измерений для продольного магнитного поля $\sim 3\text{--}5$ Гс; для поперечного $\sim 20\text{--}30$ Гс; для лучевых скоростей ~ 10 м/сек, а также дал возможность применять разные алгоритмы измерения вектора магнитного поля, в частности, алгоритм Бэбкокка и метод Фурье-преобразований.

Работы ФГНУ НИРФИ по развитию методов абсолютных измерений вектора магнитного поля будут продолжены с целью создания варианта магнитографа для работы в условиях дальнего

космоса. Ведется совместно с ИЗМИРАН и ЦНИИМаш проработка вопросов создания солнечного вектор-магнитографа на основе разработанной новой схемы измерения магнитных полей для гелиофизических исследований в ближайшей окрестности Солнца. В настоящее время решается вопрос о переходе работы в стадию НИОКР по созданию прибора «Солнечный вектор-магнитограф» для размещения его на борту «Гелиозонда» с целью измерений солнечных магнитных полей в солнечной фотосфере с расстояний ~ 30 радиусов Солнца.

3. Предложен и экспериментально опробован новый метод локации магнитосферы с целью управления распространением магнитосферных низкочастотных радиоволн, заключающийся в использовании мощного КВ-излучения для создания возмущений в F-области ионосферы, которые являются причиной возникновения областей повышенной плотности – «дактов», обеспечивающих волноводное распространение низкочастотных сверхдлинных радиоволн (СДВ) связанных радиостанций. При этом:

- выполнен обзор исследований высыпания электронов из радиационных поясов при их взаимодействии с излучением мощных наземных ОНЧ-передатчиков и линий электропередач;
- рассмотрена задача о создании искусственного ионосферного источника низкочастотных излучений при зондировании окружающей среды;
- проведены исследование свойств искусственных ионосферных возмущений с помощью космических аппаратов и наземных методов зондирования;
- исследование возможности захвата радиоизлучения СДВ радиостанции в магнитосферный волновод.

Проведенный сравнительный анализ различных методов и систем для изучения излучения низкочастотных радиоволн в магнитосферу с целью воздействия на энергичные частицы радиационных поясов показал, что предлагаемый метод обладает преимуществами по сравнению с другими методами. Предварительные эксперименты по реализации предложенного метода (захват радиоизлучения СДВ-радиостанции ГОЛИАФ в магнитосферный волновод, создаваемый при нагреве ионосферы излучением станда СУРА) не имеют аналогов в мире.

Таким образом, исследован и реализован новый метод распространения СДВ радиоволн – созданием искусственного магнитосферного дакта. Магнитосферный канал представляет новую возможность эффективной доставки сигнала от СДВ-радиостанции на дальние расстояния, что необходимо для использования в специальных системах связи и управления объектами военно-морского флота.

Обсуждаемая система имеет также перспективу применения для очистки радиационных поясов, где происходит дальнейшее распространение СДВ, от повышенного в результате ядерного взрыва содержания энергичных электронов и, таким образом, обеспечения безопасности полетов низкоорбитальных ИСЗ.

4. Развита метод комплексной дистанционной диагностики состояния и структуры области искусственной турбулентности ионосферной плазмы, создаваемой мощной радиоволной над нагревным стендом СУРА, основанный на измерении характеристик искусственного радиоизлучения ионосферы и широкополосных пробных КВ-радиосигналов при их распространении через возмущенную область.

В рамках работы:

- разработана и обоснована методика использования различных временных режимов для создания возмущенной области ионосферы и ее зондирования с помощью измерений вторичного искусственного радиоизлучения ионосферы (далее ИРИ) из области генерации турбулентности, и широкополосных пробных радиосигналов;
- выполнена комплексная диагностика пространственной структуры области низкочастотной верхнегибридной турбулентности с помощью диагностического ИРИ, широкополосных пробных радиосигналов и выполнения модельных расчетов;
- проведен высотный мониторинг инкрементов развития и декрементов затухания высокочастотных верхнегибридных плазменных мод по измерениям времен развития и релаксации диагностического ИРИ;
- построена морфологическая модель характеристик различных спектральных компонент ИРИ для широкого

диапазона частот волны накачки, включая области гирогармоник электронов;

- проведена экспериментальная апробация нового метода зондирования возмущенной области ионосферы с помощью пространственно-разнесенного приема широкополосных пробных радиосигналов для определения пространственного поля скоростей вертикальных и горизонтальных дрейфов плазмы в области турбулентности.

В экспериментальных исследованиях при разработке метода использовано новое трехканальное широкополосное радиоприемное устройство КВ диапазона, сопряженное с системой цифровой обработки сигнала на промежуточной частоте 2500 кГц в полосе до 500 кГц и динамическим диапазоном 90 дБ, что позволило повысить временное и частотное разрешение измерений ИРИ и осуществить детальные исследования вариаций амплитуды, фазы и доплеровского смещения частоты для различных спектральных компонент широкополосного пробного радиосигнала на сетке частот с шагом в 1 кГц в диапазоне до 1 МГц и, таким образом, выделить и оценить ряд новых эффектов в ионосферной плазме при воздействии на нее мощным радиоизлучением.

Результаты проведенных комплексных исследований позволили расширить границы разрабатываемого метода изучения процессов в турбулентной плазме и перспектив совершенствования методов распространения радиоволн КВ диапазона в ионосфере Земли как искусственно турбулизованной, так и возмущенной по естественным причинам.

- 5.** Развѣт метод измерения характеристик искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ), создаваемой мощным радиоизлучением КВ-диапазона, на высотах внешней ионосферы Земли ($h \geq 600$ км) с использованием диагностической аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли (ИСЗ).

Измерения характеристик ИИТ, создаваемой мощным КВ излучением нагревного стенда СУРА на высотах внешней ионосферы Земли, проводились с использованием научной аппаратуры, размещенной на борту орбитального французского микро ИСЗ DEMETER и американского ИСЗ серии DMSP. Были также разработаны программы для обработки полученных

данных для различных инструментов ИСЗ DEMETER и DMSP. Выполненные экспериментальные исследования привели к обнаружению искусственно создаваемых дактов плотности.

При этом:

- определены экспериментальные условия, при которых наблюдалось появление дактов на высотах внешней ионосферы Земли;
- впервые получены экспериментальные данные о пространственных спектрах электрического и магнитного полей СДВ диапазона в искусственно созданных дактах при воздействии мощного радиоизлучения и проведен качественный анализ спектральных характеристик этих полей.

Выполнены также измерения характеристик вариаций плотности плазмы при просвечивании внешней ионосферы сигналами навигационных ИСЗ GPS, GLONASS и «Парус», что позволяет исследовать детально структуру внешней ионосферы в различных частях спектра ИИТ и определить особенности ее генерации в области магнитного зенита.

Основным результатом проведенных исследований является разработка методики использования диагностической аппаратуры, установленной на ИСЗ, а обнаружение дактов плотности во внешней ионосфере при воздействии мощным радиоизлучением КВ-диапазона открывает новые перспективы для искусственного каналирования сверхдлинных волн на дальние расстояния, как отмечалось выше, и также может быть в конечном итоге направлено на разработку и тестирование в натуральных условиях космических систем связи и навигации.

6. Разлит метод мониторинга влияния акустических волн в атмосфере на каналы радиосвязи.

В работе:

- исследовано возбуждение акустических (объемных и поверхностных) волн в атмосфере зависящими от времени силами, произвольным образом распределенными как по земной поверхности (сейсмические вибраторы), так и в подповерхностных слоях Земли (различные модели очагов землетрясений);

- получены необходимые выражения и разработан комплекс компьютерных программ для расчета полей и энергетических характеристик различных типов сейсмоакустических волн, создаваемых поверхностными и подповерхностными источниками. Программы написаны на языке Фортран-77 и реализованы на персональном компьютере типа IBM PC;
- установлено, что при работе мощных сейсмовибраторов, а также при землетрясениях, в атмосфере могут возбуждаться акустические волны, способные достигать высот несколько десятков километров. Прохождение таких волн может быть зарегистрировано по изменениям характеристик радиосигналов;
- показано, что поверхностные волны Стонели не могут эффективно возбуждаться на границе раздела Земля – атмосфера, и, следовательно, не могут воздействовать на верхние слои атмосферы и на каналы радиосвязи;
- проведены расчеты и оценки, показывающие устойчивость каналов радиосвязи к воздействию невзрывных источников (землетрясений, сейсмовибраторов и т.д.) акустических колебаний, при этом возможность критического воздействия на верхние слои атмосферы с помощью процессов, сопровождающихся интенсивным энерговыделением, нуждается в дополнительном исследовании.

Таким образом, проведенные теоретические исследования, созданный программный комплекс компьютерных программ и сделанный с их помощью анализ составили основу метода по оценке эффективности акустического воздействия на ионосферу, и, тем самым, на каналы радиосвязи.

7. Развита метод радиолокационной длиннобазовой интерферометрии (РСДБ-локации) космических тел, предназначенный для точного определения траекторий движения объектов Солнечной системы, периода их вращения и ориентации в пространстве.

В работе продолжено развитие методической, программной и технической базы метода РСДБ-локации в приложении к задаче мониторинга околоземного космического пространства:

- развита методика преобразования и обработки РСДБ-информации для решения задачи точного измерения координат искусственных космических объектов, находящихся на высотных и сильноэллиптических орбитах спутников Земли;
- предложена и апробирована процедура аппроксимации спектральных откликов интерферометрического комплекса функцией Гаусса для повышения точности частотных измерений;
- разработана структурная схема центра корреляционного анализа, выполняющего следующие функции: накопление данных, синхронизация потоков, первичная и вторичная обработка данных РСДБ-локации, архивирование результатов корреляционной обработки;
- усовершенствованы алгоритмы первичной и вторичной обработки данных РСДБ-локации объектов космического мусора;
- выполнена обработка результатов экспериментов по РСДБ-локации 2006 и 2007 годов на основе разработанных методик и алгоритмов.

Метод РСДБ-локации предназначен для решения актуальной прикладной задачи – контроля околоземного космического пространства с целью обнаружения, определения параметров движения и каталогизации искусственных и природных космических объектов, потенциально опасных для Земли. К таким объектам, в первую очередь, относятся объекты «космического мусора» (выработавшие ресурс спутники, ступени ракет и т.д.), а также астероиды и кометы, сближающиеся с Землей.

Обработанные результаты экспериментов 2006-2007 годов явились новым этапом в совершенствовании метода РСДБ-локации. Впервые были получены и успешно обработаны эхо от астероида, планет земной группы. Особо следует отметить определение орбитальных параметров объектов «космического мусора» и получение данных об их физических характеристиках. Были исследованы, в том числе, и несколько фрагментов «космического мусора» с экстремально большим отношением площади к массе, а также малоразмерные объекты на высокоэллиптических орбитах. Точные измерения параметров орбит фрагментов космического

мусора весьма важны для построения прогнозов безопасного функционирования космических аппаратов в околоземном космическом пространстве.

В сентябре 2008 года проведена очередная РСДБ-сессия по локации объектов космического мусора на базе международной низкочастотной интерферометрической сети LFVN. Результаты экспериментов в настоящее время обрабатываются на корреляторе «НИРФИ-3».

По итогам года 3 результата исследований направлены в годичный отчет РАН и 15 результатов – в Научные советы РАН: Эти результаты вошли в содержание данного препринта. В препринте также представлены результаты, направленные отделами в отчет института.

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

Осуществлялись работы в рамках международной научно-технической и внешнеэкономической деятельности:

1. В 2008г. часть исследований на стенде СУРА проводились в кооперации с зарубежными научными центрами:
 - IRF (Швеция), теоретические исследования нелинейных явлений в поле мощного КВ радиоизлучения;
 - LPCE (Франция), эксперименты СУРА – ДЕМЕТЕР.
2. Продолжилась кооперация с фирмой Stolar Research Corporation (USA) по вопросам, связанным с дегазацией угольного метана и интенсификацией дегазации с помощью акустических полей. Результатом кооперации в настоящий момент является совместный грант МНТЦ (№2590р), который начался 01.12.2006,
3. Совместно с японскими коллегами (The University of Electro-Communications, Chofu, Tokio, Japan) были осуществлены дальнейшие эксперименты по радарному зондированию грозовых систем с последующей фрактальной обработкой данных.

4. Институт участвует в международной группе «LIGO-collaboration» по созданию лазерного детектора гравитационных волн (LIGO, Университет Флориды, США).
5. Выполнялись совместные работы по корональной сейсмологии в University of Warwick, Ковентри, Великобритания.
6. Выполнялись совместные работы по тонким спектральным и временным структурам в Обсерватории Пурпурной горы, Нанкин, Китай.
7. Выполнялись совместные работы по проблеме ускорения в солнечных вспышечных петлях в Радиообсерватории Нобеяма, Нагано, Япония.
8. Выполнялись совместные с NJIT (США) работы по анализу динамики частотного спектра широкополосного микроволнового излучения солнечных вспышек.
9. Сотрудники института принимали участие в организации и проведении сеансов наблюдений международной РСДБ-сети (LFVN) VLBR 08.1 с 3 по 12 сентября 2008 г. – на пунктах Вентспилс (Латвия, радиотелескоп РТ-32) и в Центре дальней космической связи в Евпатории (Украина, радиотелескоп РТ-70) совместно с зарубежными организациями: НЦУИКС, РИНАНУ, КРАО (Украина), Институт радиоастрономии (Италия, радиоастрономические обсерватории в Ното и Медичине), VIRAC (Латвия), Национальная обсерватория Китая (Урумчи, Китай).

Опубликовано 42 статьи в российских и зарубежных журналах, 66 докладов в трудах конференций и симпозиумов, 62 тезиса докладов и издано 7 препринтов.

Изданы монографии:

1. Яковлев О. И., Якубов В. П., Урядов В. П., Павельев А. Г. Распространение радиоволн. М.: изд. URSS, 2008г., - 496с.
2. Урличич Ю. М., Гусев Л. И., Леонов М. С., Селиванов А. С., Круглов А. В., Молотов Е. П., Ватутин В.М., Богуславская Н. Е., Молчанов К. В., Чистов Э. Г., Ржига О. Н., Зайцев А. Л., Ефимов А. И., Молотов И. Е., Дугин Н. А., Каневский Б. З. Радиотехнические комплексы для управления дальними космическими аппаратами и для

научных исследований. /Под ред. Е. П. Молотова. - М.: Физматлит, 2007, 232 стр.

Сотрудники института принимали участие в 30 российских и международных конференциях.

Институт участвовал в 3-х выставках:

1. Выставка «Инновации нижегородцев – экономике региона», 09-11.12.2008г., г.Н.Новгород, ЗАО «Нижегородская ярмарка».

Был представлен стенд «Разработка оптических технологий контроля деталей машиностроения», экспонировались опытные образцы источника тока для сварки и пайки, был представлен прибор «Портативный трехчастотный»ПРИНТ-3», зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений под №24194-02 и служащий как для определения толщины пленки нефтепродукта в диапазоне от 0.2 мм до 12 мм, так и объема нефтепродукта в пятне разлива. Получены дипломы участников выставки.

2. Выставка MINE EXPO'08 Las Vegas, Nevada, USA. Экспонат – скважинный гидродинамический вибратор НЛМС.302669.001.

3. Международная выставка «Авиакосмические технологии и оборудование. Казань-2008», 12-15 августа 2008 г., на территории ОАО «Казанская ярмарка».

По итогам выставки заключены предварительные договоры о намерениях с пятью предприятиями аэрокосмической отрасли. Получен сертификат об участии ФГНУ НИРФИ в данной выставке.

23 сотрудника института занимаются учебной и преподавательской работой в вузах и техникумах Нижнего Новгорода.

В 2008 г. ФГНУ НИРФИ заключил Договор о сотрудничестве с автономной некоммерческой образовательной организацией «Нижегородский колледж теплоснабжения и автоматических систем управления» с целью участия института в повышении качества образовательных услуг, удовлетворения требований современного рынка труда к уровню подготовки специалистов, совершенствования подготовки квалифицированных технических кадров в областях приоритетных научных направлений: информационно-телекомму-

никационные технологии, энергетика и рациональное природопользование.

Отдел аспирантуры проводил образовательную деятельность (8 аспирантов и соискателей) 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).

Молодые сотрудники и аспиранты института в 2008 году получили:

Дерябин М.С. – диплом за лучший доклад молодого специалиста на XX Сессии Российского Акустического общества.

Дерябин М.С. – стипендию Американского акустического общества.

Бархатова О.М. – именную стипендию для аспирантов имени Г.А.Разуваева 2008-2009 г.

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

Впервые в натуральных условиях ветрового волнения одновременно измерены отражательная способность и температура граничного пленочного слоя морской поверхности по интенсивности излучений морской поверхности и атмосферы в ИК диапазоне. Обнаружено, что в натуральных условиях отражательная способность и определенная по ней мнимая часть диэлектрической проницаемости пленочного слоя изменчивы и меньше (в 1.5-2.5 раза) величин, полученных для морской воды в лабораторных измерениях, которую используют в стандартных методиках определения температурных полей океана. Следствием натуральных измерений является обнаружение смеси воды и микропузырьков воздуха под пленкой поверхностного натяжения, по крайней мере, в слое толщиной порядка 10 мкм, что объясняет полученный результат.*

И. Т. Бубукин, К. С. Станкевич

Впервые в натуральных условиях морского волнения проведены одновременные измерения отражательной способности и температуры морской поверхности по данным дистанционных измерений интенсивности излучений морской поверхности и атмосферы в ИК диапазоне. В результате измерений обнаружено, что в натуральных условиях отражательная способность меньше величины, полученной для морской воды в лабораторных измерениях, которую используют в стандартных методиках определения температурных полей океана. Кроме того, отражательная способность морской поверхности в натуральных условиях может быть изменчивой величиной. Это необходимо учитывать в тепловом балансе притока и потери тепла природными средами, что является важным процессом, влияющим на формирование климата.

Измерения стали возможны в результате создания метода одновременных дистанционных радиофизических измерений коэффициента отражения морской поверхности и температуры воды в натуральных условиях морского волнения, отличающегося повышенной

* Результат направлен также в Научный совет РАН по распространению радиоволн

точностью. Метод основан на абсолютных измерениях интенсивности излучения морской поверхности, отражающей излучение атмосферы известной, но изменяющейся мощности. Коэффициент отражения морской поверхности определяется по корреляционной зависимости между интенсивностями излучения морской поверхности и атмосферы, а по известной интенсивности излучения морской поверхности и коэффициенту отражения вычисляется температура воды в скин-слое, внутри поверхностной температурной плёнки.

Следствием натурных измерений является обнаружение смеси воды и микропузырьков воздуха под пленкой поверхностного натяжения, по крайней мере, в слое толщиной порядка 10 мкм, соответствующем скин-слою ИК диапазона в интервале 8-14 мкм, что объясняет полученный результат.

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

Представляемый научный результат относится к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники: "Рациональное природопользование: технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы". Созданный метод может быть рекомендован для развития технологий подспутниковой радиометрии, расширения спектра получаемых космическими средствами данных в исследованиях Мирового океана и валидации этих данных.

Основные публикации:

Бубукин И. Т., Станкевич К. С. Дистанционная диагностика пленочного слоя морской поверхности в ИК-диапазоне. // Изв. РАН. сер Физика атмосферы и океана. 2008. в печати.

Бубукин И. Т., Станкевич К. С. Натурные измерения отражательной способности пленочного слоя морской поверхности в ИК-диапазоне. // Труды XXII Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн.» Т.3, С.116-119.

Рекомендован Научным Советом РАН по распространению радиоволн в годичный отчет РАН.

На основе микроволновых наблюдений с высоким пространственным разрешением впервые установлено, что во вспышечных петлях может реализоваться как поперечная, так и продольная анизотропия пич-углового распределения ускоренных электронов.

Для определения типа анизотропии и места ускорения электронов в конкретной вспышечной петле развит метод, основанный на зависимости характеристик распределения яркости, частотного спектра и поляризации гиротронного излучения от типа и степени анизотропии среднерелятивистских электронов.

Определение места ускорения и наличия поперечной или продольной анизотропии распределения электронов в конкретной вспышечной петле важно для выбора между альтернативными механизмами и моделями ускорения электронов.*

В. Ф. Мельников, В. Э. Резникова, С. П. Горбиков, Н. П. Пятаков (ФГНУ НИРФИ), А. Т. Алтынцева (ИСЗФ СО РАН), Г. Д. Флейшман (ФТИ РАН), К. Shibasaki (Nobeyama Radio Observatory, Япония).

Среди нерешенных проблем солнечных вспышек остаётся проблема ускорения электронов. В частности, до сих пор не установлено, где локализована область ускорения – в вершине петли (каспе) или вблизи оснований петли – или ускорение идет однородно по всей вспышечной петле. Совсем мало известно об анизотропии ускоренных электронов: изотропное, анизотропное вдоль петли, анизотропное поперёк петли? В то же время существующие механизмы и модели ускорения частиц во вспышках (ускорение в токовых слоях, в скрученных петлях, стохастическое ускорение, ускорение на ударных волнах и бетатронное ускорение) предполагают вполне определенную локализацию и анизотропию ускоренных электронов.

Задача выбора между альтернативными теоретическими моделями может быть решена только на основе наблюдений. Одним из самых плодотворных методов решения задачи выбора является исследование радиоотклика на процессы во вспышечных петлях. Существенным стало появление в конце 90-х годов радиогелиографов с высоким пространственным разрешением (ССРТ, NoRH). Однако, до последнего времени не было теоретических разработок по кинетике нетепловых электронов во вспышечной петле и по их гиротронному излучению. Не были исследованы пространственная

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

структура и динамика интенсивности, поляризации и спектра микроволнового излучения в оптически тонкой области спектра. К настоящему времени в результате цикла работ авторов [1-6] произошел заметный положительный сдвиг.

1) Развита теория гиросинхротронного излучения электронов с анизотропными распределениями по питч-углу [2]. Показано, что рост степени поперечной анизотропии питч-углового распределения электронов приводит к увеличению степени поляризации и наклона частотного спектра гиросинхротронного излучения из оптически тонкого радиоисточника при его наблюдении в квазипродольном (к магнитному полю) направлении. Рост продольной анизотропии приводит к аналогичному эффекту в наклоне частотного спектра, но при наблюдении в квазипоперечном направлении. Более того, мода поляризации в случае с продольной анизотропией изменяется на обратную – с необыкновенной на обыкновенную.

2) Разработаны нестационарные модели, описывающие динамику энергетического спектра, питч-углового и пространственного распределения электронов вдоль магнитной петли на основе решения кинетического уравнения Фоккера-Планка [3-5].

3) Проведен подробный анализ распределений радиояркости, наклона частотного спектра и поляризации вдоль вспышечных петель для ряда солнечных вспышек. В итоге было впервые показано, что в значительной части событий во вспышечных петлях реализуется питч-угловое распределение с поперечной анизотропией [1, 3-4]. Наличие продольной анизотропии во вспышечной петле было убедительно доказано для вспышки 10 марта 2001г [6].

В результате этих работ задача выбора между альтернативными теоретическими механизмами и моделями ускорения электронов в конкретных солнечных вспышках на основе изучения их радио отклика стала актуальной и вполне осуществимой.

Основные публикации:

1. Melnikov V.F., Shibasaki K. and Reznikova V.E. Loop-top nonthermal microwave source in extended solar flaring loops. – *ApJ (Letters)*, 2002, V.580, pp.L185-L188.
2. Fleishman G.D., Melnikov V.F. Gyrosynchrotron Emission from Anisotropic Electron Distributions. // *ApJ*. 2003. V. 587. P. 823–835.
3. Мельников В.Ф., Горбиков С.П., Резникова В.Э., Шибасаки К. Распределение релятивистских электронов в солнечных вспышечных петлях. - *Известия РАН. Серия Физическая*. 2006, Т. 70, No.10, СС.1472-1474.
4. Melnikov V.F. Electron Acceleration and Transport in Microwave Flaring Loops (Invited review). // In "Solar Physics with the Nobeyama Radioheliograph", Proc. Nobeyama Symposium (Kiosato, 26-29 October 2004), Ed. K.Shibasaki, NSRO Report No.1, p.9-20, 2006
5. Горбиков С.П., Мельников В.Ф. Численное решение уравнения Фоккера-Планка в задачах моделирования распределения частиц в солнечных магнитных ловушках.- *Математическое моделирование*. 2007, Т.19, №2, СС.112-122
6. Altyntsev A.T., Fleishman G.D., Huang G.-L., and Melnikov V.F. Broadband microwave burst produced by electron beams. - *Astrophysical J*. 2008, V.677, Issue 2, pp. 1367-1377.

Показана принципиальная возможность управления процессом роста солевых монокристаллов воздействием пространственно-неоднородного акустического поля. Ускорение роста достигается за счет развивающихся акустических течений определённого пространственного масштаба, которые разрушают диффузионный слой у растущей поверхности кристалла. Достигнуто увеличение скорости роста в 2–2,5 раза по сравнению с ее значением, характерным для режима свободной конвекции. Это открывает перспективу создания нового поколения аппаратуры для скоростного выращивания монокристаллов – с изолированной химически стерильной ростовой зоной.*

*Д. А. Касьянов, В. А. Жогликов, М. С. Дерябин (ФГНУ НИРФИ),
В. П. Ершов, В. И. Родченков, Д. А. Сергеев (ИПФ РАН)*

Исследовалось влияние упругих полей на процессы роста и растворения солевых кристаллов. Для создания пространственной неоднородности поля при нормальном падении ультразвуковой волны на поверхность растущего кристалла применена фокусировка ультразвука. При сферической фокусировке ультразвука на поверхности, находящейся в фокальной плоскости излучателя, индуцируются пограничные течения с поперечным масштабом, равным длине акустической волны. В этих условиях в реальном эксперименте возможна интенсификация роста грани кристалла размером порядка 10 мм². Ускорение роста достигается за счет акустических течений, разрушающих диффузионный слой у растущей поверхности кристалла – пограничных микропотоков Шлихтинга и спутных Релеевских течений. С применением цилиндрической фокусировки ультразвука акустическое воздействие распространено на растущие кристаллические поверхности с размером, представляющим уже практический интерес. Достигнуто увеличение скорости роста в 2–2,5 раза по сравнению с ее значением, характерным для условий свободной конвекции, т.е. фактически достигнут кинетический режим роста. Т.о. показана принципиальная

* Результат направлен также в Научный совет РАН по акустике

возможность управления процессом роста монокристаллов воздействием неоднородного ультразвукового поля, и показана принципиальная возможность создания нового поколения аппаратуры для скоростного выращивания водорастворимых монокристаллов – с изолированной химически стерильной ростовой зоной.

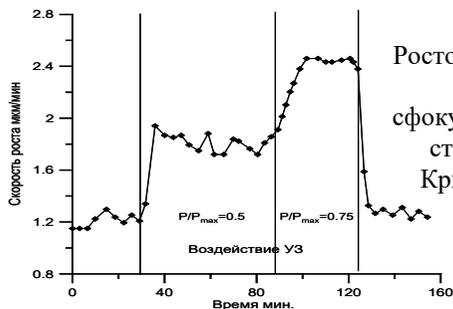


Рис. 1.
Ростовой отклик грани сингулярной (100) кристалла KDP на воздействие сфокусированным акустическим полем со ступенчатым изменением давления. Кристалл находится в предфокальной плоскости ($F - 5\text{мм}$).

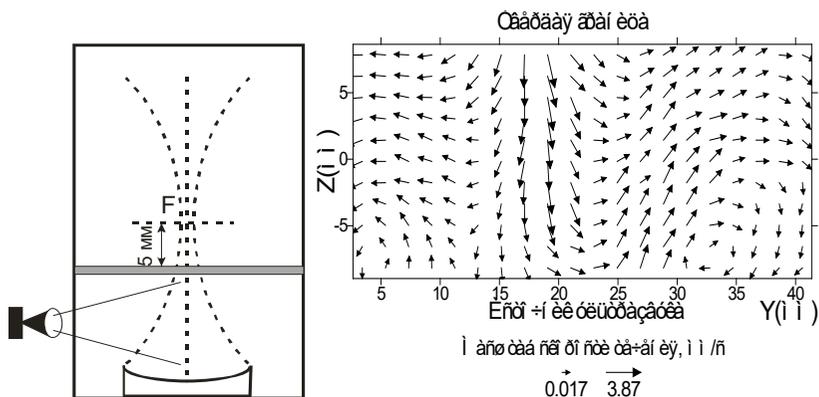


Рис. 2. Течения в предфокальной области.

Схема эксперимента (вид сбоку) и поле скоростей акустических течений.

Основные публикации:

Ершов В. П., Касьянов Д. А., Родченков В. И., Сергеев Д. А. Исследование процессов растворения и роста солевых монокристаллов в неоднородных акустических полях. I. Стоячая волна. // Кристаллография. 2008. Т. 53, № 1. С.181-186.

Ершов В. П., Касьянов Д. А., Родченков В. И., Сергеев Д. А. Исследование процессов растворения и роста солевых монокристаллов в неоднородных акустических полях. II. Сфокусированное акустическое поле. // Кристаллография. 2008. Т. 53, № 1. С. 187-193.

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет РАН
по распространению радиоволн
секции Общей физики и астрономии
отделения Физических наук РАН**

На основе комплексных измерений характеристик рассеянных сигналов с использованием средств ЛЧМ зондирования, доплеровского КВ радара и пеленгатора обнаружена пэтчевая структура возмущенной области ионосферы, насыщенной мелкомасштабными магнитно-ориентированными неоднородностями с поперечными размерами $\sim 10\text{-}20$ м. Размеры пэтчей составляют несколько десятков километров, и друг от друга они могут быть разнесены на 100 и более километров. Для каждого из пэтчей определена величина скорости дрейфа неоднородностей в направлении вектора рассеяния в плоскости перпендикулярной магнитному полю. Применительно к результатам измерений 29 августа 2007г. в вечерние часы (16:00-17:30 UT) значения скоростей (V) и направлений (азимутов, A) дрейфа неоднородностей для двух обнаруженных в эксперименте пэтчей, разнесенных \sim на 150 км, составляли величины $V_1 \approx 35$ м/с, $A_1 \approx 60^\circ$ и $V_2 \approx 30$ м/с, $A_2 \approx 345^\circ$, соответственно.

*В. П. Урядов, А. А. Понятов, Г. П. Комраков (ФГНУ НИРФИ),
Г. Г. Вертоградов, В. Г. Вертоградов, С. В. Кубатко (ФГОУ
ВПО ЮФУ), Ю. Н. Черкашин (ИЗМИРАН), В. А. Валов
(ФГУП «Полет»)*

Исследована пространственно-временная корреляция максимальной наблюдаемой частоты (МНЧ) на среднеширотных радиолиниях. Установлено, что в спокойных ионосферных условиях на трассах Инскип (Англия) – Ростов-на-Дону и Кипр – Ростов-на-Дону радиус временной корреляции МНЧ ($R_{0.5}$) как в дневные, так и в ночные часы составлял величины $\sim 60\text{--}70$ и $35\text{--}45$ минут, соответственно. Между максимально наблюдаемыми частотами на исследуемых трассах имеет место высокая пространственная корреляция ($\sim 0,8\text{--}0,94$). На основе метода искусственных нейронных сетей разработана технология восстановления рядов данных МНЧ на трассе Кипр – Ростов-на-Дону по данным МНЧ трассы Инскип – Ростов-на-Дону с эффективностью обучения нейросети 97%.

*В. П. Урядов, О. А. Бархатова (ФГНУ НИРФИ),
Г. Г. Вертоградов, Е. Г. Вертоградова (ФГОУ ВПО ЮФУ)*

Определены экспериментальные условия, при которых наблюдалось появление дактов плотности во внешней ионосфере Земли при модификации F2-области ионосферы мощным радиоизлучением O-поляризации. Необходимо, чтобы нагрев ионосферы осуществлялся с достаточно высокой мощностью волны накачки ($P_{\text{эфф}} \geq 40$ МВт), при этом ее частота f_0 должна быть примерно на 0.5 – 1 МГц ниже критической частоты f_{0F2} . В целях усиления генерации искусственной ионосферной турбулентности за счет «эффекта магнитного зенита» лучше использовать пучок мощных радиоволн, наклоненный на угол $\sim 10 - 12^\circ$ на юг для $f_0 \approx 5$ МГц. В этом случае волна накачки вблизи высоты верхнегибридного резонанса будет распространяться с учетом рефракции практически вдоль силовых линий геомагнитного поля.

В. Л. Фролов, В. О. Рапопорт (ФГНУ НИРФИ), А. С. Белов (НИГУ), М. Паро, Ж. Л. Рош (LPCE/CNRS, Франция)

Установлено, что с переходом ото дня к ночи существенно изменяются условия генерации и эволюции МИИН, когда после захода Солнца появляется вторая (медленная) стадия их релаксации, а средней мощности импульсного излучения (~ 1.6 МВт) хватает для поддержания интенсивности неоднородностей на достаточно высоком уровне. Полученные результаты позволяют объяснить суточные изменения динамики диагностического радиоизлучения (ДИРИ).

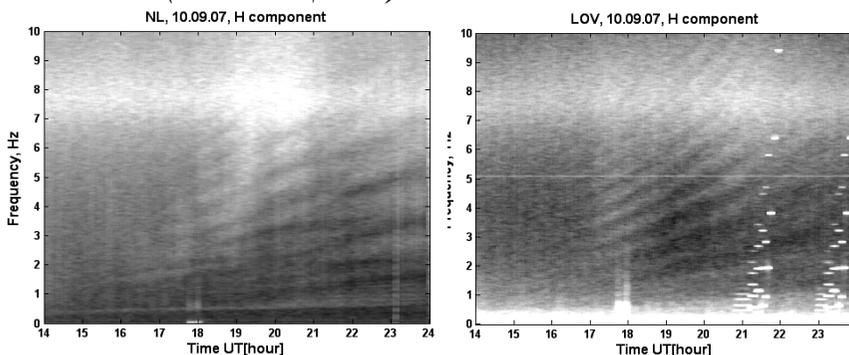
*В. Л. Фролов, В. П. Урядов (ФГНУ НИРФИ),
Г. Г. Вертоградов, В. Г. Вертоградов (ФГОУ ВПО ЮФУ)*

Экспериментально показано, что при включении дополнительного подогрева X-волной наблюдается уменьшение интенсивности рассеянного сигнала, что прямо свидетельствует о подавлении интенсивности МИИН. Также наблюдается изменение его спектральных характеристик по сравнению с нагревом ионосферы только O-волной, свидетельствующее об изменении характера движений МИИН в ВО ионосферы при включении мощной радиоволны X-поляризации.

*В. Л. Фролов (ФГНУ НИРФИ), Н. Ф. Благовещенская,
Т. Д. Борисова, В. А. Корниенко (ААНИИ), Г. Г. Вертоградов,
В. Г. Вертоградов (ФГОУ ВПО ЮФУ)*

По данным одновременных измерений компонент магнитного фонового шума в пунктах «Новая Жизнь» (55.97 с.ш., 45.74 в.д.), «Ловозеро» (68 с.ш., 35 в.д.) и о. Крит (35.15 с.ш., 25.20 в.д.) за период 2006-2007г.г. исследованы свойства резонансной структуры спектра (РСС) на частотах до 16 Гц в зависимости от угла наклона магнитного поля Земли. Обнаружено существенное различие в характере РСС на этих пунктах: высокая степень эквидистантности осцилляций на станции «Ловозеро» (угол наклона магнитного поля к вертикали – 12.2°) и многочастотный характер РСС на станциях «Новая Жизнь» (угол наклона – 19°) и о. Крит (угол наклона – 29°). Показано, что увеличение наклона магнитного поля Земли приводит к более сложному характеру РСС (появлению дополнительных максимумов, разной величине частотных масштабов РСС в компонентах север-юг восток-запад).

Е. Н. Ермакова, Д. С. Котик, С. В. Поляков (ФГНУ НИРФИ), Т. Böisinger (Университет Оулу, Финляндия), Н. В. Семенова, Т. А. Попова (ПГИ КНЦ РАН)



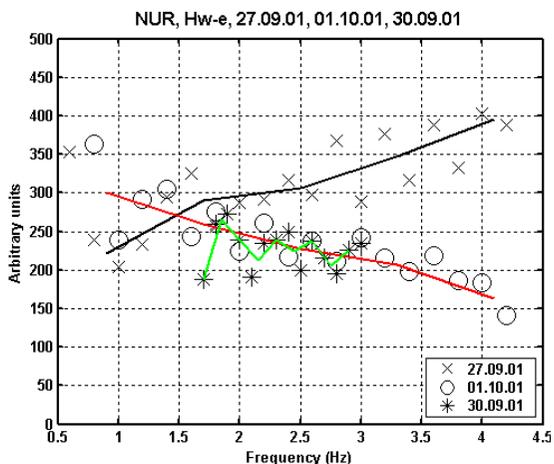
Спектрограммы компоненты север- юг магнитного шума на станциях «Новая Жизнь» и «Ловозеро»

Основные публикации:

Ermakova E.N., Kotik D.S., Semenova N.V., Popova T.A. A study of the local and global properties of the spectral resonance structure of the ULF magnetic noise on the basis of measurements in two points separated more than 1000 km, "Physics of Auroral Phenomena", Proc XXXI Annual Seminar, Apatity, 2008, pp. 241-244.
Böisinger T., Ermakova E.N., and Haldoupis C. Search for magnetic inclination effects at low latitude in the spectral resonance structures of the ionospheric Alfvén resonator, Book of Abstracts 12th International Symposium on Equatorial Aeronomy – May 18 - 24, 2008, Crete, Greece, p. 127

Теоретически исследовано возможное влияние ионосферной структуры суб-ИАР на спектры искусственного сигнала, генерируемого Кольской установкой в диапазоне частот 0.5 – 8 Гц. Показано, что эта структура может приводить к подъему интенсивности сигнала в указанном диапазоне частот и определять аномальный характер амплитудно-частотной зависимости этих полей в темное время суток, наблюдаемое в экспериментах 1993, 1998 и 2001 г.г.

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



Спектры компоненты восток-запад искусственного сигнала за разные периоды наблюдений. Возрастающий с частотой участок спектра 27.09.01 связан с влиянием ионосферной структуры суб-ИАР.

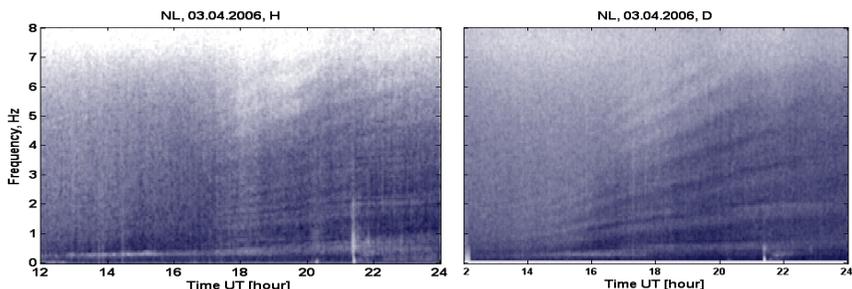
Основные публикации:

Ermakova E.N., Kotik D.S., and Polaykov S.V. The influence of the sub – IAR structure on the artificial ULF signal spectra, XXX Annual Seminar "Physics of Auroral phenomena, 27 February-03 March 2007, p.58.

Ermakova E.N., Kotik D.S., and Polaykov S.V. On the influence of the ionospheric resonance structures on the spectral characteristics of the ULF natural noise and artificial signals, 10th International Seminar, "Low frequency wave processes in space plasma", Zvenigorod, November, 12-16, 2007, p.3.4

По данным непрерывного мониторинга низкочастотного фонового шума на станции «Новая Жизнь» за 2005-2007 г.г. обнаружена и исследована новая спектральная структура, проявляющаяся в квазигармонических осцилляциях интенсивности шума с частотными масштабами в 3-4 раза меньшими, чем масштабы традиционной резонансной структуры РСС. Мелкая структура наблюдается одновременно с традиционной РСС и не связана с влиянием локального ионосферного альвеновского резонатора.

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



Спектрограммы магнитных компонент север-юг (H) и восток-запад (D) фонового шума. В компоненте H отчетливо видны осцилляции интенсивности с частотными масштабами 0.2-0.3 Гц. Частотный масштаб традиционной РСС составляет 1-1.2 Гц.

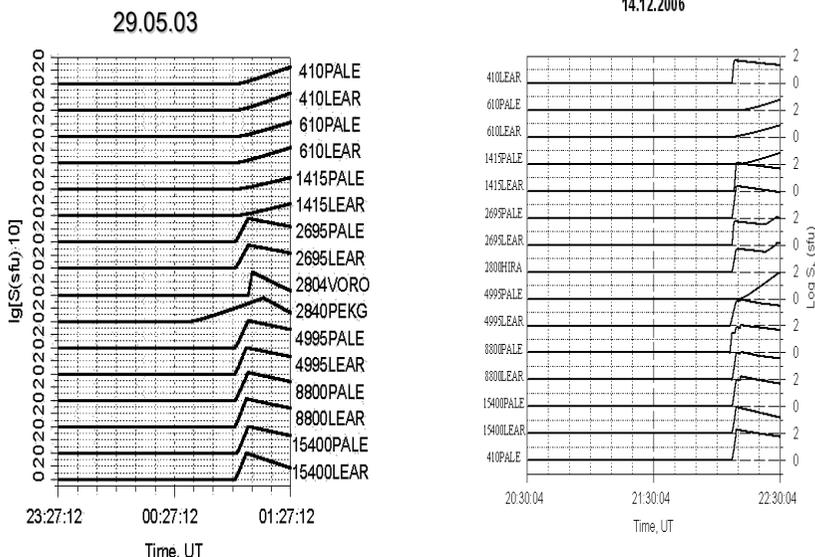
**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет РАН по физике
солнечно-земных связей**

Обнаружена совокупность явлений в радиоизлучении, предшествующих геоэффективным СМЕ типа гало, в виде:

- наличия микроволновых предвестников, возникающих одновременно в широком диапазоне длин волн за 50-30 минут до регистрации СМЕ на коронографах и имеющих одинаковый на всем отрезке времени характер – быстрое (за несколько минут) нарастание и последующий более медленный спад интенсивности;
- отсутствия каких либо спорадических явлений в радиоизлучении на интервале 60-80 минут до возникновения указанных выше предвестников. *

В. М. Фридман, О. А. Шейнер, Ю. В. Тихомиров

14.12.2006

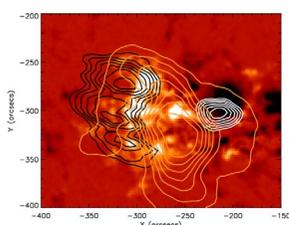


На рисунках приведен временной профиль микроволновых предвестников (по данным Мировой службы Солнца) на интервале времени 2 часа до регистрации СМЕ прибором LASCO (C2). Правая вертикальная ось – момент регистрации, указаны аббревиатуры станций наблюдений, частоты наблюдений и наблюдаемые потоки в логарифмическом масштабе.

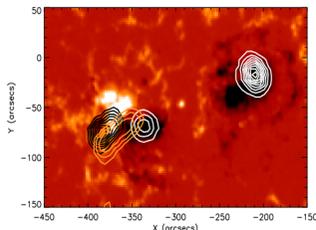
* Результат направлен также в Научный совет РАН по астрономии, секция «Солнце»

Впервые по наблюдениям с высоким двумерным пространственным разрешением на радиогелиографах NoRH и SSRT на трёх частотах (34, 17 и 5.7 ГГц) установлено, что радиоисточники с центром яркости в межпятенной области представляют собой довольно общее явление. Такие источники обнаружены в подавляющем большинстве (в 29 из 33-х) исследованных активных областей. По своим поляризационным и спектральным особенностям они разделены на три качественно различных типа, два из которых характерны для вспышечно-опасных активных областей. Дальнейшее исследование межпятенных источников важно для распознавания предвспышечной ситуации. *

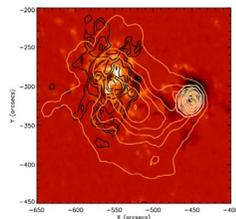
И. А. Бакунина, В. Ф. Мельников (ФГНУ НИРФИ), Е. Ю. Яркина (ННГУ), К. Shibasaki (Nobeyama Radio Observatory)



Тип I, АО 10656,
12_08_2004, 17 ГГц



Тип II, AR 09866,
2002_03_14, 17 ГГц



Тип III,
AR 10673, 19_09_2004
17 ГГц

Полутона – магнитограмма SOHO/MDI (белый цвет – северная полярность, чёрный – южная), контуры белого (отрицательная) и черного цвета (положительная) – круговая поляризация (параметр Стокса V), контуры жёлтого цвета – интенсивность (параметр Стокса I)

Тип I. В течение нескольких дней прохождения AR по диску наблюдается протяжённый источник в интенсивности, покрывающий всю группу пятен. Он может быть виден на всех трёх частотах: 34 ГГц, 17 ГГц и 5,7 ГГц. Степень его поляризации низкая (~1%). Предполагается, что причиной МПИ типа I является гиротропное излучение среднерелятивистских электронов из вершин магнитных петель активных областей.

Тип II. Наблюдается смещение центров яркости в поляризации и интенсивности относительно друг друга, либо их одновременное смещение от пятен к нейтральной линии магнитного поля (или наоборот). Это может быть связано с появлением в AR ярких компактных источников с различной степенью поляризации.

Тип III. Источники наблюдаются только на 17 ГГц в интенсивности как тепловые тормозные протяжённые источники над всей группой пятен с низкой степенью поляризации (~1%). Во вспышечных АО, как правило, наблюдаются долгоживущие МПИ типа I и II (от суток и более).

* Результат направлен также в Научный совет РАН по астрономии, секция «Солнце»

Впервые с высоким пространственным разрешением исследованы долгопериодные квазипериодические колебания (КПК) микроволнового излучения солнечных пятен одновременно на двух частотах (17 ГГц – NoRH и 5.7 ГГц – CCPT), в результате чего обнаружено: 1) долгопериодные КПК уверенно наблюдаются на обеих частотах и имеют характер цугов; 2) периоды КПК (для заданного интервала наблюдений радиогелиографов около 7 часов) уверенно наблюдаются в диапазоне 20-150 минут; 3) обнаружены общие периоды и схожие спектры КПК для общего времени наблюдений на двух радиогелиографах (около 5 часов), что можно интерпретировать как следствие собственных колебаний пятен. *

И. А. Бакунина, Ю. В. Тихомиров, В. Ф. Мельников (ФГНУ НИРФИ), В. Е. Абрамов-Максимов, А. А. Соловьёв, Ю. А. Наговицын (ГАО РАН), С. В. Лесовой (ИСЗФ РАН), К. Shibasaki (Nobeyama Radio Observatory), В. М. Накаряков (University of Warwick), В. Л. Бакунин (ИПФ РАН)

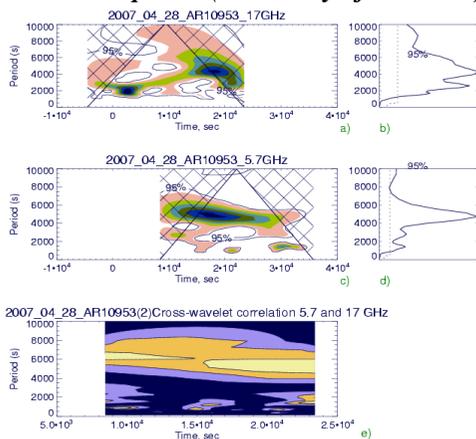


Рис. 1 вейвлет-(Морле-6) - а), b) и интегральные - с),d) спектры для микроволнового излучения головного пятна AR 10953 (2007_04_28) на частоте 17 ГГц (NoRH) и 5.7 ГГц (CCPT), соответственно, и спектр мощности кросс-корреляционной вейвлет-функции для обеих частот – е); коэффициент корреляции возрастает от 0 – тёмно-синий цвет, до 0.9 – светло-жёлтый.

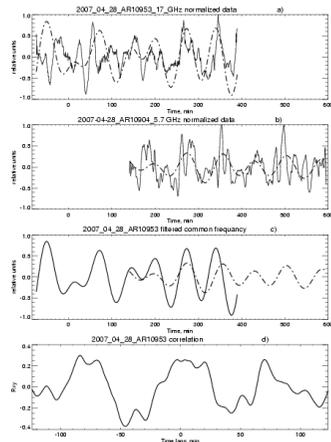


Рис.2 Стационаризованные временные ряды (вычитание суточного тренда методом МНК и приведение к “0” среднему) с наложением отфильтрованного (идеальный фильтр) общего периода (83 минуты) – а),b),c), и функция кросс-корреляции – d) для микроволнового излучения головного пятна AR 10953 (2007_04_28) на частоте 17 ГГц и 5.7 ГГц.

* Результат направлен также в Научный совет РАН по астрономии, секция «Солнце»

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет по астрономии
секции Общей физики и астрономии
отделения Физических наук РАН**

2. Звезды и планетные системы

Впервые исследована динамика излучения двойной звездной системы U Северной короны в линии Н-альфа с использованием трехмерных доплеровских томограмм. Изображения построены для двух временных эпох. Реконструкция в трехмерном пространстве скоростей выполнена с использованием разработанного авторами радиоастрономического подхода к малоракурсной томографии. Обнаружены интенсивные движения газовых потоков, имеющих компоненту скорости V_z , перпендикулярную орбитальной плоскости, что в стандартном варианте двумерной доплеровской томографии было невозможно. Проверка качества полученных томограмм проведена с использованием χ^2 критерия на основе сопоставления исходных и контрольных, рассчитанных по результатам реконструкции, спектральных профилей. Анализ построенных трехмерных томограмм показал наличие двух состояний системы: состояние с выраженным аккреционным диском (данные 1993 г.) и состояние с интенсивным газовым потоком от донора к аккретору (1994 г.). Определены значения компонентов скорости V_x , V_y , V_z для десяти идентифицированных структурных особенностей излучения, наибольшей интенсивностью из которых обладает колечко аккретора. Показано, что в результате взаимодействия газового потока как с диском, так и со звездой-аккретором образуются выбросы вещества, имеющие компоненту скорости V_z , достигающую значений ~ 300 км/с, что сравнимо со средними скоростями движения вещества диска и газового потока в орбитальной плоскости. Представлена интерпретация обнаруженных структурных особенностей в пространстве координат. Показана перспективность проведения дальнейших исследований двойных звездных систем на основе развития трехмерного варианта доплеровской томографии.

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

Основные публикации:

Agafonov M.I., Sharova O.I., Richards M.T. Three-Dimensional Doppler Images of the Disk-like and Stream-like States of U Coronae Borealis. *Astroph* 0805.0370 (<http://arxiv.org/archive/astro-ph>)

Агафонов М.И., Шарова О.И. Новые возможности доплеровской томографии – перспектива исследований ВКО-УФ. Тез. докладов Всероссийской научной конференции «Ультрафиолетовая Вселенная – 2008», Москва, 19-20 мая 2008 г. ГАИШ МГУ, с.24.

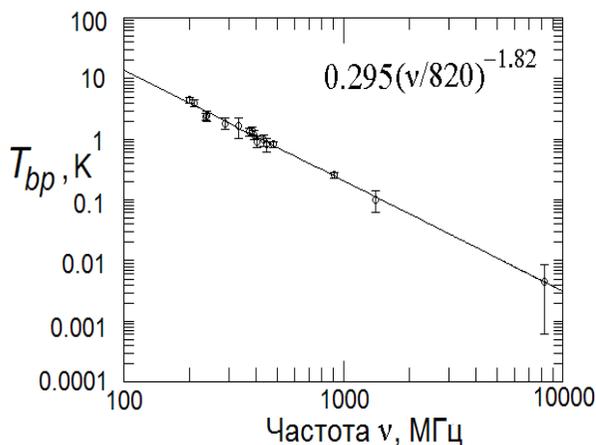
Agafonov M.I., Sharova O.I., Richards M.T. Three-Dimensional Doppler Images of the Disk-like and Stream-like States of U Coronae Borealis. *Astrophysical Journal*. 2009, v.690, pt2, pp 1730.

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет по астрономии
секции Общей физики и астрономии
отделения Физических наук РАН**

4. Межзвездная среда и звездообразование

С помощью 32-метрового радиотелескопа, оснащенного корреляционным поляриметром, измерена яркостная температура и позиционный угол поляризованной компоненты галактического распределенного радиоизлучения: $T_{br} = 4.4 \pm 3.8$ мК и $PA = 57^\circ \pm 22^\circ$ в направлении Северного полюса Мира (СПМ) на рекордно высокой для этой области небосвода частоте 8.3 ГГц [1]. Полученное значение T_{br} (8.3 ГГц) согласуется в пределах ошибок с экстраполяцией к частоте 8.3 ГГц степенного спектра $T_{br}(\nu)$ области СПМ, полученного ранее в диапазоне частот $\nu = 200$ –1407 МГц в НИРФИ [2]. Приведенное здесь значение T_{br} (8.3 ГГц) соответствует “раннему” определению величины T_{br} (без деления на 2).

Е. Н. Виняйкин



Яркостная температура линейно поляризованной компоненты галактического радиоизлучения T_{br} в направлении Северного полюса Мира (галактическая долгота 123° , широта $27^\circ.4$) по данным на 16 частотах (кружочки) и ее аппроксимация степенным спектром.

Основные публикации:

Виняйкин Е.Н. Линейная поляризация распределенного радиоизлучения Галактики на сантиметровых волнах. Доклад на 12-й конференции по радиофизике, Н.Новгород, ННГУ, 2008.

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 Астрон. журн., т.22, №9, с. 652-659, 1996.

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет РАН по астрономии
секции Общей физики и астрономии
отделения Физических наук РАН
9. Астрометрия, небесная механика и
прикладная радиоастрономия**

С целью развития метода РСДБ-локации в период с 3 по 12 сентября 2008 г. осуществлена наблюдательная сессия VLBR08.1 на базе международной низкочастотной сети Low Frequency VLBI Network (LFVN). Основной задачей сессии впервые была многократная локация ряда объектов "космического мусора" для определения кратковременных (менее суток) и долговременных (порядка года) изменений их орбит и параметров вращения. 15 объектов лоцировались от 3 до 5 раз за сессию, включавшую 5 наблюдательных сеансов. Часть объектов включалась в программы наблюдений РСДБ-сессий сети LFVN 2006-2007 годов.

А. А. Антипенко, А. Ф. Дементьев, Н. А. Дугин, М. Б. Нечаева

Организации-участники: ФГНУ НИРФИ, ГАО РАН, ИПМ им. М. В. Келдыша, ОКБ МЭИ, КРАО (Украина), НЦУИКС (Украина), РИН АНУ (Украина), VIRAC (Латвия), НАО Урумчи (Китай), РАИ (Италия)

В эксперименте VLBR08.1 задействованы радиотелескопы Украины (РТ-70 в Евпатории (РИНАНУ, НЦУИКС) и РТ-22 в Симеизе (КРАО)), Италии (РТ-32 в Ното и Медичине (IRA)), Китая (РТ-25 в Урумчи (УАО)) и Латвии (РТ-32 в Вентспилсе (VIRAC)). Впервые в полном объеме получены результаты на пункте Вентспилс, обеспечение работы приемно-регистрирующего комплекса которого осуществлялось при участии сотрудников ФГНУ НИРФИ. В результате предварительной обработки экспериментальных данных, проводимой в ФГНУ НИРФИ, получены эхо-сигналы от большинства объектов космического мусора, сделаны оценки параметров вращения и частотных сдвигов Доплера.

Основные публикации:

Ю.М.Урличич, Л.И.Гусев, М.С.Леонов, А.С.Селиванов, А.В.Круглов, Е.П.Молотов, В.М.Ватутин, Н.Е.Богуславская, К.В.Молчанов, Э.Г.Чистов, О.Н.Ржига, А.Л.Зайцев, А.И.Ефимов, И.Е.Молотов, Н.А.Дугин, Б.З.Каневский. Радиотехнические комплексы для управления дальними космическими аппаратами и для научных исследований. -М.: Физматлит, 2007, 232 стр.
I.Molotov, M.Nechaeva, I.Falkovich, A.Konovalenko, V.Agapov, G. Tuccari, G.Pupillo, S.Montebugnoli, G.Kharlamov, L.Benner, V.Fateev, Yu.Burtsev, A.Volvach, X.Liu, V.Oreshko, I.Shmelds, P.Bolli, A.Dementiev, A.Antipenko, N.Dugin, V.Jazykov, D.Bezrukov. Astrometry of the Solar System Bodies with VLBI Radar. // "Measuring the Future", Proc. of the Fifth IVS General Meeting. StPb: Nauka, 2008, pp. 30-36.

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет РАН по астрономии
секции Общей физики и астрономии
отделения Физических наук РАН
11 Радиотелескопы и методы**

Проведена экспериментальная отладка радиоинтерферометра с независимым приемом (РСДБ) ФГНУ НИРФИ "Старая Пустынь-Зименки" для решения различных прикладных и научных задач РСДБ-исследований, изучены возможности его работы в режиме квазиреального времени.

А. А. Антипенко, А. Ф. Дементьев, Н. А. Дугин, М. Б. Нечаева, Ю. В. Тихомиров, С. Д. Снегирев, Т. С. Подстригач, В. И. Абрамов, Б. С. Формозов

В период с 8 по 28 июля 2008 года (эксперимент NIRFI 08.1) на РСДБ-пунктах НИРФИ "Старая Пустынь" и "Зименки" были проведены работы, направленные на совершенствование приемной и регистрирующей аппаратуры и развитие методик прикладных и научных РСДБ-исследований.

Первый цикл измерений осуществлялся на малых базовых линиях длиной 60 м (в диапазоне 610 МГц) и 130 м (в диапазоне 327 МГц) с задействованием трех телескопов РТ-14, расположенных в РАО "Старая Пустынь". Малые базы интерферометров позволили провести наблюдения наиболее мощных источников, включая Солнце, что позволило выполнить калибровку интерферометрического комплекса. Второй цикл измерений осуществлялся на базе "Старая Пустынь-Зименки" (70 км) по слабым "точечным" источникам также в двух частотных диапазонах 327/610 МГц. Кросс-корреляционная обработка данных, выполненная непосредственно во время сеанса, показала наличие откликов от радиоисточников и позволила определить параметры инструмента в обоих диапазонах длин волн, в том числе протестировать работу модернизированной системы синхронизации терминалов регистрации NRTV.

Основные публикации:

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

**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в Научный совет РАН
«Информатика и перспективные
информационные технологии»**

Разработан алгоритм обучения нейроноподобного детектора объектов и варианты его реализации; построена универсальная система распознавания объектов, архитектура которой позволяет многоклассовую задачу распознавания заменить на операции сравнения близости между двумя классами; предложен новый метод построения детектора объектов на основе экспертных комитетов.

Н. С. Беллюстин (ФГНУ НИРФИ), В. Г. Яхно, А. А. Тельных, О. В. Шемагина, А. В. Ковальчук, М. Е. Соколов (ИПФ РАН)

Основные публикации:

Беллюстин Н.С., Калафати Ю.Д., Ковальчук А.В., Тельных А.А., Шемагина О.В., Яхно В.Г. Нейроноподобный детектор лица. Технические особенности реализации и обучения. Сборник научных трудов ISBN 978-5-7262-0878-7, часть 2, МИФИ, Москва, янв. 2008, с. 123-132

Telnykh A.A., Bellyustin N.S., Shemagina O.V., Kalafati Yu.D., Yakhno V.G. The Training Algorithm of a Neuron-like Object Detector and Variants of its Implementation, 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies, PRIA-9-2008, September 14-20, 2008, Conference Proceedings, v.2, Nizhni Novgorod, 2008, p. 208-211

Telnykh A.A., Shemagina O.V., Bellyustin N.S., Kalafati Yu.D. Video clip segmentation algorithm and its realization, 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies, PRIA-9-2008, September 14-20, 2008, Conference Proceedings, v.2, Nizhni Novgorod, 2008, p. 212-214

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №1

Разработана теория доплеровской радиолокации ударных волн в атмосфере и проведен натурный эксперимент по их обнаружению.

К. С. Станкевич, И. Т. Бубукин (ФГНУ НИРФИ), В. В. Страбыкин (РФЯЦ – ВНИИЭФ)

Проведены работы по развитию метода подсветки водной поверхности распределённым излучением атмосферы при поляризационных радиометрических измерениях в натуральных условиях и созданию лабораторного макета для спектрально-поляризационных измерений с повышенной чувствительностью с целью получения данных о характеристиках пленочного слоя водной поверхности в условиях ветрового волнения в 5-мм диапазоне. Для этого проведено математическое моделирование методов поляризационных радиометрических измерений и алгоритмов обработки данных о температуре воды и диэлектрической проницаемости в пленочном слое водной поверхности в миллиметровом диапазоне. Для повышения быстродействия и чувствительности метода разработана схема электронного сканирования каналов радиометра-спектрометра с управлением от ПЭВМ. Создан лабораторный макет для спектрально-поляризационных измерений с повышенной чувствительностью с целью получения данных о характеристиках пленочного слоя водной поверхности в условиях ветрового волнения в 5-мм диапазоне.

И. Т. Бубукин, К. С. Станкевич

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №2

Предложен метод калибровки поляризационных характеристик антенн (одиночных антенн и антенн радиоинтерферометров) с помощью трех частично линейно-поляризованных космических источников. Метод основан на использовании формализма поляризационных комплексных (2×2) матриц Джонса и действительных (4×4) матриц Мюллера. Он включает в себя измерение (4×3) или (3×3) подматриц матрицы Мюллера, восстановление недостающих элементов с помощью выражений, полученных из свойства псевдо-ортонормированности матрицы Мюллера антенны, и реконструкцию из нее матрицы Джонса.

В. И. Абрамов

С помощью трех линейно поляризованных источников можно измерить (4×3) или (3×3) подматрицу Мюллера антенны, соответственно, в случае поляриметра с полным анализом поляризации или только линейной поляризации.

Для восстановления (4×3) подматрицы получены простые линейные уравнения связи. Для восстановления (3×3) подматрицы получены выражения, использующие нелинейные комбинации $(G_{ij}G_{ik}/G_{jk})$ элементов ее матрицы Грама, т.е. скалярных произведений строк и столбцов измеренной (3×3) подматрицы. Задача некорректная. Регуляризация решения производилась за счет предварительного усреднения скалярных произведений, а также вычисления недостающих элементов несколькими независимыми методами и оценкой ожидаемых величин из полученного ансамбля реализаций с помощью робастной процедуры (медианной оценки). Математическое моделирование задачи восстановления (3×3) подматрицы для гауссовой модели шумов показало возможность восстановления при достаточной величине отношения сигнал/шум.

Получены выражения для круговой матрицы Джонса через элементы декартовой полной (4×4) матрицы Мюллера. Выражения позволяют провести точную реконструкцию матрицы Джонса для идеально измеренной матрицы Мюллера, а в случае ее зашумленности – одновременно провести частичную фильтрацию шумов за счет избыточности уравнений.

В периоды с 15 по 27 апреля и с 15 по 29 сентября 2008 года проведены две серии измерений параметров антенны РТ-70 (П2500) в пункте дальней космической связи "Уссурийск" на частотах 3.4, 4, 5.7, 8.34 ГГц и в двух поддиапазонах 12 ГГц (11.2 и 12.2 Гц). Целью работы являлось определение работоспособности антенны по данным об эффективной площади, диаграммам направленности, шумовой температуре антенны и по качеству приводных систем и систем управления. Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительном состоянии зеркала и систем управления радиотелескопом. По данным экспериментов выработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию инструмента для возможности его использования на высоких частотах по проектам "Фобос-Грунт" и "Спектр"..*

Н. А. Дугин, А. В. Калинин, М. Б. Нечаева, Е. В. Калинина (ФГНУ НИРФИ), АКЦ ФИАН, РНИИ КП

Основные публикации:

Дугин Н.А., Игнатов С.П., Ларионов М.Г., Николаев Н.Я. РТ-70 (Уссурийск), эффективность работы на высоких частотах. // Радиоастрономическая конференция "Повышение эффективности и модернизация радиотелескопов" (посвящается памяти Н.А.Есепкиной), 22-27 сентября 2008, п.Н.Архыз, РАН, САО, ИС по астрономии, Тезисы докл., с.39.

Разработана методика исследования неоднородной структуры ионосферы при совместных радиоастрономических (поляризационно-фарадеевский и радиоинтерферо-метрический методы) и спутниковых (GPS–ГЛОНАСС) измерениях. Ведётся разработка программного комплекса, обеспечивающего эти измерения, а также моделирование ионосферных структур, отвечающих результатам измерений.

Добрушский Л.А.

Изучение литосферно – атмосферно – ионосферных связей является в настоящее время одним из важнейших направлений в геофизике. Значительный интерес представляет совместное рассмотрение волновых процессов, происходящих в различных слоях Земли

* Результат выполнен совместно с отд.№3

(твердых, жидких) и ее атмосфере. Это обусловлено тем, что именно волны играют существенную роль в переносе энергии между геосферами. Сейсмоакустические волны в системе Земля - атмосфера и Земля - океан – атмосфера могут возбуждаться при различных процессах естественного или антропогенного характера, сопровождающихся интенсивным энерговыделением. В настоящее время существуют экспериментальные доказательства возможности выхода акустических волн, возбуждаемых находящимися вблизи земной поверхности источниками, в ионосферу. Изучение воздействия акустических волн на ионосферу необходимо для обеспечения более эффективной и устойчивой работы каналов радиосвязи. Исследования возбуждения и распространения сейсмоакустических волн в Земле, океане и атмосфере актуальны также в связи с разработками методов дистанционного зондирования природных сред, в том числе методов глобального крупномасштабного мониторинга состояния литосферы и атмосферы, в особенности, ее верхних слоев.

В рамках этих исследований в интегральном виде получено решение задачи о возбуждении упругих волн в однородном изотропном твердом полупространстве и в граничащем с ним газе зависящими от времени силами, произвольно распределенными в твердом теле по плоскости, параллельной границе раздела сред. Выполнен анализ различных конфигураций силовых источников с точки зрения возбуждения тех или иных типов сейсмоакустических волн. Для случаев точечных гармонических силовых источников, ориентированных вертикально и горизонтально, получены приближенные выражения для поля поверхностной волны Стонели на больших по сравнению с длиной волны расстояниях от источников. Для указанных типов источников получены аналитические выражения, описывающие мощности излучения поверхностной волны Стонели. Исследованы зависимости этих мощностей от ориентации и глубины расположения источника. Показано, что поверхностные волны Стонели не могут эффективно возбуждаться на границе раздела Земля – атмосфера, и, следовательно, не могут воздействовать на верхние слои атмосферы и на каналы радиосвязи. Установлено, что при работе мощных сейсмодвигателей, а также при землетрясениях, в атмосфере могут возбуждаться акустические волны, способные достигать высот в несколько десятков километров. Прохождение таких волн может быть зарегистрировано по изменениям характеристик радиосигналов. Каналы радиосвязи не могут, по-видимому, быть существенным образом модифицированы с

помощью сейсмовибраторов или даже в результате землетрясений, то есть невзрывными источниками. Возможность критического воздействия на верхние слои атмосферы с помощью процессов, сопровождающихся интенсивным энерговыделением, нуждается в дополнительном исследовании.

А. В. Разин

При возбуждении сейсмоакустических волн в системе твердое тело - газ (жидкость) наряду с объемными (сферическими) волнами могут существовать поверхностные, вытекающие и боковые волны, которые распространяются вблизи границы раздела этих сред. Значительный интерес представляет исследование поверхностной волны, которая называется волной Стонели. Поле волны Стонели в обеих средах экспоненциально убывает при удалении от границы, причем в твердом теле это убывание оказывается гораздо более быстрым, чем в жидкости, и, особенно, в газе. Таким образом, поверхностная волна захватывает «толстый» слой в разреженном газе и «тонкий» слой в плотном твердом теле, поэтому заранее не очевидно, в какую из этих сред излучается большая часть мощности волны Стонели.

Для рассмотрения данного вопроса решена задача о возбуждении поверхностной волны Стонели точечным гармоническим силовым источником, действующим перпендикулярно границе однородных газообразного и упругого полупространств. Изучен случай, когда скорость звука в газе меньше скорости рэлеевской волны на поверхности твердого тела. Получены выражения для мощностей излучения волны Стонели в твердом теле и в газе. Исследованы особенности изменения этих мощностей в зависимости от акустических параметров сред. Показано, что если скорости продольной и поперечной волн в упругой среде значительно превышают скорость звука в газе (жидкости), то практически вся излучаемая в поверхностную волну Стонели мощность сосредоточена в газе (жидкости). Данное обстоятельство необходимо учитывать, в частности, в гидроакустике, где вклад волны Стонели в общую мощность излучения, создаваемого донным источником, может быть существенным. Если же скорость рэлеевской волны в упругом полупространстве и скорость звука в газе близки по величине, то мощность волны Стонели, излучаемая в твердое тело, может превышать мощность, излучаемую в газ.

А. В. Разин

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №3

Проведена диагностика физических условий во вспышечной петле, для которой обнаружено перераспределение микроволнового излучения в течение всплеска от оснований к вершине. Диагностика выявила два важных свойства: 1) концентрация среднерелятивистских электронов в вершине петли значительно выше, чем в основаниях на фазах роста, максимума и спада всплеска; 2) отношение концентраций этих электронов в вершине и основании возрастает на фазе спада. Модельные расчеты эволюции распределения электронов и гиротронного излучения вдоль магнитной ловушки на основе решения уравнения Фоккера-Планка для параметров полученных из диагностики показывают, что такая динамика возможна при локализации источника ускорения в вершине петли.

В. Э. Резникова, В. Ф. Мельников, С. П. Горбиков, Н. П. Пятаков (ФГНУ НИРФИ), И. Н. Мягкова (НИИЯФ МГУ), К. Shibasaki (NAOJ NRO, Япония)

Основные публикации:

Резникова В. Э., Мельников В. Ф., Горбиков С. П., Пятаков Н. П., Мягкова И. Н., Шибасаки К. Динамика распределения микроволновой яркости в гигантской вспышечной петле 24 августа 2002. - Тезисы Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца "Солнечная и солнечно-земная физика - 2008" (7-12 июля 2008 года, Санкт-Петербург, ГАО РАН)

Veronika E. Reznikova, Victor F. Melnikov, Kiyoto Shibasaki, Sergey P. Gorbikov, Nikolai P. Pyatakov, Irina N. Myagkova, Haisheng Ji. Dynamics of microwave brightness distribution in the giant 24 August 2002 flare loop. - Proceedings of IAU Symposium 257 "Universal Heliophysical Processes", 2008, Greece.

В период с 3-9 мая с целью подготовки космической программы "Радиоастрон" проведен тестовый РСДБ-эксперимент "ASC08" на базе Калязин - Пушино на длине волны 18 см. Выполнена настройка аппаратного приемно-регистрирующего комплекса и проведены калибровочные измерения по радиоисточникам CRAB, 3C147, DA193, 3C161, 3C273B, 3C274, 3C279, 3C286, 3C295, CYG_A, DR21, G8400.0, BL_LAC, 3C454.3 с участием радиотелескопов "Калязин" (РТ-64) и "Пушино" (РТ-22).

А.А. Антипенко, Н.А. Дугин, М.Б. Нечаева.

В 2008 году продолжено развитие методической, программной и технической базы метода радиолокационной длиннобазовой интерферометрии (РСДБ-локации). В интересах решения задач мониторинга околоземного космического пространства разрабатывается центр корреляционного анализа, служащего для накопления данных, синхронизации потоков, первичной и вторичной обработки РСДБ-данных, архивирования результатов корреляционной обработки. В т.ч. разработана структурная схема центра корреляционной обработки (ЦКО) РСДБ-информации. Проведены работы по совершенствованию программно-математического обеспечения центра, разработаны алгоритмы первичной и вторичной обработки данных РСДБ-локации объектов космического мусора.

А.А. Антипенко, А.Ф. Дементьев, Н.А. Дугин, М.Б. Нечаева

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №4

Выполнены экспериментальные исследования временных масштабов (внутрисуточных, суточных, сезонных) нарушения спин-изомерного равновесия атмосферного водяного пара по измерениям отношения интенсивностей ясной атмосферы ДТя (орто) / ДТя (пара) в орто- линии водяного пара 22,2 ГГц и на склоне пара- линии 183 ГГц (частоты 95 и 140 ГГц). Исследования выполнялись в период 2006 – 2008 гг. в Нижнем Новгороде. Общее время наблюдений составило 236 дней. Важнейшие результаты исследований:

- Основной временной масштаб нарушения спин-изомерного равновесия водяного пара носит внутрисуточный характер. Он составляет временные интервалы от десятка минут до часа и наблюдается, преимущественно, в дневные часы при развитии и диссипации конвективной облачности. При этом величина и знак эффекта зависят от конденсационной предыстории атмосферного водяного пара, т.е. степени его вовлеченности в процессы агрегации, адсорбции и испарения.

- Наблюдается также утренний (после восхода солнца) период нарушения спин-изомерного равновесия водяного пара. Возможно, это связано с процессами интенсификации испарения влаги с земной поверхности.

- Существует четко выраженная сезонная зависимость степени и продолжительности нарушения спин-изомерного равновесия водяного пара. Максимально этот эффект присутствует в весенне-летний период и практически отсутствует в зимний период. Это также указывает на связь процесса нарушения спин-изомерного равновесия водяного пара с процессами его фазовой трансформации, адсорбции и испарения.

- Не выявлено никаких закономерностей в нарушении спин-изомерного равновесия водяного пара суточного масштаба, включая известный шестисуточный мезомасштабный период.

А. В. Троицкий, А. В. Востоков

Выполнены экспериментальные радиометрические исследования влияния конвективной облачности и типа земной поверхности (суша - вода) как источника атмосферного водяного пара на степень нарушения спин-изомерного равновесия водяного пара. Измерения интенсивности микроволнового излучения в орто- и пара- линиях поглощения водяного пара на частотах 22,2 ГГц (центр орто- линии) и 140 ГГц (склон пара- линии 183 ГГц) осуществлялись с помощью мобильного

радиометрического комплекса, размещенного на автомашине. Исследования на зенитном угле 0 град проводились в летне-осенний период 2007 – 2008 гг. в Тверской и Нижегородской областях. Средние значения общего влагосодержания в атмосферном столбе Q для обоих районов были достаточно близки и составили $\sim 2,2$ г/см² с дисперсией $\sim 0,3$ г/см². Средняя амплитуда временных естественных вариаций Q составила величину $\sim 0,023$ г/см² или ~ 1 % от среднего значения Q с временным масштабом $\sim 10 \div 15$ мин. Пространственные вариации влагосодержания Q на горизонтальных масштабах ~ 100 км при устойчивой погоде составляют величину $\sim 0,02$ г/см², т.е. не превосходят временных вариаций и не зависят от типа подстилающей поверхности (лес, поле, водоем размером 2 – 3 км, небольшой город). Не наблюдается устойчивой пространственной картины поля влагосодержания даже на уровне временных вариаций Q . Временные нарушения орто/пара равновесия водяного пара имели место для всех типов поверхностей, причем со значительным преобладанием случаев увеличения пара-компоненты, т.е. увеличения интенсивности излучения в пара- линии водяного пара 183 ГГц и уменьшения интенсивности излучения в орто- линии 22,2 ГГц. Диапазон отклонения отношения интенсивности $K = \frac{T_{\text{я}}(22,2)}{T_{\text{я}}(183)}$ от равновесного значения $K_p = 0,4$ составил $0,23 \div 0,58$. Обнаружена устойчивая картина увеличения влагосодержания Q над водоемом с горизонтальным размером ~ 10 км (Горьковское водохранилище), которая проявлялась только при достаточно высоких температурах воздуха (более или порядка 23 град С) и при скоростях ветра не более $3 \div 5$ м/сек. При этих же условиях, как правило, происходило образование конвективной облачности. Максимальное превышение общего содержания водяного пара Q в шлейфе и над водоемом составило величину $\sim 0,045$ г/см², что в 2 раза превышает амплитуду временных вариаций водяного пара. Обнаружена корреляция процесса образования повышенного поля влажности и частоты наблюдения нарушения орто / пара равновесия атмосферного водяного пара. Случаи преобладания пара- компоненты над орто- компонентами становятся еще более очевидны как по частоте их наблюдения, так и по степени нарушения орто / пара равновесия.

А. В. Троицкий, А. В. Востоков

Выполнены экспериментальные радиометрические исследования влияния полного солнечного затмения 1 августа 2008 г. на состояние атмосферного водяного пара и на возможное нарушение его спин-изомерного равновесия. Исследования проводились в г. Новосибирске, где продолжительность полной фазы затмения составила 2 мин 20 сек. Полоса полного затмения составила ширину около 250 км. В этот день Новосибирск находился на периферии антициклона: облачность ~ 3 баллов, на момент затмения абсолютно ясно. По радиометрическим измерениям в орто- (22,2 ГГц) и пара- (140 ГГц) линиях водяного пара в зенит уверенно обнаруживается минимум общего содержания водяного пара Q в атмосферном столбе с величиной $DQ \sim 0,35$ г/см² за ~ 40 минут до полной фазы затмения при среднем невозмущенном значении влажности ~ 1,75 г/см². Отметим, что для невозмущенной атмосферы примерно на это время (~ 16 час) приходится суточный максимум Q . За время полного цикла затмения отношение интенсивностей орто / пара линий $K = T_{\text{я}}(22,2) / T_{\text{я}}(140)$ изменилось от равновесного значения $K_{\text{р}} \sim 0,4$ до значений $K \sim 0,25$ в области минимума Q . Случаи превышения K над $K_{\text{р}}$ не наблюдались вообще. Кроме того, в предзатменный период и до фазы полного затмения наблюдались аномально высокие квазипериодические флуктуации Q величиной $DQ \sim 0,15$ г/см², или ~ 8% при естественных флуктуациях для невозмущенной атмосферы $DQ \sim 0,02$ г/см², или ~ 1%. Значения K для этих флуктуаций Q достигали также аномальных величин $K \sim 0,15$, т.е. имело место аномальное преобладание пара- компоненты. Аномально низкие значения K могут объясняться не только эффектами аномального нарушения орто / пара равновесия водяного пара, но и возможным образованием субмикронных водяных кластеров размерами ~ 0,5 мкм (см. п. 6 отчета), вклад которых в микроволновое излучение пропорционален квадрату частоты. В силу этого интенсивность излучения атмосферы на парачастоте 140 ГГц будет примерно в 30 раз больше, чем на орточастоте 22,2 ГГц. При этом измеряемое значение K будет средневзвешенным от K , определяемым орто / пара соотношением, и K капельной фракции воды. Однако для получения аномально малых значений $K \sim 0,15$ водность субмикронных кластеров должна быть аномально высокой (соизмеримой с водностью облаков). Полученные результаты косвенно указывают на возможное образование вертикальной циркуляционной ячейки в полосе тени, в которой происходит вынос более влажного воздуха пограничного слоя (вследствие увеличения давления) и втока более сухого воздуха средней тропосферы. Такая циркуляция может

порождать внутренние атмосферные волны, которые, в свою очередь, вызывают квазипериодические флуктуации содержания водяного пара Q в столбе атмосферы.

А. В. Троицкий, Е. А. Миллер

Разработана математическая модель для расчета трехкоординатного амплитудно-фазового распределения полей различных по направленности излучателей в их ближней и промежуточной зонах. При этом методами физической оптики были исследованы функциональные зависимости рассеянной мощности в телесный угол приемной антенны от расстояния до излучателя, его размеров и угловой ориентации относительно модели плоской и сферической рассеивающей поверхности. Были разработаны модель взаимодействия приемной антенны и излучателя с рассеивающей поверхностью в ее ближней зоне, а также методика учета их взаимодействия в экспериментах по изучению отражающих свойств. Проведены пробные эксперименты по измерениям сигнала, рассеянного сферическим объектом, в ближней и промежуточной зоне объекта с помощью приемо-передающей системы заказчика. Результаты работы позволяют калибровать приемо-передающие системы по эталонным целям в их ближней и промежуточной зонах.

Ю. И. Белов, В. Д. Кротиков

Разработаны алгоритмы и временные режимы работы регистратора – накопителя сигналов пульсаров на 256 каналов (СРН-256) с минимальным интервалом выборки сигналов 2 мкс для реализации их в пробных двухчастотных экспериментах, использующих анализаторы спектра 0.6 ГГц/160 каналов и 1.4 ГГц/256 каналов, синхронизатор и службу единого времени СЕВ ПРАО АКЦ ФИАН. Цель работы – по двухчастотным одновременным наблюдениям (0,6 и 1,4 ГГц) моментов прихода импульсов (МПИ) реперных пульсаров измерить временные задержки, вызванные дисперсией при распространении сигналов в межзвездной среде с последующей коррекцией МПИ за переменную компоненту запаздывания и приведения рядов МПИ к стандартной средней мере дисперсии. Результатом, после проведения достаточного времени наблюдений, должно быть повышение точности ведения пульсарной шкалы времени.

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

Разработана измерительная схема автоматизированного измерительного комплекса (АИК) «Вектор» с применением прибора PNA E8363B (Agilent Technologies) для частот 2,0 – 40 ГГц, позволяющая проводить измерения амплитудно-фазовых распределений полей испытываемых антенн в их ближней зоне. Разработаны алгоритмы работы измерительного оборудования АИК, определяющие три типа (сценария) измерений: измерения на монохроматическом сигнале, измерения в полосе частот и измерения в полосе частот с пререклещением лучей для фазированных антенных решеток. При этом определены: список параметров задачи, задаваемых оператором, форматы данных прибора PNA E8363B, методы регистрации, сохранения и передачи данных. Определен порядок контроля (калибровки) и изменения параметров прибора PNA E8363B в ходе измерений по заданному сценарию. Проведены первые эксперименты по исследованию характеристик антенных решеток миллиметрового диапазона длин волн в их ближней зоне.

Ю. И. Белов, А. В. Серкин, В. И. Абрамов (отд 2)

Выполнены исследования в натуральных условиях спектральных поляризационных характеристик собственного теплового радиоизлучения поверхностей воды и воды с плёнкой нефти при различных типах волнения на их поверхностях. Получены в натуральных условиях экспериментальные данные по исследуемым характеристикам для плёнок нефти толщиной от 0,2 до 7,2 мм. Проведена частичная обработка результатов измерений и получены предварительные выводы для совершенствования поляризационного метода при наличии волнения поверхности воды с пленкой нефтепродукта. Намечены пути модификации алгоритма обработки а на основе накопления статистического материала, совершенствования методов измерений и развития модельных представлений о системе статистически неоднородной водной поверхности – пленка нефтепродукта – атмосфера.

И. В. Ракуть, Ю. А. Железняков, Н. Н. Голованова, В. В. Кочин, А. Г. Кисляков, С. А. Пелюшенко

На территории радиоастрономической обсерватории «Старая Пустынь» выполнены исследования поляризационных радиометрических контрастов пленки нефти на взволнованной поверхности воды с помощью разработанного по гранту № 08-07-97014 дистанционного поляризационного радиометрического двухчастотного комплекса. Исследовались в частотных диапазонах приемного модуля на трех углах визирования 50, 55 и 60 градусов радиояркие и поляризационные характеристики чистой водной поверхности при двенадцати градациях интенсивности волнения и воды с нефтяной пленкой толщиной от 0.2 мм до 7.2 мм для четырех градаций интенсивности волнения. Проведено сравнение этих характеристик с аналогичными характеристиками спокойной водной поверхности с пленкой нефти, чистой водной поверхности, возмущенной волнением. Сравнительный анализ показал, что использование методов обработки результатов измерений, развитых для определения толщины нефтяных пленок в закрытых водоемах, снижает точность определения толщины пленки для возмущенных волнением участков водной поверхности по сравнению с аналогичными измерениями для гладкой поверхности.

И. В. Ракуть, Ю. А. Железняков, Н. Н. Голованова, В. В. Кочин, А. Г. Кисляков, С. А. Пелюшенко

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №5

Разработана концепция акустического канала связи по трубе НКТ газодобывающей скважины. В натурном эксперименте на находящейся в эксплуатации газодобывающей скважине показано, что передача данных с помощью используемого акустического канала связи возможна на расстояния более 1 км. На специально разработанном экспериментальном стенде исследованы частотные и дисперсионные характеристики плети труб НКТ.

Касьянов Д. А., Жогликов В. А., Бубнов Е.Я., Рубцов С.Н. (ФГНУ НИРФИ), Фурманчук В.Т., Аверьянов А.Г., Золотавин А.А. (НИИС).

Проведены широкомасштабные экспериментальные исследования влияния начальной апертуры интенсивных акустических пучков мегагерцового диапазона на частотные и пространственно-временные характеристики нелинейных акустических волн, распространяющихся в чистой дегазированной воде. Исследования проводились в слаборасходящихся акустических пучках, генерируемых поршневыми пьезокерамическими излучателями. В экспериментах использовался широкополосный миниатюрный калиброванный приемник МНА9 фирмы Force Technology, потенциально обеспечивший корректный анализ более 20 гармоник принимаемого акустического сигнала. Изучено влияние начальной апертуры пучка на пространственное распределение амплитуд гармоник в нелинейных волнах, образованных при небольших числах Re . Проанализированы профили принимаемых сигналов в зависимости от местоположения приемника в акустическом пучке при различных соотношениях нелинейных и дифракционных эффектов.

Касьянов Д.А., Дерябин (ФГНУ НИРФИ), Курин В.В., Гурбатов С.Н., Сторожев Е.Н. (ННГУ)

Проведен весь комплекс мероприятий, связанный с аттестацией характеристик сверхширокополосного электронно-оптического модуля.

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

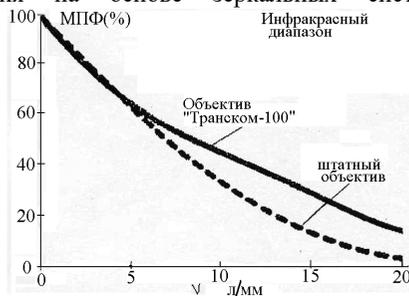
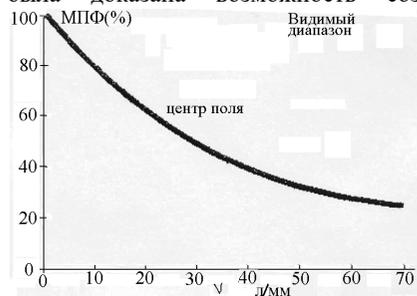
В рамках договора с ОАО НПО «Транском» проведена работа по аттестации оптических характеристик сверхширокополосного электронно-оптического модуля СЭОМ, состоящего из гиперспектрального объектива «Транском-100» и приемных элементов. Объектив был рассчитан, разработан и создан авторами. Проведена проверка соосности элементов гиперспектрального объектива

«Транском-100» на специально разработанном и изготовленном для этих целей измерительном стенде. Была разработана методика проверки aberrаций сферических зеркал непосредственно в механических оправках. По результатам измерений выполнена доюстировка зеркал исследуемого объектива. С целью оперативной замены приемников видимого и ИК диапазонов доработана система установки приемников и юстировки СЭОМ.

Доработана система регистрации данных в ИК-диапазоне длин волн. Система регистрации и представления данных предусматривает возможность одновременного вывода на экран мониторов изображений в двух спектральных каналах. В ходе работ по испытанию СЭОМ были получены следующие характеристики:

- для видимого диапазона диаметр функции рассеяния точки (ФРТ) составил 11 мкм, в ИК-диапазоне диаметр ФРТ не превосходит 47 мкм в центре поля и мало увеличивается по полю. На краю поля ($\sim 2,5^\circ$) диаметр ФРТ составил 52 мкм. Для сравнения диаметр ФРТ штатного объектива в ИК диапазоне в центре поля составил 58 мкм;
- по визуальной оценке штатный объектив уступает по светосиле объективу «Транском-100»;
- разрешающая способность была оценена по изображению миры типа «снежинка». Для штатного объектива отверстие в центре миры изображается на пределе разрешения. Объектив «Транском-100» разрешает это отверстие с запасом;
- для пространственно-частотной характеристики объектива рассчитана модуляционная передаточная функция (МПФ) путем преобразования Фурье функции рассеяния точки. Результаты расчетов для объектива «Транском-100» и штатного объектива представлены на рисунке. В результате выполнения НИР

была доказана возможность создания на основе зеркальных систем



сверхширокополосного электронно-оптического модуля, сочетающего высокое разрешение, высокую светосилу, широкое поле и обладающего возможностью одновременной работы в двух и более диапазонах длин волн.

Закончен цикл работ этапа научно-исследовательских разработок по созданию солнечного вектор-магнитографа нового типа. Разработаны исходные данные, инженерная записка и научно-технические предложения на открытие ОКР на научную аппаратуру «Солнечный вектор-магнитограф» для размещения ее на борту космического аппарата «Гелиозонд» с целью измерений солнечных магнитных полей в солнечной фотосфере с расстояний ~30 радиусов Солнца.

И. Е. Кожеватов, Е. Х. Куликова

Целью разработки является создание научной аппаратуры «Солнечный вектор-магнитограф» для размещения ее на борту космического аппарата «Гелиозонд» с целью измерений магнитных полей в солнечной фотосфере с близких расстояний ~30 радиусов Солнца.

Результаты показали, что существует реальная возможность создания вектор-магнитографа для решения научных задач в условиях глубокого космоса, имеющих принципиальное фундаментальное значение для гелиофизики.

Основаниями для такого вывода являются следующие факторы.

1. Гелиозонд при выполнении программы полета будет находиться на расстоянии от Солнца, примерно в шесть раз меньшем расстояния от земной орбиты. В результате при сохранении углового разрешения линейное разрешение по солнечной фотосфере может быть улучшено во столько же раз. Это обстоятельство позволяет рассчитывать на прямое измерение мелкой структуры фотосферного магнитного поля. Кроме того, увеличение потока излучения, более чем в 30 раз, позволяет улучшить чувствительность измерений трансверсальных составляющих магнитного поля в 6 и более раз.
2. В ходе выполнения НИР первоначальная задача по определению только продольной компоненты магнитного поля была расширена и дополнена измерением полного вектора магнитного поля солнечной фотосферы. Это потребовало разработки нового анализатора поляризации, так называемого «анализатора поляризации параллельного типа», обеспечивающего одновременное измерение всех 6 параметров Стокса спектральной линии и проведение анализа поляризации одновременно во всех точках исследуемого спектрального диапазона.
3. Разработанный поляризационный анализатор параллельного типа, а также дифракционный спектрограф высокой светосилы и современные многоэлементные матричные фотоприемники позволяют осуществить тонкие спектрально-поляризационные измерения без использования модуляционных (механических, электрооптических и т.д.) устройств. Это существенно повышает надежность и долговечность разрабатываемого магнитографического устройства, что является принципиально важным для длительной миссии в условиях высоких радиационных и термических нагрузок.

4. Основная роль в обеспечении работы разрабатываемого магнитографа отводится калибровочным технологиям, развитым в последнее время совместно сотрудниками ФГНУ НИРФИ и ИЗМИРАН.
5. Слабым звеном разработанного вектор-магнитографа, на которое следует обратить особое внимание при технической реализации проекта, является необходимость точного сканирования по одной из пространственных координат солнечного диска.

В ходе выполнения работ были разработаны исходные данные на научную аппаратуру «Солнечный вектор-магнитограф», составлена инженерная записка и представлены научно-технические предложения на открытие ОКР по созданию полетного варианта научной аппаратуры «Солнечный вектор-магнитограф»

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №6

Проведен эксперимент по каналированию радиоизлучения СДВ радиостанции «Голиаф» в искусственный магнитосферный дакт, создаваемый коротковолновым стендом «Сура» для модификации ионосферы.

Поляков С.В., Шлюгаев Ю.В.

Проведено предварительное изучение возможности существования устойчивых многочастичных нерелятивистских систем, состоящих из двух типов тождественных частиц, когда число частиц каждого типа стремится к бесконечности.

Жислин Г.М.

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №8

Введен в практику экспериментальных исследований нижней ионосферы на стенде СУРА новый способ определения высотного профиля электронной концентрации в E-области ионосферы, основанный на создании ИПН с двумя разными пространственными масштабами. Экспериментально доказана возможность исследования этим методом неоднородной структуры E-области, в том числе, и слабых спорадических слоев ионизации, которые недоступны детектированию с помощью стандартных ионозондов. Метод позволяет не только определять концентрацию электронов в спорадических слоях, но и изучать их временные вариации. В настоящее время высотный интервал определения электронной концентрации составляет $\Delta z \geq 10$ км, а его нижняя граница находится около 100 км; при улучшении параметров экспериментальных установок высотный интервал может быть расширен вверх.

В. В. Беликович, Н. В. Бахметьева, А. В. Толмачева

При создании мощным КВ излучением стенда СУРА искусственных периодических неоднородностей (ИПН) с двумя разными пространственными масштабами впервые определены параметры нейтральной атмосферы на высотах 95-115 км. Построен реальный профиль электронной концентрации в исследуемом высотном интервале, что позволило исключить возможную систематическую ошибку при определении атмосферных параметров. На основе методики 2-х частотной генерации ИПН подтвержден сделанный ранее вывод о существовании минимума температуры нейтральной атмосферы вблизи 100 км в периоды, близкие к равноденствию. Намечены пути расширения высотного интервала определения атмосферных параметров в сторону больших высот.

В. В. Беликович, А. В. Толмачева, В. Н. Бубукина

На основе цикла экспериментов по исследованию D-слоя ионосферы на установке частичных отражений стенда СУРА выполнен анализ роли пылевой компоненты ионосферной плазмы в рекомбинационных

процессах на высотах $h=50-90$ км. Отмечено возможное влияние ионов-связок и концентрации пыли на потери электронов в области D , где действует линейный закон рекомбинации с коэффициентом потерь $\psi=(3-7)\cdot 10^{-3}$ сек⁻¹, слабо зависящим от высоты и величины электронной концентрации N_e . Это исследование представляет принципиально новый взгляд на процессы рекомбинации и физические процессы, управляющие поведением $N_e(h)$ в нижней ионосфере. Для более полного понимания характера физических явлений в D -области ионосферы намечено провести измерение характерных времен переходных процессов вариаций $N_e(h,t)$ при нагреве ионосферы мощным радиоизлучением, который должен приводить к увеличению заряда пылинок и к увеличению скорости рекомбинации плазмы на пыли. В случае, если преобладающая роль рекомбинации на пылевидных частицах подтвердится в последующих исследованиях, определение коэффициента потерь может оказаться эффективным методом измерения пыли в этой наименее изученной области ионосферы, а также в мезосфере Земли.

В. В. Беликович, М. В. Беликович, В. Д. Вяхирев

Проведен новый цикл экспериментов по исследованию пространственно-временной структуры плазменной турбулентности, создаваемой над нагревным стендом СУРА, с помощью измерений характеристик широкополосных пробных радиосигналов при их распространении через возмущенную мощной радиоволной область ионосферы. Выполнен анализ полученных данных и показана возможность использования исследований динамики диагностического искусственного радиоизлучения ионосферы при очень коротких импульсах с длительностью $t_{\text{и}} \leq 200$ мкс для анализа эволюции ВЧ и НЧ верхнегибридной турбулентности ионосферной плазмы. Измерения амплитудно-фазовых характеристик излучаемых зондирующих импульсов могут быть использованы для комплексной диагностики возмущенной области с помощью широкого спектра (до 1 МГц) пробных радиоволн. Полученные результаты демонстрируют широкие возможности этого активно развиваемого метода диагностики возмущенной области

ионосферы. Намечены направления дальнейших работ на пути проведения измерений с большими мощностями нагрева, более широкой сеткой частот (особенно низких) и развития методов решения обратной задачи восстановления эволюции профиля электронной концентрации; при использовании трехточечных измерений реально построение пространственного поля скоростей плазмы в возмущенной области.

Е.Н.Сергеев

Выведены аналитические выражения для параметров Стокса излучения стэнда СУРА и представлены результаты первых экспериментов по исследованию линейно поляризованной компоненты излучения стэнда на наклонных трассах методом приема его сигналов на удаленном космическом аппарате NASA WIND. Результаты работы могут быть использованы при разработке методики и анализе экспериментов на стэнде СУРА, проводимых в режиме наклона ДН ППАДД (радиолокационные исследования объектов ближнего космоса, наклонное воздействие на ионосферу мощным КВ радиоизлучением), а также при проектировании многодипольных антенных систем на основе крестообразных вибраторов.

Ю.В.Токарев

В экспериментах широкополосному зондированию возмущенной области ионосферы проведено тестирование нового модуля цифрового приема 3-канального РПУ. Выявлено увеличение динамического диапазона измерений на 12 дБ по сравнению с ранее применявшимся 14 бит-модулем и возможность непосредственного использования сигнала с приемной антенны на входах АЦП при снижении уровня собственных шумов на 2-3 дБ по сравнению с использованием модуля совместно с РПУ.

Е.Н.Сергеев

Выполнен анализ первых экспериментов по радиоакустическому зондированию ионосферы на высотах от 70 до 85 км с использованием акустического излучателя и радара на базе стенда СУРА. Интенсивность сигнала, рассеянного звуковой волной в ионосфере, составляла порядка 10^{-16} Вт, а значения температуры в мезосфере находились в пределах 190 – 225 К. Вероятность появления рассеянных сигналов в сеансах радиоакустического зондирования мезосферы составляла 5 – 7%. Относительно низкий уровень измеренного сигнала РАЗ (на 27 дБ ниже расчетного значения) может быть связан с искажением фронта звуковой волны вследствие рассеяния звука на атмосферной турбулентности.

В.А.Зиничев, В.О.Рапопорт, Н.А.Рыжов

Выполнен анализ результатов вертикального зондирования ионосферы на частоте 9.02 МГц с использованием стенда СУРА. В интервале высот 100 – 130 км наблюдались интенсивные отражения от метеорных следов. На высотах вблизи 190 – 200 км и 270 – 290 км отмечался повышенный фон рассеянного сигнала порядка -100 дБ относительно уровня сигнала при зеркальном отражении с этих высот. Скорость ветра на высотах 100 – 130 км по измерениям доплеровского смещения частоты рассеянного сигнала составляла более 30 м/с, а в области высот 190 – 290 км была существенно меньше.

В.А.Зиничев, В.О.Рапопорт, Н.А.Митяков

Освоена новая диагностическая методика исследования ионосферных неоднородностей с помощью специальной обработки сигналов спутников навигационных систем GPS/ГЛОНАСС с целью внедрения ее на стенде СУРА. Проведена апробация методики в реальных условиях изучения ионосферного отклика на событие 20 февраля 2008, когда в 10:26 p.m. EST морским флотом США в Тихом Океане в районе Гавайских островов на высоте 240 км был сбит потерявший управление спутник шпион NROL-21 с остатками топлива на борту. Для

обработки данных применяется набор специальных программ, разработанных в НИРФИ по известным алгоритмам. Ранее для подобного рода исследований привлекались специалисты из других научных институтов.

Д.С.Котик, А.В.Рябов

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Отдел №11

С целью создания технологии сборки электронной компонентной базы, отдел разрабатывает опытные образцы сборочного оборудования.

В настоящее время отдел № 11 НИРФИ является единственным разработчиком в России современного сборочного оборудования для обеспечения микроэлектронных, оптоэлектронных, лазерных и радиоэлектронных технологий в России.

Отделом № 11 разработаны опытные образцы следующих видов оборудования:

1. Установки микросварки:

- Ультразвуковая (УЗ), термозвуковая сварка Al, Au проволочных выводов Ø до 50 мкм с неразрушающим контролем прочности каждого вывода на растяжение.

- Термозвуковая сварка Au проволоки диаметром 15-50 мкм.

- Термозвуковая сварка Au проволоки методом «шарик-клин» Ø до 40 мкм.

- УЗ сварка проволочных Al выводов диаметром до 500 мкм.

- Контактная сварка расщеплённым электродом.

С целью обеспечения технологии создания электронной компонентной базы сборочным оборудованием отдел проводит работы по организации его мелкосерийного производства на базе НИРФИ.

А. В. Подувальцев, В. Г. Сизов, М. В. Архипов

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГНУ НИРФИ
ЗА 2008 ГОД

Оригинал-макет подготовлен
в Редакционно-издательском отделе ФГНУ НИРФИ

Подписано в печать 15.06.09. Формат 60x84/16
Бумага писчая. Объем 3,1 усл.п.л.
Тираж 50. Заказ 5586

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