

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук**

**О Т Ч Е Т  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2013 г.**



Иркутск, 2014



Директор Института – чл.-к. РАН А.П. Потехин

### **Основные научные направления Института:**

Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, включая физику Солнца, межпланетной среды, околоземного космического пространства, ионосферы и атмосферы, изучение солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики и геофизики.

## **1. СТРУКТУРА ИНСТИТУТА**

### **Научные подразделения**

#### **Отдел физики околоземного космического пространства**

Рук. отд. – д.ф.-м.н. В.И. Куркин

- Лаборатория физики ионосферно-магнитосферного взаимодействия (зав. лаб. – к.ф.-м.н. А.В. Тащилин)
- Лаборатория изучения плазменно-волновой структуры магнитосферы (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климущкин)
- Лаборатория развития новых методов радиофизической диагностики атмосферы (зав. лаб. – к.ф.-м.н. А.В. Медведев)
- Лаборатория физики нижней и средней атмосферы (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.В. Михалев)
- Лаборатория исследования динамических процессов в ионосфере (зав. лаб. – к.ф.-м.н. О.И. Бернгардт)
- Лаборатория экспериментальных и прикладных исследований околоземного космического пространства (зав. лаб. – к.ф.-м.н. В.В. Хахинов)
- Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория (зав. обсерваторией – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин)
- Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы (ОРДА) (зав. обсерваторией – А.В. Заворин)
- Геофизическая обсерватория (ГФО) (зав. обсерваторией – В.Ф. Белкин)
- Норильская комплексная магнитно-ионосферная станция (Норильская КМИС) (зав. станцией – Г.П. Литвинов)

#### **Отдел радиоастрофизики**

Рук. отд. – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев

- Лаборатория мониторинга солнечной активности (зав. лаб. – к.ф.-м.н. С.В. Лесовой)
- Лаборатория информационного обеспечения и методологии исследований (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Д.В. Просовецкий)
- Лаборатория радиоастрофизических исследований Солнца (зав. лаб. – к.ф.-м.н. А.А. Кузнецов)
- Радиоастрофизическая обсерватория (РАО) (зав. обсерваторией – А.В. Черемных)

#### **Отдел физики Солнца**

Рук. отд. – чл.-к. РАН В.М. Григорьев

- Лаборатория экспериментальной физики Солнца и астрофизического приборостроения (зав. лаб. – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов)

- Лаборатория строения солнечной атмосферы (зав. лаб. – д.ф.-м.н. В.И. Скоморовский)
- Лаборатория солнечной активности (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов)
- Лаборатория инфракрасных методов в астрофизике (зав. лаб. – М.В. Еселевич)
- Байкальская астрофизическая обсерватория (БАО) (зав. обсерваторией – к.ф.-м.н. А.В. Боровик)
- Саянская солнечная обсерватория (ССО) (зав. обсерваторией – В.Н. Козловский)

### **Конструкторский отдел**

Зав. отд. – А.Я. Смольков

- Сектор электронной аппаратуры (зав. сектором – А.Я. Смольков)
- Экспериментальный цех (нач. цеха – В.С. Федотов)

### **Научно-вспомогательные подразделения**

- Редакционно-издательский отдел (зав. отделом – М.В. Никонова)
- Научная библиотека (зав. библиотекой – О.Н. Капуркина)
- Патентный отдел (зав. отделом – д.ф.-м.н. Н.И. Кобанов)
- Первый отдел (нач. отдела – Г.Е. Мешковский)
- Группа переводчиков
- Группа научно-технической информации

### **Отдел по защите информации и сетевому сопровождению**

Зав. отд. – А.В. Джурик

### **Административно-хозяйственные подразделения**

- Отдел кадров (зав. отделом – В.И. Дроздова)
- Канцелярия (вед. документовед – О.А. Лушева)
- Бухгалтерия (гл. бухгалтер – В.С. Алейникова)
- Планово-экономический отдел (зав. отделом – И.Н. Леонова)
- Службы и группы хозяйственного обслуживания

### **Руководство Института**

*Директор*

чл.-к. РАН А.П. Потехин

*Заместители директора  
по научной работе*

чл.-к. РАН В.М. Григорьев  
д.ф.-м.н. В.И. Куркин  
д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев  
д.ф.-м.н. А.С. Потапов

*Заместитель директора  
по научной работе  
и инновационной деятельности*

к.ф.-м.н. В.В. Хахинов

*Ученый секретарь*

к.ф.-м.н. И.И. Салахутдинова

*Заместитель директора  
по общим вопросам*

А.Ю. Куликов

*Заместитель директора  
по капитальному строительству*

В.И. Суханов

Адрес:

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 126а

Телефон:

(3952) 428265

Факс:

(3952) 511675, (3952)425557

e-mail:

uzel@iszf.irk.ru

web:

www.iszf.irk.ru

## **2. Исследования в области физики Солнца, радиоастрофизики и космических лучей**

Научные исследования выполнялись в отделах физики Солнца и радиоастрофизики.

1. Приоритетное направление П.14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах.

1.1. Проект № 22.3 «Динамические процессы в плазме Солнца, солнечном ветре и магнитосферах планет» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы» (координатор – академик Л.М. Зеленый). Рег. номер 01201255937. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2. Приоритетное направление П.16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.

2.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» (координатор – академик Г.А. Жеребцов).

2.1.1. Проект П.16.1.5 «Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства». Рег. номер 01201281653. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. М.В. Еселевич.

2.1.2. Проект П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца». Рег. номер 01201281652. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Д.В. Просовецкий.

2.2. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» (координатор – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев).

2.2.1. Проект П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности». Рег. номер 0120281651. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов.

2.2.2. Проект П.16.3.2 «Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере». Рег. номер 01201281650. Руководители проекта – д.ф.-м.н. Н.И. Кобанов, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

2.2.3. Проект П.16.3.3 «Методы и инструменты астрофизического эксперимента». Рег. номер 01201281648. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

2.3. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» (координатор - чл.-корр. РАН Е.Г. Бережко).

2.3.1. Проект П.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей». Рег. номер 01201281649. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. В.Е. Сдобнов.

2.4. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 34 «Цикличность в биогеологических седиментационных системах Центральной Азии на абсолютной временной шкале голоцена: глобальный отклик солнечно-земных связей» (координатор – д.г.-м.н. И.А. Калугин, ИГМ СО РАН). Руководитель блока проекта от ИСЗФ СО РАН – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов.

2.5. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 77 «Изучение закономерностей проявления опасных природных процессов в исторически обозримом прошлом для разработки основ прогноза их поведения на ближайшие десятилетия» (координаторы – д.г.-м.н. К.Г. Леви, ИЗК СО РАН; Г.И. Медведев, ИАЭТ СО РАН). Руководитель блока проекта от ИСЗФ СО РАН – д.ф.-м.н. С.А. Язев.

2.6. Совместный проект № 2 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Комплексы активности в период максимума солнечного цикла». Рег. номер 01201370123. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2.7. Партнерский интеграционный проект СО РАН № 13 «Магнитная активность Солнца и эруптивные процессы в его атмосфере». Рег. номер 01201255669. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2.8. Проект № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика» (координатор – акад. В.А. Матвеев). Координатор – акад. Г.Ф. Крымский, ИКФИА СО РАН; Руководитель блока проекта от ИСЗФ СО РАН – к.ф.-м.н. В.Е. Сдобнов.

2.9. Проект № 21.2 «Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-33ИК» программы Президиума РАН № 21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной» (координатор – акад. А.А. Боярчук). Рег. номер – 01201255938. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

Также выполнялись работы по Федеральным целевым программам:

2 проекта Федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.»:

- «Разработка дополнительной аппаратуры для дооснащения действующих оптических и радиотелескопов с целью обеспечения их работы в режиме мониторинга гелиогеофизической обстановки»; научные руководители – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, к.ф.-м.н. П.Г. Папушев.

- «Разработка и создание опытных образцов оптических телескопов и радиоспектрополяриметра нового поколения для мониторинга солнечной активности»; научные руководители – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

1 проект Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.»:

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: астрономия, астрофизика и исследования космического пространства». Проект «Мониторинг и комплексный анализ динамических процессов в солнечной атмосфере на основе комплекса обсерваторий Института солнечно-земной физики СО РАН и Иркутского государственного университета, подготовка научно-педагогических кадров в рамках НОЦ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

1 проект Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.»:

- Лот «Проведение исследований с использованием уникальных стендов и установок по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Проект «Исследование активных процессов на Солнце на основе УСУ «Сибирский солнечный радиотелескоп» (ССРТ) и УСУ «Большой солнечный вакуумный телескоп» (БСВТ) в целях развития методов диагностики среды в околоземном пространстве» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

Молодежные коллективы Института работали по гранту конкурса Президента Российской Федерации государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук:

- «Волновые процессы в солнечных образованиях с различной топологией магнитного поля»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Колобов.

Выполнялись два молодежных проекта по научным темам, утвержденным постановлением Президиума СО РАН от 13.01.2011 № 11 «О выделении дополнительных ставок научным организациям СО РАН для зачисления в штат молодых ученых»:

- «Исследование переноса энергии волнами в солнечных образованиях с различной топологией магнитного поля. Развитие методов и аппаратуры для измерения магнитных полей Солнца и звезд, в том числе применимых для внеатмосферных наблюдений»; научный руководитель – А.А. Скляр.

- «Исследование распространения и генерации волн Россби на Солнце»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Е.В. Девятова.

Двое молодых ученых выполняли научные исследования на основании постановлений Президиума СО РАН № 381 от 29.12.2009 г. «Об исследованиях молодых ученых по приоритетным направлениям науки» и № 467 от 28.12.2012 г. «О показателях финансирования Сибирского отделения Российской академии наук, укрупненных параметрах, целевых программах и размерах первоначальной субсидии учреждений на 2013 год» (Коробцев И.В. и Губин А.В.).

Выполнялось 12 грантов РФФИ:

10 инициативных грантов по отделу РФФИ физики и астрономии, включая 2 гранта по конкурсам молодых ученых и 3 гранта по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями.

1. 11-02-00333-а «Выход магнитных полей из конвективной зоны Солнца и их вынос в гелиосферу»; научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2. 12-02-00037-а «Возникновение и распространение солнечных корональных выбросов и связанных с ними ударных волн»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.В. Гречнев.

3. 12-02-00173-а «Исследование ускорения электронов и динамики солнечных вспышек на основе измерений их микроволнового излучения с высоким пространственным и спектральным разрешением»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

4. 12-02-31746-мол\_а «Исследование колебательных процессов в крупномасштабных магнитных полях солнечных активных областей по данным спутниковых и наземных обсерваторий»; научный руководитель – к.ф.-м.н. С.А. Анфиногентов.

5. 12-02-33110-мол\_а\_вед «Многоволновые исследования пространственно-временных характеристик колебательных процессов и их роли в возникновении и развитии эруптивных и вспышечных явлений в солнечной атмосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Колобов.

6. 12-02-92691-ИНД-а «Модели солнечного и звездного динамо»; научный руководитель – д.ф.-м.н. Л.Л. Кичатинов.

7. 12-02-91161-ГФЕН\_а «Исследования нетепловых процессов, связанных с солнечными вспышками, на основе радионаблюдений»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

8. 13-02-00202-а «Исследование поршневой и взрывной ударных волн, связанных с возникновением и распространением выбросов корональной массы (ВКМ)»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.Г. Еселевич.

9. 13-02-00044-а «Исследование процессов переноса энергии МГД-волнами в атмосфере Солнца»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Р.А. Сыч.

10. 13-02-90472 Укр\_ф\_а «Накопление, выделение и перенос энергии в солнечных вспышках»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

1 грант по отделу РФФИ физики и астрономии по организации и проведению экспедиций и полевых исследований:

11. 13-02-10009\_к «Организация и проведение комплексной экспедиции для сбора данных по солнечной активности»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

1 грант по организации российских научных мероприятий по отделу РФФИ физики и астрономии:

12. 13-02-06106-г «Научный проект организации и проведения Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова»; научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

Выполнялись:

- Работы по программе Президиума СО РАН поддержки обсерваторий СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 103 от 15.03.2012 г.); научные руководители – чл.-к. РАН В.М. Григорьев, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.
  - Работы по укрупненному инвестиционному проекту «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН», научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.
  - Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.
- Всего за 2013 г. работы велись по 9 хоздоговорам.

## **2.1. Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности**

### **Измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца и наблюдения его активных областей**

Выполнены измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца и наблюдения его активных областей, комплексов активности. Создан архив магнитограмм Солнца и получены данные о солнечной активности по наблюдениям в разных спектральных диапазонах. В 2013 г. в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН на Солнечном телескопе оперативных прогнозов (СТОП) было 87 дней наблюдений. Получено 54 магнитограммы полного диска Солнца, выполнено 79 измерений общего магнитного поля. В Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН на СТОП-1 было 62 дня наблюдений, всего получено 324 магнитограммы полного диска.

#### **Публикации**

1. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Бевзов А.Н., Будников К.И., Власов С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Китов А.К., Лубков А., Лылов С.А., Перебейнос С.В. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения // Автометрия. 2013. Т. 49, № 6. С. 62–69.
2. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Свидский П.М., Лылов С.А., Савченко Т.Н. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения: Результаты анализа первых данных // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 9.
3. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Свидский П.М., Будников К.И., Власов С.В., Зотов А.А., Китов А.К., Лубков А.А., Лылов С.А., Скоморовский В.И. Новый телескоп для исследований крупномасштабного магнитного поля Солнца и оперативного прогноза геомагнитной активности // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 49.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Динамика магнитного поля формирующейся активной области**

Исследована динамика магнитного поля формирующейся активной области на стадии образования пятен по данным космической обсерватории SDO. Обнаружено явление слияния двух вращающихся в противоположных направлениях пятен одной магнитной полярности (рис. 1). Вращение более молодого фрагмента происходило по часовой стрелке, скорость достигала 10 град/ч. Возникшее в результате этого процесса ведущее пятно вращалось против часовой стрелки со скоростью 4 град/ч. Рассмотрено возможное объяснение в рамках модели всплывающей скрученной  $\Omega$ -трубки магнитного потока, отдельные пряди которой взаимодействуют с конвективными течениями при прохождении конвективной зоны.

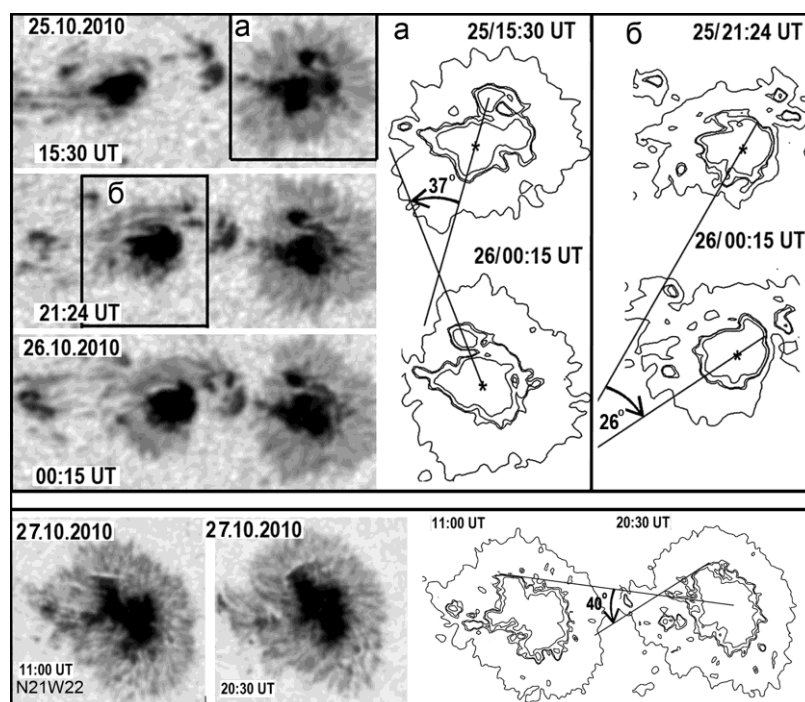


Рис. 1. Изображения пятен в континууме (слева) и их изофоты (справа). Вверху показано вращение в противоположных направлениях двух объединяющихся пятен, прямоугольниками а и б в левой части рисунка выделены участки, для которых представлены изофоты в правой части, сравнение проводится с кадром за 00:15 UT 26 октября. Внизу показано вращение образовавшегося пятна.

#### Публикации

1. Григорьев В.М., Ермакова Л.В., Хлыстова А.И. Слияние двух вращающихся пятен в процессе возникновения активной области // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 12. С. 1066–1072.
2. Khlystova A.I. The horizontal component of photospheric plasma flows during the emergence of active regions on the Sun // Solar Phys. 2013. V. 284. P. 343.
3. Ермакова Л.В. Магнитные поля активных областей // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск. 16–21 сентября 2013 г. С. 7.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.3.1. «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3. «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

#### Закономерности обращения магнитного поля Солнца в циклах активности 21–24

Анализ эволюции комплексов активности подтвердил, что после их распада образуются остаточные магнитные поля, которые переносятся меридиональной циркуляцией и диффузией в высокие широты. Из зон интенсивного пятнообразования выносятся остаточные поля, которые достигают полюсов Солнца и влияют на его полярные магнитные поля. Северо-южная асимметрия пятнообразовательной активности, ее импульсный характер (рис. 2, а, в) приводят к асинхронности инверсии магнитного поля в северном и южном полушариях Солнца. Дано объяснение трехкратной смене знака полярного магнитного поля в цикле 21: после регулярной инверсии полярного магнитного поля в 1980 г. остаточные поля ведущей и хвостовой полярностей достигли северного полюса и еще дважды привели к переполусовке. Эти остаточные поля образовались в северном полушарии после распада больших комплексов активности в 1979–1980 гг. На рис. 2, б показано широтно-временное распределение магнитных полей, усредненных по кэррингтоновским оборотам. Черными контурами отмечены зоны интенсивного пятнообразования.

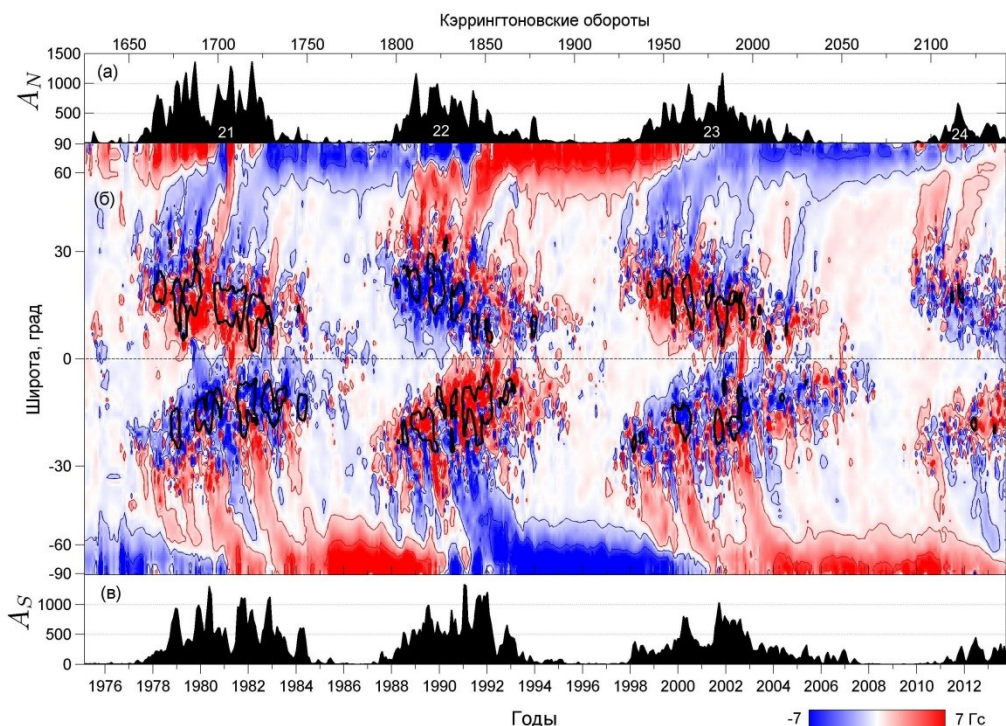


Рис. 2. Изменения площадей солнечных пятен в северном (а) и южном (в) полушариях Солнца ( $A_N$ ,  $A_S$ ); широтно-временное распределение магнитных полей (б) в сине-красной цветовой шкале, черными контурами показано распределение солнечных пятен, площади которых превышают 100 м.д.п. Номера циклов указаны на верхнем графике.

### Публикации

1. Мордвинов А.В., Язев С.А. Распад комплексов активности и формирование корональных дыр на Солнце // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 6. С. 491–500.
2. Mordvinov A.V., Yazev S.A. Reversals of the Sun's polar magnetic fields in relation to activity complexes and coronal holes // Solar Phys. (in print).
3. Мордвинов А.В., Язев С.А. Инверсия магнитного поля на полюсах Солнца и формирование корональных дыр // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 8.
4. Mordvinov A.V., Grigoryev V.M., Yazev S.A., Peshcherov V.S. Evolution of magnetic activity and reversal of the Sun's polar field in the current cycle // International Living with a Star Workshop. Irkutsk. June 24–28, 2013. P. 4.

Работа выполнена в рамках проекта П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».

### Взаимосвязь магнитного поля и электрических токов в активных областях

Изучена взаимосвязь магнитного поля и электрических токов в активных областях, а также проблема ускорения частиц и нагрева плазмы. Магнитное поле активной области АО 10933 рассчитывалось с помощью процедуры восстановления поля в бессиловом приближении по данным векторных магнитографических измерений космической обсерватории Hinode/SOT. По результатам проведенных расчетов построены карты распределения интегральной плотности электрического тока и сделаны оценки вариации свободной энергии магнитного поля. Выявлено, что области всплытия нового магнитного потока совпадают с областями увеличения интегральной плотности тока, а сам процесс всплытия сопровождается ростом свободной магнитной энергии.

### **Публикации**

1. Grigor'eva I.Yu., Livshits M.A., Rudenko G.V., Mysh'yakov I.I. Active regions near the recent solar-cycle minimum: Relation between plasma heating and electrical currents // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N. 8. P. 611–621.
2. Rudenko G.V., Mysh'yakov I.I., Anfinogentov S.A. Determining the spatial configurations of the coronal magnetic fields of solar active regions // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N. 8. P. 622–635.
3. Zhdanov D.A., Kashapova L.K., Altyntsev A.T., Mysh'yakov I.I., Zandanov V.V. Microwave quasi-periodic radio pulsations in the 2012 March 08 solar flare // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37 P. 563–572.
4. Мышьяков И.И., Руденко Г.В. Исследование временной эволюции магнитного поля АО 11158 в процессе развития вспышки X-класса // *Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов.* С. 8.
5. Гречнев В., Уралов А., Руденко Г., Мышьяков И., Файнштейн В., Егоров Я., Афанасьев А., Слемзин В., Черток И., Филиппов Б., Белов А., Теммер М., Джексон Б., Престедж Н. Причины и уроки экстремальной магнитной бури 20 ноября 2003 г. // *Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов.* С. 16.
6. Колобов Д.Ю., Анфиногентов С.А., Чупин С.А., Кочанов А.А., Кустов А.С., Мышьяков И.И. Проблемы совместного анализа одновременных наблюдений на оптических и радиоинструментах в задаче исследования распространяющихся волн в солнечной атмосфере // *Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов.* С. 48.
7. Mysh'yakov I., Rudenko G., Kochanov A., Anfinogentov S., Kaltman T. 3D reconstruction of solar magnetic field in active regions // *Manual for Workshop & School on Radio Sun.* P. 10.
8. Grechnev V., Uralov A., Rudenko G., Mysh'yakov I., Fainshtein V., Egorov Ya., Slemzin V., Chertok I., Filippov B., Belov A., Temmer M., Jackson B., Prestage N. Causes and lessons of the 20 November 2003 geomagnetic superstorm // *CESRA WORKSHOP 2013. Abstract book.* P. 51.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Модель динамо глобальных минимумов солнечной активности**

Предложена модель динамо глобальных минимумов солнечной активности, подобных минимуму Маундера. Глобальные минимумы возникают из-за нерегулярных изменений параметров динамо во времени и в пространстве. Глобальные минимумы в расчетах сопровождаются увеличением северо-южной асимметрии магнитного поля. Повышенная северо-южная асимметрия может быть индикатором вступления Солнца в эпоху пониженной магнитной активности.

### **Публикации**

1. Олемской С.В., Чудури А.Р., Кичатинов Л.Л. Флуктуации альфа-эффекта и глобальные минимумы солнечной активности // *Астрон. журн.* 2013. Т. 90. С. 501–511.
2. Кичатинов Л.Л. Бароклинная неустойчивость в неоднородно вращающихся звездах // *Письма в АЖ.* 2013. Т. 39. С. 631–640.
3. Olemskoy S.V., Kitchatinov L.L. Grand minima and north-south asymmetry of solar activity // *Astrophys. J.* 2013. V. 777. P. 71–78.
4. Moss D., Kitchatinov L.L., Sokoloff D.D. Reversals of the solar dipole // *Astron. Astrophys.* 2013. V. 550. L9–L12.
5. Kitchatinov L.L. Theory of differential rotation and meridional circulation / *Proc. IAU Symposium 294 «Solar and Astrophysical Dynamos and Magnetic Activity».* 2013. P. 399–410.
6. Kitchatinov L.L., Olemskoy S.V. Solar dynamo model with nonlocal alpha-effect and diamagnetic pumping / *Proc. IAU Symposium 294 «Solar and Astrophysical Dynamos and Magnetic Activity».* 2013. P. 429–430.

7. Ruediger G., Kitchatinov L.L., Hollerbach R. Magnetic processes in astrophysics. Wiley-VCH. 2013. 346 p.
8. Кичатинов Л.Л. Меридиональная циркуляция и дифференциальное вращение на Солнце и звездах: Доклад на конференции по физике Солнца в рамках ВАК-2013 (23–27 сентября, С.-Петербург).
9. Олемской С.В., Кичатинов Л.Л. «Глобальные минимумы и северо-южная асимметрия солнечной активности»: Доклад на конференции по физике Солнца в рамках ВАК-2013 (23–27 сентября, С.-Петербург).
10. Соколов Д.Д., Мосс Д., Кичатинов Л.Л. Инверсия солнечного диполя: Доклад на конференции по физике Солнца в рамках ВАК-2013 (23–27 сентября, С.-Петербург).
11. Kitchatinov L.L. Mean-field theory of meridional flow and differential rotation: Доклад на конференции «Differential Rotation and Magnetism Across the HR Diagram» и одноименная программа совместных работ в Североевропейском институте теоретической физики (8–19 апреля, Стокгольм).
12. Kitchatinov L.L. Baroclinic instability in differentially rotating stars: Доклад на конференции «Differential Rotation and Magnetism Across the HR Diagram» и одноименная программа совместных работ в Североевропейском институте теоретической физики (8–19 апреля, Стокгольм).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Влияние магнитной спиральности на генерацию магнитного поля Солнца**

Исследовано влияние магнитной спиральности на генерацию магнитного поля Солнца. Общий сценарий солнечного динамо требует механизмов, преобразующих крупномасштабное тороидальное поле в полоидальное, например, за счет циклонической конвекции. В результате генерации образуются магнитные конфигурации с узлами, причем генерация магнитного поля ограничена топологией узлов на малых и больших масштабах. Это ограничение математически выражается законом сохранения магнитной спиральности. Считалось, что сохранение магнитной спиральности приводит к прекращению генерации полоидального поля из тороидального циклонической конвекцией. Это так называемая проблема «катастрофического» подавления  $\alpha$ -эффекта. Для разрешения этой проблемы предлагались разные методы, связанные прежде всего с пространственным разделением областей генерации тороидальных и полоидальных полей (динамо с нелокальным  $\alpha$ -эффектом). Нами было показано, что теоретическая проблема «катастрофического» подавления  $\alpha$ -эффекта связана с некорректным описанием эволюции мелкомасштабной магнитной спиральности.

### **Публикации**

1. Pipin V.V., Sokoloff D.D., Zhang H., Kuzanyan K.M. Helicity conservation in nonlinear mean-field solar dynamo // *Astrophys. J.* 2013. V. 768. P. 46.
2. Pipin V.V.; Zhang H.; Sokoloff D.D., Kuzanyan K.M., Gao Y. The origin of the helicity hemispheric sign rule reversals in the mean-field solar-type dynamo // *Monthly Not. Royal Astron. Soc.* 2013. V. 435. P. 2581.
3. Pipin V.V., Kosovichev A.G. The mean-field solar dynamo with a double cell meridional circulation pattern // *Astrophys. J.* 2013. V. 776. P. 36.
4. Tlatov A., Illarionov E., Sokoloff D., Pipin V. A new dynamo pattern revealed by the tilt angle of bipolar sunspot groups // *Monthly Not. Royal Astron. Soc.* 2013. V. 432. P. 2975.
5. Pipin V.V., Sokoloff D.D., Usoskin I.G. Waldmeier relations and the solar cycle dynamics by the mean-field dynamos // *Proc. IAU Symposium 294 «Solar and Astrophysical Dynamos and Magnetic Activity»* 2013. P. 595.
6. Pipin V.V. Advances in mean-field dynamo theories // *Proc. IAU Symposium 294 «Solar and Astrophysical Dynamos and Magnetic Activity»* 2013. P. 375.

7. Pipin V.V. Helicity-vorticity turbulent pumping of magnetic fields in the solar dynamo // Proc. IAU Symposium 294 «Solar and Astrophysical Dynamos and Magnetic Activity» 2013. P. 367.

8. Pipin V.V. Helicity-vorticity turbulent pumping of magnetic fields in the solar convection zone // Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics. 2013. V. 107. P. 185.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### Комплексные исследования проблем особенностей диагностики магнитных полей Солнца

Благодаря наблюдениям на СТОП Саянской солнечной обсерватории и Грегори-кудзетелескопе обсерватории IRSOL (Локарно, Швейцария) удалось провести комплексные исследования проблем особенностей диагностики магнитных полей Солнца (проявлений в них

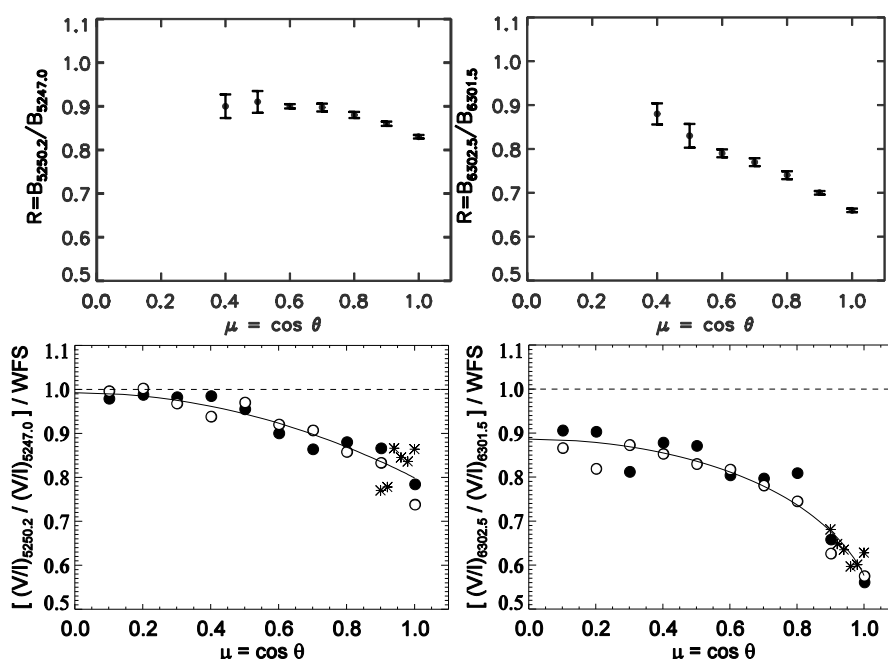


Рис. 3. Результаты сопоставления наблюдений магнитных полей Солнца в зеленых (левые панели) и красных (правые панели) линиях. Верхние панели – зависимость коэффициента регрессии от расстояния от центра диска  $\mu = \cos \theta$  ( $\theta$  – гелиоцентрический угол) для наблюдений на СТОП, нижние панели – для наблюдений с поляриметром ZIMPOL-3 обсерватории IRSOL (Локарно, Швейцария). Разными символами отмечены результаты, полученные в различных режимах наблюдений.

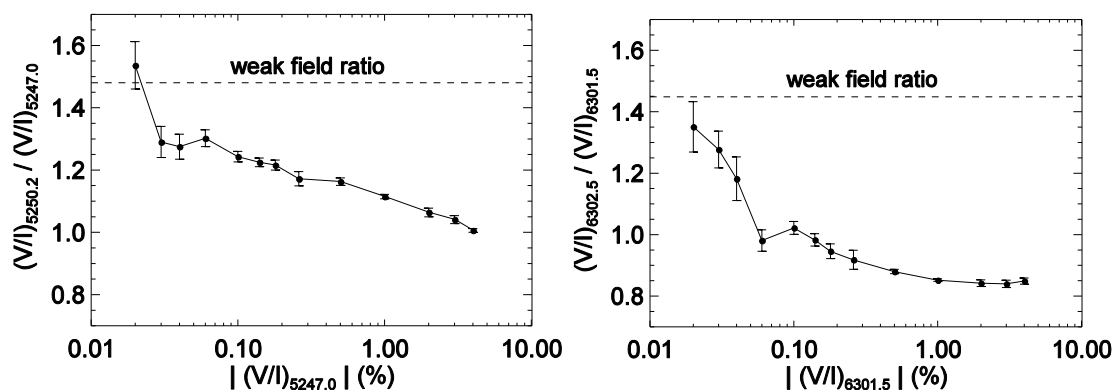


Рис. 4. Зависимость отношений V/I от величины сигнала поляризации для зеленых (левая панель) и красных (правая панель) линий. Наблюдения в центре диска на ZIMPOL-3, ось X в логарифмическом масштабе.

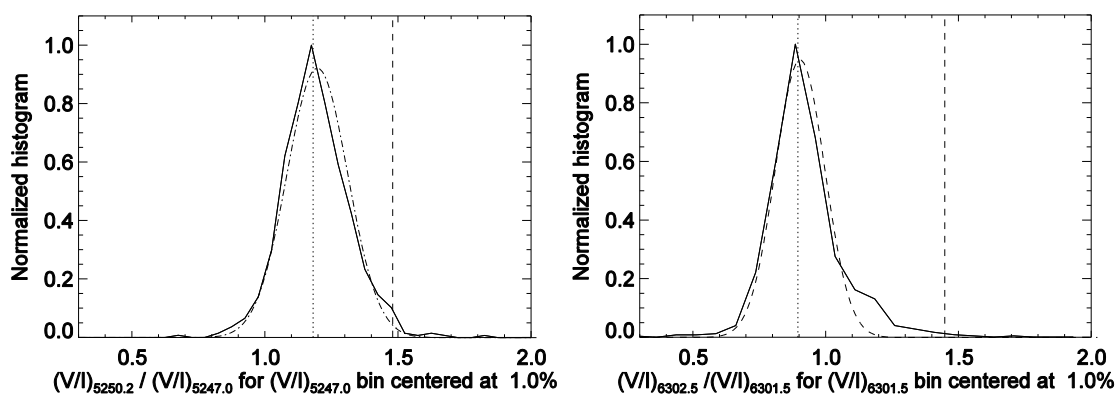


Рис. 5. Гистограммы отношений V/I сигналов (сплошные линии) и аппроксимирующие их гауссианы (штриховые линии). Используются данные ZIMPOL-3 для центра диска.

тонкоструктурных магнитных элементов) при использовании линий FeI 5247.0 и 5250.2 Å; FeI 6301.5 и 6302.5 Å, которые в практике солнечных поляриметрических измерений применяются наиболее часто.

Сделан вывод, что для корректной интерпретации наблюдений в красных линиях,отягощенных влиянием разности высот образования этих линий и термодинамических эффектов, необходимо применять специальную процедуру корректировки. Величина корректирующего коэффициента, с помощью которого «искаженные» значения отношения напряженностей (или V/I-сигналов) в красных линиях следует приводить (в статистическом смысле) к «правильным» значениям отношений в зеленых линиях, зависит от положения точки наблюдения на диске Солнца (рис. 3). Показано (рис. 4), что значения отношений напряженности в обеих комбинациях линий уменьшаются с увеличением амплитуды регистрируемого сигнала (плотности магнитного потока). Продемонстрировано, что слабая (несколлапсированная) компонента солнечного магнетизма проявляется не только при наблюдениях с высоким пространственным разрешением, при которых ее существование было открыто, но и при наблюдениях с умеренным разрешением в наземных условиях (рис. 5). Найдены зависящие от положения на диске Солнца коэффициенты для взаимной калибровки измерений напряженности в линиях FeI 6302.5 Å и FeI 5250.2 Å. Практическим следствием результатов данного исследования является рекомендация корректировки наблюдений космической обсерватории Hinode в линиях FeI 6301.5 и 6302.5 Å. Предложена формула для такой корректировки.

#### Публикации

1. Stenflo J.O., Demidov M.L., Bianda M., Ramelli R. Calibration of the 6302/6301 Stokes V line ratio in terms of the 5250/5247 ratio // Astron. Astrophys. 2013. V. 556. P. A113.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

#### Исследование распространения и генерации волн Россби на Солнце

Проведены численные эксперименты с квазигеострофической моделью «мелкой воды» по оценке инкрементов неустойчивостей, обусловленных вариациями толщины слоя и неоднородностями среднего потока. Расчеты показали, что наличие вариаций толщины слоя и неоднородностей среднего потока приводит к дестабилизации дифференциального вращения даже в том случае, если профиль дифференциального вращения устойчив. Время раскочки неустойчивостей существенно зависит от амплитуды и пространственной структуры возмущений. Непосредственной причиной возмущений толщины слоя (например, тахоклина) и неоднородностей среднего потока могут быть ячейки проникающей

конвекции, диффузия реликтового магнитного поля и магнитных полей из зоны конвекции. Результаты расчетов могут оказаться полезными при объяснении природы крупномасштабных долгоживущих структур магнитного поля на поверхности Солнца, не связанных с солнечной цикличностью, которые могут быть видимым проявлением волн и вихрей Россби, сгенерированных в тахоклине. Подобные структуры, если они существуют, должны проявляться как в максимуме, так и в минимуме солнечной активности. Был предпринят поиск таких структур по данным измерений магнитного поля в 21-24-м солнечных циклах Стэнфордской обсерватории и рядом гринвичских данных о ежедневных суммированных по диску Солнца значениях площадей солнечных пятен в период с 1878 по 2005 г. По данным Стэнфордской обсерватории крупномасштабные долгоживущие структуры, соответствующие ожидаемым образованиям, были обнаружены в средних широтах северного полушария в слабых магнитных полях. В южном полушарии и в более сильных магнитных полях подобные структуры обнаружить не удалось. Анализ гринвичских данных о суммарных по диску значениях площадей солнечных пятен за период с 1878 по 2005 г. также позволил выявить долгоживущие структуры – активные долготы, устойчиво наблюдавшиеся на фазе роста солнечной активности при вращении с периодом 27.965 сут по крайней мере в течение десяти циклов.

#### **Публикации**

1. Мордвинов В.И., Девятова Е.В., Томозов В.М. Гидродинамические неустойчивости в тахоклине, обусловленные вариациями толщины слоя и неоднородностями среднего потока // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 3–12.
2. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Плюснина Л.А., Томозов В.М. Динамика крупномасштабных магнитных полей Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 57–60. CD-ROM.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

#### **Исследовано формирование и начальная стадия движения трех корональных выбросов массы, связанных с эрупцией протуберанцев и рентгеновскими вспышками**

Сделан вывод, что эрупция протуберанца явилась триггером возникновения коронального выброса массы (КВМ). Установлено, что формирование и движение КВМ характеризуются индивидуальными особенностями. Обнаружена положительная корреляция между высотой эруптивного протуберанца, связанного с КВМ, и высотой фронтальной структуры КВМ, измеренными перед началами их движений. Для двух КВМ по данным SDO показано, что кинематика тела КВМ и связанной с ним ударной волны существенно различаются. Установлено, что зависимости положения и скорости ударной волны от времени, полученные по данным SDO, согласуются с теоретическими зависимостями изменения со временем этих параметров движения в рамках автомодельного движения взрывной ударной волны. Сделан вывод, что обнаруженные ударные волны не являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня.

#### **Публикации**

1. Егоров Я.И. Файнштейн В.Г. Исследование свойств КВМ с использованием данных космических аппаратов SDO и PROBA2 // Косм. иссл. 2013. Т. 51, № 1. С. 4–16.
2. Stepanyan N.N., Akhtemov Z.S., Fainshtein V. G. and Rudenko G.V. Height stratification and polar reversal of the Sun's magnetic fields in cycles 21–23 // Geomagnetism and Aeronomy. 2013. V. 53, N 8. P. 934–937.
3. Fainshtein V.G., Malashchuk V.M., Stepanian N.N.; Rudenko G.V., Egorov Ya.I. Magnetic connections of solar formations inside magneto-isolated complexes based on observations of arch structures and calculations of magnetic field lines // Bull. Crimean Astrophys. Obs. V. 109, Iss. 1, P. 104–110.

### **Определены радиальные распределения величины магнитного поля вдоль направлений, близких оси Солнце–Земля**

На основе метода нахождения радиальных профилей величины магнитного поля в солнечной короне  $B(R)$ , описанного в работе [Gopalswamy N., Yashiro S. Ap. J. Lett. 2011. V. 736. P. L17] и применявшегося для направлений вблизи плоскости неба, определены радиальные распределения величины магнитного поля вдоль направлений, близких оси Солнце–Земля. Для этого с использованием метода [Xue X.H. et al. J. Geophys. Res. 2005. V. 110. P. A08103] по данным SOHO/LASCO найдены трехмерные характеристики быстрых KBM типа гало и связанных с ними ударных волн. С помощью этих данных удалось получить распределения  $B(R)$  до расстояния от центра Солнца порядка 43 радиусов Солнца, что примерно в два раза дальше, чем в работе [Gopalswamy, Yashiro, 2011]. Сделан вывод о том, что, в некоторых случаях метод нахождения поля [Gopalswamy, Yashiro, 2011] приводит к ошибочным результатам и должен быть модифицирован. Предложены пути такой модификации.

#### **Публикации**

1. Egorov Y.I., Fainshtein V.G. Study of CME properties using high resolution data // Central European Astrophys. Bull. 2013. V. 37. P. 619–630.
2. Stepanyan N.N., Akhtemov Z.S., Fainstein V.G., Rudenko G.V. The height stratification of solar magnetic fields in cycles 21–23. Bull. Crimean Astrophys. Obs. V. 109, Iss. 1, P. 115–123.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Исследована структура и эволюция нескольких вспышек вне пятен по наблюдениям в БАО ИСЗФ СО РАН**

Выявлена тесная связь вспышечных лент и узлов с границами хромосферной и магнитной сеток, с холмами магнитного поля с высокими значениями напряженности поля. На основе современных моделей вспышек представлена интерпретация возникновения, структуры и эволюции солнечных вспышек вне пятен.

#### **Публикации**

Боровик А.В., Мячин Д.Ю., Томозов В.М. Вспышки вне пятен: наблюдения и интерпретация // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 15.

Выделены некоторые закономерности распределений примесных элементов в атмосферах звезд солнечного типа (в частности, зависимость «FIP эффект - спектральный тип»), имеющие важное значение для диагностики процессов в атмосферах звезд и Солнца. Изложены современные наблюдательные результаты о распределении примесных элементов в верхних атмосферах Солнца и звезд в зависимости от первого потенциала ионизации элементов (FIP эффект). Обсуждаются различные физические процессы, которые могут приводить к наблюдаемым распределениям примесных элементов в верхних атмосферах звезд.

#### **Публикации**

1. Томозов В.М. О некоторых закономерностях распределения химсостава в атмосферах звезд. // Солнечно-земная физика. 2013. № 23, с. 23–32.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Процесс выхода магнитного потока в атмосферу Солнца**

Объектом исследования была формирующаяся активная область NOAA 11117 с продолжительным периодом появления нового магнитного поля. Использовались магнитограммы продольного поля, изображения в континууме и изображения в спектральной линии FeIX 171 Å. Этот материал дает информацию о фотосферном и корональном уровнях. Изображения в крайнем ультрафиолете позволяют непосредственно видеть всплывающие магнитные трубки. Проанализированы динамика появления нового магнитного потока, структура магнитных арок и их закрученность, образование пятен, возникновение полутени и динамика магнитного поля в полутени. Зарегистрировано вращение магнитного поля в образовавшемся пятне по фильтрограммам в крайнем ультрафиолете, период обращения ~3 сут.

#### **Публикации**

1. Khlystova A.I. Regularities connected with the emergence of active regions at the solar photospheric level // Solar Physics, 2013, V. 284, P. 329.
2. Khlystova A.I. The Horizontal Component of Photospheric Plasma Flows during the Emergence of Active Regions on the Sun // Solar Phys. 2013. V. 284. P. 343.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### **Развитие солнечной активности в текущем цикле, инверсия магнитного поля Солнца, координированные наблюдения комплексов активности**

В 2013 г. в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и обсерватории Хурэл Тогоот в Улан-Баторе проведены координированные наблюдения, получены фильтрограммы в линии H $\alpha$  всего диска Солнца и его активных областей. Определены характеристики комплексов активности в текущем цикле, пополнен их общий каталог. В эпоху максимума текущего цикла выполнены наблюдения долгоживущих комплексов активности и мощных эруптивных событий. В Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН выполнены измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца.

Изучена смена знака магнитных полей на полюсах Солнца, ее особенности в текущем цикле. Показано, что после распада комплексов активности их магнитные поля рассеиваются в окружающей фотосфере и образуют униполярные магнитные области преимущественно хвостовых полярностей. Благодаря диффузии и меридиональной циркуляции остаточные магнитные поля выносились из зон интенсивного пятнообразования в полярные зоны. Неравномерное распределение комплексов активности, их северо-южная асимметрия привели к асимметрии высокоширотных униполярных магнитных областей в текущем цикле. Высокоширотные униполярные области, которые сформировались к середине 2012 г., предопределили дальнейший ход переполюсовки, асинхронность смены знака магнитного поля на северном и южном полюсах Солнца. Так, на северном полюсе Солнца магнитные поля положительной полярности стали устойчиво преобладать в мае 2013 г., хотя эпизодические смены знака происходили в 2010-2012 годах. Униполярные области отрицательной полярности впервые достигли южного полюса Солнца в сентябре-октябре 2013 г. Тем не менее в этот период положительная полярность еще доминировала вблизи южного полюса.

#### **Публикации**

1. Крамынин А.П., Мордвинов А.В. Применение метода разложения рядов по естественным ортогональным функциям для исследования вековых циклов солнечной активности // Солнечная активность и ее влияние на Землю: Сб. трудов Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2013. Вып. 15. С. 38–42.
2. Kramynin A.P., Mordvinov A.V. Solar activity secular cycles // Geomagnetism and Aeronomy, 2013. V. 53, N. 8. P. 949–952.

3. Mordvinov A.V., Yazev S.A. Reversals of the Sun's polar magnetic fields in relation to activity complexes and coronal holes // Solar Phys. (in print).

4. Мордвинов А.В., Язев С.А. Инверсия магнитного поля на полюсах Солнца и формирование корональных дыр. Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

5. Лхагважав Ч., Батмөнх Д., Улам-Оргих Д., Бат-Отгон Б., Язев С.А., Мордвинов А.В., Рыкова Е.Г., Пешеров В.С., Семенов Д.В. К вопросу об определении магнитных фокусов Солнца // Сб., посвященный 70-летию Монгольского государственного университета. Улан-Батор, 2013 (в печати).

6. Мордвинов А.В., Язев С.А. Распад комплексов активности и формирование корональных дыр на Солнце // Астрон. журнал. 2013. Т. 90, № 6. С. 491–500.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» и интеграционного партнерского проекта СО РАН № 13 и интеграционного проекта № 2 СО РАН, совместного с Монгольской академией науки.*

### **Выполнен сравнительный анализ палеоклиматических реконструкций и индексов активности Солнца**

Выполнен спектрально-временной анализ палеоклиматических реконструкций и дендрохронологических данных в сравнении с косвенными данными о магнитной активности Солнца. С помощью спектрально-временного представления обнаружена когерентность изменений палеоклимата и магнитной активности Солнца на временных масштабах в сотни и тысячи лет. Временные ряды состава и свойств осадков, построенные за 2000 лет с годовым разрешением, были обработаны с помощью преобразования Гильберта–Хуанга. В изменениях литолого-геохимических индикаторов донных отложений озера Телецкое обнаружены десять эмпирических мод, которые наблюдаются на временных масштабах 3.5, 8.8, 18.9, 37.8, 86, 164, 346, 596, 993, 1427 лет. Часть этих мод более или менее удовлетворительно отождествляется с циклическими изменениями солнечной активности.

### **Публикации**

Дарьин А.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Мордвинов А.В., Овчинников Д.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Природная периодичность системы седиментации озера Телецкое (горный Алтай) за последние 2000 лет по данным высокоразрешающего сканирующего микроанализа на пучках синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН) // Изв. РАН. Сер. физическая. 2013. Т. 77, № 9. С. 1359–1362.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 34.*

### **Выход магнитных полей из конвективной зоны Солнца**

Продолжено изучение динамики магнитного поля в процессе выхода магнитного потока в атмосферу Солнца в формирующихся активных областях. Использовались магнитограммы продольного поля, изображения в континууме, лучевые скорости, а также изображения в спектральной линии FeIX 171 Å с высоким временным и пространственным разрешением, получаемые с помощью космической обсерватории SDO. Обнаружено явление слияния двух вращающихся в противоположных направлениях пятен одной магнитной полярности в процессе формирования лидирующего пятна активной области. Вращение магнитного поля сформировавшегося пятна прослеживается в нижней короне по фильтрограммам в линии FeIX 171 Å. Динамика магнитного поля говорит в пользу того, что образование пятен происходит в результате выхода на поверхность оснований всплывающей  $\Omega$ -трубки, состоящей из отдельных скрученных прядей, не связанных жест-

ко друг с другом. При прохождении конвективной зоны из-за взаимодействия прядей магнитной трубки с течениями в системе конвективных ячеек направление и степень закрученности их может меняться.

### **Публикации**

1. Григорьев В.М., Ермакова Л.В., Хлыстова А.И. // Слияние двух вращающихся пятен в процессе возникновения активной области // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 12. С. 1066–1072,
2. Ермакова Л.В. Магнитные поля активных областей // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 7.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3. «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» и гранта РФФИ № 11-02-00333-а.*

## **2.2. Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере**

**Мониторинг Солнца в радиодиапазоне на ССРТ, комплексе спектрополяриметров интегрального потока. Ведение баз данных. Отбор нестационарных событий солнечной активности для анализа**

Мониторинг активности Солнца проводился в Радиоастрофизической обсерватории (РАО) «Бадары» ИСЗФ СО РАН (230 км от Иркутска в урочище Бадары Тункинского района Республики Бурятия). Основной инструмент обсерватории – уникальный Сибирский солнечный радиотелескоп (ССРТ), позволяющий получать двумерные радиоизображения Солнца каждые 3–4 мин. Наблюдения проводятся каждый день в светлое время суток, результаты хранятся в обработанном и исходном виде.

Ежедневные наблюдения Солнца в 2013 г. продолжались с января по июль без перерывов, а затем были возобновлены в октябре. Перерыв был вызван демонтажем части антенной решетки ССРТ и заменой ее широкополосными антеннами радиогелиографа диапазона 4–8 ГГц. Результаты наблюдений микроволнового излучения диска Солнца в интенсивности и поляризованном излучении записаны на оптических носителях, ежедневные радиокарты и каталоги наблюдений эруптивных событий находятся в свободном доступе на сайтах [www.iszf.irk.ru](http://www.iszf.irk.ru) и [badary.iszf.irk.ru](http://badary.iszf.irk.ru).

В настоящее время данные ССРТ представляют собой двумерные отклики на солнечные активные области без отклика на диск спокойного Солнца и два одномерных отклика с высоким временным разрешением 14 мс. Это позволяет отслеживать динамику активности как для медленно меняющейся компоненты, так и для быстрых событий. Приемник 10-антенного прототипа многоволнового радиогелиографа интенсивно использовался для тестирования новых антенн. Проверены сигналы от всех 96 антенн и скорректировано их наведение. В настоящее время 10-антенный приемник используется для проверки возможности измерения электрических длин тракта радиогелиографа по сигналам от Солнца.

В 2013 г. были продолжены ежедневные наблюдения на новых спектрополяриметрах: 26-канальном аналоговом в диапазоне частот 4–8 ГГц с временным разрешением 10 мс; многоканальном цифровом в диапазоне частот 2–24 ГГц с временным разрешением 1 с; радиоспектрографе метрового диапазона, входящем в международную сеть «e-Callisto».

Кроме ежедневных рутинных наблюдений на Сибирском солнечном радиотелескопе проводились наблюдения вспышек и выбросов корональной массы в режиме высокого временного разрешения (14 мс). Всего отобрано 25 вспышек, в которых наблюдались субсекундные импульсы. Наибольший интерес представляет всплеск, зарегистрированный во время вспышки 12 января 2013 г. (рис. 6). Отметим, что степень поляризации наблюдаемого излучения около 100 %. Можно предположить, что этот всплеск является первым случаем регистрации мазерного излучения на частотах выше 5 ГГц. В настоящее время готовится публикация с анализом этого события.

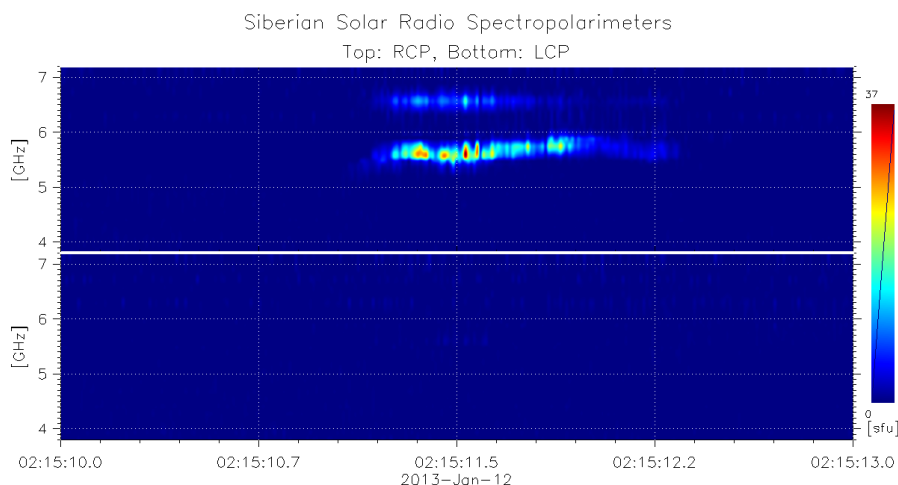


Рис. 6. Динамический спектр узкополосного всплеска во время вспышки 12 января 2013 г.

### Механизмы генерации микроволнового радиоизлучения типа «зебра»

Проведен анализ поляризационных свойств всплесков типа зебра. Показано, что при генерации зебра-структур на поверхностях двойного плазменного резонанса высокая степень поляризации связана либо с разницей в скоростях конверсии плазменных волн в обыкновенную и необыкновенную волну, либо с разными условиями выхода этих волн из источника. В слабоанизотропной плазме при излучении на высоких гармониках плазменной частоты, когда электромагнитная волна появляется благодаря слиянию плазменных волн, степень поляризации пропорциональна отношению электронной циклотронной частоты к плазменной частоте и пренебрежимо мала. Заметная поляризация может наблюдаться, если конверсия плазменных волн происходит при рассеянии плазменных волн на ионах (включая индуцированное) или при их слиянии с низкочастотными волнами. В этом случае обыкновенные волны свободно покидают источник, а излучение на необыкновенной моде не может выйти и достигнуть наблюдателя. Как результат, выходящая волна сильно поляризована как обыкновенная мода. Результаты анализа могут использоваться при идентификации механизма генерации зебра-структур.

### Публикации

Zlotnik, E.Y., Zaitsev, V.V., Altyntsev, A.T. On polarization of the zebra pattern in solar radio emission // Solar Phys. Online first.

*Работа выполнена в рамках программы П.16.3 фундаментальных исследований СО РАН «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», ФЦП «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области астрономии, астрофизики и исследования космического пространства», грантов РФФИ 12-02-00173-а, 12-02-91161-ГФЕН\_а.*

### Динамика и пространственное распределение микроволнового излучения во вспышечных петлях

Предложен метод обнаружения позитронов, образующихся в ядерных реакциях во время солнечных вспышек, основанный на наблюдениях аномального распределения поляризации микроволнового излучения. Метод основывается на том, что противоположно заряженные частицы – электроны и позитроны – генерируют излучение с противоположным знаком круговой поляризации, который может регистрироваться действующими в настоящее время радиотелескопами. Анализ пространственно-разрешенных микроволновых данных, дополненных независимыми измерениями магнитного поля, позволил найти в нескольких солнечных вспышках определенные указания на вклад в излучение релятивистских позитронов (рис. 7).

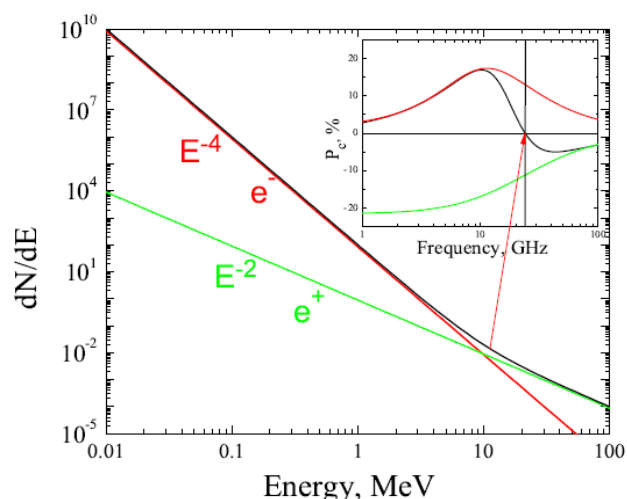


Рис. 7. Иллюстрация метода. Показан спектр электронов (красный) и позитронов (зеленый), генерируемых во вспышке. Черная линия показывает суммарный спектр микроволнового излучения в интенсивности и поляризации. Полное количество позитронов на пять порядков меньше, чем электронов, однако их достаточно для обращения знака поляризации на высоких частотах.

#### Публикации

1. Fleishman G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Microwave signature of relativistic positrons in solar flares // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65, N s1.
2. Fleishman G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Discovery of relativistic positrons in solar flares with microwave imaging and polarimetry // CESRA 2013. Prague.
3. Fleishman, G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Discovery of relativistic positrons in solar flares with microwave imaging and polarimetry // American Astron. Soc. SPD Meeting N 44, N 100.79.

*Работа выполнена в рамках программы II.16.3 фундаментальных исследований СО РАН «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», ФЦП «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области астрономии, астрофизики и исследования космического пространства», грантов РФФИ 12-02-00173-а, 12-02-91161-ГФЕН\_а.*

**Выполнен анализ наблюдений шумоподобных всплесков** в диапазонах 2.6–3.8 и 5.2–7.6 ГГц с амплитудой вблизи уровня излучения спокойного Солнца. В основном излучение шумовой компоненты состояло из спайкообразных импульсов в излучении и поглощении. Источники импульсов локализованы во вспышечной области с помощью одномоментных данных ССРТ в канале круговой поляризации. Показано, что многочисленные спайки, видимые на динамических спектрах, генерируются при появлении вспышечной петли на изображениях 5.7 ГГц (ССРТ) и 17 ГГц (NoRH). Их моменты генерации совпадают со всплесками в отдельных поляризованных компонентах на 5.7 ГГц, источники которых близки к основаниям петли.

Проведено обсуждение несколько моделей с целью интерпретации наблюдаемых характеристик излучения. В данном случае применение электронно-циклотронного мазерного механизма излучения затруднительно ввиду необходимости слишком больших значений магнитного поля в источниках. Показано, что наиболее вероятным механизмом может быть взаимодействие плазменных ленгмюровских волн с ионно-звуковыми волнами, возбуждаемыми ударными волнами в области пересоединения.

#### Публикации

1. Chernov G.P., Sych R.A., Huang Guang-Li, Ji, Hai-Sheng, Yan Yi-Hua, Tan Cheng-Ming. Concerning spikes in emission and absorption in the microwave range // Res. Astron. Astrophys. 2013. V. 13, N. 1. P. 115–128. <http://iopscience.iop.org/1674-4527/13/1/012/>

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», ФЦП «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области астрономии, астрофизики и исследования космического пространства», грантов Visiting Professorship for Senior International Scientists (Grant 2010T2J24), грантов РФФИ 13-02-00044-а, 13-02-90472, 12-02-00173-а, 12-02-91161-ГФЕН\_а, 7-й Европейской рамочной программы международного обмена сотрудников научных учреждений (PIRSES-GA-2011).*

**Разработана аналитическая теория гирорезонансного излучения** для немаксвелловских распределений электронов (каппа- и п-распределений). Подобные распределения, по-видимому, более адекватно, по сравнению с классическим максвелловским распределением, описывают плазму в солнечной короне, включая активные области. Получены формулы для оптической толщины gyroуровней и интенсивности гирорезонансного излучения для каппа- и п-распределений и разработаны компьютерные программы для моделирования излучения. При прочих равных условиях интенсивность излучения от каппа-распределения выше, а от п-распределения – ниже, чем от максвелловского распределения. В отличие от максвелловского распределения, оптически толстое излучение может иметь достаточно высокую степень поляризации в Х-моде (для к-распределения) или в О-моде (для п-распределения). Данную особенность можно использовать для идентификации типа распределения по наблюдениям.

#### **Публикации**

1. Fleishman G.D., Kuznetsov A.A. Theory of gyroresonance and free-free emissions from non-Maxwellian quasi-steady-state distributions // CESRA Workshop 2013, Prague, Czech Republic, 24–29 June 2013.
2. Kuznetsov A., Fleishman G. Gyroresonance emission from non-Maxwellian electron distributions // Workshop and School on Radio Sun. Beijing and Inner Mongolia, China, 28 October – 2 November 2013.

*Работа выполнена в рамках программы II.16.3 фундаментальных исследований СО РАН «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», NSF grants AST-0908344 and AGS-1250374, NASA grants NNX11AB49G and NNX13AE41G to New Jersey Institute of Technology, РФФИ (гранты 12-02-00173, 12-02-00616, 12-02-91161, 13-02-10009 и 13-02-90472), Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme Fellowship within the 7<sup>th</sup> European Community Framework Programme, Workshop support from the International Space Science Institute.*

**Исследовано микроволновое излучение** во вспышке 21 мая 2004 г. Наблюдения в микроволновом, рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах показывают, что активная область в данном событии имела относительно простую структуру, состоящую из одной вспышечной петли. Мы провели моделирование гиротронного микроволнового излучения с помощью недавно разработанной программы GX Simulator (рис. 8). Сопоставляя результаты моделирования с наблюдениями, мы определили пространственное распределение ускоренных электронов и их энергетический спектр. Как оказалось, электроны в данной вспышке были сконцентрированы вблизи вершины петли, что обусловило, в частности, относительно слабый поток жесткого рентгеновского излучения. Результаты моделирования хорошо согласуются как с пространственно-разрешенными наблюдениями, так и с интегральными микроволновыми спектрами.

## GX Simulator

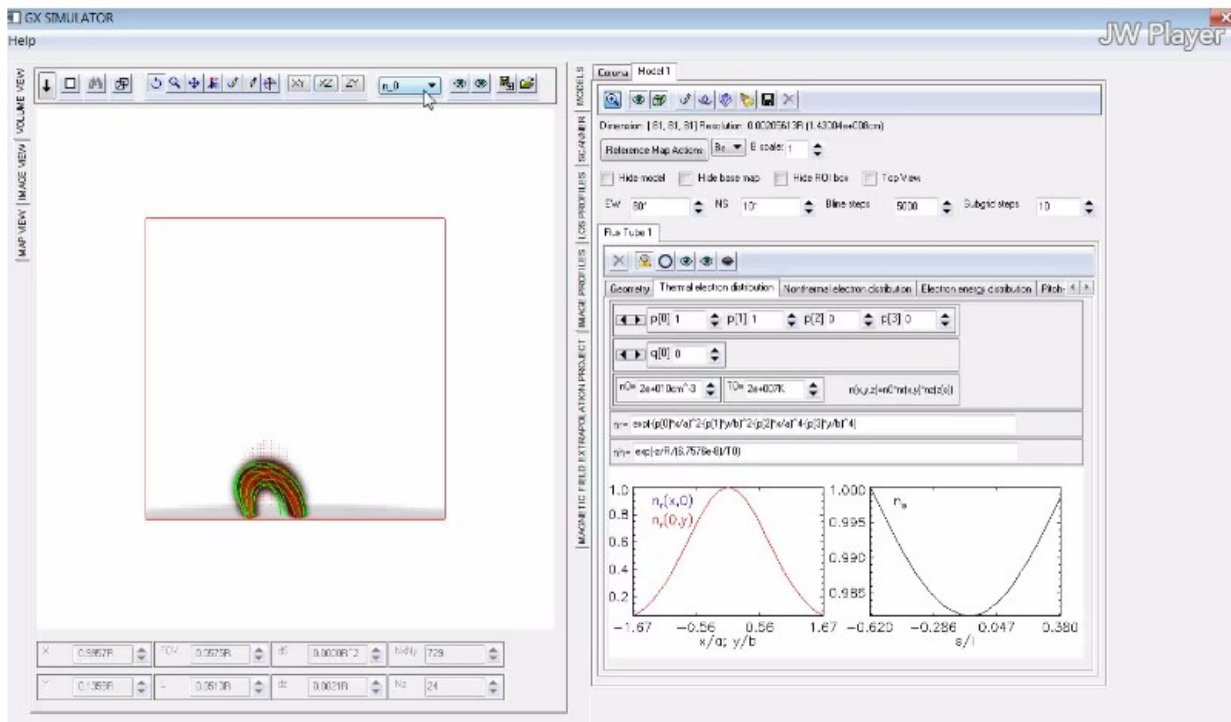


Рис. 8. Интерфейс программы GX Simulator.

### Публикации

1. Kuznetsov A.A., Kontar E.P. Spatially-resolved energetic electron properties from X-ray and radio observations // CESRA Workshop 2013. Prague, Czech Republic, 24–29 June 2013.
2. Kuznetsov A.A., E.P. Kontar, Spatially resolved energetic electron properties in May 21, 2004 flare from X-ray and radio observations // The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. Hangzhou, China, 24–26 October 2013.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», РФФИ (гранты 12-02-00173, 12-02-91161, 13-02-10009 и 13-02-90472); Marie Curie International Research Staff Exchange Scheme Fellowship within the 7th European Community Framework Programme.*

**При исследовании связи всплывающих магнитных потоков со вспышечной продуктивностью формирующихся активных областей** показано, что рост магнитного потока выше  $\sim 10^{22}$  Мкс является необходимым, но недостаточным условием для генерации мощных вспышек. Для возникновения вспышки распределение поля в активной области должно быть сложным, с линиями инверсии полярности сложной формы. Над такими активными областями могут существовать особые линии магнитного поля и токовые слои, в окрестности которых накапливается магнитная энергия для солнечных вспышек.

### Публикации

1. Подгорный А.И., Подгорный И.М., Мешалкина Н.С. Связь магнитного поля активной области с солнечными вспышками // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 6, С. 1–10.
2. Подгорный И.М., Подгорный А.И., Мешалкина Н.С. Магнитное поле активных областей и его связь с появлением вспышек // Всероссийская астрономическая конференция «Многоликая Вселенная». Санкт-Петербург, 23–27 сентября 2013 г.
3. Podgorny I.M., Podgorny A.I., Meshalkina N.S. The magnetic field dynamics of large active regions in the pre-flare state and during solar flares // 36-й семинар «Физика авроральных явлений». Апатиты, 26 февраля – 1 марта 2013 г.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН  
II.16.3. «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение»*

**Разработаны быстрые гиротронные коды** для произвольных (заданных двумерными массивами в пространстве энергий и питч-углов) функций распределения электронов. Данный результат представляет собой развитие ранее разработанного метода моделирования гиротронного излучения. Разработанные программные средства имеют вид модулей, вызываемых из IDL; они обеспечивают высокую скорость и точность вычислений. Основное их назначение – вычисление параметров гиротронного излучения от распределений электронов, полученных в результате численного моделирования (например, численного решения уравнения Фоккера–Планка).

#### **Публикации**

Kuznetsov A.A., Fleishman G.D. Fast gyrosynchrotron codes for the array-defined electron distributions // CESRA Workshop 2013. Prague, Czech Republic, 24–29 June 2013.

**В результате исследования солнечной вспышки класса C2.4** найдено наблюдательное подтверждение одной из моделей энерговыделения, разработанной для микро- и нановспышек. Анализ пространственной и временной структуры микроволнового и рентгеновского излучения указывает на то, что в данном событии это излучение генерировалось высокотемпературным источником, располагающимся непосредственно в месте энерговыделения. Сравнение результатов моделирования микроволнового спектра с наблюдениями показало, что температура источника была более 30 МК. Показано, что природа субсекундных колебаний, впервые зарегистрированных РАТАН-600 в диапазоне от 3.5 до 8 ГГц и Сибирским солнечным спектрополяриметром 4–8 ГГц, также определялась высокотемпературным источником.

#### **Публикации**

1. Kashapova et al. On the possible mechanisms of energy release in a C-class flare // Central European Astrophys. Bull. 2013. V. 37. P. 573–583.

2. Kashapova et al. The subsecond pulses during the 10 August 2011 flare by observations of RATAN-600 and the 4–8 GHz Siberian Solar Spectropolarimeter // Geomagnetism and Aeronomy. 2013. V. 53, N 8. P. 1021–1024.

**В результате исследования солнечной вспышки с продолжительным «плоским» периодом в фазе спада (C1.5, SOL2012-06-07T05:56)** обнаружено, что плоская форма кривой блеска наблюдалась не только в мягком рентгеновском, но и в микроволновом диапазоне. Временное изменение электронной температуры было промодулировано 5-минутными квазипериодическими колебаниями, в то время как эти вариации отсутствовали во временных профилях меры эмиссии и плотности вещества. Этот факт свидетельствует о непрерывном поступлении энергии (нагреве) на фазе спада, что замедляло процесс охлаждения плазмы во время вспышки.

#### **Публикации**

Kotrč P., Kupryakov Yu.A., Kashapova L.K., Bárta M. On a flat-shape emission in the solar flare on 7<sup>th</sup> June 2012 // Central European Astrophys. Bull. 2013. V. 37. P. 555.

**Изучение колебаний в переходной зоне и короне по вариациям микроволнового и ультрафиолетового излучения, регистрируемых с пространственным разрешением**

Исследовались изменения частоты отсечки волн на различных высотах в атмосфере солнечного пятна для реконструкции наклона магнитных полей. Вычислены карты распределения мощности узкополосных колебаний источников ультрафиолетового излучения

(SDO/AIA, 1700, 1600 и 304 Å) в диапазоне периодов от 2 до 20 мин с использованием метода попиксельной вейвлет-фильтрации (PWF-анализ). Найдены значения пространственного распределения частоты отсечки распространяющихся волн на разных высотах в полярной системе координат для двух активных областей AR11131 (8 декабря 2010 г., симметричное пятно) и AR11330 (27 октября 2011 г., ассиметричное пятно). Показано, что высокочастотные колебания до 3 мин в основном локализованы в тени пятна. Колебания с периодом 5 мин располагаются на границе тень–полутень, формируя кольцеобразный источник с резкими краями. По мере уменьшения частоты колебания образуют расширяющиеся кольцеобразные структуры с выраженной внутренней границей и диффузной внешней. Полученные значения углов наклона магнитных полей позволили реконструировать одномерную и двумерную структуру распределения магнитного поля. Вычисленные значения наклона вектора магнитного поля оказались в хорошем соответствии с параметрами экстраполированного магнитного поля. Разработанный метод может быть использован для задания граничных и/или начальных условий при использовании расчетных методов экстраполяции магнитного поля.

#### **Публикации**

1. Ding Yuan, Sych R., Reznikova V.E., Nakariakov V.M. Field line reconstruction with magnetoacoustic cut-off frequency above sunspots // *Astron. Astrophys.* 2013 (in print).

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», ФЦП «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области астрономии, астрофизики и исследования космического пространства», грантов Visiting Professorship for Senior International Scientists (Grant 2010T2J24), грантов РФФИ 13-02-00044-а, 13-02-90472, 12-02-00173-а, 12-02-91161-ГФЕН а, 7-й Европейской рамочной программы международного обмена сотрудников научных учреждений (PIRSES-GA-2011).*

#### **Импульсно-генерируемые магнитоакустические волны**

Исследовались импульсно генерируемые магнитоакустические волны в солнечной атмосфере, распространяющиеся вдоль радиальных линий магнитного поля в тени солнечных пятен. С помощью численных методов решались МГД-уравнения и проводился фурье-анализ профилей волн. Получены оценки периода волн, изучены их характеристики для случаев с распространением в вертикальном и горизонтальном направлениях. Значения периодов показывают значительные вариации с высотой и расстоянием от центра пятна, что указывает на взаимодействие магнитоакустических волн с неоднородной средой атмосферы пятна. Мы полагаем, что градиенты плотности и давления среды распространения волн играют важную роль во взаимодействии волн и изменениях периода их колебаний. Результаты вычислений позволили определить основные параметры волн и дать пространственную привязку к выделенным магнитным структурам, вдоль которых происходит распространение. Результаты численного моделирования показали хорошее соответствие с наблюдательными данными.

#### **Публикации**

Chmielewski P., Murawski K., Sych R., Nakariakov V. Magnetoacoustic-gravity waves in the solar atmosphere // *Monthly Not. Royal Astron. Soc.* 2013 (in print).

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», ФЦП «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области астроно-*

мии, астрофизики и исследования космического пространства», грантов Visiting Professorship for Senior International Scientists (Grant 2010T2J24), грантов РФФИ 13-02-00044-а, 13-02-90472, 12-02-00173-а, 12-02-91161-ГФЕН\_а, 7-й Европейской рамочной программы международного обмена сотрудников научных учреждений (PIRSES-GA-2011).

### Длительные временные серии спектрофотометрических наблюдений

На горизонтальном автоматизированном солнечном телескопе Саянской солнечной обсерватории получены длительные временные серии спектрофотометрических наблюдений пятен, пор, факелов, волокон, корональных дыр в спектральных парах HeI 10830 – SiI 10827 Å, Na 6563 – FeI 6569 Å, CaII 8542 – SiI 8536 Å, BaII 4554 – FeI 4551 Å, K и H CaII. Наблюдательный сезон 2013 г. длился с апреля по октябрь (табл. 1).

Таблица 1.

|                   |                                                | Апр.   | Май | Июнь | Июль   | Авг. | Сент. | Окт. | Итого   |
|-------------------|------------------------------------------------|--------|-----|------|--------|------|-------|------|---------|
| Пятно             | Na + FeI 6569Å                                 | 10     | 6   | -    | 1 + 4с | 5    | -     | -    | 22 + 4с |
|                   | HeI 10830Å + SiI 10827Å                        | 2 + 3с | -   | 2с   | -      | 1с   | -     | -    | 2 + 6с  |
|                   | Na + HeI 10830Å + SiI 10827Å                   | -      | -   | -    | -      | 3    | -     | -    | 3       |
|                   | FeI 6569Å + HeI 10830Å + SiI 10827Å            | -      | -   | -    | -      | -    | -     | 2    | 2       |
|                   | 6173Å + 6175Å                                  | 1 + 1с | -   | -    | -      | -    | -     | -    | 1 + 1с  |
|                   | 5250Å                                          | -      | -   | 8с   | 17с    | -    | -     | -    | 25с     |
|                   | K и H CaII (3934Å и 3969 Å, CaII 8499Å, 8542Å) | -      | -   | 3    | -      | -    | -     | -    | 3       |
| Факел             | Na + FeI 6569Å                                 | 1      | 17  | -    | 2      | 2    | -     | -    | 22      |
|                   | HeI 10830Å + SiI 10827Å                        | -      | -   | 2    | -      | -    | -     | -    | 2       |
|                   | Na + HeI 10830Å + SiI 10827Å                   | -      | -   | -    | -      | 6    | -     | -    | 6       |
|                   | FeI 6569Å + HeI 10830Å + SiI 10827Å            | -      | -   | -    | -      | -    | -     | 3    | 3       |
|                   | 8536Å + 8542Å                                  | 2      | -   | -    | -      | -    | -     | -    | 2       |
| Волокно           | Na + FeI 6569Å                                 | -      | -   | -    | 4с     | -    | -     | -    | 4с      |
|                   | HeI 10830Å + SiI 10827Å                        | -      | -   | 2с   | 1с     | 1с   | -     | -    | 4с      |
| КД                | Na + FeI 6569Å                                 | 3      | -   | -    | 1      | -    | -     | -    | 4       |
|                   | Na + HeI 10830Å + SiI 10827Å                   | -      | -   | -    | -      | 1    | -     | -    | 1       |
|                   | K и H CaII (3934Å и 3969 Å, CaII 8499Å, 8542Å) | -      | 4   | 4    | 10     | -    | 9     | -    | 27      |
| Вспышка           | K и H CaII (3934Å и 3969 Å, CaII 8499Å, 8542Å) | -      | -   | 1    | -      | -    | -     | -    | 1       |
| Спокойная область | K и H CaII (3934Å и 3969 Å, CaII 8499Å, 8542Å) | -      | -   | 1    | -      | -    | 4     | -    | 5       |

\*с — означает "быстрый скан" (двумерная временная серия)

Цель наблюдений – получение экспериментальных данных о характеристиках колебательно-волновых процессов одновременно на нескольких высотных уровнях в атмосфере солнечных пятен, факелов, корональных дыр (КД), невозмущенных областей и волокон. Для этого пришлось выполнить спектральные наблюдения в разных участках оптического диапазона – от ультрафиолета до ближнего ИК. В качестве примера на рис. 9 приведены отдельные кадры наблюдательных серий.

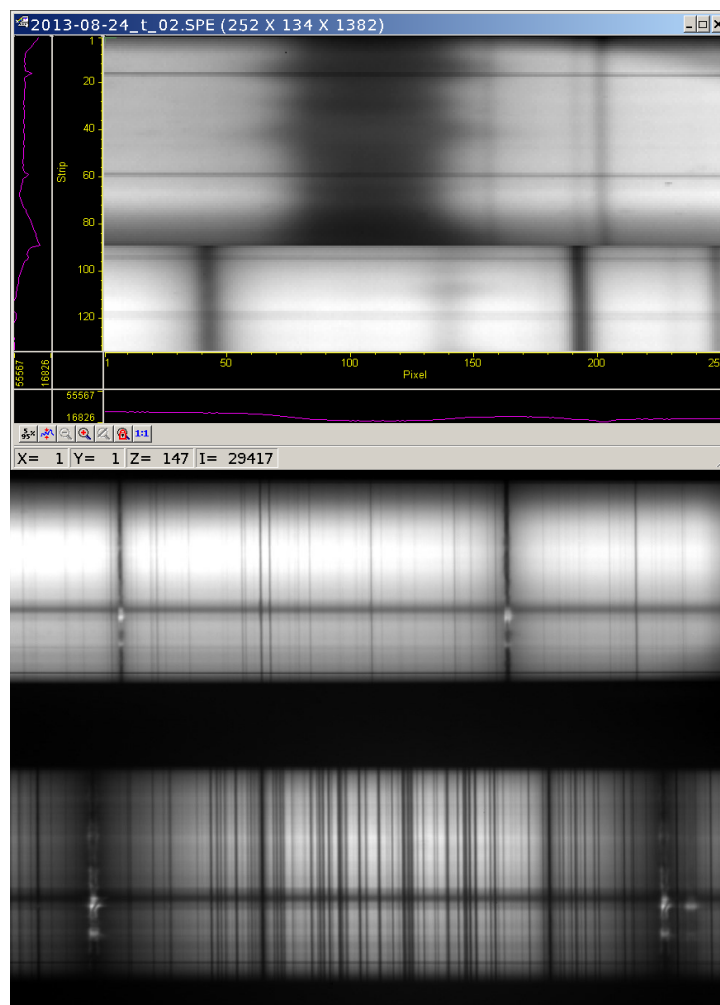


Рис. 9. Примеры спектрограмм.

Наблюдения проводились на Горизонтальном автоматизированном солнечном телескопе Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ. Астроклиматические условия прошедшего сезона не были благоприятными. Тем не менее, удалось получить 150 временных серий средней длительностью около полутора часов каждая. Наблюдения осуществлялись в двух режимах: пространственно-одномерном (при фиксированном в течение серии изображении на входной щели спектрографа) и пространственно-двумерном (при быстром повторяющемся сканировании наблюдаемого участка солнечной поверхности).

#### Публикации

1. Kobanov N., Kolobov D., Kustov A., Chupin S., Chelpanov A. Direct measurement results of the time lag of los-velocity oscillations between two heights in solar faculae and sunspots // Solar Phys. 2013.V. 284. Iss. 2. P. 379–396.
2. Kobanov N.I., Chelpanov A.A., Kolobov D.Y. Oscillations over sunspots from the temperature minimum to the corona // Astron. Astrophys. 2013. V. 554. P. 146.
3. Кобанов Н.И., Колобов Д.Ю., Челпанов А.А. О связи волновых процессов в нижней солнечной атмосфере с корональными петельными структурами // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения В.Е. Степанова: Тезисы докладов. Иркутск, 16–21 сентября 2013 г. С. 7–8.
4. Chelpanov A.A., Kobanov N.I., Kolobov D.Y. Height stratification of oscillations above active region magnetic structures. The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. Hangzhou, China, October 2013.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

## Изменения «центр-край» формы центрального самообращения линий К и Н CaII в компонентах хромосферной сетки

Выполнено исследование 15 временных серий спектрограмм в линиях ионизованного кальция на участках спокойного Солнца, расположенных на разных расстояниях от центра диска. Цель работы состояла в выявлении эффекта центр–край в колебаниях интенсивности центров линий К и 849.808 нм CaII, а также К-индекса. Отдельно рассматривались два компонента хромосферной сетки. Полное число изученных сеток и ячеек составило 34 и 36 соответственно. Основной результат работы сводится к тому, что в среднем мощность колебаний яркости спокойного Солнца уменьшается к краю диска, причем это в основном касается пятиминутных колебаний на границах супергрануляционных ячеек («сеток»). В отдельную моду выделены низкочастотные колебания, пик мощности которых резко увеличивается на периодах 700 с и выше в ядре линии К, наблюдаемой в сетках.

При попиксельном анализе (без усреднения по структурному элементу) были получены следующие результаты (рис. 10). Низкочастотные хромосферные колебания (периоды > 400 с) намного чаще видны в сетках, чем в ячейках хромосферной сетки. Сравнительная мощность низкочастотных хромосферных колебаний сетка/ячейка увеличивается с высотой.

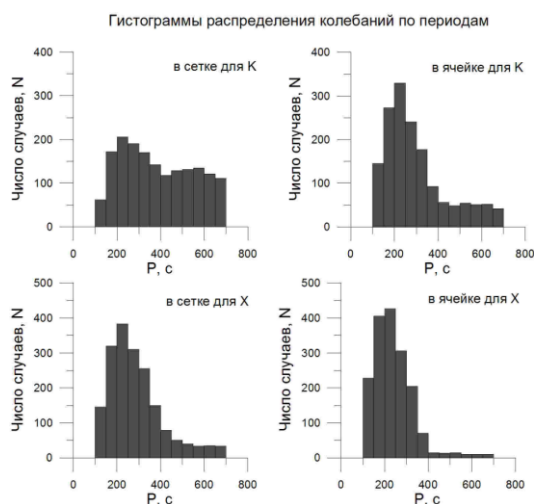


Рис. 10. Диаграммы распределения колебаний по периодам в тонкоструктурных элементах сетки.

Распределение встречаемости колебаний интенсивности излучения в зависимости от частоты подразделяется, по крайней мере, на два типа. Один из них, вероятно, представляет собой «хвост» распределения пятиминутных акустических колебаний; второй тип характерен существенным повышением своей относительной встречаемости при наблюдениях вблизи края диска. Разности фаз между колебаниями интенсивности в линиях К и 849.808 нм Ca II, в отличие от низкочастотных фотосферных колебаний, не дают основания отождествлять низкочастотные хромосферные колебания с внутренними гравитационными волнами. Спектральный состав колебаний в хромосфере сеток напоминает таковой, ожидаемый в трубках магнитного потока при нелинейном режиме конверсии поперечных МГД волн на нижних уровнях в продольные МГД волны в верхнем слое атмосферы.

### Публикации

Ожогина О.А., Теплицкая Р.Б. Изменение от центра к краю колебаний яркости солнечной хромосферы по линиям CaII. Письма в АЖ. 2013. Т. 39, № 4, С. 310–320.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».

### Колебательные процессы в подножии обширной корональной дыры

Исследованы колебательные процессы в подножии обширной корональной дыры. На участках, принадлежащих различным структурным элементам (ячейкам, сеткам, флоккулам), анализировались свойства колебаний ряда параметров, связанных с интенсивностью спектральных линий Ca II. Цель работы состояла в выявлении особенностей колебательного процесса под центром корональной дыры, вблизи ее границы, в области под яркой корональной точкой, на разных высотных уровнях атмосферы (от фотосферы до средней хромосферы). Обнаружено, что в большинстве структурных элементов низкочастотная составляющая спектров мощности возрастает с высотой, а высокочастотная уменьшается. Максимальная мощность низкочастотных колебаний приходится на участки, граничащие с яркими магнитными элементами сетки. В центрах яркой хромосферной сетки наблюдается

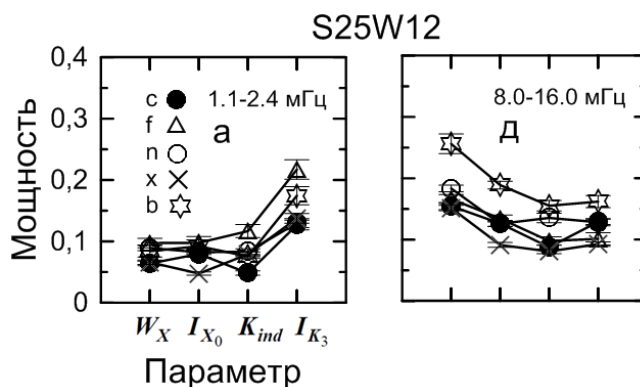


Рис. 11. Распределение интегральной спектральной мощности с высотой.

уменьшение мощности колебаний. Фазовые соотношения указывают на распространение волн, в основном, на границах яркой хромосферной сетки и в промежуточных по яркости элементах сетки (рис. 11).

#### Публикации

Турова И.П. Колебания в нижней солнечной атмосфере в основании корональной дыры // Письма в АЖ. 2014. Т. 40, № 3 (в печати).

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

**В рамках проекта в аналитическом виде разработан алгоритм и описан пакет программ** для вычисления функций отклика на возмущения температуры в одномерных статистических моделях солнечной атмосферы. Алгоритм пригоден для линий произвольной интенсивности, но в публикуемом варианте описан частный случай ядер сильных хромосферных линий. Учитывается резонансное частичное перераспределение по частотам (PRD), а также полностью учитываются отклонения от локального термодинамического равновесия. Для численного тестирования пакета программ применена известная модель среднего спокойного Солнца VAL3C. В дальнейшем предполагается использовать алгоритм для определения высот образования хромосферных линий в современных моделях атмосферы.

#### Публикации

Теплицкая Р.Б., Скочилов В.Г., Григорьева С.А. Функции отклика интенсивностей линий CaII на возмущения температуры. I. Алгоритм вычисления для ядер сильных линий» // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 13–22.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

### 2.3. Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца

**Изучение явлений и процессов в солнечных активных областях на спокойной и вспышечной стадиях развития**

**Исследования солнечных вспышек по наблюдениям линии  $H\alpha$  и данных о магнитном поле солнечных активных областей**

По наблюдениям хромосферы, выполненным в линии  $H\alpha$ , проанализированы пять внепятенных солнечных вспышек, зарегистрированных в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН 16 марта 1981 г., 28 июня 2001 г. (две вспышки), 28 мая и 5 июня 2002 г. Используются также фотосферные данные наблюдений других обсерваторий и данные о магнитном поле обсерватории Китт-Пик (США) и ИСЗ SOHO/MDI.

Во вспышке 16 марта 1981 г. подробно изучена эволюция активной области и предвспышечные активизации в хромосфере. Особо отмечен факт появления перед вспышкой вблизи линии раздела полярностей вихревой структуры S-типа.

Детально исследована структура и развитие нескольких вспышек вне пятен. Выявлена тесная связь вспышечных лент и узлов с границами хромосферной и магнитной сеток, с холмами магнитного поля с высокими значениями напряженности поля. Большая часть рассмотренных вспышек произошла на фазе роста магнитных полей в магнитных холмах активной области.

#### **Публикации**

Боровик А.В., Мячин Д.Ю., Томозов В.М. Вспышки вне пятен: наблюдения и интерпретация // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Исследование лимбовых источников микроволнового излучения**

Проведено исследование микроволновых источников над активными областями, находящихся на лимбе или за лимбом. Показано, что яркостная температура расположенных над лимбом источников микроволнового излучения с поляризованным компонентом существенно превышает яркостную температуру неполяризованных источников. Для поляризованных источников над активными областями с высокими петлями в линии  $193 \text{ \AA}$  центры источников в полном и поляризованном излучении совпадают. Для поляризованных источников над активными областями с низкими петлями в линии  $193 \text{ \AA}$  на длине волны  $5.2 \text{ см}$  центр источника в полном излучении находится вблизи оснований петель, а центр источника в поляризованном излучении – в вершинах петель. При выходе активной области на видимый солнечный диск центры источников в полном и поляризованном излучении близки к совпадению.

#### **Публикации**

Максимов В.П., Капустин В.Э. Микроволновое излучение униполярных групп пятен по данным ССРТ и НоРГ // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 80–83. CD-ROM.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6. «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1. «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Исследование тонкой структуры пятенных источников микроволнового излучения**

По результатам раздельного изучения характеристик микроволнового излучения в необыкновенной и обыкновенной модах на длине волны 5.2 см не обнаружено тонкой структуры в излучении мод. На длине волны 1.76 см тонкая структура обнаружена только для крупных пятен и только в излучении обыкновенной моды. На большей статистике подтверждено превышение размеров источника в обыкновенной моде над размерами источника в необыкновенной моде, что не описывается классической моделью микроволнового источника над одиночным пятном.

#### **Публикации**

Максимов В.П., Капустин В.Э. Микроволновое излучение одиночных пятен по данным ССРТ и НоРГ // Солнечно-земная физика 2013. Вып. 23. С. 41–49.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Исследование ударной линейной поляризации в солнечных вспышках**

С помощью крупногабаритной ПЗС-камеры и двух камерных зеркал на Большом солнечном вакуумном телескопе (БСВТ) была исследована ударная поляризация. Было обработано 24 солнечных вспышки рентгеновских классов С, М, Х (2 вспышки). Выяснено, что свидетельства ударной поляризации имеют место только в 5 из них. Принимая во внимание исследования прошлых лет, получено, что существование ударной поляризации подтверждается в 13 из 32 вспышек, наблюдавшихся на БСВТ. В результате обработки спектрополярограмм 24 вспышек, подтверждено, что величина линейных параметров Стокса в основном составляет 2–7 %, а пространственные размеры узлов вспышки с ненулевыми значениями параметров Стокса невелики (1–2"). Наибольший интерес представляют две особенности проявления ударной поляризации во вспышках, обнаруженные в результате этих исследований:

1. В двух подножиях одной вспышечной петли или аркады петель поведение профилей интенсивности линии  $H\alpha$  и профилей параметров Стокса различаются.
2. По линии  $H\alpha$  впервые обнаружено изменение знака параметра Стокса не только поперек вспышечной ленты, но и с глубиной хромосферы.

#### **Публикации**

Фирстова Н.М., Поляков В.И. Исследование ударной линейной поляризации во вспышках на БСВТ// Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. 2013 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

## **Возникновение и распространение солнечных корональных выбросов и связанных с ними ударных волн**

### **Исследование солнечной эрупции с потерей массы и спиральности**

Самовыброс во внешнюю корону выпуклых токнесущих магнитных структур – солнечных волокон – происходит по схеме либо нормальной эрупции, либо аномальной. Эрупции расположенных вне активных областей спокойных волокон, по-видимому, всегда являются нормальными. Эрупции магнитных волокон из активных областей нередко оказываются аномальными. В этом случае во время эрупции изменяется форма волокна и существует разброс его массы над поверхностью Солнца; магнитная спиральность и направление магнитного поля в межпланетном магнитном облаке могут заметно, вплоть до смены знака, отличаться от соответствующих значений в источнике эрупции. Индикаторами аномальной эрупции могут быть: явления в поглощении, наблюдаемые как в ультрафиолетовом излучении, так и в виде «отрицательных» микроволновых всплесков; присутствие над местом эрупции нулевой точки крупномасштабного коронального магнитного поля. Аномальность эрупций обусловлена магнитным пересоединением внутреннего поля движущегося волокна с внешним полем окружающей короны, что приводит к разбросу массы; эффектами деформации с магнитным пересоединением, что приводит к перераспределению магнитных спиральностей взаимодействующих структур и высвобождению кинетической энергии. Выявление аномальных эрупций, их происхождение, индикаторы и свойства проанализированы в представленном ниже цикле публикаций.

#### **Публикации**

1. Grechnev V., Kuzmenko I., Uralov A., Chertok I., Kochanov A. Microwave negative bursts as possible indicators of reconnection between eruptive filaments and large-scale coronal magnetic environment // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65. SP10.

2. Grechnev V.V., Uralov A.M., Slemzin V.A., Chertok I.M., Filippov B.P., Rudenko G.V., Temmer M.A. Challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. I. Unusual history of an eruptive filament // Solar Phys. Online First (SoPh Homepage), Publication Date: 06/2013, DOI: 10.1007/s11207-013-0316-6.

3. Кузьменко И.В., Гречнев В.В. Исследование двух эруптивных событий с разными сценариями развития // Солнечная активность и ее влияние на Землю: Ежегодник Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2013. Вып. 15. С. 53–64.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ 12-02-00037-а.*

### **Раннее образование ударной волны и ускорение солнечных протонов при эрупциях из активных областей**

Существует два взгляда на происхождение солнечных протонов высоких энергий: их ускорение в областях вспышечного магнитного пересоединения и перестройки магнитного поля; их ускорение на поршневой ударной волне, возбуждаемой корональным выбросом массы (КВМ) на гелиоцентрических расстояниях в 2–4 солнечных радиуса. Однако наши теоретические расчеты и предшествующие экспериментальные исследования показали, что ударные волны возникают раньше и могли бы ускорять протоны еще до максимума вспышки. Подтверждение этому получено при тщательном анализе экспериментальных данных относящихся к двум солнечным протонным событиям. Первое из них было экстремально сильным, второе – слабым. Анализ первого события выявил две последовательные ударные волны, раннее появление которых противоречит гипотезе их позднего возбуждения внешней поверхностью КВМ. Во втором событии, помимо раннего появления ударной волны,

был зафиксирован чисто тепловой спектр микроволнового излучения сопутствующей солнечной вспышки. Два этих обстоятельства практически исключают вероятность появления протонов высоких энергий во вспышечных процессах этого события.

#### **Публикации**

1. Grechnev V., Kiselev V., Uralov A., Meshalkina N., Kochanov A. An updated view of solar eruptive flares and development of shocks and cmes: history of the 2006 December 13 GLE-productive extreme event // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65. SP9 (в печати, <http://arxiv.org/abs/1308.2448>).

2. Афанасьев А.Н., Уралов А.М., Гречнев В.В. Распространение быстрой магнитозвуковой ударной волны в магнитосфере активной области // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 8. С. 648–656.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ 12-02-00037-а.*

#### **Наблюдение эрупции волокна, связанной с ним вспышки и коронального выброса массы в микроволновом и крайнем УФ-диапазонах**

Проведено наблюдение эрупции волокна, связанной с ним вспышки и коронального выброса массы (КВМ) с помощью Сибирского солнечного радиотелескопа на частоте 5.7 ГГц. Эрупция наблюдалась 23 июня 2012 г. начиная с ~6:40 UT на оконечности западного лимба. Сопровождение волокна на изображениях ССРТ осуществлено до высот, превышающих  $1R_{\odot}$  над фотосферой. На этих высотах волокно попало в поле зрения коронографа LASCO/C2 и совпало с ядром КВМ. Исследована динамика эрупции. Передний фронт волокна плавно ускорился до ~1100 км/с. Изображения, полученные за лимбом Солнца с помощью КА STEREO-A, показали так называемую двухленточную вспышку и взаимодействие главного волокна, ориентированного вдоль нейтральной линии, с перпендикулярным ему волокном, подобным петле. Анализ радиоизображений ССРТ выявил основные детали процесса эрупции и последующего КВМ. По высокотемпературным каналам телескопа SDO/AIA вычислена дифференциальная мера эмиссии. Проведено моделирование радиоизлучения. Для излучения, связанного с вершинами вспышечных петель, вычисленная яркость оказалась на 35 % ниже наблюдаемой. Показано, что наблюдательные данные ССРТ совместно с данными космических обсерваторий и модельными расчетами являются эффективным инструментом для исследования эруптивных явлений на Солнце.

#### **Публикации**

Alissandrakis C.E., Kochanov A.A., Patsourakos S., Altyntsev A.T., Lesovoi S.V., Lesovaya N.N. Microwave and EUV observations of an erupting filament and associated flare and CME // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65. S19 (in print. e-Print: arXiv:1309.1703).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта 8407 и ГК №14.518.11.7047, при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках грантов 12-02-00037, 12-02-33110-mol-a-ved, 12-02-31746-mol-a, 13-02-90472-ukr-f-a.*

#### **Взрывные и поршневые ударные волны**

Разработан метод отождествления взрывной и поршневой ударных волн, связанных с корональным выбросом массы (КВМ), с использованием измерений радиовсплесков II типа, а также создан комплекс программ, для реализации этого метода.

По данным инструмента AIA космической обсерватории SDO (изображения в каналах 193 и 211 Å) и изображениям белой короны, полученным на коронографах LASCO C2 и C3 космической обсерватории SOHO, проведен анализ КВМ, произошедшего 3 ноября

2010 г. В данном событии впервые удалось одновременно зарегистрировать и измерить фронты поршневой и взрывной ударных волн, вызванных формированием и распространением КВМ. Показано, что каждому из этих типов ударных волн может соответствовать распространяющийся впереди фронта источник радиовсплеска II типа.

#### **Публикации**

1. Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Зимовец И.В. Регистрация взрывной и поршневой ударных волн, связанных с возникновением и распространением коронального выброса массы // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 2. С. 166–176.

2. Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Зимовец И.В. О возможной регистрации взрывной и поршневой ударных волн, вызванных корональным выбросом массы. // Сб. тезисов и докладов на Всероссийской ежегодной конференции «Физика плазмы в солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН. С. 27.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ № 13-02-00202а.*

#### **Начальная стадия движения корональных выбросов массы**

С использованием многоволновых данных SDO и других космических аппаратов исследовано формирование и начальная стадия движения трех КВМ, связанных с эрупцией протуберанцев и рентгеновскими вспышками. Сделан вывод, что во всех рассмотренных случаях эрупция протуберанца явилась триггером возникновения КВМ. Установлено, что процесс формирования и движение каждого из этих КВМ характеризуются индивидуальными особенностями. Эти особенности изучены и детально описаны. Обнаружена положительная корреляция между высотой эруптивного протуберанца, связанного с КВМ, и высотой фронтальной структуры КВМ, измеренными перед началами их движений. Для двух КВМ по данным SDO показано, что кинематика тела КВМ и связанной с ним ударной волны существенно различаются. Установлено, что зависимость положения и скорости ударной волны от времени, полученные по данным SDO, согласуются с теоретическими зависимостями изменения со временем этих параметров движения в рамках автомоделного движения взрывной ударной волны. Сделан вывод, что обнаруженные ударные волны не являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня.

#### **Публикации**

1. Egorov Ya.I. Fainshtein V.G. Study of CME properties using high resolution data // Central European Astrophys. Bull. 2013. V. 37. P. 619–630.

*Работа поддержана ГК 14.518.11.7047 и Министерством образования и науки РФ в рамках проекта 8407.*

#### **Трехмерные характеристики корональных выбросов массы типа гало**

На основе метода нахождения радиальных профилей величины магнитного поля в солнечной короне  $B(R)$ , применявшегося для направлений вблизи плоскости неба, определены радиальные распределения величины магнитного поля вдоль направлений, близких оси Солнце–Земля. По данным SOHO/LASCO найдены трехмерные характеристики быстрых КВМ типа гало и связанных с ними ударных волн. С помощью этих данных удалось получить распределения  $B(R)$  до расстояния от центра Солнца  $\approx 43$  радиусов Солнца.

#### **Публикации**

Файнштейн В.Г. Исследование свойств КВМ с использованием данных космических аппаратов SDO и PROBA2 // Косм. иссл. 2013. Т. 51, № 1, С. 4–16.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта ГК № 02.740.11.0576 по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» в рамках проекта 8407.*

### **Связь количества корональных выбросов массы с характеристиками крупномасштабного магнитного поля и числами Вольфа**

Показано, что в 21–22-м циклах солнечной активности характер изменения длины  $L(t)$  нейтральной линии (НЛ) магнитного поля на поверхности источника существенно отличается от характера циклических изменений чисел Вольфа  $W(t)$ . В 23-м цикле активности различие между  $L(t)$  и  $W(t)$  увеличивается: на профиле  $L(t)$  образуется плато длительностью  $\approx 4$  года. Изменение со временем максимального отклонения НЛ от плоскости экватора  $D(t)$  согласуется с изменением  $W(t)$  в 21-м и 22-м циклах. В 23-м цикле  $D(t)$  становится примерно в два раза шире на полувысоте, чем  $W(t)$ , и на временном профиле  $D(t)$  появляется плато длительностью  $\approx 3$  года. Установлено, что характер циклических изменений коэффициентов разложения поля по сферическим функциям отличается от характера изменения  $W(t)$ . Обнаружены особенности в изменении суммарных значений числа KBM  $N_{\text{CME}}$  за каждый месяц, перед началом и в период затянувшегося минимума активности. Предполагается, что обнаруженные особенности в поведении  $L(t)$ ,  $D(t)$  и  $N_{\text{CME}}$  в 23-м цикле могут отражать «подготовку» Солнца к затяжному минимуму активности между 23-м и 24-м циклами. Характер изменения  $N_{\text{CME}}(t)$  качественно согласуется с временным ходом  $D(t)$ . Установлено, что в затянувшемся минимуме между 23–24-м циклами число зарегистрированных SSC и SI существенно превышает число наблюдавшихся гало и полугало KBM.

#### **Публикации**

Fainshtein V.G., Malashchuk V.M., Stepanian N.N., Rudenko G.V., Egorov Ya.I. Magnetic connections of solar formations inside magneto-isolated complexes based on observations of arch structures and calculations of magnetic field lines // Bull. Crimean Astrophys. Obs. 2013. V. 109. P. 104–110.

*Работа поддержана ГК 14.518.11.7047 и Министерством образования и науки РФ в рамках проекта 8407.*

### **Изучение возникновения корональных выбросов массы**

Исследованы физические отличия в формировании «постепенных» и «импульсных» KBM на предельно низких высотах  $h_0 < 0.2R_{\odot}$  непосредственно перед KBM и в течение начальной фазы их движения по УФ-данным инструмента AIA/SDO ( $h_0$  – высота относительно поверхности Солнца). Показано, что основой структуры постепенного KBM является магнитный жгут, расположенный в короне. Начальная фаза постепенного KBM характеризуется движением внешней оболочки магнитного жгута, которая становится затем основой фронтальной структуры KBM. Для начальной фазы импульсного KBM характерно появление вблизи фотосферы движущейся от Солнца полости, динамика которой, предположительно, отражает всплытие из-под фотосферы магнитной трубки с холодной плазмой.

#### **Публикации**

Еселевич М.В., Еселевич В.Г. Роль всплывающих магнитных трубок при формировании импульсных корональных выбросов массы // Астрон. журн. 2013. Т. 90, N 11. С. 936–947.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», проекта № 22.3 программы Президиума РАН № 22 и гранта РФФИ № 13-02-00202.*

### **Активизация и эрупция солнечных волокон (протуберанцев)**

В Саянской солнечной обсерватории получена серия спектров с каденцией 10 с за период с 01:43 до 04:18 UT 14 июня 2012 г. до и во время активизации спокойного волокна (E11N27). Вейвлет-спектры вариаций доплеровской скорости для точек, которые соответствуют наименьшей интенсивности в волокне (т. е. ядру волокна), показали присутствие близких по фазе 5-минутных колебаний в фотосфере и в волокне за 25 мин до начала подъема волокна.

Найдено, что скорость перемещения возмущения из фотосферы в область волокна достигала 170 км/с, а волокно как целое совершало короткопериодные колебания перед активизацией, что демонстрирует распределение короткопериодных колебаний в диапазоне частот 3–3.5 мГц вдоль ширины волокна. Анализ спектральных наблюдений и сопутствующих событий в короне до и во время активизации волокна показал, что в период дестабилизации перед подъемом волокно как целое совершает почти радиальные короткопериодные колебания (около 5 мин), близкие по фазе фотосферным 5-минутным колебаниям (рис. 12).

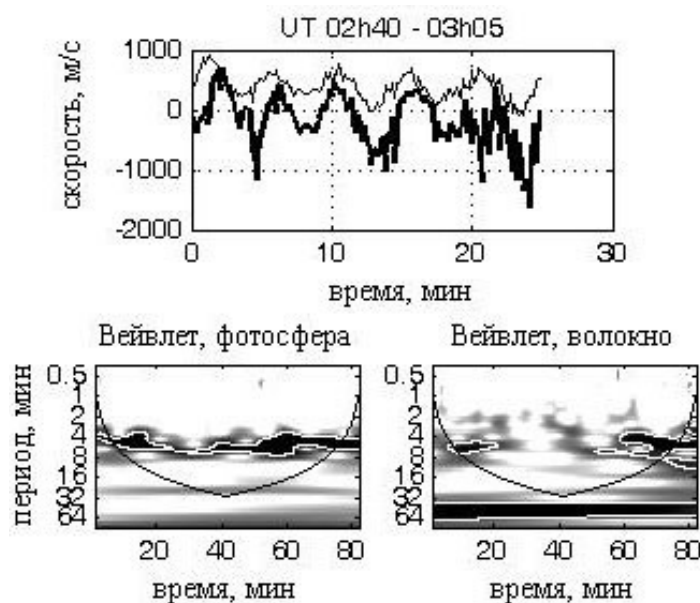


Рис. 12. Фрагменты записей доплеровской скорости (верхняя панель) в фотосфере (тонкая линия) и хромосфере (толстая линия) за 25 мин до начала подъема волокна; вейвлет-спектры вариаций доплеровской скорости (нижняя панель) в фотосфере (слева) и хромосфере (справа).

#### Публикации

1. Mashnich G.P Spectral observations of filament activation // IAU Symposium 300 «Nature of Prominences and Their Role in Space Weather». June 10–16, 2013. Paris, France: Proc. CUP, 2013. P. 417–418.

2. Машнич Г.П., Башкирцев В.С., Хлыстова А.И. Колебательные процессы в спокойных и активизированных волокнах // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. 2013 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

**Исследование атмосферы спокойного Солнца, источников и механизмов формирования квазистационарных потоков солнечного ветра**

### **Структура атмосферы корональных дыр по данным микроволнового излучения**

Исследованы спектры радиоизлучения корональных дыр в 23-м и 24-м циклах солнечной активности по данным РАТАН-600 в диапазоне 4–16.5 ГГц, на частотах 5.7, 17 ГГц и 327 МГц. Было найдено, что особенности микроволнового излучения корональных дыр, яркие на 17 ГГц и темные на 5.7 ГГц, проявляются при значении спектрального индекса радиоизлучения 1.25–1.5 в диапазоне 6.5–16.5 ГГц. В случае, когда корональные дыры неразличимы на фоне спокойного Солнца, спектр радиоизлучения в этом диапазоне является плоским. Различия спектров радиоизлучения корональных дыр, свидетельствующие о повышенном выделении энергии на уровне хромосферы и переходной области, несут дополнительные сведения о процессах переноса энергии в атмосфере Солнца и нагреве солнечной короны.

#### **Публикации**

Prosovetsky D.V., Grigor'eva I.Yu., Kochanov A.A. Spectral characteristics of large-scale radio emission areas in coronal holes // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 7. P. 867–870.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта 8407 и ГК №14.518.11.7047.*

### **Анализ тонкой структуры лучевой и нетермической составляющей движений во внутренней короне**

Проведен анализ тонкой структуры лучевой и нетермической составляющей движений во внутренней короне по спектрам FeX 6374 и FeXIV 5303, полученным в спокойных, активных областях и их окрестностях, а также с высотой в короне при использовании наблюдений на Большом внеатмосферном коронографе Саянской солнечной обсерватории. Было найдено ранее, что лучевые скорости близки и лежат в среднем в диапазоне  $\pm 5$  км/с. В районах над пятнами происходит уменьшение и стабилизация лучевых скоростей - свидетельство влияния магнитных полей. В областях, пограничных с активными, происходит увеличение лучевой составляющей. Это может быть аргументом в пользу того, что корона светится по-разному в областях с разной топологией и напряженностью магнитного поля, чем обеспечивается различная структурированность по лучу зрения, влияющая на результирующую форму контура.

#### **Публикации**

1. Тягун Н.Ф. Спектр FeX  $\lambda$  6374 Å в момент белой лимбовой вспышки // *Астрон. циркуляр*. 2013. № 1592.

2. Тягун Н.Ф. Исследования солнечной короны с Большим Коронографом Саянской Обсерватории // *Астрон. циркуляр*. 2013. № 1593.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Моделирование радиоизлучения спокойного Солнца**

Предложены модель атмосферы спокойных участков Солнца, соответствующая излучению на волнах от 1 см до 1 м, и методика расчета яркости многокомпонентной атмо-

сферы. Модель представлена совокупностью ранжированных по размерам петель, спикул и свободного (межпетельного) вещества. Модель включает 10 петель с радиусами от 3100 до 21000 км, спикулы ранжированы по высотам от 400 до 11000 км. Исходные зависимости от высоты температуры и плотности электронов атмосферы составлены из известных моделей спокойных участков для центра диска. По этим зависимостям приближенным способом находятся параметры свободного вещества. Расчет яркости заключается в суммировании по несложной логической схеме яркостей отдельных слоев компонентов атмосферы с учетом их вероятностей и общего коэффициента передачи. Вероятностные характеристики компонентов атмосферы находятся итерационным способом по результатам сравнения расчетного экваториального распределения яркости с экспериментальными данными. Впервые получено хорошее согласие теоретического распределения яркости с наблюдательными данными в широком диапазоне волн.

#### **Публикации**

1. Криссинель Б.Б. Моделирование структуры спокойных участков атмосферы Солнца, соответствующей излучению в диапазоне волн 1–100 см // Астрон. журн. (в печати).
2. Криссинель Б.Б. Вероятностные характеристики основных компонент короны спокойного Солнца и расчет экваториального распределения яркости в диапазоне волн 1–100 см // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 50–57.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Мюоны космических лучей высоких энергий в атмосфере Земли**

Измерения спектра и зенитно-углового распределения мюонов космических лучей высоких и сверхвысоких энергий позволяют в принципе получать характеристики нуклон- и мезон-ядерных взаимодействий при условии, что известны спектры всех элементов первичных космических лучей. Представлены результаты расчета потоков атмосферных мюонов при энергиях 10–107 ГэВ, которые основаны на численно-аналитическом методе решения уравнений адрон-ядерного каскада. Расчет выполнен для широкого класса моделей взаимодействий с использованием непосредственных данных измерений первичных космических лучей, полученных в экспериментах ATIC-2 и GAMMA, а также параметризаций первичного спектра, основанных на совокупности экспериментов. Исследованы зависимость характеристик потока атмосферных мюонов от модели адронных взаимодействий и влияние неопределенностей спектра и состава первичных лучей на поток мюонов на уровне моря. Сравнение рассчитанных энергетических спектров мюонов на уровне моря с данными большого числа экспериментов показывает, что наибольшую неопределенность в области энергий, не включающей «колени» первичного спектра, вносят сечения адрон-ядерных взаимодействий.

#### **Публикации**

- Кочанов А.А., Синеговская Т.С., Синеговский С.И. Мюоны космических лучей высоких энергий в атмосфере Земли // ЖЭТФ. 2013. Т. 143, №. 3 С. 459–475.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Характеристики солнечного ветра во внешней короне Солнца**

По данным коронографов STEREO исследованы потоки солнечного ветра (СВ) в F-короне Солнца в направлении Земли из областей спокойного Солнца и корональных дыр. Были выделены медленная и быстрая компоненты СВ в результате анализа движения

особенностей излучения в белом свете. Для каждой компоненты СВ определены размеры особенностей, кинематические характеристики и концентрации. Обнаружены два участка ускорения СВ в короне. В результате анализа наблюдений инструмента AIA космического аппарата SDO установлено, что источникам потоков СВ может являться граница супергрануляционной структуры с квазирадимальной топологией магнитного поля. Выяснено, что вариации концентрации плазмы внутри и на границах супергранул сохраняются в потоках СВ в короне. Сделаны выводы о возможности использования данных коронографов для прогноза параметров солнечного ветра вблизи Земли.

#### **Публикации**

Кудрявцева А.В., Просовецкий Д.В. Исследование характеристик солнечного ветра по данным КА STEREO // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 90–91. CD-ROM.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Данные о лучевых скоростях ионов от хромосферы до короны**

Исследованы лучевые скорости ионов, формирующихся от хромосферных до корональных температур над участками спокойного Солнца по наблюдениям инструмента SUMER/SOHO. Обнаружено, что наблюдаются скорости ионов, направленные как в сторону Солнца, так и от него, а максимальные скорости вещества по направлению к наблюдателю в переходной области и короне достигают 50 км/с. Полученные данные позволяют предположить наличие положительного и отрицательного ускорения частиц солнечного ветра на различных участках переходной области и короны с ограниченными по площади источниками.

#### **Публикации**

Голодков Е.Ю., Просовецкий Д.В. Исследование лучевых скоростей плазмы от хромосферы до нижней короны по ультрафиолетовым наблюдениям Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 55–56. CD-ROM.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Исследование геоэффективности солнечных вспышек, корональных выбросов массы, источников солнечного ветра**

##### **Разгадка причин геомагнитного супершторма**

Проанализированы обстоятельства формирования компактного межпланетного облака с сильным магнитным полем южной полярности, ставшего причиной экстремального геомагнитного события 20 ноября 2003 г. Доказано, что считавшаяся убедительной солнечная часть предложенного ранее сценария этого события несостоятельна. Предложен механизм формирования изолированного магнитного облака, основанный: на анализе данных наблюдений в рентгеновском, оптическом и радиодиапазоне; на использовании данных наблюдений и моделирования солнечного ветра; на согласовании эксперимен-

тально измеренной кинематики выбросов и волн с результатами аналитической аппроксимации; на результатах численного анализа спиральности и топологии магнитного поля в области эрупции и вокруг нее по вектор- и MDI-магнитограммам. Показано, что экстремальность геомагнитного эффекта, а также необнаружимость в поле зрения LASCO вызвавшего его агента, обусловлены случайным сочетанием следующих факторов: 1) расположением нулевой магнитной точки на пути движения эруптивного волокна и «удачной» ориентацией корональных полей вокруг места эрупции; 2) формированием оторванной от Солнца компактной магнитной структуры типа «сферомак», знак магнитной спиральности которого и ориентация оси в пространстве определены фактором 1; 3) движением «сферомака» точно к Земле в плотном хвосте предшествующих корональных выбросов массы. Предполагаемые следы присутствия «сферомака» вблизи Солнца обнаружены также на динамическом радиоспектре. Относительно прогнозирования экстремальных суббурь можно сказать, что даже в случае ожидаемых геомагнитных событий невозможно предсказать их экстремальность на основе только данных наблюдений их вероятного солнечного источника.

#### **Публикации**

1. Grechnev V.V., Uralov A.M., Slemzin V.A., Chertok I.M., Filippov B.P., Rudenko G.V., Temmer M.A. Challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. I. Unusual history of an eruptive filament // Solar Phys. Online First (SoPh Homepage). Publication Date: 06/2013, DOI: 10.1007/s11207-013-0316-6.

2. Grechnev V.V., Uralov A.M., Chertok I.M., Slemzin V.A., Filippov B.P., Egorov Ya.I., Fainshtein V.G., Afanasyev A.N., Prestage N.P., Temmer M. A challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. II. CMEs, shock waves, and drifting radio bursts // Solar Phys. (in print). DOI:10.1007/s11207-013-0397-2.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ 12-02-00037-а.*

#### **Соотношения между интенсивными микроволновыми всплесками на высоких частотах и протонными событиями**

Выполнен анализ соотношений между всплесками на частоте 35 ГГц и протонными событиями. Большая часть западных и умеренно восточных солнечных событий с интенсивными всплесками привела к околоземным протонным возрастаниям  $J(E > 100 \text{ МэВ}) > 1 \text{ pfu}$ . Наиболее мощные вызвали наземные возрастания интенсивности космических лучей. В целом, имеется общее статистическое соответствие между протонными возрастаниями и пиковыми потоками на частоте 35 ГГц, особенно выраженное, если поток превышает 104 с.е.п., а частота спектрального максимума микроволнового всплеска высока. Эти свойства предполагают излучение от множества электронов высоких энергий в очень сильных магнитных полях, указывая на высокий темп энерговыделения в процессе вспышки – формирование КВМ. В таких событиях типичным представляется развитие вспышки над тенью пятна. Безотносительно к источнику ускоренных протонов эти обстоятельства показывают значимый диагностический потенциал микроволновых всплесков на высоких частотах и вспышек над пятнами для прогнозирования возмущений космической погоды. Мощные продолжительные всплески на частоте 35 ГГц оперативно предупреждают об опасных протонных возрастаниях с жесткими спектрами.

#### **Публикации**

Grechnev V., Meshalkina N., Chertok I., Kiselev V. Relation between strong high-frequency microwave bursts and proton events // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65. N SP1. P. S4.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ 12-02-00037-а.*

### **Ретроспективный прогноз мощных солнечных вспышек**

Проведен ретроспективный прогноз мощных солнечных вспышек по данным о распределении поляризации микроволнового излучения по активной области для июля (52 активных области) и ноября (43 активных области) 2000 г. На основе анализа случаев неудачного прогноза определены возможные причины сбоев и предложены способы улучшения качества прогноза.

### **Публикации**

Максимов В.П., Щепкина В.Л., Капустин В.Э. Особенности микроволнового излучения активных областей на предвспышечной стадии развития // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6. «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Проведение наблюдений и разработка методов обработки данных комплекса инструментов ИСЗФ СО РАН**

Продолжены ряды наблюдений хромосферы в линиях  $\text{H}\alpha$  и  $\text{K CaII}$  на хромосферных телескопах БАО. Получено 27000 фильтрограмм полного диска Солнца в линии  $\text{H}\alpha$  за 62 дня наблюдений. В октябре зарегистрирован ряд мощных нестационарных явлений, связанных с усилением солнечной активности. На рис. 13 дан пример вспышек в комплексе активности.

Получено 749 изображений хромосферы в линии  $\text{K CaII}$  за 87 дней наблюдений, изображения представлены на сайте Института и в каталоге [ftp://ftp.iszf.irk.ru/k\\_calcium/](ftp://ftp.iszf.irk.ru/k_calcium/).

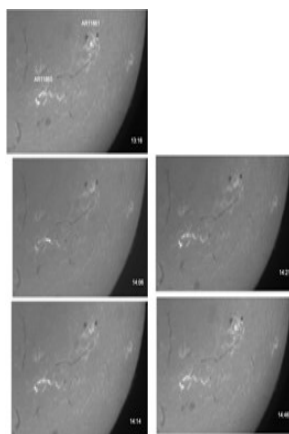


*Рис. 13. Симпатические солнечные вспышки в комплексе активных областей № 11861/11865 по данным наблюдений на хромосферном телескопе БАО ИСЗФ 15 октября 2013 г.*

### **Публикации**

Файловый каталог ИСЗФ СО РАН [ftp://ftp.iszf.irk.ru/k\\_calcium/](ftp://ftp.iszf.irk.ru/k_calcium/).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств**

Метод апробирован на материале наблюдений магнитного поля АО № 10488 26–28 октября 2003 г. с помощью MDI/SOHO и № 11158 12–16 февраля 2011 г. с помощью SOT/Hinode (рис. 14).

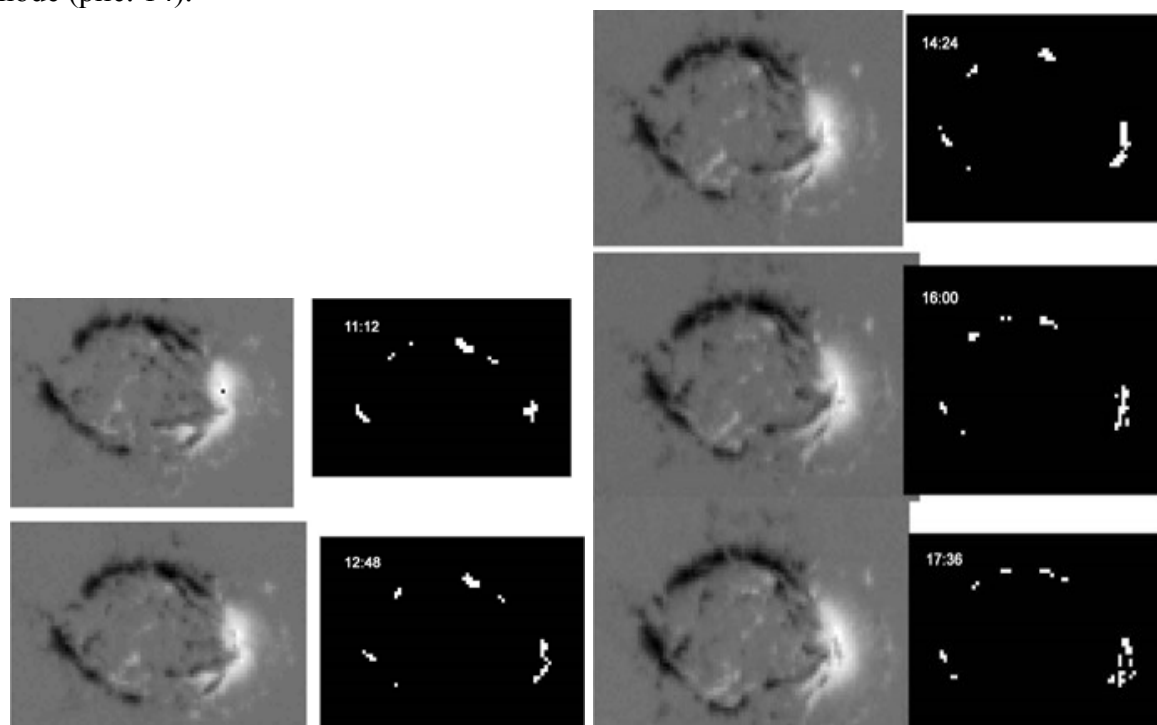


*Рис. 14. Серия магнитограмм MDI SOHO и мультифрактальных сегментированных изображений активной области № 10488 за 27 октября 2003 г.*

По рассчитанным сегментированным мультифрактальным изображениям определены площадки с минимальной фрактальной размерностью, ассоциируемые с новыми магнитными потоками. Изменения картины расположения площадок минимальной фрактальной размерности по серии магнитограмм соответствуют изменениям, связанным с выходом новых порций магнитного потока, и отличаются высокой вариабельностью во времени. Новые потоки выходят сбалансировано по N и S полярностям. После формирования развитого лидирующего пятна с полутенью новые потоки располагаются на его периферии. Принципиальное отличие областей нового магнитного потока заключается в существовании характерного для них широкого спектра сингулярности, вытянутого в область больших значений гельдеровской экспоненты (рис. 14).

#### **Публикации**

1. Головки А.А., Салахутдинова И.И. Фрактальные свойства активных областей // Астрон. журн. 2012. № 6, С. 458–464.
2. Головки А.А., Салахутдинова И.И. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ № 11-02-00333-а.*

#### **Разработка методов выделения слабоконтрастных солнечных образований**

Рассмотрены методы сегментации протяженных областей на солнечном диске, слабо отличающихся от спокойного Солнца. Такими областями могут быть, например, волокна, протуберанцы, корональные дыры и т.п. Методы выделения слабоконтрастных событий в солнечной короне чаще всего основаны на выделении наибольших градиентов относительных яркостей радиоизображения на основе операторов Собела и Превитта. Проведен анализ чувствительности этих операторов к аддитивному шуму. Приведены результаты исследования градиентных операторов статистическими и детерминированными методами теории распознавания образов. На примере данных, полученных на ССРТ, продемонстрированы возможности методов, показаны их преимущества и недостатки.

#### **Публикации**

Обухов А.Г., Лубышев Б.И., Максимов В.П., Ретивых В.В. Оконтуривание слабоконтрастных образований // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **2.4. Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей**

**Вариации жесткостного спектра, анизотропии галактических КЛ и планетарной системы жесткостей геомагнитного обрезания в период форбуш-эффекта в марте 2012 г.**

По данным наземных наблюдений космических лучей (КЛ) на мировой сети станций нейтронных мониторов методом спектрографической глобальной съемки исследованы вариации жесткостного спектра, анизотропии галактических КЛ и планетарной системы жесткостей геомагнитного обрезания в период форбуш-эффекта в марте 2012 г.

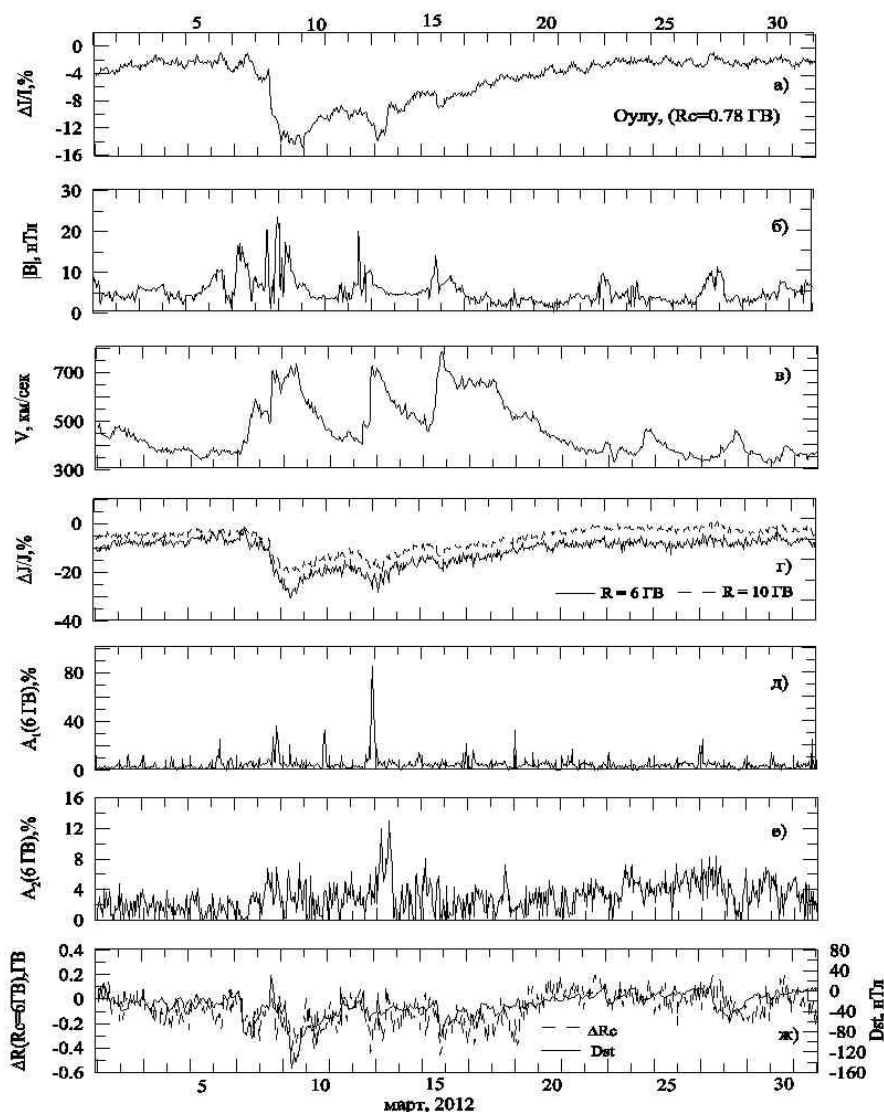


Рис. 15. Параметры ММП в марте 2012 г., амплитуды вариаций КЛ на станции Оулу, временной ход амплитуд вариаций первичных КЛ, анизотропии  $A_1$ ,  $A_2$  и пороговой жесткости геомагнитного обреза  $\Delta R$  в пункте с пороговой жесткостью 6 ГВ.

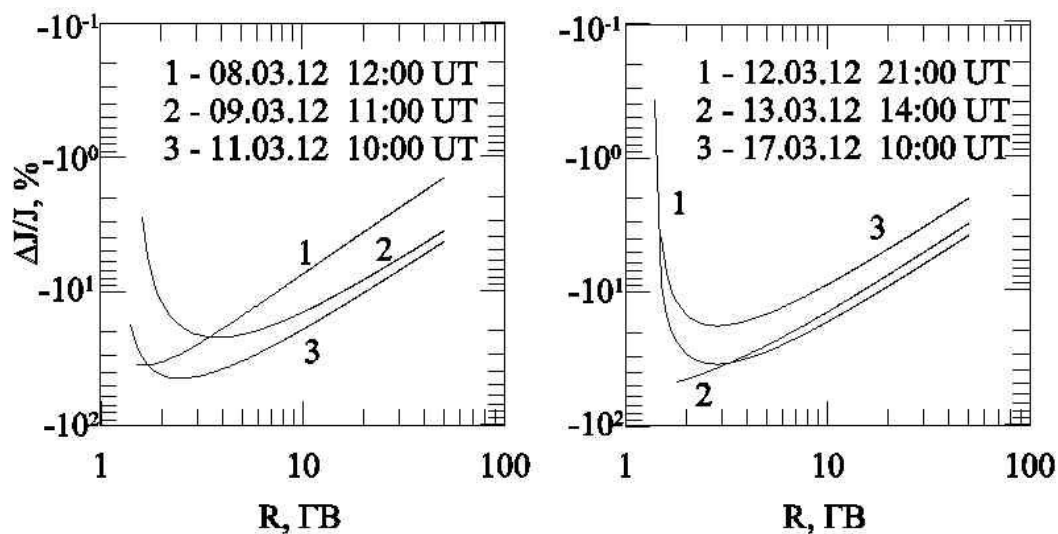


Рис. 16. Спектры вариаций первичных КЛ в отдельные моменты марта 2012 г.

Таблица 2.

| Дата       | Время,<br>UT | Диапазон<br>жесткостей,<br>ГВ | $\gamma$ |
|------------|--------------|-------------------------------|----------|
| 08.03.2012 | 12:00        | 7–50                          | 1.00     |
| 09.03.2012 | 11:00        | 7–50                          | 0.93     |
| 11.03.2012 | 10:00        | 7–50                          | 0.86     |
| 12.03.2012 | 21:00        | 7–50                          | 0.92     |
| 13.03.2012 | 14:00        | 7–50                          | 0.94     |
| 17.03.2012 | 10:00        | 7–50                          | 0.92     |

Показано (рис. 15), что в максимальной фазе эффекта амплитуды вариаций изотропной составляющей КЛ составили  $\sim -30\%$  и  $\sim -20\%$  для частиц с жесткостью 6 и 10 ГВ соответственно. Повышенные значения амплитуд первой сферической гармоники  $A_1$  и двунаправленной анизотропии  $A_2$  КЛ свидетельствуют о том, что Земля попала в область с усиленной напряженностью ММП, образованной прохождением коронального выброса массы (КВМ) с петлеобразной структурой ММП, что послужило причиной форбуш-эффекта и геомагнитного возмущения.

Спектры вариаций КЛ (рис. 16) в большинство моментов времени не описываются степенной функцией от жесткости частиц в широком диапазоне энергий. Максимальная модуляция наблюдается для частиц с жесткостью  $\sim 2\text{--}4$  ГВ. Рассчитанные показатели  $\gamma$  при аппроксимации спектров степенной функцией жесткости частиц в диапазоне жесткостей 7–50 ГВ изменяются от 0.86 до 1.00 (табл. 2).

Изменения жесткости геомагнитного обрезания КЛ в пункте с пороговой жесткостью 6 ГВ в максимальной стадии магнитной бури достигали значений  $\sim -(0.4\text{--}0.5)$  ГВ. Расчеты широтного хода изменений жесткости геомагнитного обрезания КЛ показали, что по мере развития геомагнитной бури максимум изменений жесткости геомагнитного обрезания КЛ смещается от высоких пороговых жесткостей геомагнитного обрезания ( $\sim 12\text{--}15$  ГВ) в сторону низких пороговых жесткостей ( $\sim 2\text{--}3$  ГВ).

#### **Публикации**

Kravtsova M.V., Sdobnov V.E. Spectra of variations and anisotropy of cosmic rays during Forbush effect in March 2012 // The 33<sup>rd</sup> International Cosmic Ray Conference (ICRC-2013). 2–9 July 2013, Rio de Janeiro, Brazil. icrc2103-0008.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» и проекта № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика».*

#### **Вариации жесткостного спектра и анизотропии КЛ в период GLE 17 мая 2012 г.**

По данным наземных наблюдений космических лучей (КЛ) на мировой сети станций методом спектрографической глобальной съемки исследованы вариации жесткостного спектра и анизотропии КЛ в период GLE 17 мая 2012 г. Показано (рис. 17), что амплитуда повышения интенсивности первичных частиц с жесткостью 2 ГВ 17 мая в 03:00 UT составила  $\sim 150\%$ . В это же время амплитуды вариаций для первичных частиц с жесткостями 4 и 10 ГВ незначительны. 17 мая 2012 г. в  $\sim 03:00$  UT наблюдалось возрастание амплитуды второй сферической гармоники  $A_2$  питч-углового распределения КЛ с жесткостью 4 ГВ до  $\sim 12\%$ , а амплитуда первой сферической гармоники  $A_1$  для частиц той же жесткости составляла  $\sim 20\%$ .

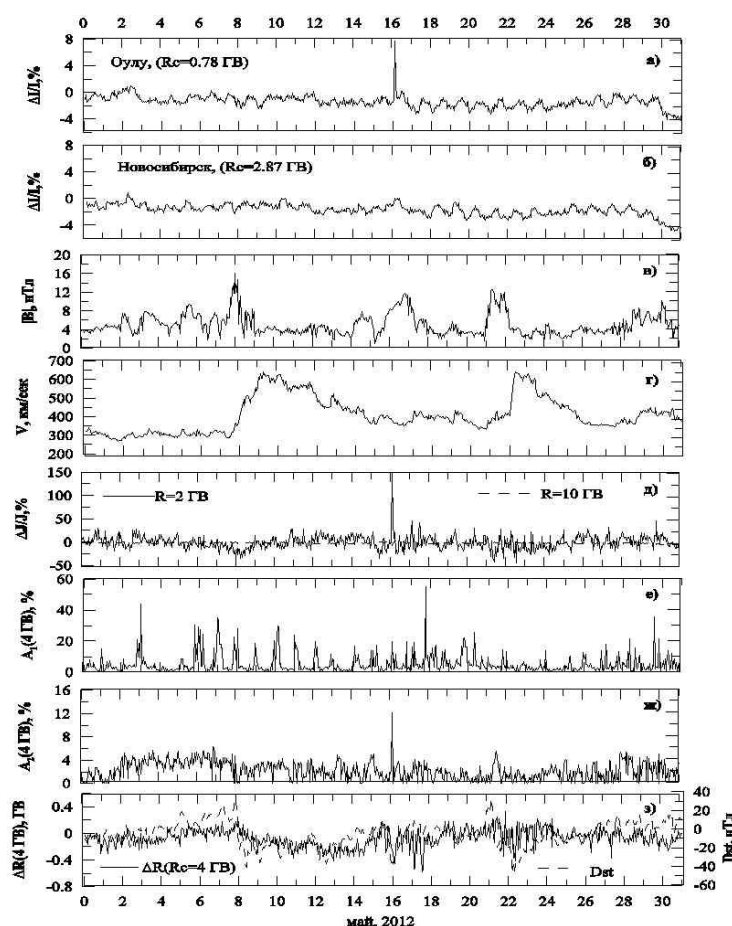


Рис. 17. Амплитуды вариаций КЛ на станциях Оулу и Новосибирск, модуль ММП и скорость СВ, временной ход амплитуд вариаций первичных КЛ, анизотропии  $A_1$ ,  $A_2$  и пороговой жесткости геомагнитного обреза  $\Delta R$  в пункте с пороговой жесткостью 4 ГВ.

Рассчитаны спектры вариаций во время GLE 17 мая 2012 г. (рис. 18). Максимальная жесткость ускоренных частиц составила  $\sim 4.2$  ГВ в 03:00 UT. В другие моменты частицы были ускорены до жесткостей менее 2–3 ГВ. Сделан вывод, что в период GLE 17 мая 2012 г. ускорение протонов произошло до жесткостей  $\sim 4$  ГВ. Жесткостной спектр амплитуд вариаций КЛ не описывается ни степенной, ни экспоненциальной функцией жесткости частиц, а распределение КЛ по направлениям прихода к Земле динамично во времени и зависит от их энергии. В момент GLE Земля находилась в петлеобразной структуре ММП.

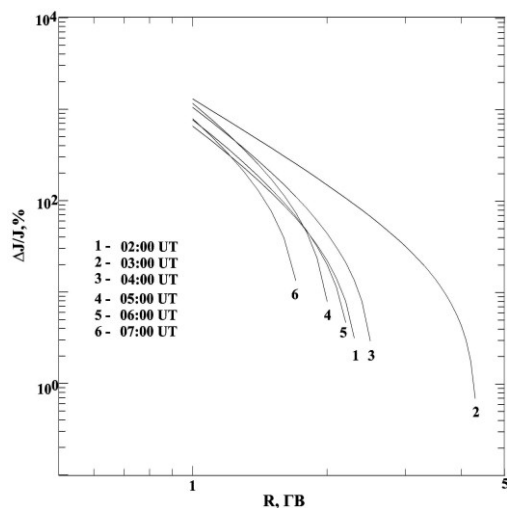


Рис. 18. Спектры вариаций первичных КЛ в период GLE в мае 2012 г.

### **Публикации**

Sdobnov V.E., Kravtsova M.V. 2012 May 17 ground level enhancement: Spectra of variations and anisotropy of cosmic ray // International Living with a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013. Abstracts. P. 38.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» и проекта № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика».*

### **Сравнение расчетов изменений жесткости геомагнитного обрезания с экспериментальными результатами**

Проведено сравнение расчетов изменений жесткости геомагнитного обрезания (ЖГО) по модели геомагнитного поля Цыганенко (модель 2003 г.) с экспериментальными результатами, полученными методом спектрографической глобальной съемки по данным мировой сети станций КЛ, для периода 7-14 ноября 2004 г. Показано, что теоретические величины хорошо согласуются с экспериментальными. Сопоставление изменений ЖГО в рассмотренный период с геомагнитными индексами и параметрами ММП показало высокую корреляцию изменений ЖГО с  $D_{st}$ -индексом, с плотностью и скоростью солнечного ветра, а также с  $B_z$ -составляющей ММП.

### **Публикации**

Tyasto M.I., Danilova O.A., Ptitsyna N.G, Sdobnov V.E. Variations in cosmic ray cutoff rigidities during the great geomagnetic storm of November 2004 // Adv. Space Res. 2013. V. 51. P. 1230–1237.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей».*

### **Ускорение частиц во фронтах релятивистских ударных волн**

Исследована возможность ускорения заряженных частиц до высоких энергий в релятивистских ударных волнах, генерируемых взрывами в межзвездной плазме. Предполагается, что частицы ускоряются во фронтах ударных волн посредством серфотронного механизма (серфинга). Показано, что за счет серфинга частицы могут быть ускорены вплоть до энергий порядка  $10^{20}$  эВ в плоских и сферических ударных волнах, например, в релятивистских джетах и сферически расширяющихся огненных шарах (fireballs).

### **Публикации**

1. Kichigin G.N. Relativistic waves raised by explosions in space as sources of ultrahigh-energy cosmic rays // Adv. Space Res. 2013. V. 51, P. 309–314.

2. Кичигин Г.Н. Ускорение плазмы в переменном магнитном поле // Физика плазмы. 2013. Т. 39, № 5. С. 469–474.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» и проекта № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика».*

**Продолжались работы по представлению данных наблюдений станций Саянского спектрографа на интернет-странице Института в реальном времени.** Произведена установка и настройка нового сервера. Для увеличения времени работы измерительной системы при отключении электроснабжения на станции КЛ ИркЗ установлена дополнительная аккумуляторная батарея. Данные наблюдений станций Саянского спектрографа и станции КЛ в Норильске поставляются на сервер ИСЗФ СО РАН, в Мировой центр данных по солнечно-земной физике, а также в режиме online в Европейский центр данных (<http://www.nmdb.eu/>, <http://www.nmdb.eu/nest/search.php>).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» и проекта № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика», а также по НИР «Исследование эффективности и стабильности детекторов космических лучей Саянского спектрографа космических лучей и станции Норильск с целью обеспечения непрерывных наблюдений вариаций космических лучей в 24-м цикле солнечной активности».*

#### **Публикации**

1. <http://www.nmdb.eu/>
2. <http://cgm.iszf.irk.ru>

### **3. Исследования в области физики околоземного космического пространства**

Научные исследования выполнялись в отделе физики околоземного космического пространства.

1. Приоритетное направление П.12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений.

1.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн» (координатор – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.1.1. Проект П.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства» (рег. номер 01201281660, руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Медведев).

1.1.2. Проект П.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли» (рег. номер 01201281659, руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.1.3. Проект П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» (рег. номер 01201281658, руководитель проекта – к.ф.-м.н. О.И. Бернгардт).

1.2. Партнерский интеграционный проект СО РАН № 106 «Разработка и создание перспективных методов мониторинга окружающего космического пространства и прогнозирование экстремальных событий» (партнеры – ИОА СО РАН, ИКФИА СО РАН, ИГФ УрО РАН, ИКИР ДВО РАН. Рег. номер 01201255674, руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.3. Проект № 3.12.1 «Исследование и разработка методов радиофизической диагностики возмущений различных масштабов в верхней атмосфере Земли» программы № IV.12

«Современные проблемы радиофизики» ОФН РАН (координатор – акад. А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255930. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

1.4. Проект № 3.11.1 «Исследования атмосферно-ионосферного взаимодействия и отклика параметров атмосферного электричества на геомагнитную активность на основе многопозиционной регистрации параметров атмосферного электричества и природного электромагнитного фона в УНЧ и СНЧ диапазонах волн» программы ОФН РАН № IV.11 «Электродинамика атмосферы, радиофизические методы исследований атмосферных процессов» (координатор – акад. Е.А. Мареев). Рег. номер 01201255934. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2. Приоритетное направление II.14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах.

2.1. Проект № 22.3 «Динамические процессы в плазме Солнца, солнечном ветре и магнитосферах планет» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении Солнечной системы» (координатор – акад. Л.М. Зеленый). Рег. номер 01201255937. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2.2. Проект № 22.4 «Волновой аспект солнечно-магнитосферного воздействия» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы» (координатор – акад. Л.М. Зеленый). Рег. номер 01201255936. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

3. Приоритетное направление II.16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.

3.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» (координатор – акад. Г.А. Жеребцов).

3.1.1. Проект II.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат». Рег. номер 01201281657. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

3.1.2. Проект II.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли». Рег. номер 01201281656. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

3.1.3. Проект II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве». Рег. номер 01201281655. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.

3.1.4. Проект II.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов». Рег. номер 01201281654. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

3.2. Совместный проект № 12 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Координированные солнечные, магнитные и сейсмoeлектромагнитные исследования в интересах мониторинга геофизической среды и космического пространства». Рег. номер 01201370731. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

3.3. Совместный проект № 13 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Совместные исследования геофи-

зической среды по данным наблюдений на сети станций Монголии и Восточной Сибири». Рег. номер 01201370121. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

4. Приоритетное направление VIII.77. Физические и химические процессы в атмосфере, включая ионосферу и магнитосферу Земли, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов.

4.1. Проект № ОНЗ-8.1 «Исследование магнитосферно-ионосферного взаимодействия в условиях возрастания солнечной активности в 24 цикле по данным наземного и спутникового мониторинга» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255933. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

4.2. Проект № ОНЗ-8.2 «Исследование отклика ионосферы на экстремальные явления в нейтральной атмосфере в азиатском долготном секторе» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255929. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

4.3. Проект № ОНЗ-8.3 «Экспериментальные исследования ионосферно-атмосферно-литосферных процессов в зонах высокой сейсмической активности» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255932. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

5. Приоритетное направление VIII.78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий.

5.1. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 11 «Литосферно-ионосферные взаимодействия в Байкальской рифтовой системе» (координатор – акад. Г.А. Жеребцов, ИСЗФ СО РАН).

6. Приоритетное направление VIII.79. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

6.1. Проект № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственно-временных закономерностей влияния солнечной активности на температуру поверхности океана и климат» программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики» (координатор – акад. Н.П. Лаверов). Рег. номер 01201255935. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

6.2. Проект № ОНЗ-12.1 «Изучение роли солнечной активности в изменении компонентов климатической системы (атмосфера, океан, криосфера)» программы ОНЗ РАН № 12 «Процессы в атмосфере и криосфере как фактор изменений природной среды» (координаторы – акад. В.М. Котляков, акад. Г.С. Голицын, акад. Ю.А. Израэль). Рег. номер 01201255928. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.А. Коваленко.

7. Приоритетное направление VIII.80. Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, химического анализа природных и техногенных веществ, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.

7.1. Совместный проект № 14 СО РАН с НАН Украины «Многопозиционные радарные исследования ионосферных неоднородностей в средних и высоких широтах над евроазиатским регионом». Рег. номер 01201651760. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

7.2. Проект № 3.12.2 «Разработка радиофизических методов диагностики искусственных и естественных неоднородностей в ионосфере» программы ОФН РАН № IV.12

«Современные проблемы радиофизики» (координатор – акад. А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255931. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

Также выполнялись работы по Федеральным целевым программам.

1 проект Федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.»:

- «Развитие современных технологий мониторинга ионосферы с использованием наземных и космических средств измерений»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2 проекта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.»:

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в области радиофизики, акустики и электроники». Проект «Развитие новых методов диагностики околоземного космического пространства и создание кластера учебно-методических стендов на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН и ИГУ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых научными группами под руководством кандидатов наук по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: лазерная физика и лазерные технологии, радиофизика, акустика и электроника, физика плазмы». Проект «Исследование ионосферных возмущений на основе данных наземных приемников GPS и ГЛОНАСС» (2012–2013 гг.); научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

1 проект Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.»:

- Лот «Проведение научно-исследовательских работ с использованием уникальных объектов научной инфраструктуры, включая обсерватории, ботанические сады, научные музеи и др. по основным направлениям реализации Программы». Проект «Проведение исследований верхней атмосферы в Обсерватории радиофизической диагностики атмосферы с использованием УСУ «Иркутский радар некогерентного рассеяния» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

Молодежный коллектив работал по гранту конкурса Президента Российской Федерации государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук:

- «Сравнительное исследование особенностей функционирования систем ГЛОНАСС и GPS в условиях ионосферной возмущенности»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

Выполнялся молодежный проект по научной теме, утвержденной постановлением Президиума СО РАН от 13.01.2011 № 11 «О выделении дополнительных ставок научным организациям СО РАН для зачисления в штат молодых ученых»:

- «Сравнительное исследование особенностей функционирования систем ГЛОНАСС и GPS в условиях ионосферной возмущенности»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

Один молодой ученый выполнял научные исследования на основании постановлений Президиума СО РАН № 381 от 29.12.2009 г. «Об исследованиях молодых ученых по приоритетным направлениям науки» и № 467 от 28.12.2012 г. «О показателях финансирования Сибирского отделения Российской академии наук, укрупненных параметрах, целевых программах и размерах первоначальной субсидии учреждений на 2013 год» (Едемский И.К.).

В 2013 г. выполнялось 27 грантов РФФИ:

22 инициативных гранта по отделу РФФИ наук о Земле, включая 5 грантов по конкурсам молодых ученых и 4 гранта по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями, и 1 инициативный грант по отделу РФФИ физики и астрономии:

1. 11-05-00698-а «Исследование динамических процессов в ионосфере в период низкой солнечной активности по данным радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН»; научный руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Медведев.
2. 11-05-00822-а «Исследование взаимодействия среднеширотной ионосферы с плазмосферой на основе данных некогерентного рассеяния и моделирования»; научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.
3. 11-05-00892-а «Комплексное исследование динамических процессов в ионосфере над Азиатским регионом России»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.
4. 11-05-00908-а «Исследование механизмов взаимодействия внешних геосфер во время магнитных бурь»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Н.А. Золотухина.
5. 12-02-00031-а «Исследование источников магнитосферных МГД-колебаний в неоднородных моделях среды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.
6. 12-05-00024-а «Исследование физики и морфологии различных типов среднеширотных сияний в Азиатском регионе»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Михалев.
7. 12-05-00121-а «Пространственная структура компрессионных геомагнитных пульсаций в земной магнитосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климушкин.
8. 12-05-00865-а «Исследование проявлений метеорологических эффектов в вариациях атмосферных и ионосферных параметров по данным радиофизических и оптических измерений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. М.А. Черниговская.
9. 12-05-31019-мол\_а «Исследование динамических процессов в ионосфере в период фазы роста солнечной активности по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния»; научный руководитель – к.ф.-м.н. А.А. Щербаков.
10. 12-05-31069-мол\_а «Исследование ионосферных волновых возмущений МГД-природы, обусловленных градиентами атмосферных параметров в переходные часы суток»; научный руководитель – к.ф.-м.н. И.К. Едемский.
11. 12-05-31279-мол-а «Исследование вариаций электронной концентрации над Восточной Сибирью»; научный руководитель – А.Г. Ким.
12. 12-05-31147-мол\_а «Исследование планетарных волн, наблюдавшихся в период стратосферных потеплений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. М.В. Толстиков.
13. 12-05-33032-мол\_а\_вед «Исследование планетарных волн, наблюдавшихся в период стратосферных потеплений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.
14. 12-05-91159-ГФЕН\_а «Связанные процессы суббурь в магнитосфере и ионосфере Земли»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.
15. 12-05-92103-ЯФ\_а «Разработка новых методов исследования динамики ионосферы с использованием данных SuperDARN и ЛЧМ-зондирования»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.
16. 13-05-91159-ГФЕН\_а «Особенности реакции ионосферы Восточно-Азиатского региона на геомагнитные возмущения»; научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.
17. 13-05-00979-а «Развитие новых методов диагностики верхней атмосферы и ионосферы на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН»; научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.
18. 13-05-00529-а «Волновое воздействие солнечного ветра на магнитосферу Земли»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.
19. 13-05-00733-а «Исследование физических процессов, контролирующих состояние ионосферы и термосферы средних широт во время геомагнитных бурь»; научный руководитель – к.ф.-м.н. А.С. Тащилин.
20. 13-05-00292-а «Исследование механизмов генерации межсуточных вариаций параметров»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Б.Г. Шпынев.

21. 13-05-00456-а «Исследования геофизических и радиофизических эффектов работы бортового двигателя космического аппарата»; научный руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Хахинов.

22. 13-05-00153-а «Исследование возмущений термодинамического режима мезосферы и термосферы в периоды действия зимних стратосферных потеплений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. И.В. Медведева.

23. 13-05-92219-Монг-а «Новые источники энергии возмущенной магнитосферы Земли и космической погоды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.

1 грант по организации и проведению экспедиций и полевых исследований:

24. 13-05-10041\_к «Научный проект по проведению комплексной экспедиции по исследованию ионосферных возмущений в Азиатском регионе России»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

3 гранта по отделу РФФИ наук о Земле по организации российских и международных научных мероприятий:

25. 13-05-06034-г «Научный проект организации международной конференции ILWS-2013 «Изучение космической погоды с помощью спутниковых и наземных наблюдений»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

26. 13-05-06038-г «Научный проект организации Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике «Физические процессы в космосе и околоземной среде» (БШФФ-2013)»; научный руководитель – академик Г.А. Жеребцов.

27. 13-05-06820-МОЛ-г «Научный проект организации XIII Конференции молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом»; научный руководитель – к.ф.-м.н. С.В. Олемской.

Выполнялись работы:

- по программе Президиума СО РАН поддержки обсерваторий СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 103 от 15.03.2012 г.); научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

- по конкурсу поддержки экспедиционных работ СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 100 от 15.03.2012 г.): «Мониторинг геофизических полей в средних и авроральных широтах наземными и космическими средствами»; научный руководитель – зав. обсерваторией д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

- Работы по укрупненному инвестиционному проекту «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН», научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.

- Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.

Всего за 2013 г. работы велись по 12 хоздоговорам.

### **3.1. Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства**

#### **Экспериментальное и теоретическое исследование проявления внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере Земли**

В рамках экспериментального исследования проявления внутренних гравитационных волн (ВГВ) в верхней атмосфере осуществлен анализ дисперсионных зависимостей характеристик перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), полученных в длительных сериях наблюдений (январь 2011 и 2013 гг.). Интересный результат был получен при анализе распределения на фазовой плоскости модуль фазовой скорости  $V$  – угол наклона волнового вектора относительно горизонта  $\theta$  (рис. 19).

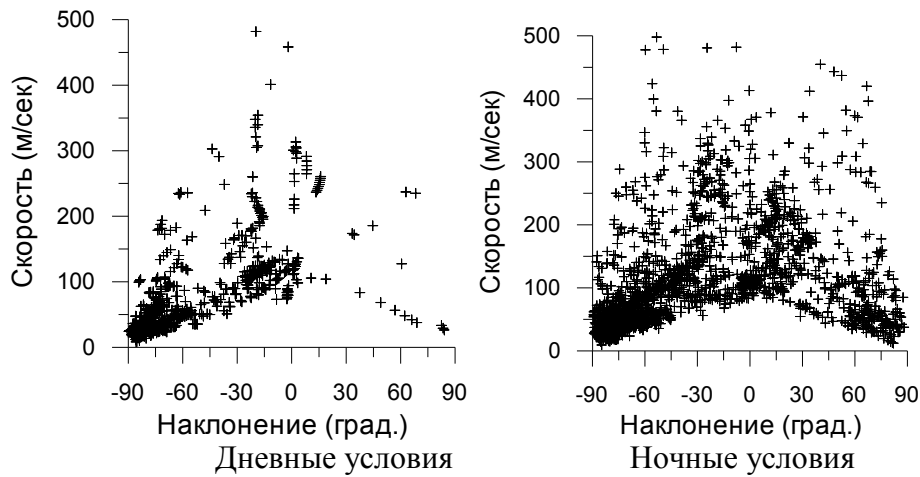


Рис. 19. Распределения на фазовой плоскости модуль фазовой скорости – угол наклона волнового вектора относительно горизонта (положительные значения соответствуют распространению вверх, отрицательные вниз).

На рис. 19 отчетливо видна нижняя граница распределения, отражающая зависимость минимальных значений наблюдаемой скорости от угла наклона. Такая зависимость может быть объяснена двумя факторами: 1) наличием минимальной длины волны  $\lambda_{\min} = 100$  км, которая может быть однозначно определена на пространственной базе радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН, составляющей в направлении север–юг  $\sim 50$  км, и 2) дисперсионным соотношением для внутренних гравитационных волн (ВГВ). Дисперсионное соотношение для ВГВ в приближении Буссинеска с учетом горизонтального ветра имеет вид

$$f = (f_B + U/\lambda)\cos\theta, \quad (1)$$

где  $f$  и  $\lambda$  – частота и длина волны ВГВ,  $f_B$  – частота Брента–Вяйсяля,  $U$  – проекция скорости ветра на направление распространения ВГВ ( $U > 0$  при попутном ветре и  $U < 0$  при встречном ветре). Умножив обе части выражения (1) на  $\lambda$ , получаем выражение дисперсионное соотношение для модуля фазовой скорости

$$V = (f_B\lambda + U)\cos\theta. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что минимальная наблюдаемая фазовая скорость определяется выражением:

$$V_{\min} = (f_B\lambda_{\min} - U_{\max})\cos\theta, \quad (3)$$

где  $U_{\max}$  – максимальная скорость встречного ветра. Нижняя граница распределения  $V$ , представленная на рис. 1, хорошо аппроксимируется выражением (3) при периоде Брента–Вяйсяля  $T_B = 1/f_B = 10$  мин и  $U_{\max} = 100$  м/с (реалистичные параметры верхней атмосферы). Таким образом, основной массив наблюдаемых ионосферных возмущений удовлетворяет представлениям о законах распространения ВГВ в верхней атмосфере.

Анализ распределения фазовых скоростей ПИВ по положительным и отрицательным углам наклона волнового вектора позволяет осуществить интерпретацию положительных углов наклона. Особенностью распространения ВГВ является то, что направленный вниз волновой вектор соответствует ВГВ, распространяющимся от источника, лежащего ниже F2-слоя ионосферы, а волновой вектор, направленный вверх, подразумевает наличие источника выше F2-слоя. На рис. 19 видно, что положительные углы наклона наблюдаются значительно реже, чем отрицательные, но при этом характер распределения скоростей в этой области фазовой плоскости также удовлетворяет условиям распространения ВГВ.

Если бы положительные углы были следствием ошибки измерения, обусловленной интерференции волн от разных источников, то их распределение носило бы случайный характер. Тот факт, что распределение скоростей по положительным и отрицательным углам имеет близкий характер, позволяет сделать заключение о том, что среди наблюдаемых нами волновых возмущений действительно существуют ВГВ, распространяющиеся сверху вниз. Возможным объяснением этого явления может служить возникновение условий для отражения волн на высотах выше области наблюдения. Условия отражения могут быть созданы ветровым сдвигом, когда на некоторой высоте достигается такая скорость горизонтального ветра, которая обращает внутреннюю частоту и групповую скорость ВГВ в ноль.

Углубленный анализ статистических характеристик трехмерного вектора параметров ПИВ позволил установить:

1. Большая часть регистрируемых радиофизическим комплексом инструментов ИСЗФ СО РАН в длительной серии наблюдений за январь 2011 и 2013 гг. и июнь 2013 г. волнообразных ионосферных возмущений вызвана распространением ВГВ из нижних слоев атмосферы.

2. Часть волнообразных возмущений, имеющих обратный (положительный) угол наклона волнового фронта к горизонту, вероятно, связана с ВГВ, отраженными от выше лежащих областей. Условия отражения могут быть созданы ветровым сдвигом, когда на некоторой высоте достигается такая скорость горизонтального ветра, которая обращает внутреннюю частоту и групповую скорость ВГВ в ноль.

#### **Публикации**

1. Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Щербаков А.А., Алсаткин С.С. Статистическое исследование характеристик распространения перемещающихся ионосферных возмущений по данным радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН // Солнечно-земная физика. 2012. Вып. 20. С. 85–91.

2. Medvedev A.V., Ratovsky K.G., Tolstikov M.V., Alsatkin S.S., Scherbakov A.A. Studying of the spatial-temporal structure of wavelike ionospheric disturbances on the base of Irkutsk Incoherent Scatter Radar and digisonde data // J. Atm. Solar-Terr. Phys. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.09.001>.

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики», грантов РФФИ № 11-05-00698, 12-05-31019 и 12-05-31147.*

#### **Процедура выбора площадок для размещения в Иркутской области НР-МСТ-радаров нового поколения**

Работы по созданию проекта Национального гелиогеофизического комплекса, начатые в 2013 г., включали процедуру выбора нескольких площадок для размещения НР-МСТ-радаров нового поколения создаваемого на основе РЛС высокой заводской готовности «Воронеж-М». Основным критерием для выбора перспективных площадок является необходимость расположения линии, соединяющей будущий радар и нагревный стенд, вдоль силовых линий магнитного поля земли. На рис. 20 приведены примеры взаимного расположения существующего радара НР, предполагаемого нагревного стенда и будущего радара НР-МСТ для двух площадок («Листвянка» и «Зазара»). Рисунок показывает, что расположение НР-МСТ-радаров на площадке «Зазара» обеспечивает лучшие условия проведения экспериментов по искусственному нагреву ионосферы.

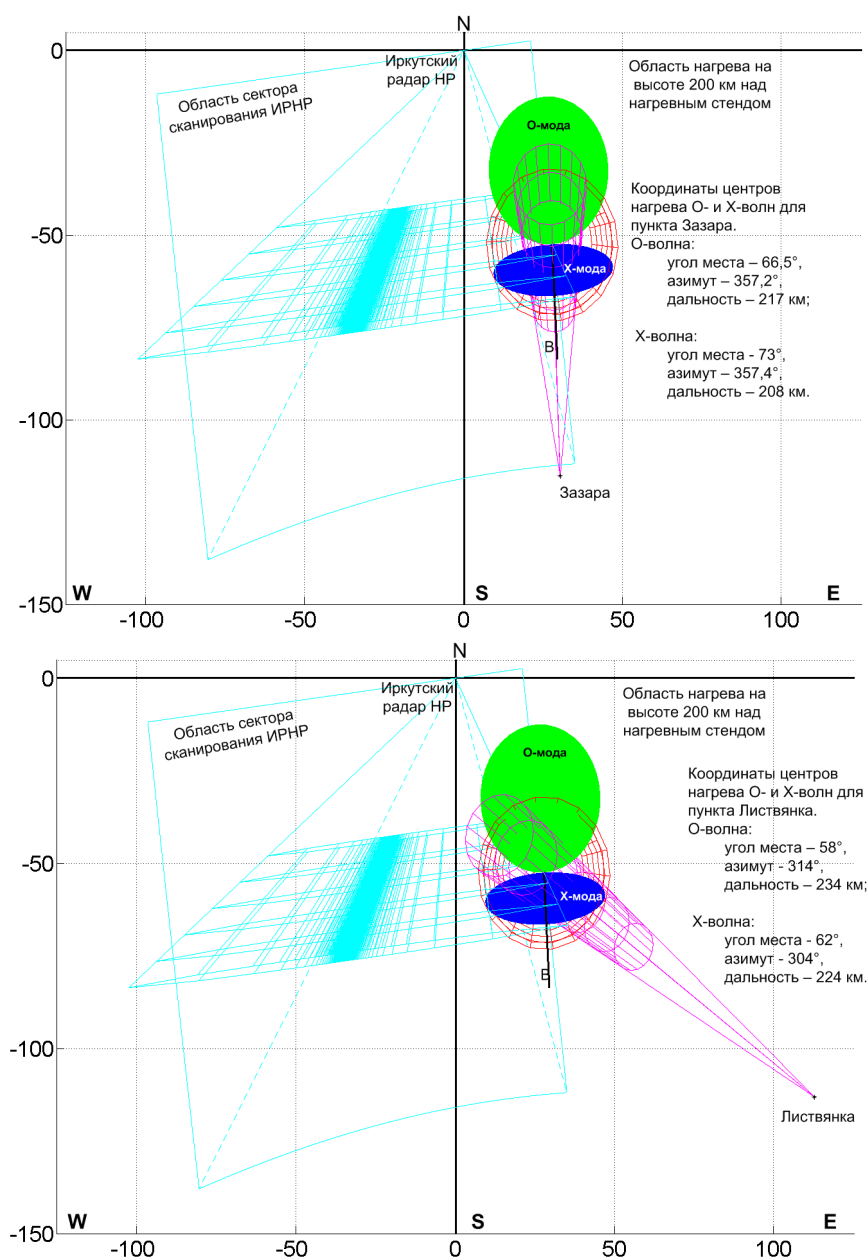


Рис. 20. Геометрия нагревного эксперимента при расположении радара НР-МСТ на площадке «Зазара» (вверху); геометрия нагревного эксперимента при расположении радара НР-МСТ на площадке «Листвянка» (внизу).

Необходимость исключения в приемном сигнале радара отражений от особенностей рельефа требует размещения радара на дне естественной котловины таким образом, чтобы максимальная дальность радиогоризонта не превышала 10 км. После первичного поиска перспективных точек с использованием публичных геодезических систем (Google Earth), их координаты подавались на вход специально разработанного в ИСЗФ СО РАН программного обеспечения, определяющего радиогоризонт для выбранных координат. Не менее важным критерием выбора площадки является ее инфраструктурная особенность: удаленность от населенных пунктов и точек подключения к энергетическим ресурсам, наличие и состояние дорог, наличие источников водоснабжения и т. п. Для выяснения инфраструктурных особенностей на ряд перспективных площадок, отобранных по научно-техническим критериям, были совершены изыскательские экспедиционные выезды.

В результате было выбрано две перспективные площадки для размещения НР-МСТ-радаров нового поколения (табл. 3).

Таблица 3. Площадки для размещения НР-МСТ-радаров нового поколения.

| Название                                    | Координаты                       | Угол к направлению магнитного поля | Максимальная дальность радиогоризонта | Инфраструктурные особенности                                                                                                                                                                                                                                 | Расстояние до ближайшего населенного пункта | Расстояние до точки подключения к электросетям |
|---------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Река Иркут в районе бывшей деревни Выгузово | 52.00561°<br>103.74881°<br>575 м | –5.0°<br>47                        | 10                                    | Дорога грунтовая, качество удовлетворительное. Мост через ручей. На конечном отрезке дороги перед площадкой спуск по серпантину. Требуется ремонт отдельных участков дороги и моста. На территории площадки инфраструктура отсутствует.                      | 7                                           | 13                                             |
| Река Большая Зазара                         | 51.84604°<br>103.69572°<br>708м  | 0.5°<br>64                         | 4                                     | Дорога грунтовая, качество удовлетворительное. Мост через ручей. На конечном отрезке дороги перед площадкой требуется прокладка новой дороги (500 м). Требуется ремонт отдельных участков дороги и моста. На территории площадки инфраструктура отсутствует. | 10                                          | 7                                              |

*Работа выполнена в рамках проекта II.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства» программы фундаментальных исследований СО РАН II.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн» и укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН».*

#### **Метод решения нелинейных обратных задач для потоковой обработки экспериментальных данных**

Разработан метод минимизации нелинейного функционала невязки при обработке длинных рядов экспериментальных данных, когда измеряемый процесс описывается нелинейным интегродифференциальным или интегральным уравнением. Для задач подобного типа предложены три взаимосвязанных метода решения: быстрый алгоритм спуска, метод регуляризации решения и поиск оптимального решения среди множества субоптимальных. Центральной частью метода является алгоритм спуска, работающий на сетке, образованной вершинами многомерных политопов. Регуляризация решения задачи проводится путем перехода для минимизации в функциональное пространство Соболева. Для устранения неоднозначности, связанной с наличием субоптимальных решений, используется специальная схема адаптации, работающая по принципу генетических алгоритмов и использующая результаты ранее проведенной обработки.

#### **Публикации**

Шпынев Б.Г., Воронов А.Л. Минимизация нелинейного функционала невязки в задачах потоковой обработки экспериментальных данных // Вычислительные методы и программирование. 2013. Т. 14. С. 503–515.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 11-05-00822-а «Исследование взаимодействия среднеширотной ионосферы с плазмосферой на основе данных некогерентного рассеяния и моделирования».*

### **Исследование взаимодействия среднеширотной ионосферы с плазмосферой на основе данных Иркутского радара некогерентного рассеяния и данных ПЭС GPS**

Для оценки высоты перехода  $O^+/H^+$  и распределения электронной концентрации во внешней ионосфере и плазмосфере используются экспериментальные данные, полученные на Иркутском радаре некогерентного рассеяния, и данные полного электронного содержания (ПЭС) GPS. В качестве модели используется модифицированный слой Чепмена, где высота перехода  $O^+/H^+$  включена как параметр. На основании данной модели получены численные оценки плазмосферной шкалы высот, высоты перехода  $O^+/H^+$  и ПЭС в плазмосфере. С использованием этих оценок проведен анализ вариаций этих параметров в Иркутске для разных сезонов и разных уровней солнечной и геомагнитной активности.

#### **Публикации**

1. Shpynev B.G., Khabituev D.S. Possibility of  $O^+/H^+$  Transition level determination from Irkutsk Incoherent Scatter Radar Data and GPS Total Electron Content // PIERS-2012 Proc. 2012. P. 1164–1167.
2. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода  $O^+/H^+$  по данным Иркутского радара НР и ПЭС GPS // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. трудов XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013.
3. Shpynev B.G., Khabituev D.S.. Estimation of the plasmasphere electron density and  $O^+/H^+$  transition height from Irkutsk Incoherent Scatter Radar data and GPS total electron content // J. Atm. Solar-Terr. Phys. 2014 (in print).
4. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода  $O^+/H^+$  по данным иркутского радара НР и ПЭС GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 211–213. CD-ROM.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 11-05-00822-а «Исследование взаимодействия среднеширотной ионосферы с плазмосферой на основе данных некогерентного рассеяния и моделирования».*

### **Атмосферно-ионосферное взаимодействие во время внезапных стратосферных потеплений**

На основе данных спутникового зондирования и наземной сети российских ионозондов исследованы атмосферные и ионосферные эффекты над территорией Сибирского региона во время внезапного стратосферного потепления (ВСП) в 2009 г. Процессы в зимней высокоширотной и среднеширотной атмосфере рассматриваются как единый механизм перераспределения энергии глобальной циркуляции, в котором задействованы все атмосферные области, включая тропосферу, стратосферу, мезосферу и нижнюю термосферу. Обнаружена сильная долготная неоднородность ионосферного отклика на событие ВСП, связанная с формированием группы стратосферных циклонов и антициклонов, влияющих на газовый состав нижней термосферы.

#### **Публикации**

1. Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Куркин В.И., Ратовский К.Г., Черниговская М.А., Белинская А.Ю., Степанов А.Е. Отклик ионосферы над регионом Восточной Сибири во время внезапного стратосферного потепления 2009 г. по данным наземного и спутникового радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10, № 1. С. 153–163.

2. Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Куркин В.И., Ратовский К.Г., Черниговская М.А., Белинская А.Ю., Степанов А.Е. Аэрономические эффекты внезапного стратосферного потепления в январе 2009 г. и их влияние на ионосферу // Исследования Земли из космоса. 2014. № 2 (в печати).

*Работа выполнена в рамках Партнерского интеграционного проекта СО РАН № 106, Российско-Болгарского проекта «Атмосферно-ионосферное взаимодействие во время внезапных стратосферных потеплений» и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-05-00292-а).*

### **3.2. Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли**

**Проведение активного космического эксперимента для исследования параметров плазменного окружения и отражательных характеристик транспортного грузового корабля «Прогресс»**

В апреле и июне 2013 г. проведены две сессии активного космического эксперимента «Радар–Прогресс». Проведены измерения при работающих и неработающих сближающе-корректирующих двигателях (СКД) транспортных грузовых кораблей (ТГК) «Прогресс М-17М» и «Прогресс М-19М» (рис. 21):

- отражательных характеристик ТГК и его плазменного окружения в радиодиапазоне электромагнитного спектра на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР);
- параметров ионосферных возмущений в областях пролета во время работы СКД ТГК;
- параметров УКВ-сигнала бортового передатчика системы телеоператорного режима управления (ТОРУ) ТГК.

Результаты анализа отражательных характеристик ТГК показали, что влияние выхлопных струй практически не сказывается на координатных характеристиках, но оказывают заметное влияние на некоординатные. Инжекция выхлопных струй СКД в направлении на ИРНР всегда приводит к появлению значимых изменений в динамике амплитуды радиолокационного (РЛ) сигнала, при этом наблюдается падение эффективной площади рассеяния (ЭПР) ТГК.

Результаты измерений характеристик УКВ-сигнала бортового передатчика ТОРУ показали, что после включения СКД наблюдается дополнительная вариативность в амплитуде радиосигнала.

Результаты измерений параметров плазменного окружения и ионосферных возмущений в областях пролета ТГК во время работы СКД не показали значимых возмущений электронной концентрации. Наблюдаемые вариации лежат в пределах методической ошибки измерений.

Результаты измерений характеристик УКВ-сигнала бортового передатчика ТОРУ показали, что после включения СКД наблюдается дополнительная вариативность в амплитуде радиосигнала.

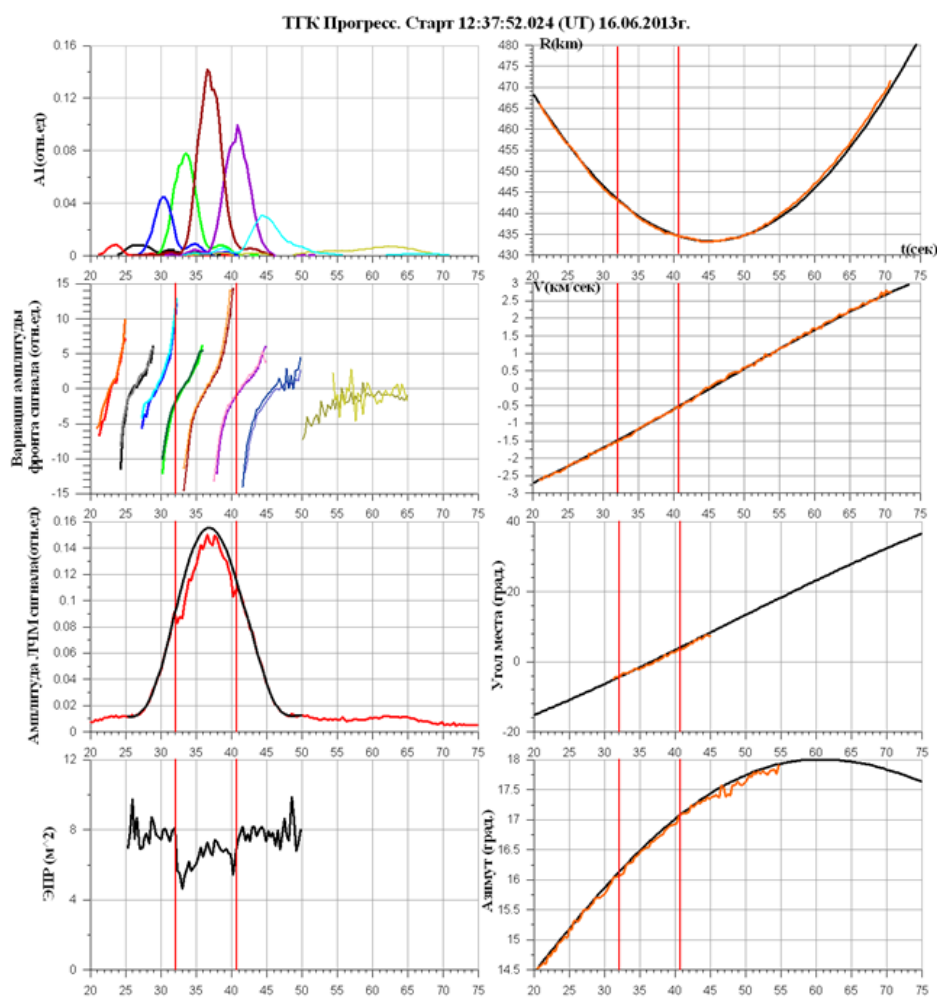


Рис. 21. Отражательные характеристики ТГК 16 июня 2013 г. Левая панель: динамика относительной амплитуды РЛ-сигналов на разных частотах верхнего и нижнего полурупоров антенны ИРНР; вариации амплитуды фронтов РЛ-сигналов; ЭПР ТГК. Правая панель: динамика дальности до ТГК, радиальной скорости ТГК и разности фаз РЛ-сигналов полурупоров (линии черного цвета расчетные дальность и скорость). Моменты включения и выключения СКД отмечены вертикальными красными линиями.

### Публикации

1. Хахинов В.В., Потехин А.П., Лебедев В.П., Кушнарев Д.С., Алсаткин С.С. Некоторые результаты активных космических экспериментов «Плазма–Прогресс» и «Радар–Прогресс» // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева. 2013. Спец. вып. 5 (51). С. 160–163.
2. Khakhinov V.V., Lebedev V.P., Kushnarev D.S., Alsatkin S.S. Remote sounding of ionospheric disturbances caused by exhaust streams of “Progress” cargo spacecraft // International symposium “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). Proc. 24–27 June 2013, Saint-Petersburg. 2013. P. 43–44.

Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН», ГК от 13 февраля 2013 г. № 851-5720/13/49, ГК № 72 /ГФ/ Н-11 ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.» и грантов РФФИ № 13-05-00456, № 13-0200957.

## **Разработка численного алгоритма, основанного на методе нормальных волн, позволяющего анализировать влияние медленных нестационарных процессов на распространение радиосигналов КВ диапазона в волноводе Земля–ионосфера**

В рамках метода нормальных волн поле внутри волновода Земля–ионосфера представляется в виде ряда, вообще говоря, бесконечного по собственным функциям радиального оператора. При этом для численных расчетов ряд ограничивается так называемой группой слабозатухающих волн. Эта группа определяется из условия слабого просачивания через ионосферу. Несущая частота сигнала должна быть больше минимальной критической частоты на трассе распространения, тогда в каждой точке волновода существует номер нормальной волны, начиная с которого поле перестает отражаться от ионосферы.

В случае если частота меньше критических частот по трассе, группа слабо просачивающихся волн становится бесконечной. При этом реальные части спектрального параметра образуют последовательность, сходящуюся к нулю, что физически соответствует наличию углов распространения, сколь угодно близких вертикали. Мнимые части спектрального параметра растут с номерами, но обусловлено это не прохождением волн через ионосферный барьер, а поглощением. В этом случае ранее применявшийся алгоритм неприменим. Метод решения радиальной задачи и построения спектра радиального оператора был модифицирован с целью снятия ограничения по частоте снизу. Разработанный численный алгоритм позволяет рассчитывать поле для любых частот, для которых существует регулярный волновод Земля–ионосфера и число нормальных волн достаточно велико.

Реализован алгоритм, позволяющий анализировать влияние медленных нестационарных процессов на распространение последовательностей импульсных радиосигналов КВ-диапазона в волноводе Земля–ионосфера.

Реализован макет комплекса расчета характеристик ионосферы и распространения КВ-радиоволн, который включает модуль расчета параметров ионосферы на высотах 40-20000 км и модуль расчета характеристик распространения. Рассчитываются энергетические и групповые характеристики падающего поля каждого мода распространения на фиксированной дальности при наклонном зондировании ионосферы. Расчет проводится для поточечных профилей электронной концентрации и эффективной частоты соударений изотропной ионосферы. Проведено тестирование комплекса по результатам обработки и интерпретации экспериментальных данных наклонного зондирования ионосферы на трассе Магадан–Иркутск.

Проведено моделирование влияния регулярно-неоднородной ионосферы, заданной при помощи ионосферных моделей (IRI, ПЭМИ), на характеристики рассеянного земной поверхностью радиосигнала. Также проведено моделирование при наличии перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ) различной амплитуды, масштабов, типов (волнообразное, гауссовое, локализованных и нелокализованных). Показано, что основное влияние возмущения на принимаемый при ВНЗ сигнал заключается в деформации зависимости минимального группового пути от времени, в то же время в амплитудном рельефе также могут появляться выраженные участки с повышенной/пониженной амплитудой, связанные с эффектами фокусировки сигнала на выпуклой/вогнутой верхней границе волновода Земля–ионосфера.

### **Публикации**

1. Пономарчук С.Н., Грозов В.П., Котович Г.В., Михайлов С.Я. Обработка и интерпретация ионограмм вертикального и наклонного зондирования для диагностики ионосферы на базе ЛЧМ-ионозонда // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева. 2013. Спец. вып. 5 (51). С. 133–136.
2. Грозов В.П., Киселев А.М., Котович Г.В., Михайлов С.Я., Пономарчук С.Н. Программное обеспечение обработки и интерпретации ионограмм зондирования на базе цифрового ЛЧМ-ионозонда // Гелиогеофиз. иссл. 2013. Вып. 4. С. 75–85.
3. Пономарчук С.Н., Котович Г.В., Романова Е.Б., Тащилин А.В. Тестирование макета программных средств расчета КВ-радиотрасс // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). D 186–191.

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках выполнения ГК №72/ГФ/Н-11 ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.», ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и грантов РФФИ № 13-05-00979, № 13-0200892.*

### **Построение радиолокационного уравнения для обратного рассеяния в КВ-диапазоне в ионосфере в случаях моностатической постановки эксперимента на расстояниях до 0.5 скачка в условиях слабой рефракции**

Проведен предварительный анализ литературы. В рамках метода стационарной фазы в отсутствие магнитного поля получены предварительные выражения для полной формы и корреляционной функции рассеянного сигнала в отсутствие магнитного поля с учетом слабой рефракции. В настоящее время работа не завершена: ведется анализ радиолокационного уравнения в магнитоактивном случае и анализируется влияние магнитного поля на условие пространственно-временного синхронизма при рассеянии (условие Вульфа–Брэгга) и искажения полной формы сигнала, вызванные эффектом Фарадея.

Для численного моделирования распространения сигнала была разработана методика моделирования прохождения радиоволн в условиях рефракции в приложении к радару SuperDARN. Методика основана на приближении геометрической оптики для холодной изотропной плазмы. Метод заключается в решении траекторной задачи с помощью системы характеристических уравнений. Для большего соответствия реальным условиям учитывалась диаграмма направленности антенной решетки радара. Методика применялась для интерпретации данных наблюдений радара ЕКВ во время падения Челябинского метеороида и показала свою работоспособность для качественной интерпретации данных. В качестве фоновой ионосферы использовалась модель IRI-2007 с коррекцией по данным ионозонда.

#### **Публикации**

Кутелев К.А., Бернгардт О.И., Моделирование сигнала ВНЗ радара SuperDARN в присутствии движущейся среднemasштабной ионосферной неоднородности большой амплитуды, сопровождавшей падение метеорита «Челябинск» // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн и гранта РФФИ № 13-0200892.*

### **3.3. Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона**

#### **Первый радар российского сегмента среднеширотных когерентных ионосферных радаров**

Совместно с Институтом геофизики Уральского отделения РАН был произведен запуск первого радара российского сегмента среднеширотных когерентных ионосферных радаров в режим круглосуточного мониторинга и проведено его тестирование в различных режимах и геофизических условиях.

Радар был закуплен, смонтирован и запущен ИСЗФ СО РАН в круглосуточную работу в середине декабря 2012 г. Радар представляет собой аналог радаров CUTLASS сети SuperDARN, изготовленный Университетом Лейстера (Великобритания) и развернутый

ИСЗФ СО РАН на территории обсерватории «Арти» Института геофизики УрО РАН (56°26' N, 58°34' E).

Радар предназначен для наблюдения характеристик обратно-рассеянного сигнала одновременно в режимах возвратно-наклонного зондирования (ВНЗ) и обратного рассеяния на мелкомасштабных неоднородностях ионосферы. Это позволяет проводить одновременную оценку характеристик как фоновой ионосферы методом ВНЗ, так и мелкомасштабных неоднородностей методом обратного рассеяния.

Антенная система радара представляет собой фазированную антенную решетку с сектором сканирования порядка 50° с шириной лепестка 3–6°. Сканирование всего сектора осуществляется перебором 16 направлений в течение 60 с с зондированием на каждом из 16 фиксированных направлений в течение 4 с. Характеристики антенной системы таковы, что задний лепесток диаграммы направленности составляет порядка 3 дБ по мощности от основного лепестка. Общий вид радара и сектор обзора приведен на рис. 22.

По результатам развертывания радара был создан сайт <http://sdrus.iszf.irk.ru>, где собирается база обработанных данных радара в виде графиков.

Работа радара в режиме мониторинга позволила начать исследование ионосферных эффектов метеороида «Челябинск» (15.02.2013, 03:20 UT) с разрешением по дальности 60 км в диапазоне дальностей 400–3500 км и с временным разрешением 1 мин и обнаружить расходящиеся волны электронной концентрации после падения метеороида на высотах Е- и F-слоев, начиная с расстояний порядка 200 км от места взрыва.



Рис. 22. Общий вид радара ЕКВ и его приемо-передающей аппаратуры (слева) и сектор обзора (справа), цифрами обозначены номера лучей.

### Публикации

1. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Докл. академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.
2. Бернгардт О.И. Первый радар российской сети когерентных радаров декаметрового диапазона: характеристики, первые эксперименты, планы // Стенд СУРА: результаты выполняемых работ, планы исследований и перспективы развития стенда. Н. Новгород, 2013.
3. Berngardt O.I., Zherebtsov G.A., Kurkin V.I., Kushnarev D.S., Abramov V.G., Martyshko P.S., Kusonski O.A. First radar in the Russian segment of the coherent decameter radar network: Experiments, results, plans // 2013 International Living With a Star Workshop (ILWS-2013): Abstracts. 2013. P. 27–28.
4. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A. Ionospheric effects of the meteorite «Chelyabinsk» according to the EKB radar data // SuperDARN Workshop. 2013. Saskatchewan, Canada, 26–31 May, 2013.
5. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk meteorite impact // LANL arXiv:1308.3918, <http://arxiv-web3.library.cornell.edu/abs/1308.3918>
6. Бернгардт О.И., Куркин В.И., Жеребцов Г.А., Кусонский О.А., Григорьева С.А. Ионосферные эффекты в первые два часа после падения метеорита «Челябинск» // Солнечно-

земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати).

7. Bergardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk meteorite impact // J. Astron. Solar-Terr. Phys. (submitted).

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН», интеграционного партнерского проекта СО РАН № 106. Приемопередающая система радара закуплена на средства СО РАН, работы по монтажу проводились при финансовой поддержке Федеральной целевой программы Росгидромета «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 годы» (в рамках госконтракта № 72/ГФ/Н-11 от 18.05.2011 г.).*

### **Обобщенные уравнения эволюции для микроскопических фазовых плотностей системы нейтральных частиц для модели с конечной скоростью распространения действующих в системе полей (учет времени запаздывания)**

Предложен метод, основанный на развитом Климонтовичем способе получения уравнения эволюции для 6-мерной одно- и двухточечной микроскопической плотности, позволяющий разработать правила построения незамкнутого уравнения эволюции для произвольной  $P$ -точечной фазовой плотности ( $P=1, 2, 3, \dots, N$ ), а также получить замкнутую систему  $N$  зацепляющихся уравнений (обобщенных микроскопических уравнений эволюции) в  $6N$ -мерном фазовом пространстве.

Первые попытки непосредственного применения этого метода для описания многокомпонентного нейтрального газа привели к появлению в вычислениях многоточечных фазовых плотностей смешанного типа (относящихся к частицам разных сортов) и, следовательно, к невозможности построения замкнутой системы уравнений. Однако более тщательное использование принципа суперпозиции полей от частиц-источников разных сортов позволило решить эту проблему.

Для газа, состоящего из нейтральных частиц, рассматриваемая задача учета временного запаздывания носит модельный характер и необходимость подобного учета определяется лишь последующим использованием полученных результатов для описания плазменных сред. Важной микроскопической особенностью плазмы является одновременное действие на выделенную частицу полей различной природы от большого числа как близких, так и достаточно удаленных частиц. При этом их относительное расстояние до выделенной частицы может достигать нескольких порядков. Этим и объясняется необходимость учета временного запаздывания при построении уравнений эволюции.

Важным моментом при решении этой задачи является правило учета независимости фазовых переменных, отличающихся от динамических переменных, в которых независимыми являются лишь пространственные переменные. Это позволило существенно упростить вычисления, что дало возможность построить замкнутую систему микроскопических уравнений эволюции для последовательности одноточечной одновременной, двухточечной двухвременной и т. д. вплоть до  $N$ -точечной  $N$ -временной фазовых плотностей. Эти результаты не докладывались и не публиковались, поскольку в окончательном виде они были получены в последние два года и, кроме того, имеются основания (и необходимость) для дальнейшего упрощения их вида.

### **Публикации**

Евстафьев В.В. Микроскопический подход к статистическому описанию системы нейтральных частиц: расширенный метод фазовой плотности // Солнечно-земная физика/ 2013. Вып. 22. С. 68–76.

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН».*

### **Программный комплекс для определения характеристик ПИВ различных масштабов и их источников по данным ВНЗ радаром SuperDARN и по данным НЗ с использованием многопозиционного ЛЧМ-ионозонда**

Разработан автоматизированный программный комплекс для определения характеристик ПИВ и их возможных источников по данным ВНЗ радаром SuperDARN. Использована ранее развитая методика, в рамках которой в заданный момент времени наблюдений методом кросскорреляционного анализа рассчитываются задержки между вариациями на разных лучах радара и координаты отражающих областей. Далее составляется невязка между измеренными и теоретическими задержками, соответствующими заданной аналитической модели возмущения. Составленная невязка минимизируется методом Левенберга–Марквардта относительно азимута и кажущейся горизонтальной скорости возмущения. Расчеты проводятся в цикле по временным отсчетам. В результате для заданных суток получается временная зависимость азимута, кажущейся горизонтальной скорости и других параметров возмущений.

Для автоматизации выделения вариаций минимального группового пути из данных наблюдений, а также коррекции влияния регулярных градиентов ионосферных параметров в комплексе используется модель суточно-сезонных вариаций минимального группового пути сигнала ВНЗ (первоначально для радара SuperDARN Хоккайдо), построенная на основе результатов численного моделирования. Комплекс может использоваться также для определения параметров возмущений по данным НЗ.

### **Публикации**

Ойнац А.В., Куркин В.И., Nishitani N., Сайто А. Определение параметров перемещающихся ионосферных возмущений по данным радаров SuperDARN // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18, № 8. С. 30–39.

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН», ГК № 14.740.11.078, 16.18.11.7097 с Министерством образования и науки и грантов РФФИ № 12-05-92103 и № 11-05-00892.*

### **Совместный анализ данных слабонаклонного зондирования ионосферы и данных доплеровских измерений на трассе Усолье–Торы при решении задачи диагностики перемещающихся ионосферных возмущений**

Выполнен статистический анализ ионограмм слабонаклонного зондирования, полученных на собственной сети ЛЧМ-зондирования ИСЗФ СО РАН, работающей в режиме мониторинга. Типичной является ситуация, когда на некоторых ионограммах помимо основного трека появляется дополнительный трек, называемый серпом, который обычно свидетельствует о наличии перемещающегося ионосферного возмущения.

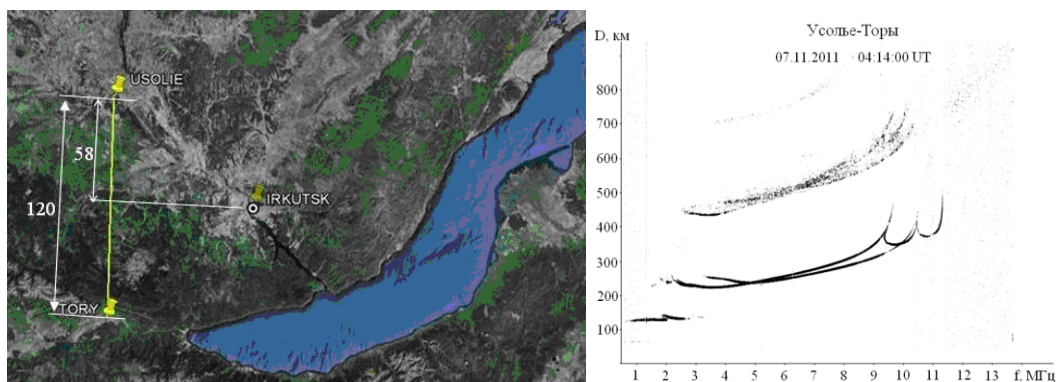


Рис. 23. Схема эксперимента (а); ионограмма с дополнительным треком типа «серп» (б). К анализу привлекались данные за два периода времени: зимний (декабрь 2011 – март 2012 г.) и летний (май 2011 – август 2011 г.).

Для зимнего и летнего сезонов исследованы частотность появления серпов на ионограммах в зависимости от времени суток, среднее время жизни, их морфологические особенности. Высокая скважность получения ионограмм в точке приема (1 мин) позволила проследить динамику и эволюцию серпов.

Серп на ионограмме (рис. 23, а, б) обычно смещается в область меньших групповых задержек и меньших частот (вниз и влево по ионограмме) и исчезает в нижней части слоя.

Диапазон времени, в котором наблюдаются серпы, существенно шире для летнего сезона, чем для зимнего. Кроме того, число появлений серпов и среднее время их жизни для летнего сезона примерно вдвое больше, чем для зимнего.

Из обработанного массива данных за летний период 15 % ионограмм содержали серпы, тогда как в зимний период серпы имели место на 8 % ионограмм. Также следует отметить, что периодичности при появлении серпов на ионограммах практически не наблюдалось.

#### Публикации

1. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Исследование морфологических особенностей признаков перемещающихся ионосферных возмущений по данным квазивертикального зондирования ионосферы // Вестник ИРГТУ. 2013. № 10 (81). С. 86–90.

2. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Морфологические особенности признаков перемещающихся ионосферных неоднородностей по данным слабонаклонного зондирования ионосферы // Оптика атмосферы и океана. 2013 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН» и грантов РФФИ № 11-05-00892 и 13-05-90730.*

#### Мониторинговые наблюдения среднеширотных неоднородностей по данным обратного рассеяния в КВ-диапазоне на когерентном радаре

Падение метеороида «Челябинск» 15.02.2013 в 03:20 UT, сопровождавшееся большим количеством ионосферных, атмосферных и сейсмических явлений, будет исследоваться еще достаточно долгое время.

Использовались данные развернутого ИСЗФ СО РАН радара ЕКВ российского сегмента сети когерентных радаров SuperDARN и данные вертикального зондирования ионосферы ионозондом «Парус», расположенным в обсерватории «Арти» ИГФ УрО РАН, практически совпадающим с радаром ЕКВ по расположению. Оба инструмента расположены приблизительно в 200 км к северу от предполагаемого места взрыва. На рис. 24 приведена геометрия наблюдений.



Рис. 24. Эффекты, наблюдаемые относительно мест, связанных с метеоритом: 1 – место взрыва, 2 – место нахождения первых осколков, 3 – центр сферической волны по данным ЕКВ (03:20 UT), 4 – волновые возмущения в Е-слое (03:23 UT), 5 – примерная траектория движения неоднородности Е-слоя (02:47–04:00), 6 – сферическая волна в F-слое (03:45–04:45 UT), 7 – краткосрочный эффект увеличения принимаемой мощности (03:20:32–03:21:00 UT).

Был проведен анализ ионосферных эффектов в диапазоне дальностей 100–1500 км от места взрыва метеороида «Челябинск». Возмущение, вызванное в ионосфере пролетом, взрывом и падением метеороида, имело высокую амплитуду. Однако, по-видимому, оно не привело в первые два часа к изменению средних за 15 мин параметров ионосферы в зоне над центром возмущения. Однако на дальностях более 100–200 км от места взрыва и далее, до 1500 км (рис. 25, а, области I, II) наблюдались эффекты, заметно отличающиеся от поведения рассеянных сигналов в аналогичные магнитоспокойные дни (рис. 25, б).

В первую минуту после взрыва 03:20–03:21 UT наблюдалось одновременное резкое увеличение мощности радишума в секторе обзора радара на частотах 10 и 16 МГц. Вследствие наблюдаемой регулярности этого эффекта мы не можем однозначно связать данное увеличение с падением метеороида. При этом вариации среднего фонового радиоизлучения в секторе сканирования радара на частотах 10 и 16 МГц не превышали уровня вариаций за референтные дни 9–12, 18.02.2013 г.

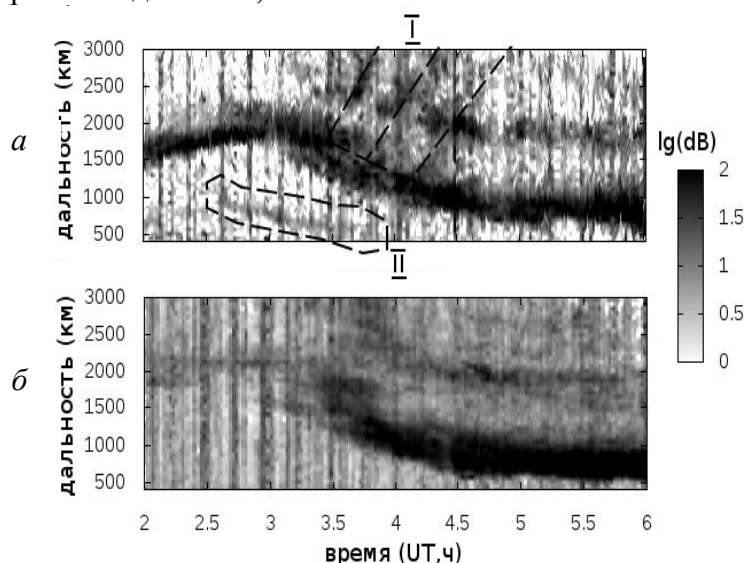


Рис. 25. Сравнение мощности, усредненной по азимутам 15.02.2013 (а) с усредненной по референтным дням мощностью (б). Соотношение сигнал/шум приведено как  $\log(dB)$ .

В период 02:47–04:00 UT в ионосфере наблюдалась необычная среднемасштабная неоднородность в Е-слое ионосферы (рис. 24, область 5), отсутствовавшая в референтные дни 09–12, 18.02.2013 г. Неоднородность возникла в 02:47 UT, за 33 мин до падения метеорита и исчезла в 04:00 UT, через 40 мин после взрыва. Скорость дрейфа с востока на запад составляла 50 м/с. Неоднородность является нехарактерной для спокойных дней, а причина ее возникновения и динамика неизвестны.

Неожиданное появление этой неоднородности позволило исследовать эффекты метеорита в Е-слое ионосферы (рис. 24, область 4). Практически одновременно со взрывом и в течение 3 мин (в период 03:20–03:23 UT) на расстоянии 400 км к юго-западу от радара и приблизительно в 200 км к западу от места взрыва на высоте Е-слоя проявлялось движение в направлении от радара с характерными скоростями порядка 200 м/с (рис. 24, область 4) и высокими спектральными ширинами. Малая задержка обнаруженного эффекта на значительном удалении от места взрыва также говорит в пользу гипотезы возникновения на высотах нижней части Е-слоя крупной короткоживущей неоднородности с поперечными размерами порядка нескольких сотен километров, являвшейся источником возмущений.

В F-слое основные возмущения имели вид радиальных волн с центром, близким к месту взрыва (в 80–100 км к югу от радара, рис. 24, область 6). Анализ экспериментальных данных позволил определить эквивалентные ионосферные скорости перемещения отдельных мод (250, 400 и 800 м/с), и оценить амплитуду возмущения снизу. Увеличение фоновой электронной концентрации составляет минимум 15 % с характерными горизонтальными масштабами порядка 200 км. Первое возмущение в F-слое начало наблюдаться через 15 мин после взрыва на расстоянии 1100 км к северу от радара и распространялось от радара практически радиально. Радиальные возмущения наблюдались до ~80–100 мин. Анализ позволил оценить положение центра возмущения (рис. 24, область 3) в 80–100 км к югу от радара и близко к месту взрыва по данным NASA, а также оценить время возникновения волны, (03:20 UT).

### **Публикации**

1. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Докл. академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207 (частично).
2. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk meteorite impact // LANL arXiv:1308.3918, <http://arxiv-web3.library.cornell.edu/abs/1308.3918>
3. Berngardt O.I., Zherebtsov G.A., Kurkin V.I., Kushnarev D.S., Abramov V.G., Martyshko P.S., Kusonski O.A., First radar in the Russian segment of the coherent decameter radar network: Experiments, results, plans // International Living With a Star Workshop (ILWS-2013). 2013. P. 27–28.
4. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Ionospheric effects of the meteorite “Chelyabinsk” according to the EKB radar data // SuperDARN Workshop. 2013. Saskatchewan, Canada, 26–31 May 2013.
5. Бернгардт О.И., Куркин В.И., Жеребцов Г.А., Кусонский О.А., Григорьева С.А. Ионосферные эффекты в первые два часа после падения метеорита «Челябинск» // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати).
6. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk meteorite impact // J. Astron. Solar-Terr. Phys. (submitted).

*Работа выполнена в рамках проекта П.12.2.3. «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» программы фундаментальных исследований СО РАН П.12.2. «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН» и программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики» и интеграционного партнерского проекта СО РАН № 106.*

### **3.4. Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат**

#### **Влияние солнечной активности на температуру поверхности океана и осадки**

Анализ долговременных изменений количества осадков за 1979–2007 гг., проведенный на основе данных архивов GPCP, GPCP2 и CMAP, показал уменьшение глобального количества осадков, продолжавшееся вплоть до середины 90-х гг. XX в. Однако это уменьшение характерно только для среднеширотных областей, в то время как в высокоширотных и низкоширотных областях наблюдается увеличение количества осадков. Долговременные изменения среднегодового количества осадков в приэкваториальной области  $25^{\circ} \text{ N} - 25^{\circ} \text{ S}$  согласуются с изменениями температуры поверхности океана (ТПО). Для исследования влияния солнечной и геомагнитной на осадки был проведен анализ связи количества осадков с уровнем геомагнитной активности. В результате установлено, что геомагнитная активность оказывает значительное влияние (особенно выраженное в высокоширотных и низкоширотных зонах) на циркуляцию в тропосфере и тем самым на планетарное распределение осадков – как меридиональное, так и зональное.

Получены новые доказательства влияния солнечной активности на климатические процессы в тропосфере и океане. Установлено, что связь солнечной и геомагнитной активности с ТПО характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью и носит региональный характер. В большинстве регионов наблюдается устойчивая и значимая связь аномалий ТПО и атмосферных осадков с изменениями геомагнитной активности. Такая особенность обусловлена влиянием циркуляционных процессов в поверхностном слое океана и атмосферы. Это полностью подтверждает основные положения модели влияния солнечной активности на погодно-климатические характеристики, предложенной авторами.

#### **Публикации**

1. Рубцова О.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Долговременные изменения атмосферных осадков и их связь с геомагнитной активностью // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). D268–D271.
2. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). D375.
3. Васильева Л.А. Особенности долговременных изменений термических характеристик тропосферы // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. Иркутск, 16–21 сентября 2013: Тезисы докл. 2013. С. 30.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и проекта № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственно-временных закономерностей влияния солнечной активности на температуру поверхности океана и климат» программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».*

### Особенности пространственно-временных изменений энергообмена атмосфера–океан (теплообмен, влагообмен)

На основе данных наблюдений и разрабатываемой авторами модели влияния солнечной активности на климатическую систему получены новые доказательства влияния солнечной активности на климатические процессы в тропосфере и океане. Выявлен достоверный отклик в основных климатических характеристиках: приземной температуре воздуха (ПТВ), температуре поверхности океана (ТПО) и количестве осадков на воздействия солнечной активности (СА). Отмечается значимая роль изменений площади морского льда в Арктическом бассейне в процессе формирования отклика климатической системы на воздействие солнечной активности.

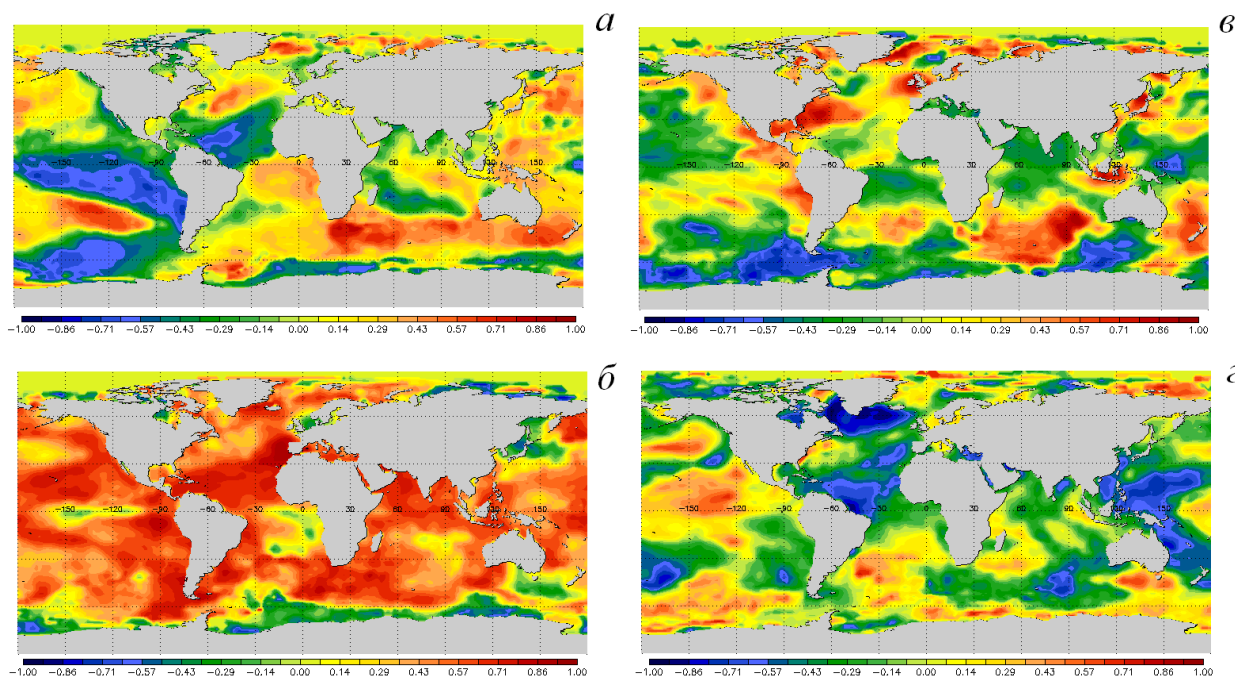


Рис. 26. Карта корреляций сглаженных по пяти годам значений *aa*-индекса и ТПО для разных периодов: *а* – 1868–1910 гг.; *б* – 1910–1948 гг.; *в* – 1948–1976 гг.; *г* – 1976–2000 гг.

Установлено, что климатический отклик на воздействие солнечной и геомагнитной активности характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью и носит региональный характер. Выявлены закономерные изменения пространственной структуры отклика климатической системы на геомагнитную активность.

На рис. 26 представлены карты пространственного распределения коэффициента корреляции между ТПО и *aa*-индексом геомагнитной активности для четырех периодов на разных фазах квазишестидесятилетней вариации. На всех представленных картах отчетливо видно наличие пространственной структуры коэффициента корреляции. Характерной особенностью этих распределений является наличие областей как положительной, так и отрицательной корреляции. Исключением является период 1910–1940 гг., в который отклик на геомагнитную активность в ТПО был положительным практически во всех регионах, т.е. носил глобальный характер. Этот период характеризуется наиболее длительным возрастанием геомагнитной активности, в конце которого минимальные значения геомагнитной активности превысили максимальные в начале периода.

#### Публикации

1. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Кириченко К.Е. Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхности океана // Изв. Иркутского государственного университета. Сер. «Науки о Земле», 2013. Т. 6, № 1. С. 61–79.
2. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А. Природа климатических изменений в XX в. и их связь с солнечной активностью // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная

100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. Иркутск, 16–21 сентября 2013: Тезисы докл. 2013. С. 25.

3. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 1 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и проекта № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственно-временных закономерностей влияния солнечной активности на температуру поверхности океана и климат» программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».*

### **Закономерности изменения пространственной структуры крупномасштабной составляющей циркуляции и термодинамических характеристик атмосферы и океана**

На основе наблюдательных данных о температуре поверхности океана (ТПО) и *aa*-индекса геомагнитной активности был проведен анализ связи изменений ТПО и геомагнитной активности на различных временных масштабах. Показано, что ТПО коррелирует с геомагнитной активностью, а степень связи изменений ТПО с вариациями геомагнитной активности существенно зависит от временного масштаба. При увеличении периода сглаживания коэффициент корреляции значительно возрастает – от 0.45 (на временных масштабах 3 года) до 0.90 (на временных масштабах больше 11 лет). Наблюдаемая зависимость от временного масштаба обусловлена тем, что большая часть вариаций с временным масштабом менее пяти лет обусловлена процессами, не связанными с геомагнитной активностью (квазидвухлетние вариации, Эль-Ниньо, Ла-Ниньо, вулканы). В результате проведенного анализа показано, что отклик ТПО на воздействие геомагнитной активности характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью. В большинстве регионов наблюдается устойчивая и значимая связь аномалий ТПО и геомагнитной активности. Однако в ряде регионов наблюдается антикорреляция. Такая особенность свидетельствует о том, что отклик ТПО на вариации уровня геомагнитной активности зависит от рассматриваемого региона и климатической эпохи.

### **Публикации**

1. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон.-опт. диск (DVD-ROM). D375.

2. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И., Проявление солнечной активности в температуре поверхности мирового океана // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 2 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и проекта № ОНЗ-12.1 «Изучение роли солнечной активности в изменении компонентов климатической системы (атмосфера, океан, криосфера)» программы № 12 ОНЗ РАН «Процессы в атмосфере и криосфере как фактор изменений».*

## **Структура и динамика планетарных волн в тропосфере и стратосфере, связь волновой и вихревой активности с крутильными колебаниями**

Показано, что за несколько дней до начала внезапного стратосферного потепления (ВСП) наблюдается рост индекса орографического возбуждения в нижней тропосфере. Развитию ВСП способствует также возникновение блокингов или их эволюция в некоторых секторах Северного полушария. Зависимость ВСП одновременно от орографического возбуждения и блокингов можно объяснить влиянием блокирований на структуру струйных течений в районе горных массивов. Вертикальное распространение планетарных волн является не единственным фактором генерации и развития ВСП. ВСП также могут возбуждаться крутильными колебаниями, распространяющимися из низких широт. Показано, что крутильные колебания обладают одинаковыми свойствами практически на всех уровнях стратосферы.

### **Публикации**

1. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Анализ факторов, влияющих на возникновение и эволюцию внезапных стратосферных потеплений // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013): Тезисы докл. 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург. С. 124.

2. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Кочеткова О.С., Руднева М.А. Сравнение крутильных колебаний по данным NCEP/NCAR Reanalysis I и ECWMF ERA-40 // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013): Тезисы докл. 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург. С. 130.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

## **Морфология и физика термодинамических характеристик средней и верхней атмосферы, особенности атмосферы Азиатского региона**

С целью изучения региональных особенностей температурного режима средней атмосферы в регионе юга Восточной Сибири проанализированы временные (суточные, межсуточные и сезонные) и высотные вариации температуры атмосферы для уровней тропопаузы, стратопаузы и верхней мезосферы по спутниковым данным СВЧ-зонда MLS Aura за период с августа 2004 по август 2012 г. для региона г. Иркутска. Выявлено наличие существенно различных температурных режимов средней атмосферы для летнего и зимнего периода года. Летом высотно-временные распределения температуры в рассматриваемом высотном интервале регулярны, с резко выраженными теплой стратопаузой и холодной мезопаузой. Зимой распределение температуры имеет нерегулярную структуру, четко выраженные стратопауза и мезопауза отсутствуют. Это различие, возможно, связано с тем, что на высотах стратосферы в исследуемом регионе каждую зиму наблюдаются внезапные стратосферные потепления – аномальные потепления воздуха в стратосфере, составляющие десятки градусов, при которых температура может иногда превосходить летний максимум. Отмечен слабый отрицательный тренд температуры в стратосфере и верхней мезосфере.

### **Публикации**

Черниговская М.А. Временные вариации температуры средней атмосферы над регионом юга Восточной Сибири по спутниковым данным MLS Aura // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 2. С. 212–224.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Межгодовые и многолетние вариации характеристик ионосферы, средней и верхней атмосферы, связанных с солнечной, геомагнитной активностью и глобальной циркуляцией атмосферы**

Проведен анализ данных многолетних наблюдений среднеширотных сияний (СС) на юге Восточной Сибири за период 1991–2012 гг. Рассмотрены некоторые вопросы морфологии СС. Получено суточное распределение вероятности регистрации СС и возмущений интенсивности эмиссии 630 нм в периоды магнитных бурь в месте расположения Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН. Возмущения интенсивности эмиссии 630 нм в главную и начальную фазы МБ регистрируются преимущественно во вторую половину ночи, в то время как в фазу восстановления – в вечерние часы до полуночи.

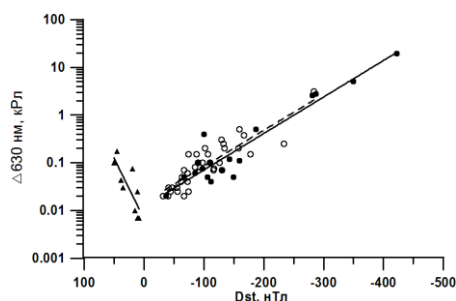


*Рис. 27. Зависимости возмущений интенсивности среднеширотной эмиссии 630 нм от уровня геомагнитной возмущенности по  $D_{st}$ -индексу. Фазы МБ: главная (темные кружки), восстановления (светлые кружки), начальная (темные треугольники).*

Получены зависимости возмущения интенсивности атмосферной эмиссии 630 нм  $I_{630}$  от  $D_{st}$ -индекса для различных фаз МБ (рис. 27). Показано, что коэффициенты в уравнениях регрессии, связывающие возмущение  $I_{630}$  с  $D_{st}$ , на главной фазе и фазе восстановления имеют близкие значения. Это может указывать на подобие механизмов возмущения  $I_{630}$  в эти фазы МБ и/или на одну и ту же токовую систему, в которой локализован источник возмущений. Зарегистрированное в ГФО ИСЗФ СО РАН среднеширотное сияние 20 ноября 2003 г. может дополнить список наиболее знаменитых сияний (Great Aurora), обсуждение которых проводится в ряде работ.

Предложено выделить СС с низким уровнем интенсивности доминирующей эмиссии 630.0 нм в группу субвизуальных среднеширотных сияний, что может быть полезным для решения ряда задач и классификации СС. Оценена вероятность регистрации СС для региона юга Восточной Сибири, которая с учетом используемых данных может составить величину  $\geq 1.7$  событий в год.

### **Публикации**

Михалев А.В. Среднеширотные сияния в Восточной Сибири: 1991–2012 // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ № 12-05-00024.*

### Статистические оценки изменчивости основных параметров слоя F

По данным Иркутского дигизонда DPS-4, полученным в годы минимума солнечной активности (2006–2010 гг.) исследована изменчивость основных ионосферных характеристик в спокойных геомагнитных условиях: отклонений максимальной электронной концентрации в F2-области ( $\delta n$ ) и высоты максимума слоя ( $\delta h$ ) от их медианных значений для дневных (10–16 LT) и ночных (22–04 LT) часов. Получено, что флуктуации изменчивости можно представить в виде двух компонент: высокочастотной (в пределах двух часов) и низкочастотной (от дня ко дню). В ночные часы низкочастотная компонента изменчивости в  $\delta n$  преобладает, а днем они равнозначны. В вариациях  $\delta h$  ночью обе компоненты сопоставимы, а днем более важную роль играют кратковременные флуктуации. Слабые флуктуации в  $\delta n$  и  $\delta h$  обусловлены средне- и крупномасштабными гравитационными волнами, а сильные флуктуации вызваны планетарными волнами и приливами.

Исследованы сезонные вариации суточной и полусуточной компонент в вариациях критических частот и высоты максимума слоя по данным вертикального зондирования за 2003–2011 гг. Получено, что фаза (местное время максимума) суточной вариации foF2 постепенно возрастает при переходе от зимы к лету на 6 ч. В отличие от нее фаза полусуточной вариации foF2 почти постоянна в зимние и летние месяцы и резко уменьшается (увеличивается) на 2.5 ч вблизи весеннего (осеннего) равноденствия. Фаза суточной вариации (положение минимума)  $h_m F2$  в течение всех рассмотренных лет слабо меняется в пределах 11:30–12:15 LT. Фаза полусуточной вариации  $h_m F2$  уменьшается на 2 ч при переходе от февраля к марту и увеличивается на это же время при переходе от сентября к октябрю. Такой ход устойчив для всех рассмотренных лет.

#### Публикации

1. Золотухина Н.А., Полех Н.М., Романова Е.Б., Полякова А.С. Сезонная изменчивость суточных и полусуточных вариаций F2-слоя над Иркутском по данным ионосферного радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 112–125.
2. Deminov M.G., Deminova G.F. Zhrebtsov G.A., Polekh N.M. Statistical properties of variability of the quiet ionosphere F2-layer maximum parameters over Irkutsk under low solar activity // Adv. Space Res. 2013. V. 51. С. 702–711.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и грантов РФФИ 11-05-00908, 13-05-91159.*

### Анализ появления условия G в высоких и средних разных широтах

На основе данных вертикального зондирования, полученных на станциях «Норильск» (69.4° N, 88.1° E) и «Иркутск» (52.5° N, 104° E) в годы низкой солнечной активности (2006–2009 гг.), проведен анализ появления условия G на разных широтах, оценены относительная частота его появления для каждого месяца, зависимость его появления от местного времени и длительность его непрерывной регистрации. Установлено, что в большинстве случаев на этих станциях условие G регистрировалось с мая по август. Появление его в равноденствие, как правило, обусловлено повышенной магнитной возмущенностью. В годы минимума солнечной активности условие G регистрировалось на всех рассматриваемых станциях летом и в периоды равноденствия. Чаще всего оно наблюдалось в Норильске, реже – в Иркутске. Преимущественное местное время его появления – утренние и дневные часы. Длительность существования условия G меняется в широких пределах: от интервала зондирования до нескольких часов. Наиболее продолжительные

интервалы непрерывного существования условия G зарегистрированы в Норильске в летние месяцы (до 7–13 часов). В Иркутске они короче (до 3–4 часов). Существование продолжительных интервалов чаще всего обусловлено повышенной магнитной возмущенностью, но и в спокойных геомагнитных условиях в Иркутске и Норильске также регистрируются длительные интервалы существования условия G.

С учетом экспериментальных данных об изменениях состава и температуры термосферы в годы крайне низкого уровня солнечной активности проведено моделирование распределения электронной концентрации для дней, в которые регистрировалось появление условия G. Расчеты, выполненные с коррекцией концентраций основных газовых составляющих в атмосфере на ионосферных высотах, показали, что в утренние и околополуденные часы высота максимума ионизации может определяться высотой максимума молекулярных ионов, что соответствует появлению условия G на ионограммах вертикального зондирования (рис. 28). Изменение термосферных параметров (плотности, состава, температуры), произошедшие во время крайне низкого продолжительного минимума солнечной активности, создали благоприятные условия для формирования условия G в спокойных геомагнитных условиях на средних широтах при низкой солнечной активности.

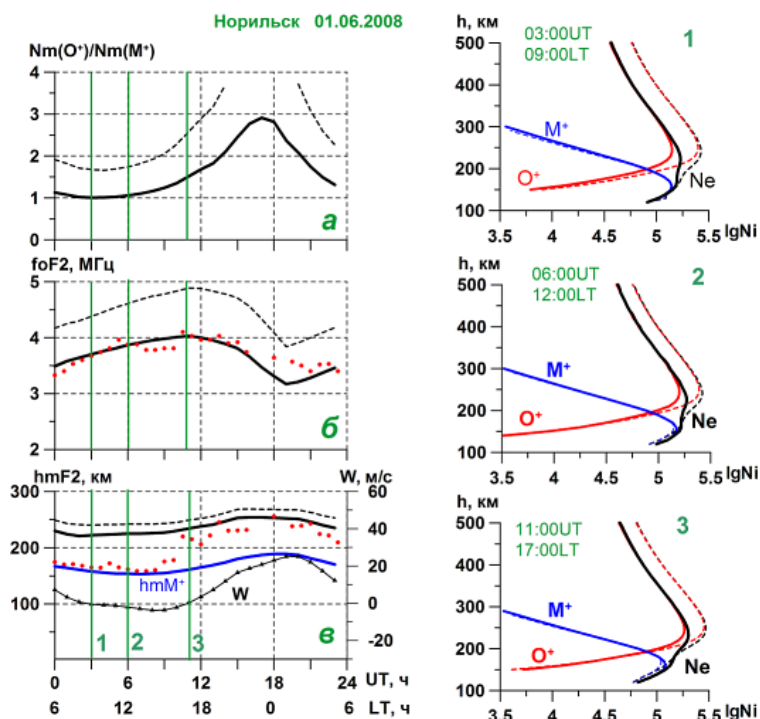


Рис. 28. Результаты расчетов параметров ионосферы (а–в) на станции «Норильск» для 1 июня 2008 г.: штриховые линии соответствуют расчетам без коррекции модели термосферы, сплошные – с коррекцией, тонкая линия с треугольниками – скорость вертикального дрейфа на высоте 250 км. Красные кружки показывают измеренные значения критической частоты ( $f_oF2$ ) и высоты максимума ( $h_mF2$ ) слоя F2. Справа приведены высотные профили для моментов 1, 2, 3, отмеченных на панелях (а–в) вертикальными линиями.

#### Публикации

1. Polekh N.M., Ratovsky K.G., Deminov M.G., Kushnarenko G.P., Kolpakova O.E. Morphology of the condition occurrence over Irkutsk // Adv. Space Res. 2013. V. 52. P. 575–580.
2. Полех Н.М., Ратовский К.Г., Романова Е.Б. Исследование появления условия G на разных широтах в годы минимума солнечной активности: морфология и моделирование // XI Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тезисы докл. Москва, 11–16 ноября 2013. ИКИ. С. 379.

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и грантов РФФИ № 11-05-00908, 13-05-91159.

### Локальная эмпирическая модель ионосферной возмущенности, созданная на основе непрерывных измерений цифровыми ионозондами вертикального зондирования

На основе длинных рядов данных Иркутского дигизонда выявлены основные закономерности проявления ионосферной возмущенности в суточном и сезонном ходе, а также в цикле солнечной активности, которые составляют основу локальной эмпирической модели ионосферной возмущенности. В качестве меры ионосферной возмущенности выбрана вариативность максимума электронной концентрации ( $N_mF2$ ), представляющая собой

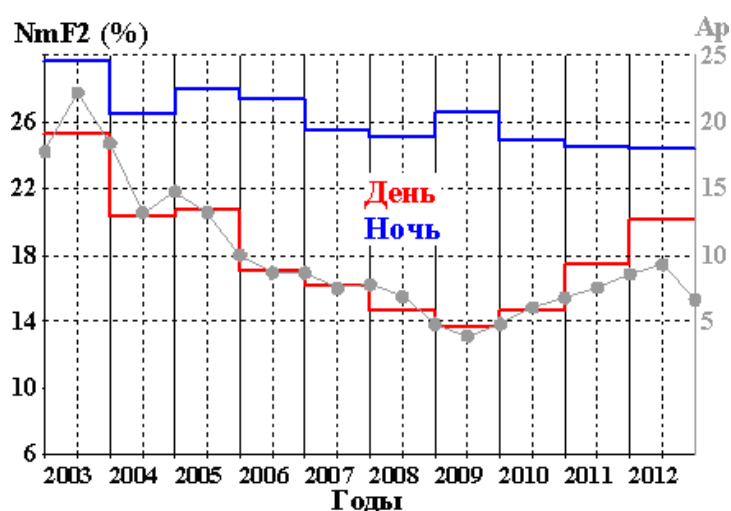


Рис. 29. Среднегодовая вариативность  $N_mF2$  в годы низкой и высокой солнечной/геомагнитной активности. Серым цветом показано скользящее среднегодовое значение индекса  $A_p$ .

среднеквадратичное значение относительного отклонения  $N_mF2$  от его медианных значений. Установлено, что дневная вариативность  $N_mF2$  возрастает с уровнем солнечной/геомагнитной активности, тогда как ночная вариативность практически не зависит от солнечной/геомагнитной активности (рис. 29). Наибольшая вариативность  $N_mF2$  наблюдается в зимнее ночное время (~30 %), а наименьшая – в летнее дневное время в годы минимума солнечной активности (~12 %). Вариативность  $N_mF2$  в диапазоне периодов внутренних гравитационных волн (ВГВ, 0.5–6 ч) мала по сравнению с вариациями ото дня ко дню. Наибольшая вариативность  $N_mF2$  в диапазоне периодов ВГВ наблюдается зимой вблизи вечернего терминатора (~15 %), а наименьшая – в летнее дневное время (~6 %). Зависимость возмущенности в диапазоне периодов ВГВ от уровня солнечной/геомагнитной активности отсутствует как для дневных, так и для ночных условий.

### Публикации

1. Ratovsky K.G., Oinats A.V., Medvedev A.V. Regular features of the polar ionosphere characteristics from Digisonde measurements over Norilsk. // Adv. Space Res. 2013. V. 51, N 4. P. 545–553.
2. Polekh N.M., Ratovsky K.G., Deminov M.G., Kolpakova O.E., Kushnarenko G.P. Morphology of the G condition occurrence over Irkutsk // Adv. Space Res. 2013. V. 52, N 4. P. 575–580.
3. Ratovsky K.G., Medvedev A.V., Tolstikov M.V. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionosphere disturbances from Irkutsk Digisonde data // 2013 IRI Workshop book. 2013. P. 87.

4. Ratovsky K.G., Shi J.K., Oinats A.V., Romanova E.B. Comparative study of highlatitude, mid-latitude and lowlatitude ionosphere on basis of local empirical models // Adv. Space Res (in print).

5. Ratovsky K.G., Medvedev A.V., Tolstikov M.V. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionosphere disturbances from Irkutsk Digisonde data // Adv. Space Res. (in print).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», а также в рамках программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики».*

### **Анализ сезонных и суточных вариаций вертикального дрейфа ионов; оценка вариаций отношения основных газовых составляющих термосферы при разных геофизических условиях**

На высотное распределение электронной концентрации в ионосфере от 100 до 450 км при заданном уровне ионизирующего излучения заметно влияют два фактора: изменение газового состава термосферы и вертикальные движения заряженной компоненты, обусловленные в основном меридиональным нейтральным ветром. На основе регулярных данных Иркутского дигизонда о высоте максимума слоя F2 по методу Титериджа рассчитаны скорости  $V$  вертикального дрейфа ионизации для спокойных и возмущенных геомагнитных условий в период 2003–2007 гг. (рис. 30, а). Полученные значения  $V$  согласуются с оценками вертикальной скорости по эмпирической модели термосферного ветра HWM07 (рис. 30, б), а также с экспериментальными данными, полученными для среднеширотной станции Милстоун-Хилл. На основе регулярных данных Иркутского дигизонда об электронной концентрации по методике авторов рассчитаны отношения основных газовых составляющих  $[O]/[N_2]$  и  $[O_2]/[O]$  на высотах нижней части ионосферы в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях для летних и зимних сезонов в период спада и минимума солнечной активности 2003–2007 гг.

Полученные средние отношения  $[O]/[N_2]$  в зимние сезоны в возмущенные периоды выше летних в среднем на 20 %, в спокойные периоды – в среднем на 50 %. Рассчитанные отношения согласуются с данными спутникового УФ-спектрометра GUVI для летних сезонов.

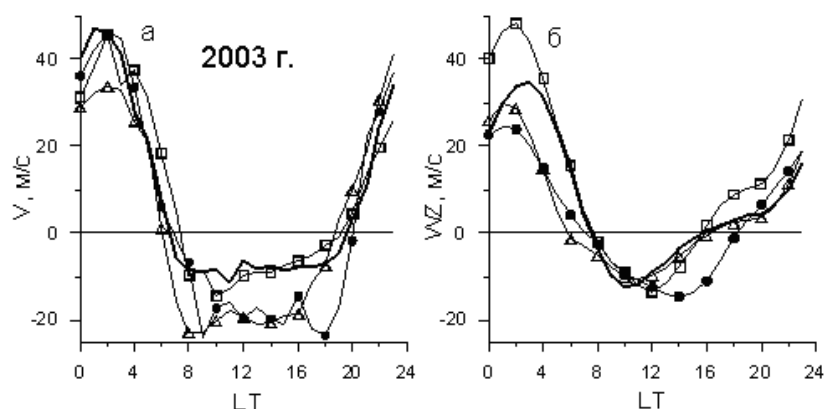


Рис. 30. Суточные изменения средней скорости дрейфа ионизации  $V$  по сезонам 2003 г.: зима – треугольники, весна – сплошная линия, лето – квадраты, осень – кружки (а); изменения средних значений модельных значений  $W_z$ -компоненты, рассчитанной для условий Иркутска (б), обозначения те же.

### Публикации

1. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М. Вертикальный дрейф плазмы во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 109–114.
2. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М., Полех Н.М., Ратовский К.Г. Эффекты геомагнитных бурь на высотах ионосферного слоя F1 в период спада и минимума солнечной активности // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22. С. 31–34.
3. Кушнарченко Г. П., Кузнецова Г. М. Дрейф ионизации в ионосфере, рассчитанный по вариациям высоты максимума слоя F2 во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). D251–254.
4. Кушнарченко Г. П., Кузнецова Г. М. Дрейф ионизации в ионосфере, рассчитанный по вариациям высоты максимума слоя F2 во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Тезисы докл. XIX Международного симпозиума. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 116.
5. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М. Отношения основных газовых составляющих термосферы в разные сезоны во время умеренных геомагнитных возмущений в период минимума солнечной активности // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова, г. Иркутск, 16–21 сентября 2013: Тезисы докл. 2013. 2013. С. 34.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### Вариации глобального электронного содержания (ГЭС) и регионального электронного содержания (РЭС) на территории Сибири в 1998–2012 гг.

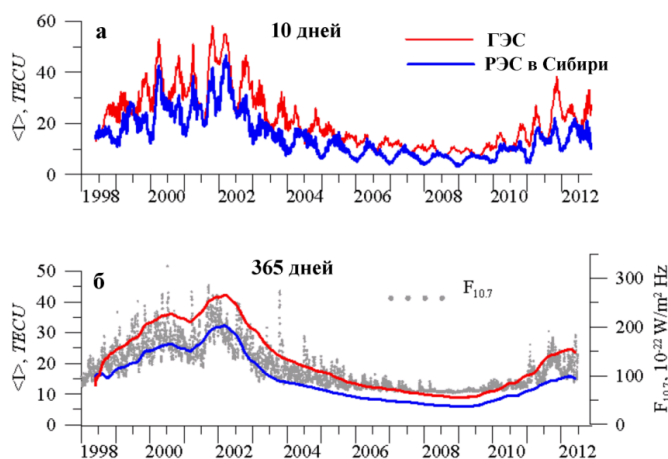


Рис. 31. Динамика рядов ГЭС и РЭС в Сибири, сглаженных окном 10 дней (а) и 365 дней (б). Серыми точками приведено значение солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см.

Получены длительные ряды вариаций глобального (ГЭС) и регионального (РЭС) электронного содержания на территории Сибири. Ряды ГЭС и РЭС характеризуются хорошо выраженными годовыми, полугодовыми и 27-дневными вариациями (рис. 31). Амплитуда полугодовых вариаций максимальна при высоком уровне солнечной активности. Годовые вариации РЭС и ГЭС сдвинуты по фазе. Максимум годовых вариаций ГЭС приходится на зимние месяцы. Это означает, что Южное полушарие вносит более существен-

ный вклад в годовые вариации. В вариациях ГЭС и РЭС хорошо проявляется затянувшийся минимум 23-го цикла солнечной активности и выход на максимум нового цикла в конце 2011 г. Таким образом, ГЭС и РЭС отражают общую динамику солнечной активности и могут служить индексами состояния околоземного космического пространства наряду с индексами солнечной и геомагнитной активности.

#### **Публикации**

1. Ясюкевич Ю.В., Перевалова Н.П., Демьянов В.В., Едемский И.К., Маркидонова А.А. Исследование околоземного космического пространства с использованием глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева. 2013. Вып. 6 (52). С. 93–100.

2. Yasyukevich Yu.V., Voeikov S.V., Zhivetiev I.V., Kosogorov E.A. Ionospheric response to solar flares of C and M classes in January–February 2010 // Cosmic Res. 2013. V. 51 (2). P. 114–123.

3. Ясюкевич Ю.В., Едемский И.К., Перевалова Н.П., Полякова А.С. Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS // Серия «Солнечно-земная физика». Часть 5. Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 (в печати).

4. Yasyukevich Yu., Astafyeva E., Demyanov V., Ishin A., Kosogorov E. Smolkov G. GPS/GLONASS operation quality deterioration caused by solar and geophysical activity // // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop (AOSWA-2013). 4–7 November 2013, Kunming, China: Conference Program and Abstracts. 2013. P. 79.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», а также в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 8699), гранта РФФИ № 12-05-33032 и гранта Президента РФ МК-3771.2013.5.*

#### **Алгоритм расчета многодневных рядов отфильтрованных вариаций ПЭС по данным измерений на одной станции GPS**

Одним из существенных ограничений при исследовании ионосферы с помощью сигналов GPS является то, что длительность непрерывного ряда измерений составляет не более 6–7 ч. В рамках проекта разработана методика, позволяющая рассчитывать и исследовать многосуточные непрерывные ряды вариаций ПЭС, отфильтрованных в выбранном диапазоне периодов, по данным измерений на одной станции GPS. Ряд многодневных вариаций ПЭС  $dI_M(t)$  рассчитывается путем усреднения в каждый момент времени  $t$  всех имеющихся значений отфильтрованных вариаций ПЭС  $dI_j(t)$  (где  $j$  – номер спутника). Пример многодневного ряда  $dI_M(t)$ , рассчитанного для станции IRKJ за период 20–22 марта 2012 г. приведен на рис. 32. Кроме того, могут быть рассчитаны ряды многодневных отфильтрованных вариаций ПЭС для спутников, зарегистрированных в четырех азимутальных секторах: запад ( $\pm 45^\circ$  от направления на запад), север ( $\pm 45^\circ$  от направления на север), восток ( $\pm 45^\circ$  от направления на восток), юг ( $\pm 45^\circ$  от направления на юг).

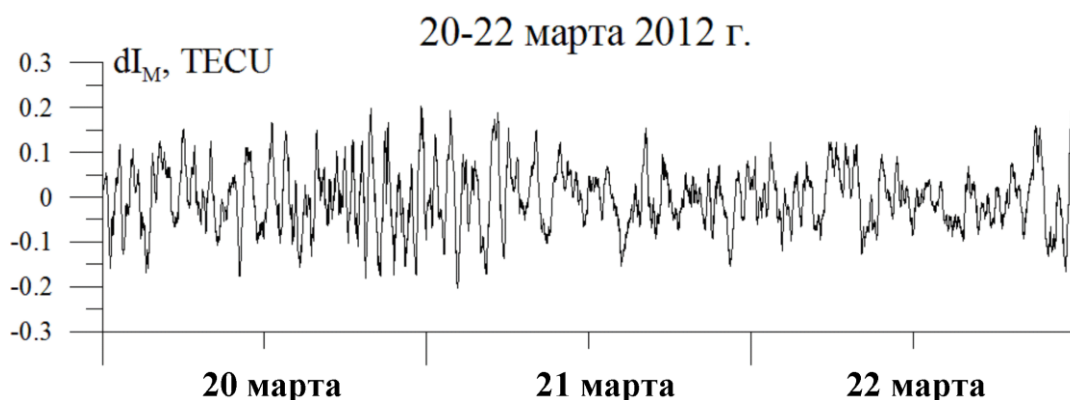


Рис. 32. Ряды многодневных отфильтрованных вариаций ПЭС  $dI_M(t)$  на станции IRKJ 20–22 марта 2012 г.

#### Публикации

1. Perevalova N., Voeykov S., Yasyukevich Yu., Astafyeva E., Leonovich L., Ishin A., Edemskiy I., Polyakova A. GPS monitoring of ionospheric disturbances // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop (AOSWA-2013). 4–7 November 2013, Kunming, China: Conference Program and Abstracts. 2013. P. 69.

2. Воейков С.В., Осипчук В.Н., Крупович Е.С. Исследование зависимости интенсивности вариаций ПЭС от геометрии радиозондирования с помощью ГНСС // VI Международная конференция «Солнечно–земные связи и физика предвестников землетрясений». с. Паратунка, Камчатский край, 9–13 сентября 2013 г.: Сб. докл. 2013. 1 электрон.-опт. диск (DVD-ROM). С. 59–62.

3. Воейков С.В., Осипчук В.Н., Крупович Е.С. Исследование зависимости интенсивности вариаций ПЭС от геометрии радиозондирования с помощью ГНСС // VI Международная конференция «Солнечно–земные связи и физика предвестников землетрясений». с. Паратунка, Камчатский край, 9–13 сентября 2013 г.: Тезисы докл. 2013. С. 19.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### 3.5. Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли

#### Процессы динамического воздействия тропосферы, стратосферы и мезосферы на ионосферу Земли в условиях гелиогеофизических возмущений различной природы

На основе совместного анализа глобальных карт полного электронного содержания (ПЭС) и данных измерений вертикальных профилей температуры, полученных с помощью зонда MLS Aura, выполнено исследование ионосферных явлений, наблюдавшихся во время внезапного стратосферного потепления (ВСП) зимой 2012–2013 гг. в Азиатском регионе России. Установлено, что во время главной фазы ВСП в ионосфере наблюдалось значительное уменьшение значений ПЭС, а также амплитуды суточных вариаций ПЭС в пунктах, располагавшихся вблизи области наибольшего разогрева стратосферы (рис. 33). При этом наибольшие отклонения ПЭС от фонового уровня регистрировались в утренние/дневные часы местного времени: в суточном ходе отмечается провал дневных значений и рост ночных/утренних величин ПЭС относительно спокойных дней. В точке, удаленной от очага ВСП, эффекты были менее выраженными. Предположено, что указанные явления могут быть связаны с процессами вертикального переноса молекулярного газа из области стратосферного разогрева в термосферу, приводящего к уменьшению электронной концентрации. Показано, что во время ВСП распределения отклонений ПЭС от фоно-

вых значений находились в хорошем соответствии с распределением высоты стратопauзы. После окончания основной стадии потепления, в период возвращения стратосферы к нормальному режиму, в ионосфере наблюдался быстрый рост значений ПЭС, не связанный с геомагнитной активностью.

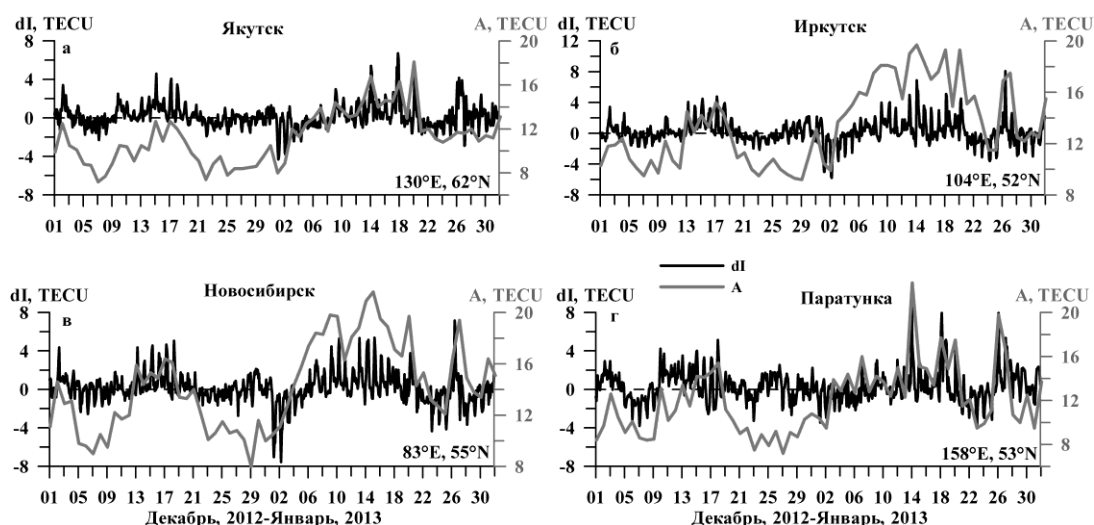


Рис. 33. Отклонения ПЭС от фоновых значений ( $dI$ ) и поведение амплитуды  $A$  суточных вариаций ПЭС во время ВСП 2012–2013 гг. (основная фаза ВСП 28 декабря – 6 января).

#### Публикации

Полякова А.С., Черниговская М.А., Перевалова Н.П. Ионосферные эффекты внезапных стратосферных потеплений в Восточно-Сибирском регионе России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013 (в печати).

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», проекта № 8.2 «Исследование отклика ионосферы на экстремальные явления в нейтральной атмосфере в азиатском долготном секторе» программы № 8 ОНЗ РАН, а также гранта РФФИ № 12-05-00865.

#### Метеорологические эффекты в средней атмосфере и ионосфере

Для исследования метеорологических эффектов использовались данные архива реанализа NCEP/NCAR за 2008–2010 гг., а также данные по температуре атмосферы на высотах верхней тропосферы, стратосферы, мезосферы и нижней термосферы по спутниковым данным MLS Aura. Ионосферные данные получены на основе непрерывных измерений на Иркутском ионозонде вертикального зондирования DPS-4. Для оценки ионосферной возмущенности принимались коэффициенты вариаций максимума электронной концентрации в F2-слое ионосферы ( $VrN_mF2$ ) в дневное время. В ходе анализа выявлены периоды крупномасштабных волновых движений в стратосфере на высоте 10 мб в холодное время года в периоды с ноября по февраль 2008–2010 гг. Эти волны ассоциированы со стратосферными струйными течениями, наблюдавшимися на периферии зимнего циркумполярного циклона и в основном локализованными на широтах 50–80° N (рис. 34).

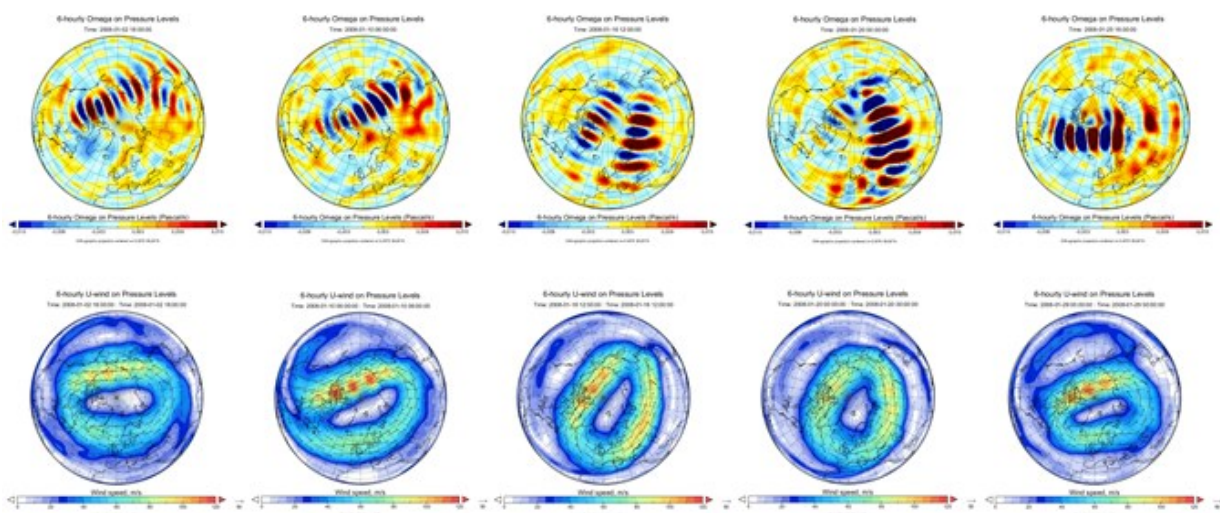


Рис. 34. Пространственное распределение параметра  $\Omega$  и скоростей горизонтального ветра на изобарической поверхности 10 мб в Северном полушарии для отдельных дней января и февраля 2008 г.

В периоды стратосферной волновой активности наблюдалось заметное повышение ВГВ-активности на высотах F2-слоя ионосферы, которое невозможно объяснить повышением уровня геомагнитной возмущенности (корреляция между индексами  $VrN_mF2$  и  $K_p$  наблюдалась только фрагментарно). Данные спутниковых измерений температуры подтвердили наличие вариаций параметров стратосферы и верхней мезосферы в периоды, когда отмечались усиления волновой возмущенности F2-слоя ионосферы.

#### Публикации

1. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Морфологический анализ ионосферной возмущенности над Иркутском в периоды сильных метеорологических возмущений по данным вертикального радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 142–152.
2. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Эффекты метеорологических возмущений в вариациях параметров ионосферы над Иркутском по данным вертикального радиозондирования // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН (ISBN 978-5-94458-138-9), 2013. D361–364.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», проекта № 8.2 «Исследование отклика ионосферы на экстремальные явления в нейтральной атмосфере в азиатском долготном секторе» программы № 8 ОНЗ РАН, а также гранта РФФИ № 12-05-00865.*

#### Сравнительный анализ возмущений полного электронного содержания

Выполнен сравнительный анализ возмущений ПЭС над зонами действия одиннадцати тропических циклонов (ТЦ) различной интенсивности, наблюдавшихся осенью 2005 и 2012 г. Показано, что как только циклон достигает стадии урагана/тайфуна, в ионосфере начинает регистрироваться увеличение амплитуды колебаний ПЭС с периодами, характерными для внутренних атмосферных волн (ВAB) различного масштаба (рис. 35). При этом реакция ионосферы на ТЦ сопоставимой мощности может быть не одинаковой, что,

вероятно, объясняется фоновыми характеристиками атмосферы, влияющими на распространение ВАВ над циклонами. Показано, что радиус области ионосферных возмущений в момент наивысшего развития циклона может достигать 3000 км от центра ТЦ. При этом направление наиболее интенсивных волновых возмущений ПЭС противоположно направлению фонового ветра на высоте нижней термосферы.

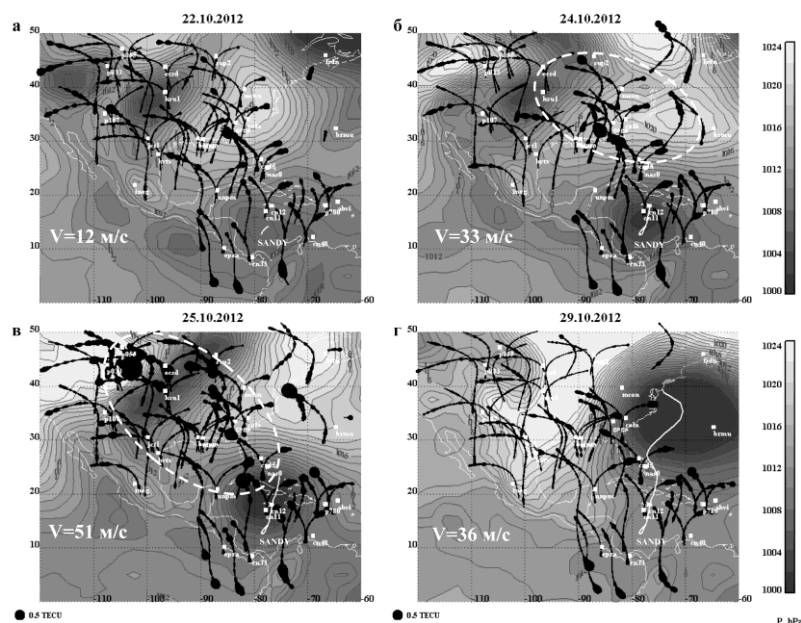


Рис. 35. Интенсивность колебаний ПЭС с периодами 10–20 мин и вариации приземного давления (заливка) в период действия ТЦ Sandy. Белая штриховая кривая – области наибольшего возрастания амплитуды колебаний ПЭС; квадраты – расположение станций GPS. Траектория ТЦ изображена жирной белой линией.

Установлено, что в моменты наивысшего развития циклонов средняя амплитуда крупномасштабных возмущений ПЭС (с периодами 20–60 мин) на станциях, находящихся вблизи центра циклона, в 1.5–2 раза превышает уровень фоновых флуктуаций, для мелкомасштабных колебаний (2–20 мин) наблюдается увеличение до 1.5 раз относительно спокойных дней. Выявлено, что отклик ионосферы на тропические циклоны выявляется отчетливее на низких углах места луча приемник–спутник GPS.

### Публикации

1. Полякова А.С., Перевалова Н.П. Сравнительный анализ возмущений полного электронного содержания над зонами действия девяти тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 2, С. 197–205.
2. Polyakova A.S., Perevalova N.P. Comparative analysis of TEC disturbances over tropical cyclone zones in the north-west Pacific Ocean // Adv. Space Res. 2013. V. 52. P. 1416–1426.
3. Afraimovich E.L., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Edemskiy I.K., Gavriluk N.S., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Leonovich L.A., Lesyuta O.S., Palamartchouk K.S., Perevalova N.P., Polyakova A.S., Smolkov G.Y., Voeykov S.V., Yasyukevic Y.V., Zhivetiev I.V. A review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena // J. Space Weather Space Climate. 2013. V. 3. P. A27.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1. «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», проекта № 8.2 «Исследование отклика ионосферы на экстремальные явления в нейтральной атмосфере в Азиатском долготном секторе» программы № 8 ОНЗ РАН, а также гранта РФФИ № 12-05-00865.*

### Комплексный анализ возмущений параметров нейтральной атмосферы и ионосферы

Проведен комплексный анализ возмущений параметров нейтральной атмосферы и ионосферы в регионе Восточной Сибири в период развития и действия значительного (major) внезапного стратосферного потепления (ВСП) в декабре 2012 – январе 2013 г.

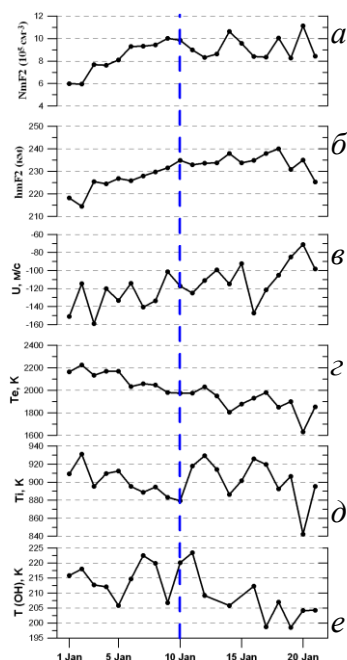


Рис. 36. Дневные значения ионосферных параметров в области максимума F2-слоя 1–21 января: *a* – максимум электронной концентрации ( $N_mF2$ ); *б* – высота максимума электронной концентрации  $h_mF2$ ; *в* – скорость меридионального нейтрального ветра, направление с юга на север; *г* – температура электронов; *д* – температура ионов; *е* – вращательная температура ОН (высоты МНТ).

Для исследования были использованы экспериментальные данные спектрографа, регистрирующего параметры эмиссий молекул гидроксила и кислорода, возникающих на высотах области мезосферы и нижней термосферы (МНТ), радара некогерентного рассеяния, дигизонда DPS-4. К анализу привлекались данные реанализов NCEP/NCAR, MERRA и ECMWF, а также спутниковые данные MLS Aura. Сопоставление параметров атмосферы и ионосферы, относящихся к большому диапазону высот, позволило обнаружить следующее.

Возмущения температурного и динамического режимов наблюдались практически во всей толще атмосферы, от стратосферы до термосферы. В период роста стратосферной температуры выявлено увеличение интенсивностей эмиссии молекул ОН и  $O_2$  в 2–2.5 раза относительно невозмущенных условий, причиной которого может быть повышение концентрации кислорода на высотах свечения за счет усиления его вертикального переноса из нижних слоев атмосферы.

На высотах области максимума F2-слоя в период действия ВСП выявлены возмущения ионосферных характеристик (рис. 36). Обнаружено, что поведение ионной температуры во многом повторяет вариации температуры нейтральной атмосферы в области МНТ с временной задержкой в несколько дней (~5 сут). Нарушение корреляции  $N_mF2$  и  $h_mF2$  возможно вызвано увеличением скорости рекомбинации за счет поступления на высоты термосферы молекул  $O_2$  и  $N_2$  из нижележащих слоев. Характер поведения температуры ионов в области максимума F2-слоя и температуры нейтральной атмосферы в области МНТ, вариации которой, в свою очередь, связаны с вариациями стратосферной температуры, может свидетельствовать о связи нижней и верхней атмосферы.

#### Публикации

Медведева И.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Щербаков А.А. Возмущения параметров нейтральной атмосферы и ионосферы в регионе Восточной Сибири в период действия внезапного стратосферного потепления в январе 2013 г. // XI Всероссийская открытая конференция. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. ИКИ РАН. 11–15 ноября 2013 г.: Сб. тезисов. С. 374.

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и грантов РФФИ № 13-05-00153, № 12-05-31019, № 12-05-31147.

### Сравнительный анализ температуры атмосферы в области мезопаузы

Выполнен сравнительный анализ температуры атмосферы в области мезопаузы для двух среднеширотных регионов наблюдения, разнесенных по долготе, с использованием данных спектральных наблюдений гидроксильного излучения (полоса (6.2) 834.0 нм) в Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН (52° N, 103° E) за 2008–2012 гг. и Звенигородской научной станции ИФА РАН (56° N, 37° E) за период 2000–2012 гг. Исследованы межгодовые вариации температуры в области мезопаузы, а также межгодовые изменения амплитуд и фаз первых трех гармоник (12-, 6- и 4-месячной) сезонных вариаций температуры. Сравнение данных параметров показало значительные долготные различия характеристик третьей годовой гармоники (рис. 37).

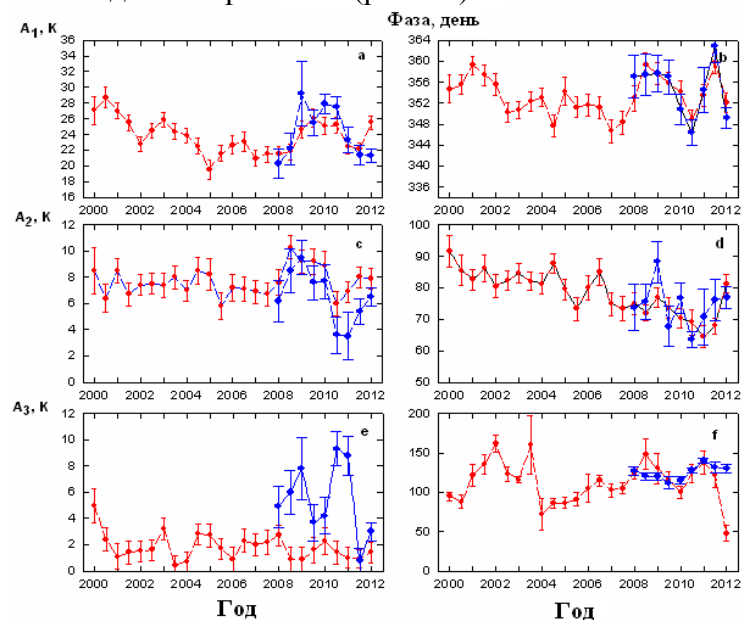


Рис. 37. Межгодовые изменения амплитуд (левая панель) и фаз (правая панель) первых трех гармоник сезонных вариаций температуры мезопаузы по наблюдениям в ГФО ИСЗФ СО РАН (синие линии) и на ст. Звенигород (красные линии).

Проведено исследование активности волновых процессов в области мезопаузы, обнаружено долготное отличие для Восточно-Сибирского и Европейского регионов наблюдения. Для анализа использовались рассчитанные месячные и ночные дисперсии температуры, отображающие активность волн различного временного масштаба. Обнаружены повышенные значения межсуточной изменчивости температуры, которые характеризуют активность мигрирующих планетарных волн на этих высотах, для данных, полученных в ГФО ИСЗФ.

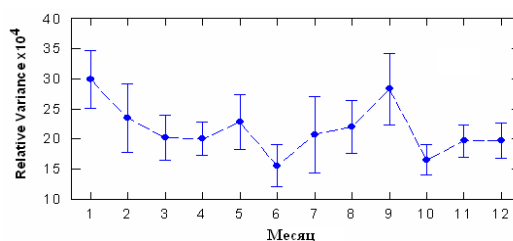


Рис. 38. Сезонный ход относительных дисперсий температуры области мезопаузы для региона Восточной Сибири в 2008–2012 гг.

Исследование сезонного хода межсуточных вариаций температуры области мезопаузы в регионе Восточной Сибири выявило наличие максимумов в январе, когда чаще всего происходят события внезапных стратосферных потеплений, а также в сентябре, в период осенней перестройки циркуляции (рис. 38). Анализ ночных вариаций температуры для двух регионов наблюдения выявил также повышенные значения ее изменчивости для региона Восточной Сибири.

#### **Публикации**

1. Медведева И.В., Перминов В.И., Семенов А.И. Влияние сезонной активности волн на температурный режим мезопаузы по наблюдениям гидроксильного излучения в Восточной Сибири и Европейской части России // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22. С. 62–64.
2. Перминов В. И., Медведева И. В., Семенов А. И. Изменчивость температуры в области мезопаузы по среднеширотным измерениям гидроксильного излучения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 134–141.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и гранта РФФИ № 13-05-00153.*

#### **Оптические эффекты падения метеороида «Челябинск» 15 февраля 2013 г.**

Выполнен предварительный анализ поведения яркости ночного неба и собственного излучения верхней атмосферы Земли после падения Челябинского метеороида 15 февраля 2013 г. по данным наблюдений в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

Было получено, что в межсуточных вариациях суммарной яркости ночного неба, наблюдаемой в регионе Восточной Сибири, в первые после падения метеороида «Челябинск» ночи 15/16 и 16/17 февраля 2013 г. выделяется увеличение яркости ночного неба (до 50 %) относительно предшествующих ночей (рис. 39). Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные наблюдений атмосферных параметров и их предварительный анализ пока не позволяют однозначно связать указанное увеличение яркости ночного неба с полетом метеороида «Челябинск». Между тем, в предположении переноса аэрозольных продуктов взрывов метеороидов Тунгусский и «Челябинск» на высотах стратосферы – нижней мезосферы с учетом регистрируемых на этих высотах зональных скоростей ветров и их сезонного изменения направлений представляются возможными:

- быстрый перенос возможных продуктов взрывов на большие расстояния;
- аэрозольное наполнение стратосферы – нижней мезосферы во время взрыва метеороида «Челябинск» и преимущественное восточное направление переноса продуктов взрыва на большие расстояния, в том числе регион Восточной Сибири;
- увеличение яркости ночного неба за счет увеличения доли лунного света, рассеянного на частицах аэрозоля.

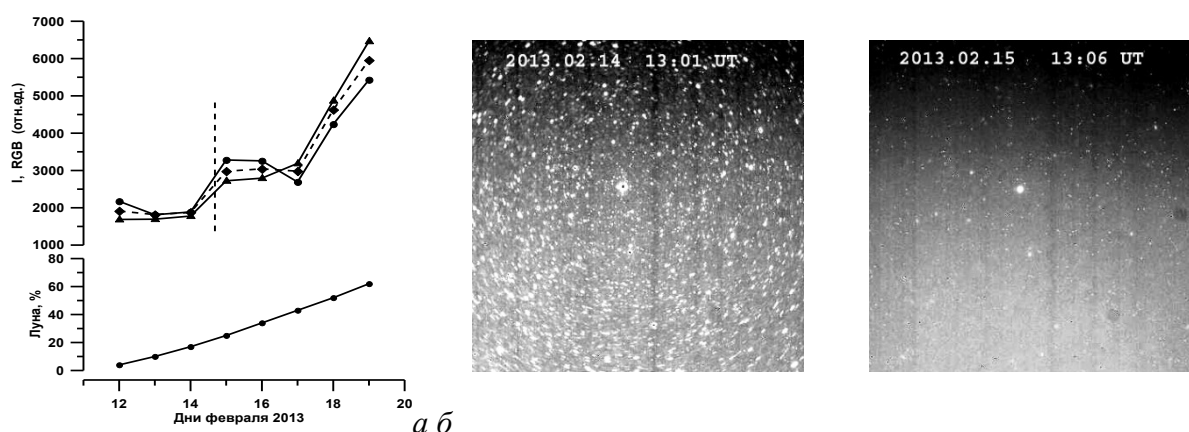


Рис. 39. Средние за ночь суммарные яркости ночного неба в цветовых каналах RGB (верхние кривые, кружки – R-канал, квадраты – G-канал, треугольники – B-канал) и фазы Луны (нижняя кривая) в феврале 2013 г. (а) и фрагменты исходных файлов изображений для 14 (слева) и 15 февраля (справа) 2013 г. (б). В центре изображений – Полярная звезда.

### Публикации

1. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождающие падение Челябинского метеороида // Докл. академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.
2. Михалев А.В. Яркость ночного неба и собственное излучение верхней атмосферы в регионе Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати).

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», а также в рамках решения вопросов реализации укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН».

### Мониторинг и диагностика ионосферы и нейтральной атмосферы Азиатского региона России с использованием наземных и спутниковых методов зондирования

#### Отклик ионосферы на Тувинские землетрясения 27 декабря 2011 г. и 26 февраля 2012 г.

По данным GPS-зондирования проведено исследование отклика ионосферы на два землетрясения, произошедших в южной части Восточной Сибири (Республика Тува) 27 декабря 2011 ( $M_w=6.7$ ) и 26 февраля 2012 г. ( $M_w=6.6$ ). Исследования проводились по данным вариаций полного электронного содержания (ПЭС), которые рассчитывались на основе фазовых измерений двухчастотных приемников GPS (рис. 40 а, б), расположенных в г. Новосибирске (станция NOVМ) и в урочище Бадары в обсерватории ИПА РАН (станция BADG, [www.ipa.nw.ru](http://www.ipa.nw.ru)). Оба события являются достаточно крупными для данного региона, однако выделившейся сейсмической энергии оказалось недостаточно, чтобы оказать заметное влияние на ионосферу Земли. Ионосферные отклики на оба землетрясения выражены слабо. Возмущения ПЭС с периодом  $\sim 10$  мин были зарегистрированы на отдельных лучах «приемник–спутник» на расстояниях 500–800 км от эпицентра (рис. 40 в, г). Горизонтальная скорость перемещения возмущений составляла около 200 м/с, что близко скорости звука в нижней атмосфере. Такие возмущения могут быть обусловлены гравитационной модой атмосферных волн, вызванных землетрясением.

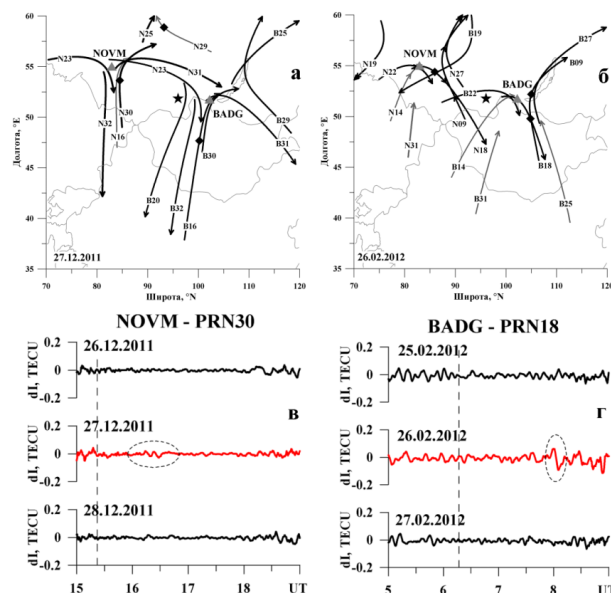


Рис. 40. Траектории ионосферных точек спутников GPS, наблюдавшихся на станциях NOVМ и BADG 27 декабря 2011 (а) и 26 февраля 2012 г. (б). Положение станций отмечено треугольниками, цифры у траекторий обозначают номера спутников GPS. Звездочками показаны эпицентры землетрясений. Траектории спутников, наблюдавшихся в зоне эпицентра в момент землетрясения, отмечены черным цветом. Отфильтрованные вариации ПЭС, полученные на станциях NOVМ, BADG 26–28 декабря 2011 г. (в) и 25–27 февраля 2012 г. (г). Моменты землетрясений отмечены штриховыми линиями.

#### Публикации

1. Перевалова Н.П., Жупитяева А.С., Воейков С.В., Астафьева Э.И., Саньков В.А. Отклик ионосферы на Тувинские землетрясения 27 декабря 2011 г. и 26 февраля 2012 г. // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22 С. 47–49.
2. Перевалова Н.П., Саньков В.А., Жупитяева А.С., Астафьева Э.И. Особенности поведения полного электронного содержания после землетрясений различной интенсивности // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сб. докл. XIX Международного симпозиума [Электронный ресурс]. Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 1 электрон.-опт. диск (DVD-ROM). D115–117.
3. Перевалова Н.П., Саньков В.А., Астафьева Э.И., Жупитяева А.С. Исследование влияния магнитуды землетрясения на генерацию волновых возмущений в ионосфере // VI Международная конференция «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений» с. Паратунка, Камчатский край, 9–13 сентября 2013 г.: Сб. тезисов докладов. 2013. С. 74–75.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 11, программы Министерства образования и науки РФ (госконтракт № 16.518.11.7065, соглашения № 8388, 8699).*

#### Измерения в постоянном режиме на сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС

В течение 2013 г. поддерживались измерения в постоянном режиме на сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС, развернутой ИСЗФ СО РАН в Байкальском регионе (пункты TORY, USOL, LIST, ISTR). Введен в действие пункт MOND постоянных GPS/ГЛОНАСС-измерений в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН вблизи п. Монды, установлен для проведения тестовых измерений приемник GPS/ГЛОНАСС (пункт UZUR) в Байкальской магнитотеллурической обсерватории ИСЗФ СО РАН (п. Узур). Приемники выполняют групповые, фазовые, амплитудные измерения с частотой 1 Гц (стандартный режим). С 1 апреля по 24 августа 2013 г. в пункте ISTR проводились специ-

альные измерения с частотой 50 Гц. Организован банк данных GPS/ГЛОНАСС-измерений в Байкальском регионе. Банк содержит данные измерений сети GPS/ГЛОНАСС-приемников ИСЗФ СО РАН в стандартном режиме, а также данные специальных измерений в пункте ISTP.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

**Исследование физических процессов динамики ионосферы в периоды геомагнитных возмущений на основе данных наблюдений и теоретического моделирования.**

### **Отклик ионосферы на геомагнитные бури**

Исследована реакция ионосферы высоких, средних и низких широт на интенсивную геомагнитную бурю 14–17 июля 2012 г. Особенностью бури является то, что в течение почти 30 ч  $B_z$ -компонента межпланетного магнитного поля (ММП)  $-(20 \div 10)$  нТл была направлена на юг. В работе использованы данные измерений сетью ионосферных станций и результаты измерения полного электронного содержания сетью GPS-приемников, расположенных вблизи меридианов 90, 110, 150° Е. Анализ вариаций критической частоты  $f_oF2$  (рис. 41) показал, что на главной фазе бури реакция ионосферы зависит от местного времени (LT) начала бури: вблизи 90° Е наблюдались отрицательные возмущения, а вблизи 150° Е – положительные. В конце главной фазы бури на всех станциях наблюдалось перемещающееся ионосферное возмущение (ПИВ). Фаза восстановления характеризовалась экстремально низкими значениями  $f_oF2$  на всех станциях и продолжалась почти три дня. На низкоширотной станции Хайнань (19.5° N, 109° Е) 16 июля в течение всего дня регистрировались величины  $f_oF2$  на уровне ночных значений. Столь интенсивное и продолжительное отрицательное возмущение является очень редким событием на низких широтах. Так как продолжительные отрицательные возмущения обычно связывают с уменьшением отношения содержаний атомарного кислорода и молекулярного азота  $[O]/[N_2]$ , которые переносятся возмущенным термосферным ветром от авроральных широт к средним и низким, то проанализированы измерения  $[O]/[N_2]$  во время этой бури, полученные на GUVI (Global Ultraviolet Imager, <http://guvi.jhuapl.edu/site/gallery/guvi-gallery13on2.shtml>).

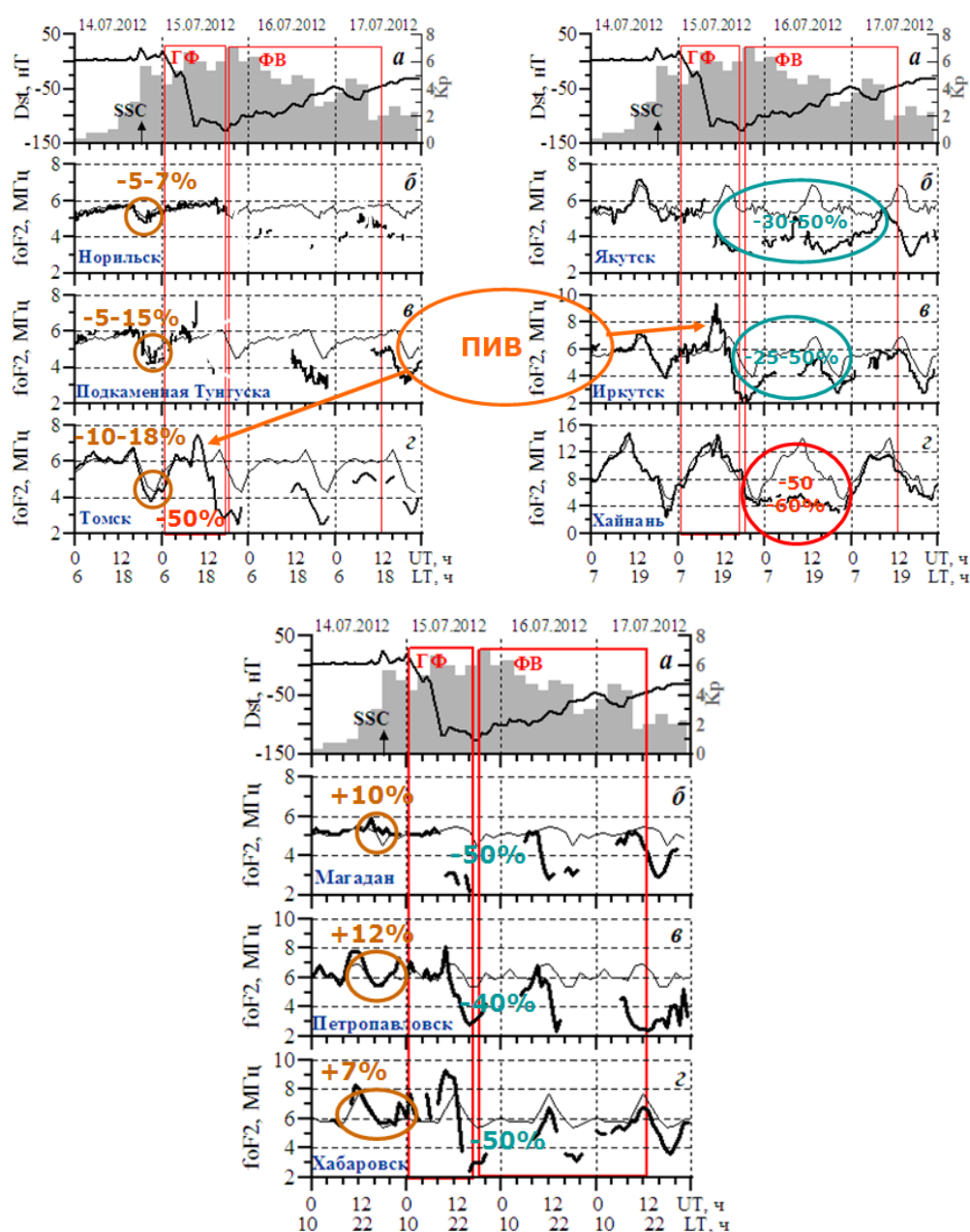


Рис. 41. Вариации индексов геомагнитной активности  $K_p$  и  $Dst$  (а) и критической частоты  $foF2$  по данным ионозондов (б, в, з): тонкие линии – спокойный уровень; толстые линии – во время бури.

Особенностью исследуемой бури оказались очень низкие значения  $[O]/[N_2]$ , которые наблюдались 16 июля в долготном секторе 60-150°Е почти до экватора. Моделирование реакции ионосферы на данную бурю (рис. 41) показало, что на субавроральных и авроральных широтах отклик ионосферы контролируется как возмущениями в составе нейтральной атмосферы, так и магнитосферными источниками; на средних широтах – главным образом, возмущениями в составе и термосферным ветром; на низких широтах экстремальное понижение  $[O]/[N_2]$  также может быть одной из причин длительного отрицательного возмущения.

#### Публикации

Романова Е.Б., Полех Н.М., Золотухина Н.А., Воейков С.В., Ши Д. Особенности отклика ионосферы на геомагнитную бурю 14–17 июля 2012 г. // XI Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 11–15 ноября 2013: Тезисы докл. С. 381.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 13-05-91159\_ГФЕН\_а и № 11-05-00908, а также по программе № 8 ОНЗ РАН «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос».*

**Исследован отклик ионосферы на интенсивную геомагнитную бурю 6–8 апреля 2000 г. в разных долготных секторах на субавроральных и средних широтах. В работе использованы данные измерений на сети ионосферных станций, расположенных в долготных секторах 60–150° Е и 250–310° Е**

Анализ этих данных показал, что долготные вариации ионосферных возмущений определяются прежде всего локальным временем внезапного начала геомагнитной бури. Различие между географическими и геомагнитными координатами также приводит к долготной зависимости отклика ионосферы на бурю. Выполнено численное моделирование параметров ионосферы в этих долготных секторах. Анализ этих параметров показал, что вариации  $f_oF2$  в разных долготных секторах на средних широтах обусловлены долготной зависимостью термосферного ветра и состава термосферы, а на субавроральных широтах, кроме этого, долготной зависимостью перестройки магнитосферной конвекции и высыпаний энергичных электронов (рис. 42).

#### **Публикации**

1. Романова Е.Б., Жеребцов Г.А., Полех Н.М., Ши Д., Ван С. Отклик ионосферы на геомагнитные бури в разных долготных секторах // XIX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Тезисы докл. Томск, 1–6 июля 2013 г. Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 96.
2. Романова Е.Б., Жеребцов Г.А., Полех Н.М., Ши Д., Ван С. Отклик ионосферы на геомагнитные бури в разных долготных секторах // XIX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Сб. трудов [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. D37–44.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 13-05-91159\_ГФЕН\_а и № 11-05-00908, а также по программе № 8 ОНЗ РАН «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос».*

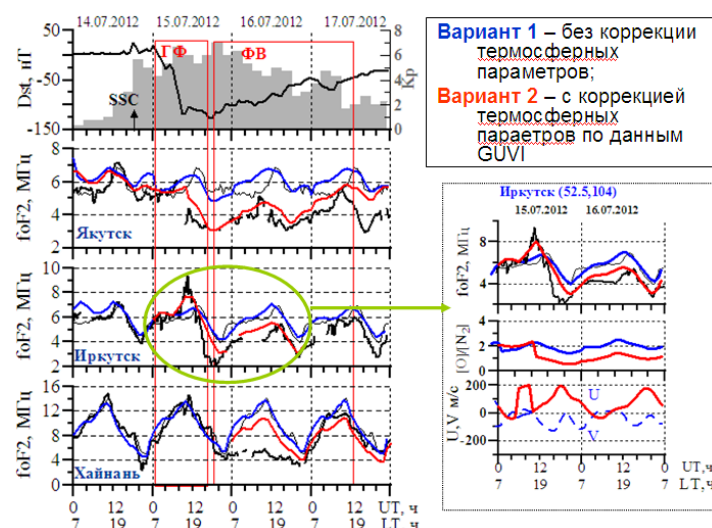


Рис. 42. Левая панель – вариации  $K_p$  и  $D_{st}$ -индексов и вариации  $foF2$  на станциях Якутск, Иркутск и Хайнань. Черные линии – измеренные значения  $foF2$ . Результаты моделирования: синие линии – вариант 1 (без коррекции термосферных параметров), красные линии – вариант 2 (с коррекцией отношения  $[O]/[N_2]$  согласно данным GUVI). Правая панель – моделирование прохождения ПИБ над Иркутском (красные линии): задан импульс меридионального ветра  $U$  до 200 м/с с 05 до 10 UT 15 июля, после чего отношение  $[O]/[N_2]$  было уменьшено на 35 % и получено хорошее согласие измеренных и рассчитанных  $foF2$  (верхний график, черная и красная линии). Отношение  $[O]/[N_2]$ , меридиональная  $U$  (положительные значения соответствуют направлению на юг) и зональная  $V$  (положительные значения соответствуют направлению на восток) компоненты скорости термосферного ветра на высоте 300 км рассчитаны по эмпирическим моделям NRLMSIS00 и HWM07.

### Выполнено сравнение отклика ионосферы на две сильные бури 17–19 августа 2003 и 22–23 января 2004 г. на средних и низких широтах вблизи меридиана 105° E

Использованы данные ионосферных станций Иркутск (52.5° N, 104° E) и Хайнань (19.5° N, 109° E). Анализ вариаций относительных отклонений критической частоты  $\Delta foF2$  показал, что на средних широтах (Иркутск) в летней ионосфере наблюдаются отрицательные возмущения, в зимней ионосфере – положительные на главной фазе бури и отрицательные на фазе восстановления. На низких широтах (Хайнань) возмущения положительны для всех рассмотренных случаев. Для анализа механизмов формирования возмущений использовались эмпирические модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00 и термосферного ветра HWM07. Показано, что на средних широтах основными факторами, определяющими вариации  $\Delta foF2$  во время бурь, могут быть следующие: возмущенный термосферный ветер, направленный к экватору и переносающий возмущенный состав атмосферы; возрастание концентрации атомарного кислорода; прохождение внутренних гравитационных волн. На низких широтах эффекты, связанные с вариациями нейтрального состава, малы по сравнению с эффектами электрических полей и термосферного ветра.

#### Публикации

Romanova E.B., Zherebtsov G.A., Ratovsky K.G., Polekh N.M., Shi J.K., Wang X., Wang G.J. Response of the ionospheric F2-region over Irkutsk and Hainan to strong geomagnetic storms // Chinese J. Space Sci. 2013. V. 33, N 5. P. 493–500.

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 13-05-91159\_ГФЕН\_а и № 11-05-00908, а также по программе № 8 ОНЗ РАН «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос».

### Эффекты в магнитосфере, ионосфере и термосфере во время магнитных бурь

Рассмотрены вариации параметров в магнитосфере и ионосфере и во время магнитных бурь, вызванных серией магнитных вспышек в марте и июле 2012 года. По данным сети российских магнитных обсерваторий и ионозондов, расположенных на территории Сибири и Дальнего Востока, исследовался отклик ионосферы на возмущения, обусловленные вспышечной активностью 5–12 марта 2012 г. Получено, что возрастание интенсивности рентгеновского излучения вызвало увеличение ионизации в нижней ионосфере в дневные часы, это привело к росту минимальных частот до 4–6 МГц на ионограммах вертикального радиозондирования. Выброс корональных масс, сопровождающий серию вспышек, вызвал развитие ионосферных возмущений. Наибольшие изменения электронной концентрации в F2-слое наблюдались на субавроральных и средних широтах во время фазы восстановления магнитных бурь: изменения критических частот составили 2–4 МГц, изменения высоты максимума слоя достигали 60–100 км. На ряде станций в вариациях минимальных действующих высот зарегистрированы волнообразные возмущения, обусловленные прохождением АГВ. Отмечена сильная долготная зависимость отклика ионосферы от местного времени.

Такая же сильная долготная зависимость отклика ионосферных параметров была отмечена во время магнитной бури 14–16 июля 2012 г. Эта буря характеризовалась длительным периодом существования отрицательных значений  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля (ММП)  $-(20 \div 10)$  нТл. Для этой бури характерно развитие сильного положительного возмущения на средних широтах (Петропавловск, Хабаровск, Иркутск, Томск) в вечерние часы местного времени, которое сменилось длительным отрицательным возмущением, продолжавшимся в течение последующих дней (рис. 43). Необычный отклик на эту бурю наблюдался на станции Хайнань. На фазе восстановления магнитной бури критические частоты днем не превышали 4–5 МГц в течение всего дня 16 июля. Такое поведение нетипично для ионосферной бури в экваториальных широтах, обычно там наблюдаются положительные возмущения.

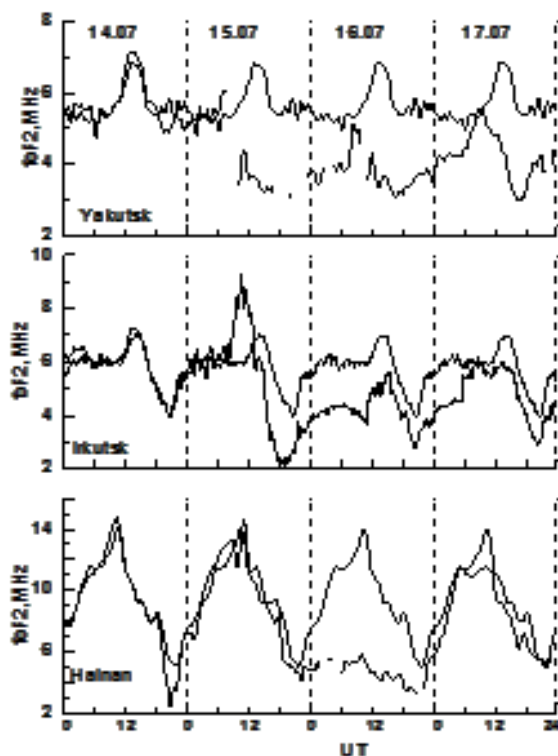


Рис. 43. Вариации foF2 14–16 июля 2012 г.: тонкие линии – фоновый уровень, толстые – текущие значения.

### Публикации

1. Полех Н.М., Куркин В.И., Романова Е.Б., Золотухина Н.А. Ионосферные эффекты солнечных вспышек в марте 2012 года // XI Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тезисы докл. Москва, ИКИ. 11–16 ноября 2013. С. 379.

2. Романова Е.Б., Полех Н.М., Золотухина Н.А., Воейков С.В., Ши Д. Особенности отклика ионосферы на геомагнитную бурю 14–17 июля 2012 г. // XI Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тезисы докл. Москва, ИКИ. 11–16 ноября 2013. С. 381.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 13-05-91159\_ГФЕН\_а и № 11-05-00908.*

**Разработка теоретических и эмпирических глобальных и региональных моделей нейтральной атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли в целях осуществления контроля и прогноза состояния околоземного космического пространства в спокойные периоды и во время геомагнитных возмущений**

### Моделирование поведения главного ионосферного провала и плазмопаузы во время геомагнитной бури

На основе численной модели ионосферно-плазмосферного взаимодействия исследованы структурные особенности распределения электронной концентрации в плоскости геомагнитного экватора в плазмосфере для двух сезонов при низкой и высокой геомагнитной активности и двух моментов UT. Результаты расчетов позволили исследовать вариации формы и размеров плазмопаузы при низкой и высокой геомагнитной активности на фоне умеренной солнечной активности.

Также исследованы вариации характеристик главного ионосферного провала (ГИП) и плазмопаузы (ПП) во время геомагнитной бури для зимних условий на фоне умеренной солнечной активности. На рис. 44 приведены рассчитанные по модели профили электронной концентрации в плоскости геомагнитного экватора и в ионосфере на высоте 300 км вдоль полуночного меридиана на главной фазе и фазе восстановления бури.

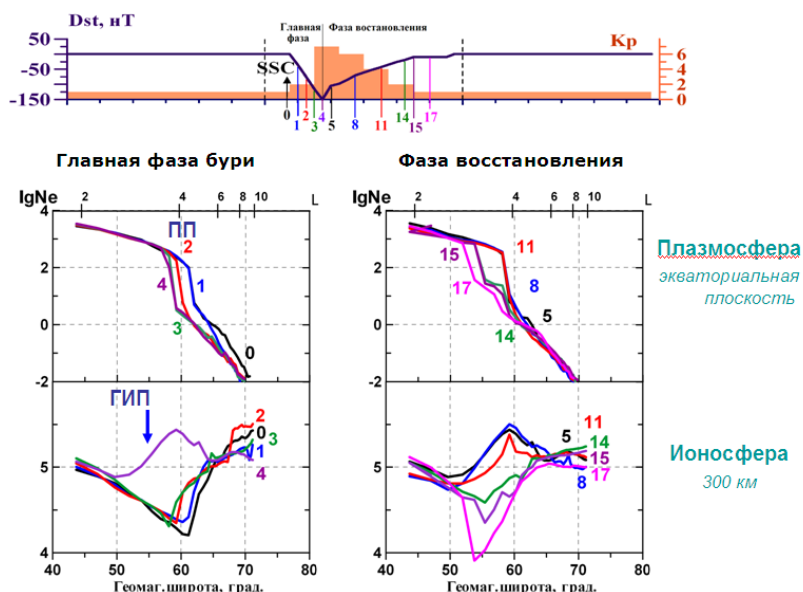


Рис. 44. Вариации  $K_p$  и  $D_{st}$ -индексов во время геомагнитной бури 22 января (верхняя панель). Рассчитанные профили электронной концентрации в плоскости геомагнитного экватора и в ионосфере на высоте 300 км вдоль полуночного меридиана на главной фазе и фазе восстановления бури (нижняя панель). Цифры – количество часов от внезапного начала бури (SSC).

На главной фазе бури полярная стенка ГИП смещается к экватору почти на  $10^\circ$ , а экваториальная стенка сохраняет свое положение, тогда как плазмопауза приближается к Земле почти на  $1R_E$ . На фазе восстановления ГИП сохраняет свою форму и положение первые 4 часа, после чего полярная стенка ГИП начинает двигаться к полюсу, в то время как плазмопауза продолжает приближаться к Земле. Через 17 часов после начала бури полярная стенка ГИП достигает добурового положения, но ГИП становится более глубоким, а экваториальная стенка крутой из-за опустошения во время бури плазменных трубок, формирующих экваториальную стенку ГИП.

### Публикации

1. Тащилин А.В., Романова Е.Б. Численное моделирование диффузии ионосферной плазмы в дипольном геомагнитном поле при наличии поперечного дрейфа // Математическое моделирование. 2013. Т. 25, № 1. С. 3–17.

2. Романова Е.Б., Тащилин А.В. Моделирование структурных особенностей распределения концентрации электронов в плазмосфере // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22. С. 21–23.

3. Романова Е.Б., Тащилин А.В. Моделирование главного ионосферного провала и плазмопаузы во время геомагнитной бури // XIX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Тезисы докл. Томск, 1–6 июля 2013 г. Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 96.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», гранта 11-05-00908.*

### Короткое замыкание в электрической цепи возмущенной системы магнитосфера–ионосфера

По данным суббури 27.08.2001 г. описан новый сценарий взрывного начала активной фазы магнитосферных суббурь.

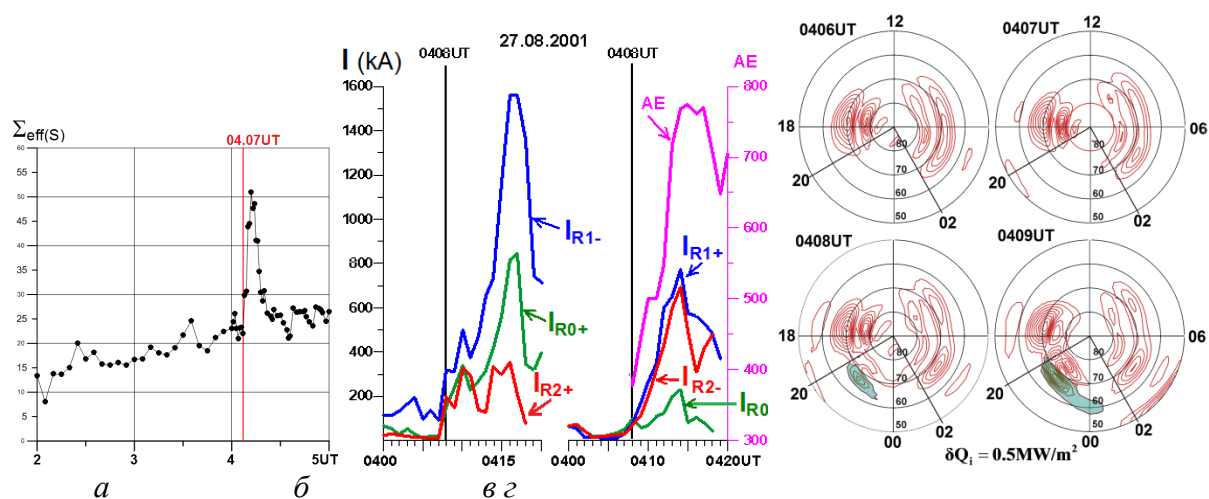


Рис. 45. Скачок эффективной проводимости ионосферы  $\Sigma$  в интервале 04:07–04:08 UT продолжительностью  $\Delta t \leq 1$  мин (а); значения силы продольных токов в вечернем секторе ночной полярной ионосферы (б):  $I_{R1-}$  – вытекающий ток зоны 1 Ииджимы и Потемры (ИП);  $I_{R0+}$  и  $I_{R2+}$  – втекающие токи зоны 0 и зоны 2 ИП; (в) – то же для утреннего сектора ночной полярной ионосферы.

Согласно сценарию, суббурю создает известная interchange instability, на которую налагается короткое замыкание (КЗ) токов системы магнитосфера–ионосфера, обеспечивая переход накопительной фазы возмущения во взрывное начало разгрузочной фазы (expansion onset, ЕО). Гипотеза КЗ основана на данных наблюдений, частично представленных на рис. 45.

Видно, что скачкообразный рост проводимости и силы токов охватывает все три зоны ИП, т. е. всю длину хвоста магнитосферы  $L > 100R_E$ . Соответствующие скорости МГД-волн в разы или на порядок меньше, чем требуются при названных значениях  $L$  и  $\Delta t$ , что служит начальным обоснованием гипотезы КЗ. Далее, сравнивая данные рис. 45 а–в, авторы гипотезы КЗ описали ясные признаки роста значений  $\Sigma$  и  $I_R$  в режиме положительной обратной связи, которая развивается в первую очередь в области вытекающего продольного тока  $R_{1-}$ . Этот вывод поддерживается и данными рис. 45 з, где представлены карты распределения джоулева нагрева ионосферы,  $Q_i$ . Зеленая заливка показывает внезапное появление дополнительного максимума  $Q_i$  в области  $R_{1-}$ . Режим положительной обратной связи параметров  $\Sigma$  и  $I_R$  соответствует КЗ по определению.

#### Публикации.

Мишин В.М., Пу З., Мишин В.В., Лунюшкин С.Б. Короткое замыкание в электрической цепи системы магнитосфера–ионосфера // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. № 6. С. 858–860.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», гранты РФФИ № 12-05-91159-ГФЕН, № 13-05-92219-Монг.*

#### Сравнение границ и площади полярной шапки, определенных на основе техники инверсии магнитограмм и измерений на спутниках

Разработан метод определения границ и площади полярной шапки (ПШ) по данным наземных магнитных измерений, обработанных с помощью техники инверсии магнитограмм (ТИМ). Метод обеспечивает также определение линии нулевого электрического потенциала. Сравнение с соответствующими данными POLAR показало: среднеквадратичное отклонение значений широты границы, полученной двумя методами, менее  $2^\circ$ , отношение этого RMS к средней широте ПШ – менее 3 %. Вычислены также значения магнитного потока  $\Psi$  через ПШ, полученные каждым из двух методов. Среднеквадратичное отклонение разностей этих двух значений  $\Psi$  составляет менее 2 %. Результаты, показанные на рис. 46, свидетельствуют о применимости ТИМ для решения еще одной группы актуальных задач физики системы магнитосфера–ионосфера. В настоящее время эта задача решается только по данным измерений на космических кораблях.

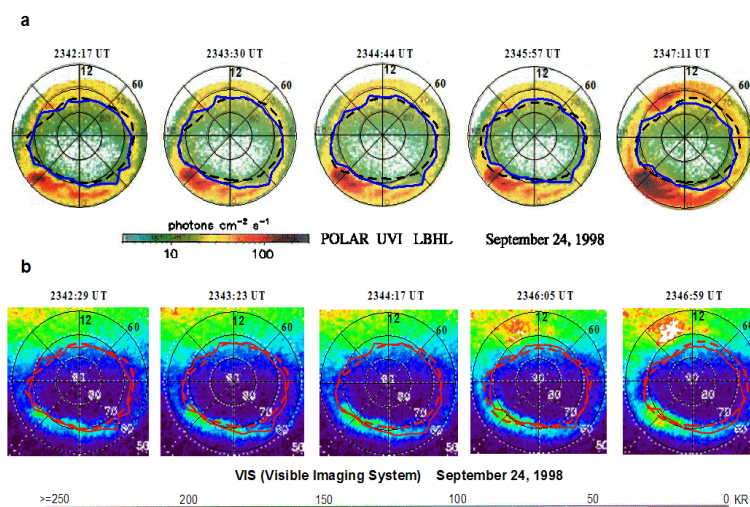


Рис. 46. Сравнение положения границы полярной шапки, определенных по методу ТИМ (пунктирные линии) с границами, определенными по данным спутника POLAR (сплошные линии) в ультрафиолетовом диапазоне (а) и в видимом оптическом диапазоне (б), измеренным во время магнитной бури 24 сентября 1998 г.

### Публикации

Караваев Ю.А., В.М. Мишин, С.Б. Лунюшкин, У. Сухбаатар, А. В. Моисеев, Д.Ш. Ширапов. Сравнение границ и площади полярной шапки, определенных на основе техники инверсии магнитограмм, изображений полярных сияний и МГД-моделирования // Proc. XXXVI Annual Seminar Physics of Auroral Phenomena. 2013. С. 29–32.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», гранты РФФИ № 12-05-91159-ГФЕН, № 13-05-92219-Монг.*

### Два главных начала активной фазы суббури 27 августа 2001 г.

Механизм взрывного начала активной фазы суббури – одна из основных проблем феноменологии и теории магнитосферных возмущений. Известен ряд методов определения начала активной фазы суббури, которые различаются как по виду наблюдений, определяющих названное начало, так и по времени начала.

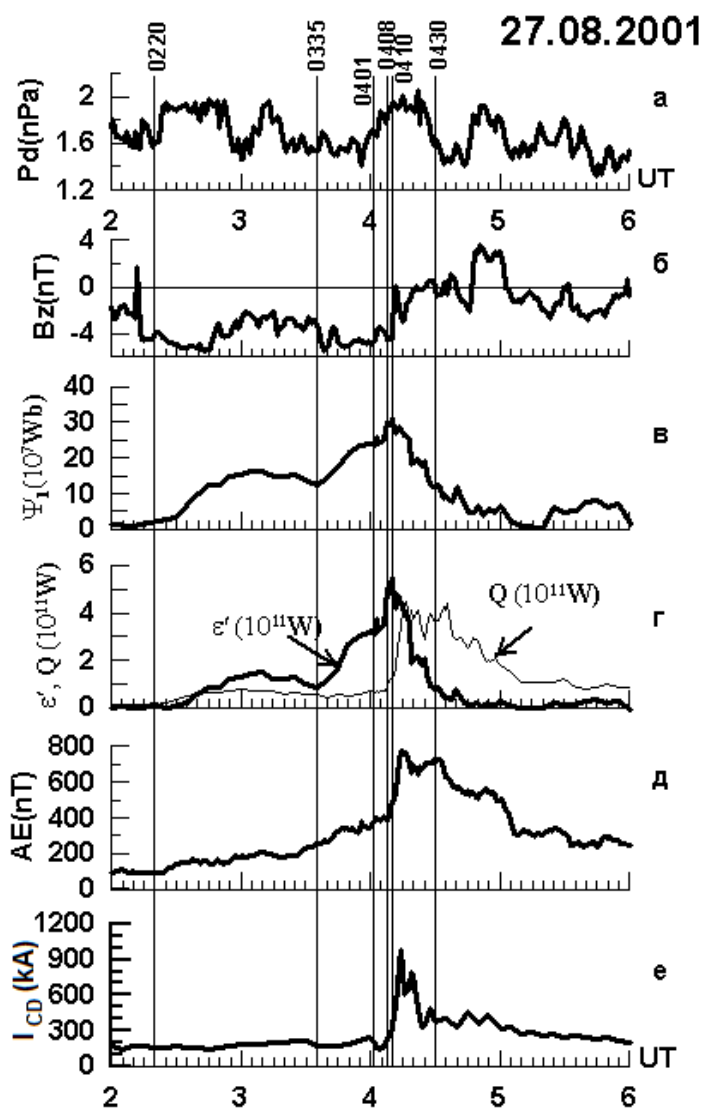


Рис. 47. Параметры солнечного ветра и ТИМ.

Существует также понятие «множественные начала». Нами использован оригинальный метод, основанный на применении данных наземных наблюдений и техники инверсии магнитограмм (ТИМ), разработанной в ИСЗФ. Этот метод позволяет определить два главных начала разгрузочной фазы суббури, EO1 и EO2, создаваемые пересоединением в замкнутом MR1 и открытом MR2 хвосте магнитосферы. Исследована суббуря 27 августа 2001 г. (рис. 47). Признаком MR1 и EO1 служит внезапное начало длительного роста параметра  $J_{CD}$  – силы токового клина суббури. Признак MR2 и EO2 – внезапное начало длительного спада  $\Psi_1$  – значения магнитного потока открытого хвоста магнитосферы. Эти признаки MR1/EO1 и MR2/EO2 видны на рис. 47 (панели *e* и *в*) соответственно. Таким образом, показано, что рассматриваемая суббуря имела два последовательных внезапных начала EO1 и EO2, разделенных интервалом 2–3 мин и названных двумя главными началами. Установлено, что эти начала суббурь создаются в результате процесса пересоединения в замкнутом и открытом хвосте магнитосферы соответственно.

#### Публикации

Мишин В.М., Лунюшкин С.Б., Мишин В.В. Двойное начало суббури 27 августа 2008 г. // Physics of Auroral Phenomenon: Proc. XXXVI Seminar. Apatity, 2013. P. 45–48.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 12-05-91159-ГФЕН, 13-05-92219-Монг.*

### 3.6. Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве

#### Исследования в области физики магнитосферы, межпланетной среды и космических лучей. Солнечно-земные связи

##### Дополнительный резонатор для ультранизкочастотных волн

Описаны резонансные структуры, аналогичные спектральным полосам, образуемым ионосферным альфвеновским резонатором (ИАР), но отличающиеся от них по частоте и временной эволюции спектра. Проанализированы свойства наблюдаемых резонансных сигналов, их отличия от излучения, характерного для ИАР.

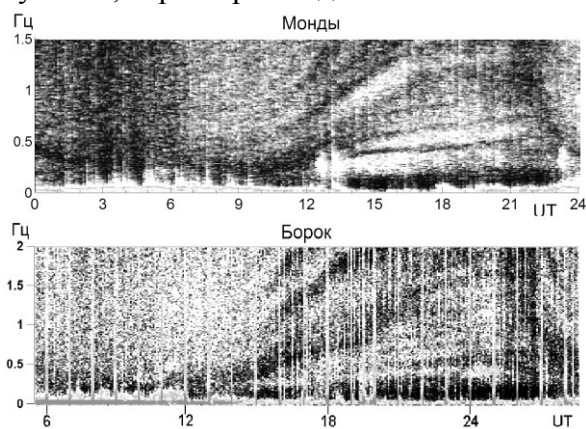


Рис. 48. Динамические спектры электромагнитных колебаний, предположительно возбуждаемых в надыоносферном резонаторе Альфвена. На верхней панели показаны колебания, наблюдавшиеся 6 сентября 2010 г. в ССО, на нижней – осцилляции, зарегистрированные 21–22 сентября 1986 г. в обс. Борок.

Выдвинуто предположение о возбуждении излучений в надыоносферном альфвенов-

ском резонаторе (НИАР). Сделаны оценки собственных частот НИАР на основе сравнения его конфигурации с магнитосферным альфвеновским резонатором. Полученные результаты сопоставлены с измерениями. Обсуждается альтернативный вариант объяснения природы найденных резонансных структур.

Сделана попытка обнаружить НИАР путем анализа динамических спектров колебаний, зарегистрированных в Саянской солнечной обсерватории (ССО) и обс. Борок. В результате удалось выделить в динамических спектрах новую разновидность веерообразных структур (рис. 48), которая по ряду признаков соответствует представлению об НИАР. Отмечается, однако, что вопрос о соответствии между НИАР и обнаруженными веерообразными структурами требует дальнейшего изучения.

#### **Публикации**

1. Довбня Б.В., Гульельми А.В., Потапов А.С., Клайн Б.И. О существовании надионосферного резонатора Альвена // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22. С. 12–15.
2. Довбня Б.В., Гульельми А.В., Потапов А.С., Рахматулин Р.А.. Дополнительный резонатор для ультранизкочастотных волн // Геофиз. иссл. 2013. Т. 14, № 2. С. 49–58.
3. Гульельми А.В., Потапов А.С. Влияние тяжелых ионов на спектр колебаний магнитосферы // Косм. иссл. 2012. Т. 50. № 4. С. 283–291.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», грантов РФФИ № 12-05-91159-ГФЕН, № 13-05-92219-Монг.*

#### **Наблюдения УНЧ-волн на Солнце и в солнечном ветре на орбите Земли**

Выполнен поиск признаков, указывающих на возможную связь колебаний скорости плазмы, наблюдаемых в области корональных дыр на Солнце, с колебаниями магнитного поля, регистрируемыми в межпланетной среде. За основу взят материал наблюдения колебаний на Солнце в линии FeI 6569 Å в корональной дыре. Измерения проводились на горизонтальном солнечном телескопе АСТ Саянской солнечной обсерватории. Высокоскоростной поток солнечного ветра из корональной дыры достиг орбиты Земли примерно через 60 часов. Спектры солнечных колебаний сопоставлялись со спектрами ультранизкочастотных (УНЧ) колебаний межпланетного магнитного поля (ММП) в точке либрации L1, измеренных магнитометром КА ACE во время подхода к Земле переднего фронта высокоскоростного потока, несущего с собой повышенную активность УНЧ-волн. Спектры солнечных колебаний имели острый пик на частотах около 3.4–3.6 мГц. Спектр УНЧ-колебаний в солнечном ветре гораздо более сложен, он складывается из разных источников. Тем не менее, в спектре УНЧ-осцилляций ММП присутствовал пик, близкий по частоте соответствующему пику солнечных колебаний. Анализ спектров УНЧ-волн, наблюдавшихся в передней части 92 высокоскоростных потоков солнечного ветра, подтвердил наличие 3- и 5-минутных колебаний в общем волновом спектре. Подчеркивается, что полученные результаты не могут служить доказательством прямой связи колебаний на Солнце с УНЧ-волнами на земной орбите, но они подтверждают возможность такой связи. Требуются дополнительные исследования, включающие в себя расчеты траекторий волн в межпланетной среде.

#### **Публикации**

- Potapov A.S., T.N. Polyushkina, V.A. Pulyaev, Observations of ULF waves in the solar corona and in the solar wind at the Earth's orbit // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2013. V. 102. P. 235–242. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.06.001>.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.3 «Изучение волновых процессов и воз-*

*мущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы», интеграционного совместного проекта № 12 СО РАН – МАН, гранта РФФИ № 13-05-00529-а.*

### **Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства вызванных им длиннопериодных геомагнитных пульсаций**

По данным двух сетей канадских станций, а также вне- и внутримангнитосферных спутников исследуются дневные длиннопериодные геомагнитные пульсации, связанные с внезапными импульсами динамического давления солнечного ветра (СВ). Обсуждается влияние параметров СВ, межпланетного магнитного поля (ММП) и геомагнитной активности на направление распространения и поляризацию, а также амплитуду пульсаций.

Показано, что при набегании фронта неоднородности солнечного ветра в месте его касания на магнитопаузу возбуждаются поверхностные колебания в диапазоне геомагнитных пульсаций Pc5, которые разбегаются от точки касания на ночную сторону с нарастанием амплитуды и с противоположной поляризацией. Свойства пульсаций, положение точки разбегания объясняются механизмом их возбуждения на магнитопаузе наклонным фронтом неоднородности, а также неустойчивостью Кельвина–Гельмгольца.

Начало возбуждения пульсаций до прихода фронта SSC (мгновенного начала бури) могли вызвать усиления плотности СВ, наблюдавшиеся перед ударным фронтом. Наблюдавшееся усиление геомагнитной активности после SSC могло изменить направление распространения пульсаций с антисолнечного на солнечное. Анализ спектров колебаний позволил предположить, что пульсации с частотой порядка 2.5 мГц имеют глобальный характер, не связаны с колебаниями СВ и возбуждаются резкими фронтами SSC.

#### **Публикации**

Мишин В.В., Клибанова Ю.Ю., Цэгмэд Б. Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства вызванных им длиннопериодных геомагнитных пульсаций // Косм. иссл. 2013. Т. 51, № 2. С. 107–118.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении Солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», интеграционного совместного проекта № 12 СО РАН – Монголия, гранта РФФИ 10-05-00661-а.*

### **Численное исследование развития локализованного вихря, генерируемого компактным возмущением температуры в устойчиво стратифицированном сдвиговом течении**

Течения, вызванные эффектами плавучести, встречаются в естественных условиях, а также могут иметь техногенное происхождение. В настоящей работе изучается эволюция вихря, индуцированного локализованным трехмерным возмущением температуры, возникающим в стратифицированной по высоте среде в горизонтальном потоке со сдвигом скорости. Для решения задачи используется «Analytical-Based Numerical Method», развитый ранее авторами для изучения локализованных вихревых возмущений в сдвиговых однородных по плотности течениях, обобщенный здесь для случая стратифицированной по плотности среды. Метод апробирован путем сравнения полученных с его помощью ре-

зультатов с результатами, полученными с использованием известных коммерческих программ вычислительной гидродинамики. Изучена пространственно-временная эволюция вихря в зависимости от соотношений между различными управляющими параметрами (начальная амплитуда возмущения температуры, сдвиг скорости течения, частота Бранта–Вяйсяля, вязкость, теплопроводность). Показано, что начальная форма температурного возмущения практически не влияет на дальнейший ход эволюции. Для описания эволюции геометрических характеристик вихря и его интенсивности предложены определенные интегральные величины и прослежена их зависимость от времени (рис. 49). Изучено относительное влияние, оказываемое на динамику вихря двумя основными факторами – плавучестью (описываемой частотой Бранта–Вяйсяля  $N$ ) и сдвигом скорости (характеризуемым вертикальным градиентом скорости  $\Omega = dU/dy$ ), отношение которых характеризуется числом Ричардсона,  $Ri = (N/\Omega)^2$ .

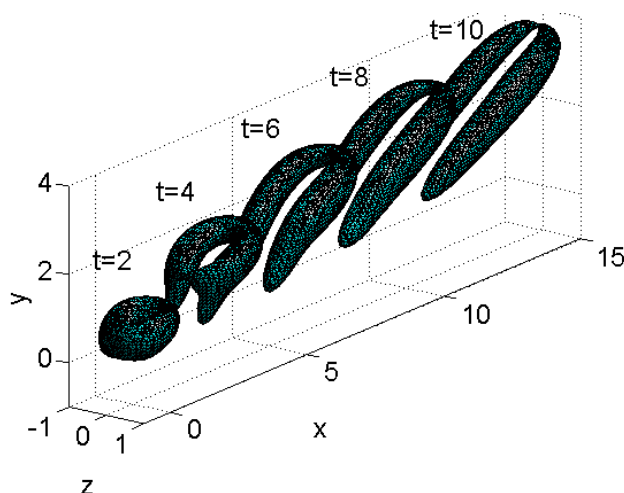


Рис. 49. Эволюция вихря: последовательность изоповерхностей постоянной завихренности в различные моменты времени для случая, когда число Ричардсона равно 1, т. е. влияние сдвига скорости течения и стратификации среды одного порядка. Ускорение силы тяжести направлено в отрицательном направлении оси  $y$ , невозмущенное течение направлено вдоль оси  $x$ , а его скорость зависит от  $y$ .

#### Публикации

Tewner S., Cohen J., Shukhman I.G. Formation and evolution of buoyance driven vortices in stratified shear flow // Proc. 53<sup>rd</sup> Israel Ann. Conf. on Aerospace Sciences. 6–7 March 2013, Tel-Aviv and Haifa, Israel. 2013. P. 943–962.

#### Радиально-анизотропные модели бесстолкновительных сферических звездных систем без центральной сингулярности

Исследуется новый класс простейших равновесных двухпараметрических функций распределения сферических звездных систем, обладающих радиальной анизотропией распределения звезд по скоростям. Рассматриваемые модели являются менее сингулярным аналогом так называемых обобщенно-политропных моделей, в прошлом являвшихся одними из самых популярных моделей в работах о равновесии и устойчивости гравитирующих систем. Предлагаемые модели, в отличие от известных моделей обобщенных политропов, обладают конечными значениями плотности и потенциала в центре. Отсутствие сингулярности необходимо для предполагаемого впоследствии корректного рассмотрения неустойчивости радиальных орбит, которая является важнейшей неустойчивостью звездных систем. Проведено сравнение основных наблюдаемых параметров предлагаемых моделей (потенциала, плотности, анизотропии) с соответствующими параметрами в известных равновесных моделях.

#### Публикации

1. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Stabilization of generalized polytropes // *Astron. Notes*. 2013. V. 334, N 8. P. 789–792.
2. Поляченко В.Л., Поляченко Е.В., Шухман И.Г. Радиально-анизотропные модели бесстолкновительных сферических звездных систем без центральной сингулярности // *Письма в АЖ*. 2013. Т. 39, № 10. С. 755–767,
3. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Equilibrium models of radially anisotropic spherical stellar systems with softened central potentials // *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* 2013. V. 434. P. 3208–3217.
4. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Equilibrium models of radially anisotropic spherical stellar systems with softened central potentials // *Online preprints arXiv*, <http://arxiv.org/pdf/1307.1453v2.pdf>, 2013.

# Слабонелинейная стадия эволюции резонансного триплета неустойчивых волн в резко стратифицированном сдвиговом течении

На начальном линейном этапе развития амплитуда каждой волны растет со своим линейным инкрементом  $\gamma_n$ . Когда их безразмерные амплитуды достигают уровня  $O(\lambda^3)$ , начинается трехволновое взаимодействие волн, при котором волна наибольшей частоты  $\mathbf{k}_1$  ускоряет рост двух других волн до сверхэкспоненциального:  $A_{2,3} \sim \exp(ae^{\gamma\tau/3})$ , сама же продолжает расти с линейным инкрементом, поскольку в главном порядке слияние волн  $\mathbf{k}_2 + \mathbf{k}_3 \rightarrow \mathbf{k}_1$  не дает вклада в эволюционное уравнение. Когда же  $A_{2,3} = O(\lambda^{5/2})$ , в игру вступают четырех- и пятиволновые взаимодействия в соответствии со схемой

где скобками объединены взаимодействия одного порядка. В результате рост всех волн ускоряется и становится взрывным:  $A_n \sim (\tau_* - \tau)^{-\alpha_n}$ , где  $\alpha_1=3$ ,  $\alpha_2=\alpha_3=5/2$ . Численные решения нелинейных эволюционных уравнений для триплета волн с волновыми векторами  $\mathbf{k}_1=(0.9, 0.5)$ ,  $\mathbf{k}_2=(0.6, -0.5)$ ,  $\mathbf{k}_3=(0.3, 1)$  представлены на рис. 50.

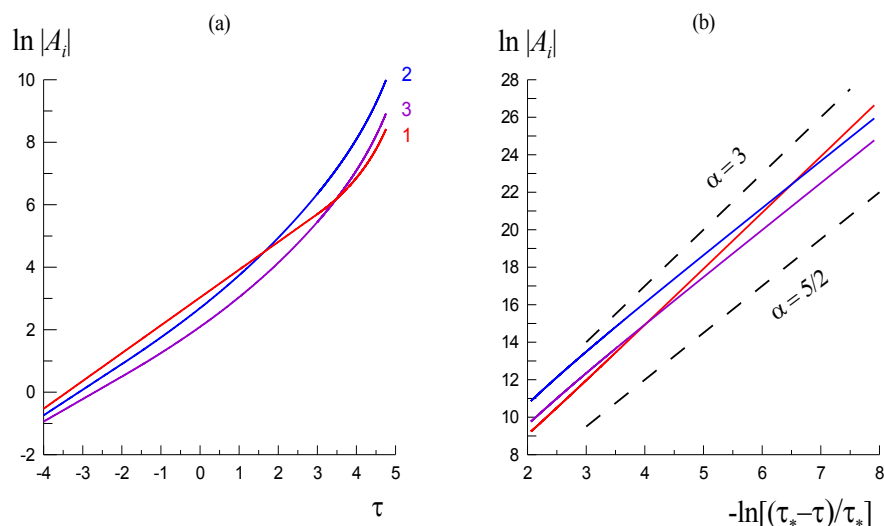


Рис. 50. Рост со временем амплитуд волн: *a* – на линейной и трехволновой стадиях; *b* – на стадии взрывного роста. Цифрами 1, 2, 3 обозначены кривые, относящиеся к волнам  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ .

### Публикации

Churilov S.M. Weakly nonlinear stage of instability development in a sharply stratified shear flow with an inflection-free velocity profile // Univ. J. Phys. Appl. 2013 (submitted).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### Эволюции начального возмущения в БМЗ-волноводе

Однородная цилиндрическая магнитная конфигурация с однородным плазменным слоем предложена как модель хвоста, учитывающая его внешнюю структуру и наличие внутри него плазменного слоя. Получены дисперсионные уравнения для БМЗ-мод, решение которых позволило найти радиальные волновые числа мод как функции радиальной координаты (рис. 51). Показано, что наличие в модели плазменного слоя приводит к существенной модификации мод, существующих в модели хвоста как цилиндра без плазменного слоя. Азимутальные масштабы мод в долях хвоста и плазменном слое существенно различны: в плазменном слое азимутальный масштаб существенно меньше, чем в долях хвоста. Распределение амплитуд мод по азимутальной координате неоднородно (рис. 52). Неоднородность определяется параметром, зависящим от параметров волн и величины скачков параметров хвоста на границе плазменного слоя и долей хвоста. Проникающие в хвост из внешней среды БМЗ-волны с достаточно малой продольной фазовой скоростью, распространяющиеся по азимутальной координате в долях хвоста, сильно отражаются от их границы с плазменным слоем и поэтому практически не присутствуют в плазменном слое.

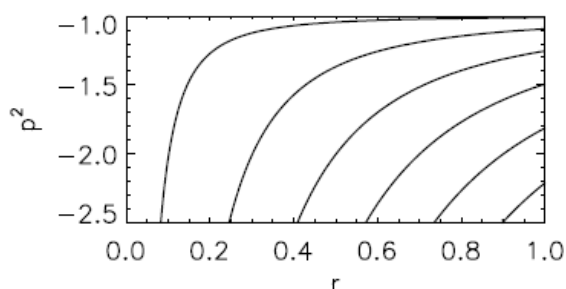


Рис. 51. Квадрат радиального волнового числа как функции радиальной координаты.

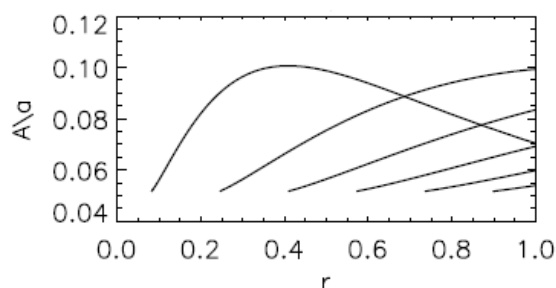


Рис. 52. Отношение амплитуд мод в плазменном слое и долях как функции радиальной координаты.

### Публикации

1. Dmitrienko I.S. Evolution of FMS and Alfvén waves produced by the initial disturbance in the FMS waveguide // J. Plasma Phys. V. 79. P. 7–17. doi: 10.1017/S0022377812000608, 2013.
2. Dmitrienko I.S. Fast magnetosonic modes of cylindrical magnetotail // arXiv:1310.3009. 2013.

Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».

### Магнитозвуковые резонансы в магнитосферной плазме

Исследовано резонансное взаимодействие между быстрыми (БМЗ) и медленными (ММЗ) магнитозвуковыми волнами в магнитосфере Земли – магнитозвуковой резонанс. Распространение ММЗ-волн, так же как и альфвеновских волн, легко канализируется в направлении вдоль магнитного поля. Это создает возможность для их резонансного взаимодействия с быстрыми магнитозвуковыми волнами, так же как это происходит при альфвеновском резонансе. Однако резонансные ММЗ-волны имеют существенные отличия от альфвеновских волн. Основным из них является возможность их сильного затухания из-за взаимодействия с фоновой плазмой, температура ионов которой выше, чем температура электронов, как это имеет место в большей части магнитосферы.

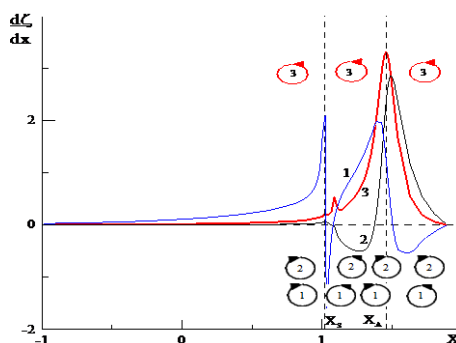


Рис. 53. Распределение амплитуды резонансных альфвеновских (магнитная оболочка  $x_A$ ) и медленных магнитозвуковых (магнитная оболочка  $x_S$ ) волн поперек магнитных оболочек (координата  $x$ ), возбуждаемых в неоднородной по  $x$  плазме монохроматической быстрой магнитозвуковой волной. Кружками показано изменение направления вращения годографа колебаний в плоскости, поперечной к магнитным силовым линиям, при слабом (1), умеренном (2) и сильном (3) затухании колебаний вблизи резонансной оболочки для ММЗ-волн  $x_S$ . При сильном затухании нет изменения направления вращения годографа.

В тех областях магнитосферы, где поглощение ММЗ-волн сильное, их проявление может быть обнаружено по их воздействию на альфвеновский резонанс на частотах, при которых в магнитосфере одновременно существуют резонансные альфвеновские и ММЗ-волны (рис. 53). Из-за сильного взаимодействия с ионами фоновой плазмы резонансные ММЗ-волны могут также передавать плазме энергию и импульс, которые переносятся БМЗ-волнами из солнечного ветра в магнитосферу.

#### **Публикации**

Leonovich A.S., Kozlov D.A. Magnetosonic resonances in the magnetospheric plasma // *Earth Planets and Space*. 2013. V. 65. P. 369–384.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении Солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», гранта РФФИ № 12-02-00031.*

#### **Дисперсионное уравнение для баллонных мод в двухкомпонентной плазме**

Баллонные МГД-моды все чаще рассматриваются в качестве возможного триггера начала суббури. Наиболее простым способом описания их свойств является анализ локального дисперсионного соотношения, получаемого в ВКБ-приближении. В реальной среде, особенно во внутренней магнитосфере, плазма состоит из двух компонент: холодной фоновой плазмы и горячих частиц. Баллонные возмущения в двухкомпонентной плазме, находящейся в криволинейном магнитном поле, описываются системой зацепленных уравнений для альфвеновской и медленной магнитозвуковой (ММЗ) мод. Из системы МГД-уравнений было получено дисперсионное уравнение для поперечно-мелкомасштабных возмущений. В ВКБ-приближении по продольной координате (вдоль силовых линий) было получено локальное дисперсионное уравнение, которое может быть использовано в геофизических исследованиях. С его помощью были исследованы особенности дисперсии, определены пороги устойчивости и границы областей прозрачности для альфвеновских и ММЗ-колебаний в двухкомпонентной плазме. В областях с резким спадом давления плазмы, удерживаемой искривленными магнитными силовыми линиями, возможна неустойчивость медленной (ММЗ типа) ветви колебаний. При частотах альфвеновских волн ниже частоты отсечки возможно возникновение области непрозрачности, влияющей на распространение волны вдоль силовой линии.

#### **Публикации**

Kozlov D.A., Mazur N.G., Pilipenko V.A., Fedorov E.N. Dispersion equation for ballooning modes in two-component plasma // *J. Plasma Phys.* (in print).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», гранта РФФИ № 12-02-00031.*

## Влияние МГД-волновода во внешней магнитосфере на отражение гидромагнитных волн от сдвигового течения на магнитопаузе

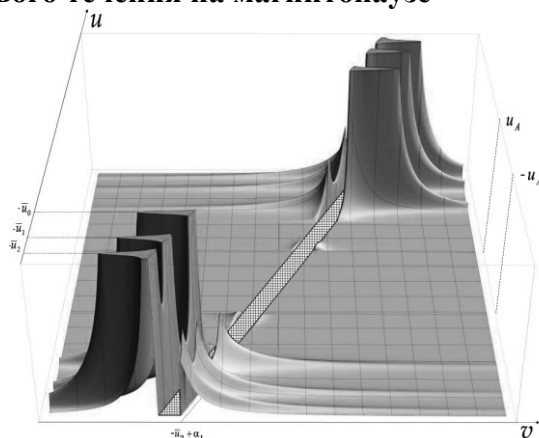


Рис. 54. Рельеф коэффициента отражения в зависимости от скорости течения солнечного ветра и частоты волны.

В рамках одномерно-неоднородной модели среды, отражающей поперечную неоднородность магнитосферы и скачок параметров на магнитопаузе, аналитически получен и исследован коэффициент отражения волны, падающей из солнечного ветра на магнитосферу. Учтены три фактора, решающим образом влияющие на свойства отражения: сдвиговое течение плазмы солнечного ветра относительно магнитосферы; наличие в магнитосфере МГД-волновода, обусловленное поперечной неоднородностью плазмы; наличие в глубине магнитосферы альфвеновского резонанса, в котором происходит диссипация энергии колебания. Если скорость солнечного ветра больше, чем фазовая скорость волны вдоль магнитопаузы, то волна в солнечном ветре имеет отрицательную энергию и такая волна испытывает сверхотражение. В обратном случае энергия волны положительна и она отражается частично. Отражение волны носит ярко выраженный резонансный характер – коэффициент отражения имеет узкие глубокие минимумы или узкие высокие максимумы на собственных частотах магнитосферного волновода, для остальных частот коэффициент отражения мало отличается от единицы (рис. 54). Поток энергии волны в магнитосферу положителен для волн как с положительной, так и с отрицательной энергией. Для волн с отрицательной энергией это является следствием их сверхотражения – поток уносимой отрицательной энергии больше, чем падающий поток отрицательной энергии.

### Публикации

1. Мазур В.А., Чуйко Д.А. Неустойчивость Кельвина–Гельмгольца на магнитопаузе, МГД-волновод во внешней магнитосфере и альфвеновский резонанс в глубине магнитосферы // Физика плазмы. 2013. Т. 39, № 6. С. 556–571.
2. Мазур В.А., Чуйко Д.А. Влияние МГД-волновода во внешней магнитосфере на отражение гидромагнитных волн от сдвигового течения на магнитопаузе // Физика плазмы. 2013. Т. 39, № 12. С. 1071–1088.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», гранта РФФИ № 12-02-00031.*

### Продольная структура и устойчивость дрейфовых компрессионных волн в магнитосферной плазме с инверсным распределением

Изучена продольная структура дрейфово-компрессионных мод и соответствующая неустойчивость плазмы в рамках гирокинетики в аксиально-симметричной модели магнитосферы с изотропной плазмой. Предполагается, что плазма состоит в основном из холодных частиц с примесью горячих протонов, имеющих инверсное распределение по скоростям. Показано, что дрейфово-компрессионные моды узко локализованы вдоль магнитного поля в окрестности экватора. Неустойчивость возникает, когда скорость диамагнитного дрейфа, обусловленная радиальным градиентом температуры, меньше, чем скорость магнитного дрейфа, или противоположна по направлению. Кроме того, чем более узким является инверсное распределение, тем меньшая величина  $\beta$  (отношение плазменного давления к магнитному) необходима для возникновения неустойчивости.

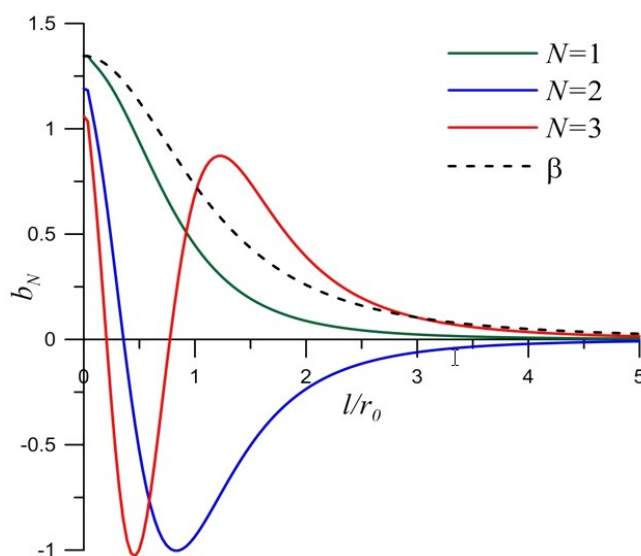


Рис. 55. Зависимость продольного магнитного поля дрейфовых компрессионных волн от расстояния вдоль силовых линий.

Дрейфово-компрессионные моды могут наблюдаться на спутниках в областях магнитосферы с большим давлением плазмы и положительным радиальным градиентом температуры как волны в диапазоне Pc5 с доминирующей компрессионной компонентой магнитного поля, узко локализованной вблизи экватора (рис. 55).

#### Публикации

Mager, P.N., Klimushkin D.Yu., Kostarev D.V. Drift-compressional modes generated by inverted plasma distributions in the magnetosphere // J. Geophys. Res. Space Phys. V. 118. P. 4915–4923. doi:10.1002/jgra.50471, 2013.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», в рамках проектов программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы», программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики», гранта РФФИ № 12-05-00121.*

### 3.7. Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов

#### Оптический комплекс для регистрации полярных сияний в высоких широтах

В последнее время большой интерес вызывает широтно-долготное распределение характеристик мезосферы и нижней термосферы во время геомагнитных возмущений. Наибольший интерес представляют комплексные исследования в авроральных и средних широтах, которые позволят существенно расширить круг решаемых задач. В ИСЗФ СО РАН накоплен большой опыт исследований собственного свечения верхней атмосферы Земли как в высоких, так и в средних широтах в геомагнитно-активные периоды. Особый интерес представляют сильные ( $D_{st} < -300$  нТл) геомагнитные бури, во время которых в средних широтах регистрируются среднеширотные сияния (СС), статистика оптических инструментальных наблюдений которых исчисляется единицами. С помощью комплекса однотипных оптических инструментов, установленных в авроральных и средних широтах азиатского сектора становится возможным проследить динамику различных форм свечения (авроральный овал, диффузное свечение, SAR-дуги, СС и др.) и магнитосферно-ионосферных структур, а также распространение перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), источником которых в числе прочих являются геомагнитные бури.

При выборе мест размещения оптических инструментов необходимо учитывать антропогенное воздействие. Норильская КМИС ИСЗФ СО РАН, расположенная в 15 км от г. Норильска, с момента организации в 1963 г. до 1986 г. проводила наблюдения полярных сияний на своей территории. С вводом в эксплуатацию в 1985 г. жилого массива Оганер, расположенного в непосредственной близости от территории КМИС, оптические наблюдения стали невозможны из-за сильных световых помех.

Большие помехи при регистрации интенсивности атмосферных эмиссий вносит засветка от электрического освещения, поэтому оптические инструменты необходимо размещать на большом удалении от населенных пунктов. Этим требованиям для высокоширотного сегмента соответствует выносной пункт Исток (~90 км севернее Норильска). Для организации оптических измерений в пункте Исток в 2012 г. был приобретен специализированный модуль ( $10 \times 3$  м<sup>2</sup>) для установки автономного измерительно-вычислительного комплекса с возможностью монтажа оптических инструментов (прозрачная крыша) и работы 4 человек обслуживающего персонала. В марте 2013 г. этот модуль был доставлен в пункт Исток, а в ноябре 2013 г. установленная аппаратура была запущена в опытную эксплуатацию в тестовом режиме (рис. 56).



Рис. 56. Автономный измерительно-вычислительный комплекс в пункте Исток (ноябрь 2013 г.).

Регистрирующая часть состоит из широкоугольной камеры для регистрации собственного свечения верхней атмосферы Земли. Для управления камерой и сбором данных был приобретен компьютер с низким энергопотреблением и блок бесперебойного питания (рис. 57, 58, 59).

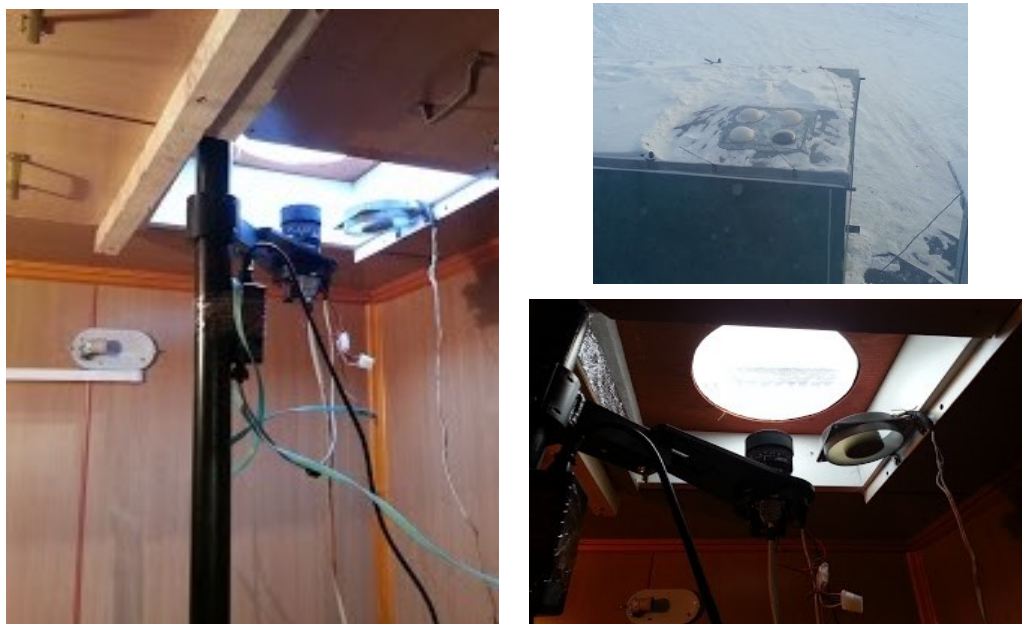


Рис. 57. Камера для регистрации собственного свечения верхней атмосферы Земли. Общий вид (слева), оптические купола на крыше комплекса (справа сверху), камера и оптический купол крупным планом (справа внизу).



Рис. 58. Компьютер для управления камерой и сбора данных, установленный в измерительно-вычислительном комплексе.

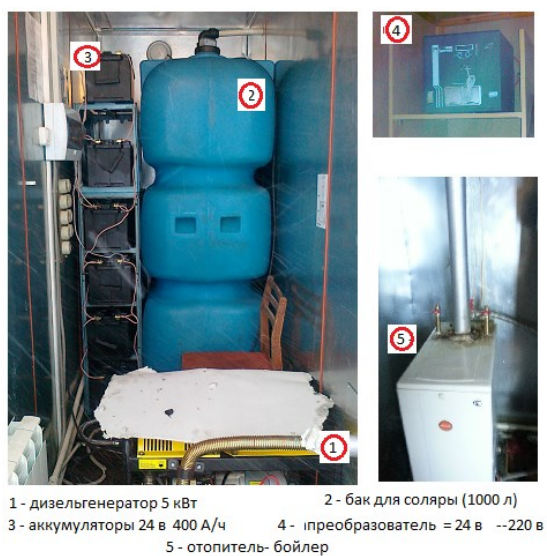


Рис. 59. Инженерные коммуникации автономного измерительно-вычислительного комплекса.

Первая регистрация полярных сияний была произведена во время развития магнитосферных возмущений 11 ноября 2013 г. На рис. 60 приводится магнитограмма ст. Норильск и снимки полярных сияний в период развития этого магнитного возмущения по данным пункта Исток.

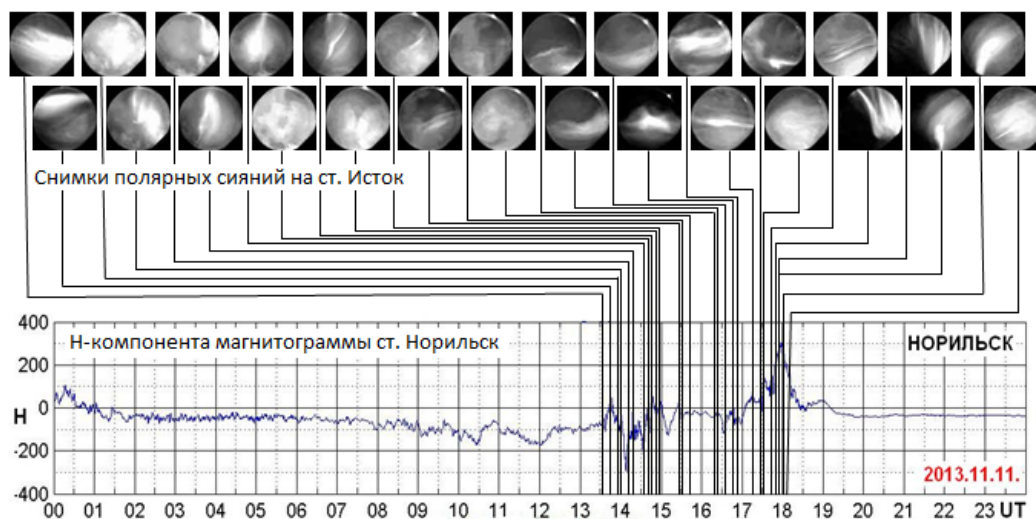


Рис. 60. Снимки полярных сияний (ст. «Исток») и  $H$ -компонента (ст. Норильск) в ночь 11 ноября 2013 г.

В период развития магнитосферных возмущений 11 ноября 2013 г. с 8 до 19 ч UT мирового времени по данным магнитовариационного комплекса Норильской КМИС наблюдались магнитные возмущения, которые сопровождались развитием полярных сияний. Развитие полярных сияний было зарегистрировано только что установленным комплексом по регистрации полярных сияний в пункте Исток. Эти данные представлены на рис 60. Параметры регистрирующей аппаратуры: угол зрения ПЗС-камеры  $80^\circ$ , время экспозиции кадра 58 с.

В период активизации этого магнитосферного возмущения наблюдалось развитие динамичных полярных сияний, активные формы которых перемещались как в северо-западном направлении, так и в направлении с юга на север. Первая опытная эксплуатация комплекса показала полную работоспособность как всего модуля со всеми инженерными коммуникациями, так и комплекса геофизической аппаратуры.

Следующим этапом по эксплуатации комплекса будет отработка режимов регистрации полярных сияний, настройка спутникового канала Интернета, а также внедрение новых приборов и новых методов наблюдений.

#### **Создание первой очереди базы данных магнитометрического комплекса обсерваторий ИСЗФ**

**Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория (КМИО) ИСЗФ СО РАН** оборудована многими геофизическими инструментами для наблюдения геомагнитного поля. Магнитометрическая аппаратура различного назначения размещена в четырех научных геофизических стационарах: Патроны и Узур (Иркутская область), Саянская солнечная обсерватория (п. Монды, республика Бурятия), Норильская КМИС (г. Норильск Красноярского края).

**Магнитная обсерватория «Иркутск»** (п. Патроны) предназначена для экспериментального исследования магнитного поля Земли путем непрерывной трехкомпонентной регистрации как его абсолютных значений, так и вариаций в частотном диапазоне 0–1 Гц. Она оснащена стандартными и уникальными магнитометрическими инструментами, позволяющими обеспечивать получение данных о геомагнитном поле на уровне мировых стандартов. Данные с этих приборов ежедневно передаются по каналам сотовой связи в Институт.



По системе удаленного доступа сотрудники Института имеют возможность управлять непосредственно из Института процессом получения экспериментального материала, меняя параметры приемной аппаратуры, расположенной на НорКМИС.

### Публикации

1. Rakhmatulin R. Complex of ISTP SB RAS for monitoring of geophysical fields at high and middle latitudes // Materials of the Partnership Conference “Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining”. Kaluga, 30 September – 3 October 2013. Kaluga. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012\\_Kaluga/DOI: 10.2205/2013BS012](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012_Kaluga/DOI: 10.2205/2013BS012)
2. Gadzhiev G.D., Rakhmatulin R.A. Influences of solar and geomagnetic activity on health status of people with various nosological forms of diseases // Biophys. 2013. V. 58, N. 4. P. 568–572.
3. Довбня Б.В., Гульельми А.В., Потапов А.С., Рахматулин Р.А. Дополнительный резонатор для ультранизкочастотных волн // Геофиз. иссл. 2013. Т. 14. № 2. С. 49–59.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### Эффекты солнечного терминатора в ионосфере, по данным станций GPS, размещенных в обоих полушариях земного шара

Известно, что движение солнечного терминатора вызывает генерацию волновых возмущений, регистрируемых в полном электронном содержании (ПЭС) в форме волновых пакетов. Время начала регистрации волновых пакетов изменяется с широтой, хорошо согласуясь при этом с моментом прохождения солнечного терминатора (СТ) в области, сопряженной с регионом наблюдения по магнитному полю. Была предложена гипотеза о МГД-природе этих возмущений. Эти данные были получены в основном в области средних широт (30–45° N) преимущественно по данным японской сети станций (125–145° E). Кроме того, данные анализировались за отдельные промежутки времени, что не дает непрерывной картины изменения параметров ВП в течение года.

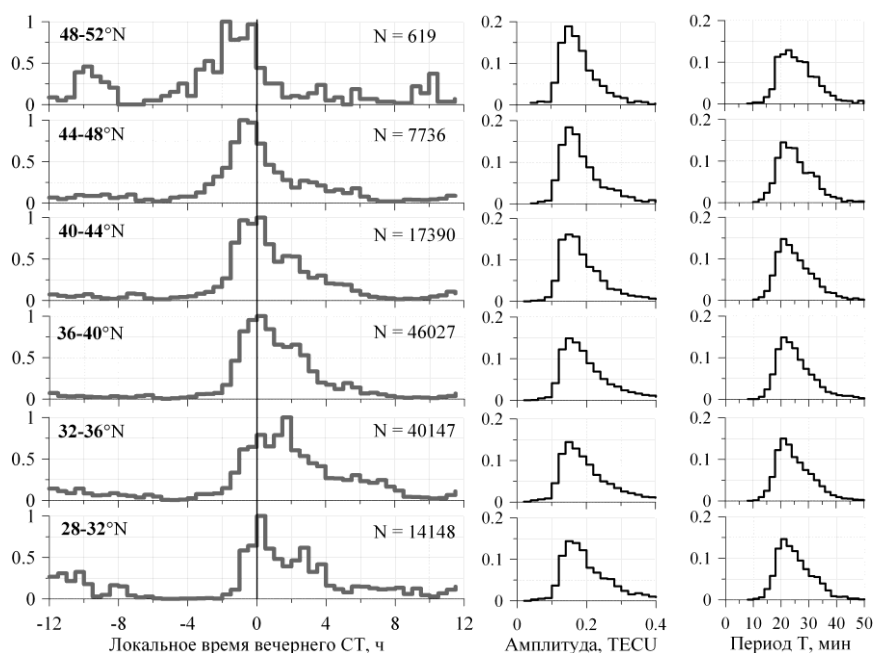


Рис. 62. Распределения параметров волновых пакетов с уменьшением широты: их числа и времени регистрации в системе ЛВТ (слева), амплитуды (в центре) и периода (справа).

На рис. 62 представлены распределения числа волновых пакетов (ВП) в системе локального времени терминатора (ЛВТ), их амплитуд и периодов, полученных за 41 летний день (номера дней от начало года: 142–150, 155–166, 182–186, 192–206) по данным шести регионов Северной Америки. На панелях слева указаны широты исследуемых регионов и общее число зарегистрированных ВП. Линия, проходящая по центру панелей, отмечает время прохождения СТ над станцией наблюдения. Видно, что число ВП увеличивается с приближением терминатора, немного опережая его появление. Хорошо видно, что это опережение растет с широтой. Это согласуется с ростом разницы по времени между прохождением СТ в локальной и магнитосопряженных точках (с увеличением широты). Распределения амплитуд и периодов регистрируемых волновых пакетов, приведенные на правой панели, показывают, что изменения в поведении данных параметров с широтой незначительны. Амплитуда пакета в среднем составляет порядка 0.15 TECU, средний период около 20 мин, что согласуется с полученными ранее результатами.

Распределения, аналогичные приведенным на рис. 62, были рассчитаны для всего 2008 г. для регионов Северной и Южной Америки. Для получения плавной картины изменения распределений они рассчитывались с «перекрытием»: год разбивался на интервалы по 30 дней так, что соседние интервалы имели общих 20 дней (например, с 20 по 50 день и с 30 по 60).

Полученные распределения (35 распределений для каждого из выбранных регионов) для обеспечения большей информативности собирались в непрерывную поверхность. На рис. 63 представлены поверхностные распределения числа ВП в течение года в системе локального времени утреннего (слева) и вечернего (справа) терминатора, полученные по данным для пяти регионов на территории США (30–50°N). Геомагнитное поле в области долгот США имеет такую конфигурацию, что точки магнитного сопряжения (МС) могут отстоять друг от друга в Южном полушарии на значительно большее расстояние, чем исходные точки в Северном. Это приводит к тому, что время прохождения СТ через эти точки может значительно различаться. Мы рассчитали время прохождения СТ через МС-точки, сопряженные с лежащими на границах выбранных регионов (~225° E и ~300° E). Изменение этого времени в течение года отмечают штриховые линии на каждой панели.

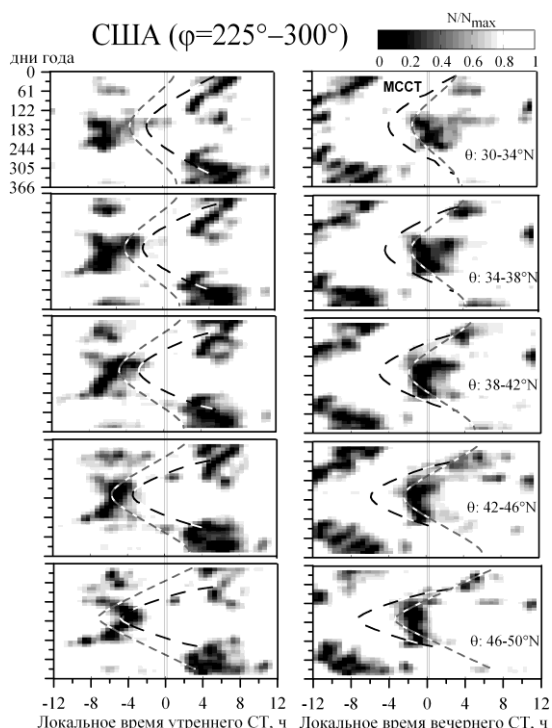


Рис. 63. Изменение распределения числа волновых пакетов в течение 2008 г. в системе локального времени утреннего (слева) и вечернего (справа) СТ по данным для США.

Можно видеть, что изменение времени начала генерации волновых пакетов в течение года достаточно хорошо согласуется с изменением времени прохождения вечернего СТ в магнитосопряженных областях (рис. 63, справа). Видно, что до появления МС СТ волновых пакетов практически не наблюдается. Особенно в летнее время (~120–250 дни) хорошо данное согласование наблюдается. Наблюдается также корреляция генерации ВП с прохождением утреннего СТ (рис. 63, слева), наиболее четко выраженная в зимнее время (начало и конец года). В летние месяцы сделать однозначное заключение о наличии такого согласования затруднительно.

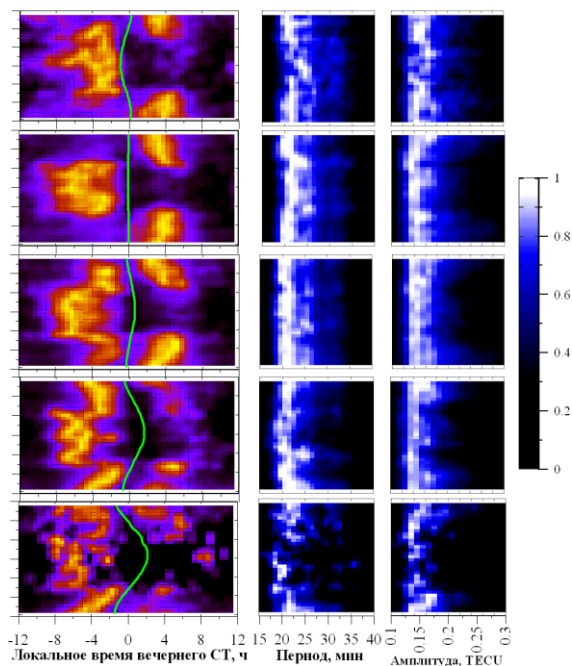


Рис. 64. Изменение распределения числа волновых пакетов в системе локального времени вечернего СТ (справа), их периодов (в центре) и амплитуд (слева) в течение 2008 г. по данным GPS-приемников, расположенных в Бразилии.

Аналогичные распределения были получены по данным станций Бразилии. На панелях слева рис. 64 представлены распределения числа ВП в течение года в системе локального времени вечернего СТ. Линия отмечает прохождение СТ в МС-области. Из вида данных распределений затруднительно сделать однозначное заключение о связи регистрируемых ВП с прохождением СТ. На панелях в центре и справа приведены распределения амплитуд и периодов в течение 2008 г. Можно заключить, что в среднем период ВП составляет порядка 20 мин, амплитуда около 0.15 TECU и данные значения в течение года меняются слабо.

В целом полученные результаты показывают, что для областей средних широт гипотеза о МГД-природе волновых пакетов справедлива: начало регистрации согласуется с моментом прохождения СТ в магнитосопряженной области и изменяется в соответствии с ним в течение всего года. Бразильские станции расположены преимущественно в области экваториальной аномалии, и, по-видимому, именно этим обусловлены наблюдаемые эффекты. Тем не менее данные показывают четко выраженную смену сезонов: можно выделить летние и зимние области, где волновые пакеты преимущественно наблюдаются соответственно днем и ночью.

Наблюдение волновых пакетов преимущественно в средних широтах в целом согласуется с предложенной моделью МГД-механизма их генерации, согласно которой условия сохранения собственных ММЗ-колебаний выполняются в средних широтах, соответствующих магнитным оболочкам L1, L2.

### Публикации

1. Ясюкевич Ю.В., Перевалова Н.П., Демьянов В.В., Едемский И.К., Маркидонова А.А. Исследование околоземного космического пространства с использованием глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2013. Спец. вып. 6 (52). С. 93–100.
2. Afraimovich E.L., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Edemskiy I.K., Gavriluk N.S., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Leonovich L.A., Lesyuta O.S., Palamartchouk K.S., Perevalova N.P., Polyakova A.S., Smolkov G.Y., Voeykov S.V., Yasyukevich Y.V., Zhivetiev I.V. A review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena // J. Space Weather Space Climate. 2013. V. 3. P. A27.
3. Ясюкевич Ю.В., Демьянов В.В., Астафьева Э.И., Едемский И.К. Анализ сбоя измерений фазы сигналов GPS и ГЛОНАСС в условиях ионосферной возмущенности // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра Сибирского отделения РАН. Вып. 2. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2013. С. 45–46.
4. Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В., Малькова П.Л. Генерация волновых возмущений в ионосфере под действием солнечного терминатора // Сборник статей молодых ученых иркутского научного центра Сибирского отделения РАН. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2013. Вып. 2. С. 36–38.
5. Edemskiy I.K., Yasyukevich Y.V., Voeykov S.V., Malkova P.L. Latitudinal variations of solar terminator generated wave packets parameters, derived from 2008 year data for different regions // 20<sup>th</sup> Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics: Abstracts. Kyiv, Ukraine, April 22–27, 2013. P. 26.
6. Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В., Малькова П.Л. Годовые вариации параметров волновых пакетов, генерируемых солнечным терминатором в различных регионах Земли, с изменением широты // X конференция молодых ученых, посвященная дню космонавтики «Фундаментальные и прикладные космические исследования»: Тезисы докл. Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013. С. 33.
7. Малькова П.Л., Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В. Исследование широтных и долготных особенностей волновых возмущений в ионосфере, генерируемых солнечным терминатором // Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». 2013. С. 49.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### **Влияние метеорологических эффектов на процессы активизации возмущений в верхней атмосфере Земли в оптическом диапазоне**

В ряде теоретических работ было показано, что энергетика верхней атмосферы существенно меняется при прохождении внутренних гравитационных волн (ВГВ). Оценки потоков энергии в верхнюю атмосферу от наблюдаемых источников ВГВ показали, что они сопоставимы с потоками коротковолнового излучения Солнца ( $\sim 10 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ), контролирующего температуру верхней атмосферы. Вблизи мезопаузы потоки энергии от ВГВ оцениваются величинами от одного до сотни  $\text{эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

С того времени, когда в 1960-х гг. в периоды испытаний мощных атомных и термоядерных зарядов в атмосфере были зарегистрированы грандиозные возмущения в верхней атмосфере, стало обычным предполагать, что в основном ВГВ генерируются в тропосфере или на ее границе во время активных метеорологических процессов. Такие волны при определенных благоприятных условиях могут проникать в верхнюю атмосферу.

В 2013 г. в ИСЗФ СО РАН была продолжена работа по выявлению вариаций в мезосфере – нижней термосфере, вызванных тропосферными возмущениями в северо-

западной акватории Тихого океана, с привлечением дополнительных экспериментальных данных вращательной температуры гидроксильной эмиссии и данных о пространственном распределении интенсивности собственного излучения атмосферы в спектральном диапазоне 720–900 нм.

Данные получены с помощью оптического комплекса Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (52° N, 103° E), включающего в себя следующее оборудование:

- прибор для измерения температуры нейтральной атмосферы на высотах ~80–100 км ОН(6-2), созданный на базе спектрографа СП-48 и оснащенный приемником излучения с высокочувствительной в ИК-области ПЗС-линейкой (спектральный диапазон прибора 820–870 нм, поле зрения ~11°);
- широкоугольная ПЗС-камера с полем зрения около 90°.

Проводился спектральный анализ рядов вращательной температуры ОН(6-2). Пример спектров вариаций вращательной температуры ОН(6-2) за 7 и 10 сентября 2009 г. приведен на рис. 65. Далее с учетом сезонный ход амплитуд вариаций вращательной температуры ОН(6-2) определялись ночи с амплитудой вариаций выше пороговой.

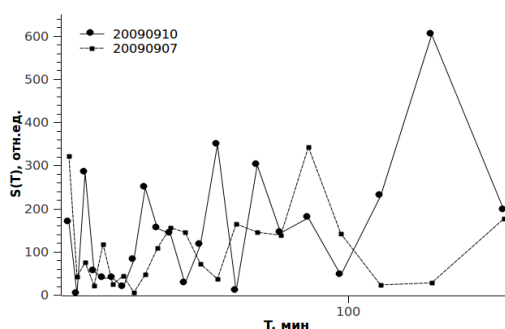


Рис. 65. Пример спектров вариаций вращательной температуры ОН(6-2) за 7 и 10 сентября 2009 г.

Затем по данным центра космического мониторинга ИСЗФ СО РАН анализировались карты облачности в дни с превышением амплитуды вариаций вращательной температуры ОН(6-2) над пороговым значением. Пример карты облачности приведен на рис. 66.

На картах облачности выделялись мощные метеорологические образования (атмосферные фронты и т. п.). Затем их место действия и место действия тропических циклонов по данным Астрономической обсерватории Гавайского университета сопоставлялось с дальностью до точки регистрации параметров верхней атмосферы. В 18 из 30 случаев наблюдения выраженных возмущений в вариациях вращательной температуры ОН(6-2) удалось идентифицировать близкие по времени и расчетному месту действия тропосферные возмущения на удалении от 350 до 5000 км, такие как циклоны или атмосферные фронты.

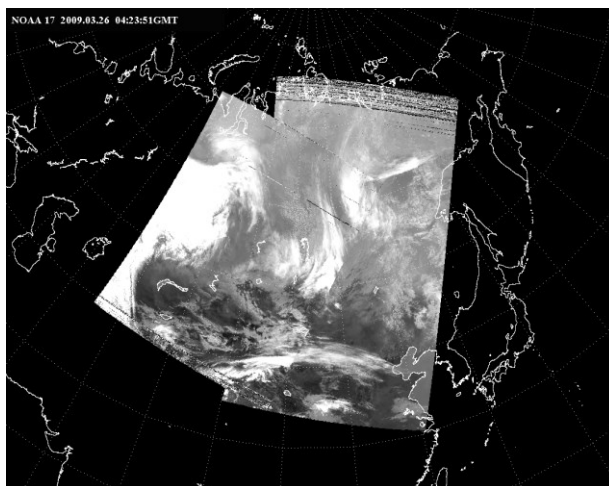


Рис. 66. Карта облачности, полученная в Центре космического мониторинга ИСЗФ СО РАН.

### Публикации

1. Белецкий А.Б., Тащилин М.А., Татарников А.В. Влияние метеорологических возмущений на вариации параметров собственного излучения верхней атмосферы Земли // XI Открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 11-15 ноября 2013 г.: Тез. докл. М.: ИКИ РАН. Электронный ресурс. 2013.

2. Леонович А.С., Тащилин А.В., Михалев А.В., Рахматулин Р.А., Леонович В.А., Пашинин А.Ю. Отклик параметров среднеширотной верхней атмосферы на геомагнитную бурю 21 января 2005 г. по данным оптических, магнитных и радиофизических измерений // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 1. С. 75–80.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

### Результаты измерений вариаций полного электронного содержания и анализа надежности функционирования приемников ГЛОНАСС/GPS во время работы двигателей космического корабля «Прогресс»

На время проведения экспериментов в апреле и июне 2013 г. непосредственно перед их началом была развернута сеть станций, оборудованных приемниками ГЛОНАСС/GPS. Помимо постоянно действующих приемников в Саянской солнечной обсерватории (mond), в Байкальской магнитно-теллурической обсерватории (uzur) и в Обсерватории радиофизической диагностики ионосферы (orda), были установлены дополнительные в Геофизической обсерватории (tory), Радиоастрономической обсерватории (bdry) и в поселках Зактуй (zakt) и Зун-Мурино (zmur) (рис. 67).

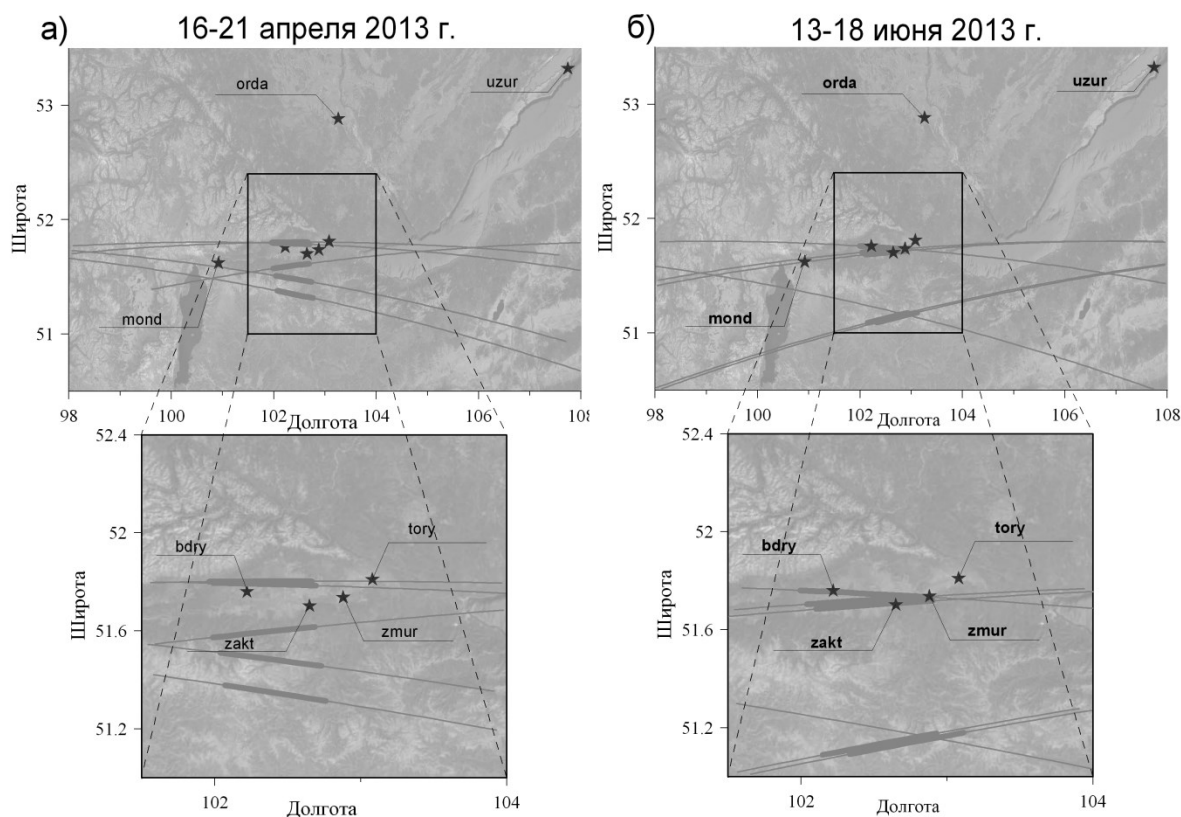


Рис. 67. Расположение приемников GPS/ГЛОНАСС (звездочки) и проекции пролетов ТТК (линии) во время экспериментов, проводившихся в апреле (а) и июне (б) 2013 г. Утолщенные участки траекторий – работа двигателя.

Расположение станций ГЛОНАСС/GPS позволяло при благоприятном положении спутников рассчитывать на получение данных о происходящих в ионосфере процессах. В частности, интересные результаты могли быть получены в результате радиопросвечивания области ионосферы, непосредственно подвергающейся воздействию реактивной струи двигателя космического аппарата.

В каждый конкретный момент времени каждая станция принимает сигналы до 22 спутников систем GPS/ГЛОНАСС. Однако точки пересечения луча спутник GPS – приемник GPS/ГЛОНАСС с ионосферой на высоте 300 км (ионосферная точка) могут быть на значительном, до нескольких градусов, удалении от станции: (рис. 68 а, з). Поэтому выбрать луч спутник–приемник проходящий через область воздействия выхлопной струи ТК и, следовательно, подходящий по геометрии для детектирования возможных эффектов непосредственно в области воздействия струи, не всегда представляется возможным. Были проанализированы данные, полученные со всех лучей всех спутников и станций.

На рис. 68 представлены результаты наблюдений, полученные по данным 17-го спутника 14 и 16 июня 2013 г. Ионосферные точки для этого спутника находились относительно близко (~40 км) от области воздействия двигателя корабля «Прогресс». По данным станций bdry, zakt, zmur (рис. 107, з) 16 июня наблюдалось падение ПЭС, начавшееся в 12:55 UT (рис. 68, е), через 17 мин после включения двигателя (12:38 UT). По данным станции tory значительного изменения ПЭС обнаружить не удалось. С другой стороны,

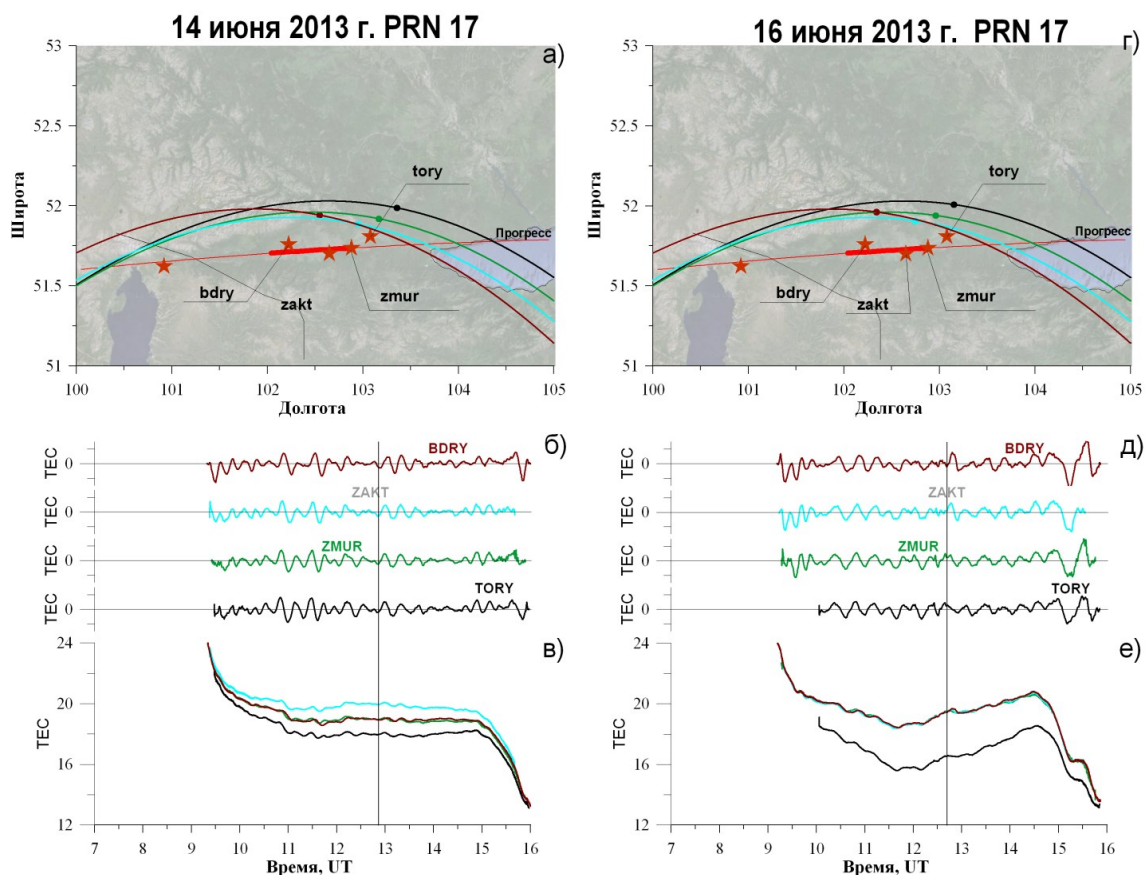


Рис. 68. Проекция траектории ТК и ионосферные точки (цветные линии) для спутника PRN-17 (панели а, з), соответствующие этим пролетам ряды ПЭС (панели в, е) и вариации ПЭС, отфильтрованные в диапазоне периодов от 1 до 20 мин (панели б, д) по данным за 14.06 и 16.06 2013 г.

этот факт может быть связан с большим удалением (~40–45 км) ионосферной точки для этой станции от области активной работы двигателя КА. Аналогичное уменьшение ПЭС наблюдается 14 июня спустя 13 минут после включения двигателя (рис. 68 б, в). Существенно, что 13 июня, когда не было воздействия двигателей, в это время (с 12:30 до 13:30 UT) аналогичных вариаций ПЭС не регистрировалось. Однако стоит заметить, что наблю-

давшееся 14 и 16 июня уменьшение ПЭС по амплитуде существенно не отличалось от регистрировавшихся в тот же день аналогичных перепадов ПЭС (рис. 68 в, е).

Таким образом, был проведен поиск отклика ионосферы на активную работу двигателей космических аппаратов «Прогресс» по данным предварительно развернутой сети станций ГЛОНАСС/GPS.

Положение спутников ГЛОНАСС и GPS во время работы двигателей космических аппаратов в период экспериментов 2013 г. было таким, что ближайшие к струе двигателя ионосферные точки для установленных ГЛОНАСС/GPS-приемников находились на расстоянии свыше 20 км. Такая дальность не позволила обнаружить непосредственные эффекты от струи двигателя в ПЭС. Был проведен анализ данных с целью поиска возможных ионосферных возмущений, таких как уменьшение ПЭС и перемещающиеся ионосферные волны. В течение нескольких дней на лучах спутник–приемник с ближайшим положением ионосферных точек наблюдалось уменьшение полного электронного содержания спустя 15–20 мин после работы двигателя на расстоянии порядка 30–35 км. Стоит оговориться, что по амплитуде это уменьшение было сравнимо с фоновыми ионосферными вариациями, наблюдавшимися в те же дни. При увеличении расстояния от ионосферной точки до области включения двигателя, амплитуда наблюдаемого отклика уменьшается и становится ниже фона.

#### **Публикации**

1. Afraimovich E.L., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Edemskiy I.K., Gavrilyuk N.S., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Leonovich L.A., Lesyuta O.S., Palamartchouk K.S., Perevalova N.P., Polyakova A.S., Smolkov G.Y., Voeykov S.V., Yasyukevich Y.V., Zhivetiev I.V. A review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena // J. Space Weather Space Clim. 2013. V. 3. P. A27.

2. Yasyukevich Yu.V., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Smolkov G.Ya. GPS/GLONASS operation under different solar and geophysical activity // International Living With a Star Workshop: Abstracts. Irkutsk, 24–28 June 2013. P. 13.

3. N. Perevalova, S. Voeykov, Y. Yasyukevich, L. Leonovich, A. Ishin, I. Edemsky, A. Polyakova, E. Astafyeva. GPS Monitoring of Ionospheric Disturbances // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop: Abstracts. 4–7 November 2013, Kunming, China. P. 69.

4. Y. Yasyukevich, A. Ishin, E. Kosogorov, G. Smolkov, E. Astafyeva, V. Demyanov. GPS/GLONASS Operation quality deterioration caused by solar and geophysical activity // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop: Abstracts. 4–7 November 2013, Kunming, China. P. 79.

*Работа выполнена в рамках проекта П.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **Вариации ионосферных параметров во время падения Челябинского метеороида**

Общий анализ данных широкой сети геофизических инструментов в Азиатском регионе позволил выявить эффекты в литосфере, атмосфере, ионосфере и геомагнитном поле, сопровождавшие падение Челябинского метеороида. На сейсмических станциях зарегистрированы короткопериодные колебания, которые могут быть интерпретированы как поверхностная волна, вызванная ударной волной от взрыва метеороида. На инфразвуковой станции, расположенной на расстоянии 2780 км к востоку от места взрыва, наблюдался инфразвуковой сигнал, на порядок превышающий уровень атмосферного фона, спустя 2.5 ч после от взрыва метеороида. Анализ записи индукционных магнитометров в среднеширотных обсерваториях показал наличие шумового всплеска в вариациях геомагнитного поля в диапазоне частот 0.2–5 Гц за 35 мин до взрыва метеороида. Причиной шумового всплеска на спокойном геомагнитном фоне может являться взаимодействие метеороида с плазмосферой Земли. Ионосферные наблюдения на сети станций вертикального зондирования показали наличие крупномасштабных волнообразных возмущений в вариациях максимума элек-

тронной концентрации ионосферы. Предположительно, эти возмущения обусловлены внутренней гравитационной волной, порожденной взрывом Челябинского метеороида. Вариации полного электронного содержания на сети приемников GPS, расположенных в зоне взрыва метеороида, показали наличие возмущений, распространяющихся радиально от точки взрыва до расстояний 500–600 км со скоростью 320–360 м/с (близкой к скорости звука в нижней атмосфере). С помощью ионосферного когерентного радара зарегистрировано появление короткоживущего трехскачкового сигнала, которое может быть связано с возникновением в момент взрыва крупномасштабной ионизованной области. Оптические наблюдения показали увеличение яркости ночного неба (до 50 % относительно предшествующих ночей) в первые две ночи после падения Челябинского метеороида.

#### **Публикации**

Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г., Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Доклады Академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.

#### **Анализ структуры фоновых атмосферных колебаний в инфразвуковом диапазоне частот и их сезонная зависимость**

Благодаря специфической стратификации земной атмосферы по ветру и температуре акустико-гравитационные волны (АГВ), и в том числе инфразвуковые волны, обладают замечательным свойством распространяться на большие расстояния без существенного затухания. Несмотря на быстрое развитие технологий мониторинга акустических сигналов в атмосфере Земли, до сих пор отсутствует существенное понимание роли АГВ в энергетическом балансе верхней атмосферы. В настоящее время считается, что АГВ являются основным транспортом для переноса энергии на ионосферные высоты снизу. Какие высоты атмосферы при этом достигаются от различных источников АГВ? Как реализуется их энергия на высотах ионосферы? Полного понимания этих процессов в силу их сложности и недостаточной изученности в настоящее время пока нет. Однако развитие экспериментальных методов в последние годы, главным образом доплеровского метода, позволило несколько продвинуться в этом направлении, в частности, при изучении импульсных источников (взрывов).

#### **Аппаратура и методика для регистрации инфразвуковых волн в ИСЗФ СО РАН**

Инфразвуковая станция ИСЗФ СО РАН, предназначенная для мониторинга инфразвуковых сигналов, расположена в 150 км от г. Иркутска в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Станция оснащена инфразвуковой аппаратурой, которая установлена в выносных павильонах и представлена блоком инфразвукового микробарографа, разработанного в ИСЗФ СО РАН, устройством калибровки и системой шумоподавления в виде трубной линии. Основные характеристики инфразвуковых микробарографов следующие: динамический диапазон – 80 дБ, полоса частот – 0.02–3 Гц, собственный шум – 0.01 микробар, чувствительность – 0.05 в/микробар.

#### **Некоторые результаты регистрации инфразвуковых волн**

##### **Атмосферный шум**

Оценка атмосферного шума в инфразвуковом диапазоне необходима для определения уровня помех и ограничений на выделение слабых инфразвуковых сигналов. Регистрация шума проводилась в круглосуточном режиме с конца 2011 по июнь 2013 г. Летом наименьший атмосферный шум, приемлемый при регистрации слабых инфразвуковых сигналов, наблюдается только в ночное время. Зимой условия для наблюдения слабых инфразвуковых сигналов с амплитудой около 1 микробара могут существовать более суток, и это позволяет длительно наблюдать инфразвуковые волны (микробаромы), связанные с активизацией излучающих когерентных систем морских волн в штормовых зонах морей и океанов.

Регистрация микробаром свидетельствует о наличии протяженного атмосферного акустического канала длиной несколько тысяч километров. Наличие микробаром характеризуется характерным квазисинусоидальным сигналом с устойчивым азимутом прихода и узкополосным спектром сигнала (5–7 с). Имеется сезонная зависимость – максимум фона приходится на зимний период: декабрь и январь.

### Анализ структуры инфразвукового сигнала, связанного с падением Челябинского метеороида

Пятнадцатого февраля 2013 г. в 05:51 UT инфразвуковой сигнал от Челябинского метеороида наблюдался на инфразвуковой станции Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН, расположенной в 150 км от Иркутска. Волна давления от взрыва метеороида, по сообщению в прессе (NASA), была зарегистрирована в 03:20 UT. При расстоянии 2780 км от Челябинска до Иркутска характерное время распространения инфразвукового сигнала составило 2 ч 31 мин. Это соответствовало звуковой скорости распространения.

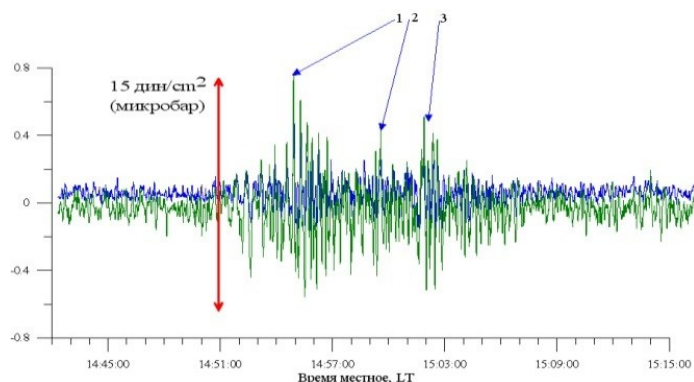


Рис. 69. Форма инфразвукового сигнала от Челябинского метеороида 15.02.2013 г. Стрелками показаны последовательные цуги сигнала.

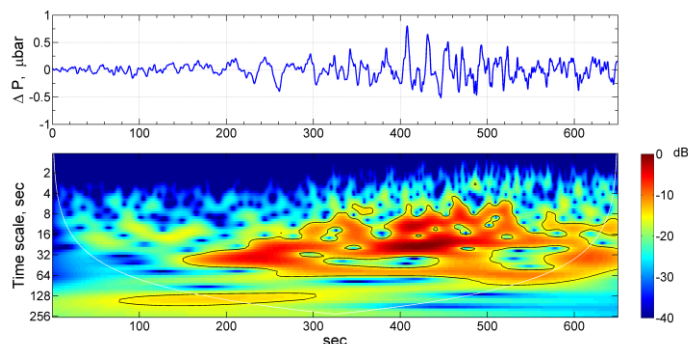


Рис. 70. Регистрограмма и вейвлет-преобразование первого цуга инфразвукового сигнала от Челябинского метеороида 15.02.2013 г.

В структуре инфразвукового сигнала, зарегистрированного на станции ИСЗФ 15.02.2013 г., явно выделяются три цуга колебаний, из которых наиболее продолжительным и мощным является первый длительностью около 650 с и амплитудой 15 микробар (рис. 69). Первый цуг инфразвукового сигнала появился в 14:51 LT как сигнал с устойчивым выделенным азимутом. Через 650–660 с от начала прихода колебаний следует второй, а еще через 150–200 с – третий цуг колебаний. Последующие цуги имеют примерно в три раза меньшую продолжительность и в два раза меньшую амплитуду (около 200 с и 7 микробар). По этим данным построен динамический спектр мощности первого цуга и выделены доминирующие периоды колебаний 32, 16 и 6 с (рис. 70).

Как следует из сообщений в прессе, в Челябинске были слышны три взрыва от метеороида. Первый – следствие разрушения основного тела метеороида на два фрагмента, а последующие – следствие разрушения фрагментов. Таким образом, структуру инфра-

звукового сигнала можно было бы объяснить процессом разрушения метеороида. С другой стороны, как показывает регистрограмма (рис. 70), временная последовательность цугов инфразвукового сигнала, записанного на расстоянии почти 3000 км, находится в той же последовательности, но имеет гораздо большую продолжительность. В то же время процесс пролета и разрушения метеороида над Челябинском занимал около 60 с. Конечно, процесс разрушения метеороида, его торможение, а также последующие взрывы фрагментов происходили в неоднородной атмосфере. В этих условиях возможно формирование многолучевой структуры инфразвукового сигнала, который на станции регистрируется в виде цугов большей продолжительности. Для выяснения детальной связи фрагментации метеороида со структурой инфразвукового сигнала необходимы данные о поле ветра и температуре по трассе, а также дополнительные исследования.

По оценке сотрудников СЕА (Франция) средняя энергия взрыва метеороида по данным 12 станций наблюдений Международной системы мониторинга (IMS) составила 460 кт. Были использованы эмпирические соотношения (1а), (1б) между периодом акустических волн  $T$  и энергией источника  $W$ , полученные для крупных взрывов:

$$\log(W/2) = 3.34 \log T - 2.58, \quad W/2 \leq 100 \text{ кт} \quad (1a)$$

$$\log(W/2) = 4.14 \log T - 3.61, \quad W/2 \geq 40 \text{ кт}. \quad (1б)$$

Здесь  $T$  – период инфразвуковой волны максимальной амплитуды в секундах для двух диапазонов энергии,  $W$  – энергия (взрывов) в килотоннах. Аналогично можно получить локальную оценку энергии взрыва метеороида по данным инфразвуковой станции ИСЗФ СО РАН из данных соотношений для среднего периода  $T = 16$  с (верхняя панель рис. 70). Оценка энергии взрыва Челябинского метеороида, сделанная по данной методике, составляет  $W \sim 55$  кт.

В заключение рассмотрим структуру инфразвукового сигнала первого цуга колебаний (верхняя панель рис. 70). Сигнал состоит из двух частей: низкочастотного вступления и далее заполнения «тела» сигнала высокочастотными колебаниями. Попытаемся объяснить структуру данного инфразвукового сигнала. Взрывы можно условно разделить на два вида по типу взрывчатого вещества (ВВ). Мощности взрывов могут на несколько порядков отличаться по концентрации энергии на единицу массы ВВ. Концентрация энергии достигает  $4 \cdot 10^{10}$  и  $8.4 \cdot 10^{17}$  эрг/г в первом и втором случаях соответственно. При взрыве ВВ с малой концентрацией энергии образуется относительно большое количество горячих газообразных продуктов взрыва. При таком объеме продуктов взрыва можно считать, что в переходе в равновесное состояние участвует не атмосферный воздух, а только газообразные продукты взрыва. Размер образовавшегося при взрыве газового шара определяет период его собственных колебаний. Отношение амплитуд двух последовательных колебаний характеризует затухание процесса и энергию первого и вторичных колебаний, соответственно 75 и 25 %.

При взрыве с большой концентрацией энергии в малом объеме ( $Q \approx 10^{18}$  эрг/г) участвует относительно малое количество вещества, поэтому в результате взрыва образуется малое количество продуктов взрыва, которым можно пренебречь при анализе процесса установления состояния равновесия атмосферы после взрыва. Взрыв с высокой концентрацией энергии в малом объеме, например ядерный, можно рассматривать как точечный. В этом случае атмосфера, выведенная из равновесия мощным импульсом взрыва, возвращается к своему первоначальному состоянию аperiодически, без вторичных колебаний. Следствием взрыва с большой концентрацией энергии является относительно короткий импульс давления и широкий спектр инфразвуковых частот. Хорошо известно, что распространение акустических волн в атмосфере характеризуют две особенности – поглощение высоких частот и дисперсия скорости. Наибольшей дисперсией обладают волны с периодом колебаний от 8–12 до 100 с. При увеличении периода колебаний скорость волн с периодом от 8–12 до 30 с уменьшается, а скорость волн с периодом от 30 до 100 с и более – увеличивается. Поэтому структура инфразвукового сигнала от взрыва с

высокой концентрацией энергии на расстоянии в несколько тысяч километров такова, что впереди присутствует более быстрый низкочастотный сигнал, связанный с первым коротким ударным импульсом. Затем развивается высокочастотный пульсирующий инфразвуковой «хвост», связанный с тепловой осцилляцией газообразного шара, стремящегося к равновесию.

#### **Публикации**

1. Сорокин А.Г. Предварительные результаты наблюдений инфразвуковых волн на станции Торы // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 22. С. 77–80.
2. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождающие падение Челябинского метеороида // Доклады Академии наук. 2013. Т. 452, № 2, С. 1–3.
3. Сорокин А.Г. Инфразвуковое излучение Челябинского метеороида // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24 (в печати)
4. Сорокин А.Г., Лобычева И.Ю., Грудинин Н. М. Анализ сигналов, наблюдаемых на инфразвуковой станции ИСЗФ Торы // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова (в печати).

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства».*

#### **4. Развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики и геофизики**

Научные исследования выполнялись в отделах физики Солнца и радиоастрофизики и физики околоземного космического пространства.

1. Приоритетное направление II.12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений.

1.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн» (координатор – чл.-корр. РАН А.П. Потехин).

1.1.1. Проект II.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства». Рег. номер 01201281660. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Медведев.

1.2. Партнерский интеграционный проект СО РАН № 106 «Разработка и создание перспективных методов мониторинга окружающего космического пространства и прогнозирование экстремальных событий» (партнеры – ИОА СО РАН, ИКФИА СО РАН, ИГФ УрО РАН, ИКИР ДВО РАН). Рег. номер 01201255674. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

1.3. Проект № 3.12.1 «Исследование и разработка методов радиофизической диагностики возмущений различных масштабов в верхней атмосфере Земли» программы № IV.12 «Современные проблемы радиофизики» ОФН РАН (координатор – акад. А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255930. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

1.4. Проект № 3.11.1 «Исследования атмосферно-ионосферного взаимодействия и отклика параметров атмосферного электричества на геомагнитную активность на основе

многопозиционной регистрации параметров атмосферного электричества и природного электромагнитного фона в УНЧ- и СНЧ-диапазонах волн» программы ОФН РАН № IV.11 «Электродинамика атмосферы, радиофизические методы исследований атмосферных процессов» (координатор – акад. Е.А. Мареев). Рег. номер 01201255934. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2. Приоритетное направление II.16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.

3. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» (координатор – акад. Г.А. Жеребцов).

3.1. Проект II.16.1.5 «Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства». Рег. номер 01201281653. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. М.В. Еселевич.

3.2. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» (координатор – чл.-к. РАН В.М. Григорьев).

3.3. Проект II.16.3.3 «Методы и инструменты астрофизического эксперимента». Рег. номер 01201281648. Руководители проекта – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

3.4. Проект № 21.2 «Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-33ИК» программы Президиума РАН № 21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной» (координатор – академик А.А. Боярчук). Рег. номер – 01201255938. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

3.5. Проект № 8.4 «Развитие перспективных радиофизических методов и диагностических средств исследования верхней атмосферы» направления № 8 «Фундаментальные исследования в области гелиогеофизики; проблемы адаптации к природным явлениям в геосферах Земли, связанным с солнечной активностью» программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики». Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

4. Приоритетное направление VIII.80. Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, химического анализа природных и техногенных веществ, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.

4.1. Проект № 3.12.2 «Разработка радиофизических методов диагностики искусственных и естественных неоднородностей в ионосфере» программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики» (координатор – академик А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255931. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

Также выполнялись работы по Федеральным целевым программам.

3 проекта Федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.»:

- «Разработка дополнительной аппаратуры для дооснащения действующих оптических и радиотелескопов с целью обеспечения их работы в режиме мониторинга гелиогеофизической обстановки»; научные руководители – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, к.ф.-м.н. П.Г. Папушев.

- «Разработка и создание опытных образцов оптических телескопов и радиоспектрополяриметра нового поколения для мониторинга солнечной активности»; научные руководители – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

- «Развитие современных технологий мониторинга ионосферы с использованием наземных и космических средств измерений»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

3 проекта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.»:

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: астрономия, астрофизика и исследования космического пространства». Проект «Мониторинг и комплексный анализ динамических процессов в солнечной атмосфере на основе комплекса обсерваторий Института солнечно-земной физики СО РАН и Иркутского государственного университета, подготовка научно-педагогических кадров в рамках НОЦ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в области радиофизики, акустики и электроники. Проект «Развитие новых методов диагностики околоземного космического пространства и создание кластера учебно-методических стендов на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН и ИГУ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых научными группами под руководством кандидатов наук по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: лазерная физика и лазерные технологии, радиофизика, акустика и электроника, физика плазмы». Проект «Исследование ионосферных возмущений на основе данных наземных приемников GPS и ГЛОНАСС» (2012–2013 гг.), научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

2 проекта Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.»:

- Лот «Проведение исследований с использованием уникальных стендов и установок по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Проект «Исследование активных процессов на Солнце на основе УСУ «Сибирский солнечный радиотелескоп» (ССРТ) и УСУ «Большой солнечный вакуумный телескоп» (БСВТ) в целях развития методов диагностики среды в околоземном пространстве» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

- Лот «Проведение научно-исследовательских работ с использованием уникальных объектов научной инфраструктуры, включая обсерватории, ботанические сады, научные музеи и др. по основным направлениям реализации Программы». Проект «Проведение исследований верхней атмосферы в обсерватории радиофизической диагностики атмосферы с использованием УСУ «Иркутский радар некогерентного рассеяния» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

Выполнялись:

- Работы по укрупненному инвестиционному проекту «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН»; научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.

- Работы по программе Президиума СО РАН поддержки обсерваторий СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 103 от 15.03.2012 г.); научные руководители – чл.-к. РАН В.М. Григорьев, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

- Работы по конкурсу поддержки экспедиционных работ СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 100 от 15.03.2012 г.): «Мониторинг геофизических полей в средних и авроральных широтах наземными и космическими средствами»; научный руководитель – зав. обсерваторией д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

#### **4.1. Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства**

##### **Совершенствование методов получения и анализа траекторных и фотометрических измерений малоразмерных космических аппаратов и космического мусора**

###### **Разработка алгоритма и программ для взаимодействия поисковых и измерительных средств астрокомплекса Саянской солнечной обсерватории**

В ходе наблюдений высокоапогейных космических объектов (КО) на широкоугольной оптической системе модернизированного телескопа АЗТ-14А Саянской солнечной обсерватории в поле зрения телескопа нередко попадают объекты с неизвестными параметрами орбит. Анализ наблюдений за 2012 г. показал, что доля таких объектов достаточно велика (12 %). Это неизвестные или давно не наблюдавшиеся КО и малоразмерные фрагменты космического мусора с блеском от 10 до 18.5 зв. величины, представляющие потенциальную опасность для функционирующих космических аппаратов.

Для получения необходимого объема качественной координатной информации, а также дополнительного набора фотометрических характеристик, способствующих более надежному решению задач распознавания и каталогизации впервые обнаруженных КО, необходима согласованная работа поисковых и измерительных средств астрокомплекса. Специально разработанные алгоритмы и программы для наблюдений объектов с неизвестными орбитальными параметрами позволили обеспечить взаимодействие поискового модернизированного телескопа АЗТ-14А и измерительных средств АЗТ-33ИК и «Цейсс-600», оснащенных фотометрической и спектральной аппаратурой и позволяющих проводить как дополнительные траекторные, так и некоординатные измерения.

Взаимодействие основано на оперативном получении поисковым телескопом предварительных данных о скоростях, положении и орбите наблюдаемого объекта. Экспериментальная отработка показала, что точность полученных данных достаточна для автоматического сопровождения наблюдаемого КО, а также для последующего наведения измерительными средствами (поле зрения  $7.5' \times 7.5'$ ) в течение 1–2 ч.

###### **Публикации**

Коробцев И.В., Цуккер Т.Г., Мишина М.Н., Горяшин В.Е., Еселевич М.В., Клунко Е.В., Тергоев В.И. Наблюдения неидентифицированных космических объектов в Саянской обсерватории. Получение и анализ некоординатной информации // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. Издательство КубГУ (в печати).

###### **Метод оперативного анализа фотометрической информации, получаемой в процессе измерений космических объектов**

Основной задачей фотометрических измерений космических объектов является получение кривых блеска в различных полосах пропускания. Для получения информативных кривых блеска очень важен выбор для каждого объекта оптимального режима измерений – времени накопления сигнала и продолжительности серии наблюдений. Периоды изменений блеска объекта, обусловленного вращением объекта относительно центра масс, могут изменяться от нескольких секунд до сотен и тысяч секунд, поэтому подбор режима измерений для каждого объекта должен быть индивидуален: для одних объектов требуется устанавливать минимальное время экспозиции, для других – записывать длинные серии, иногда продолжительностью в несколько часов. При отсутствии априорных знаний об объекте выбрать оптимальный режим его измерения с первого раза невозможно.

Разработанный метод оперативного анализа фотометрических измерений позволяет получить кривую блеска сразу после предварительной обработки астрономических изображений. Для этого разработана программа *Photometry*, которая считывает всемирное время, инструментальную звездную величину и нуль-пункт, полученные для каждого кадра, затем вычисляет средний нуль-пункт по всем кадрам и выводит на экран кривую блеска в звездных величинах, калиброванных по среднему нуль-пункту. Примеры получаемых кривых блеска приведены на рис. 71 и 72.

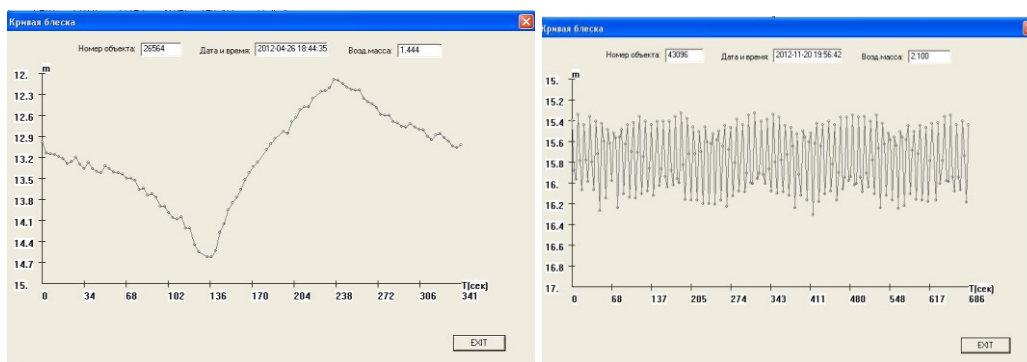


Рис. 71. Кривые блеска, требующие повторных измерений (слева – недостаточная продолжительности серии наблюдений, справа – время экспозиции, сравнимо с периодом изменений блеска).

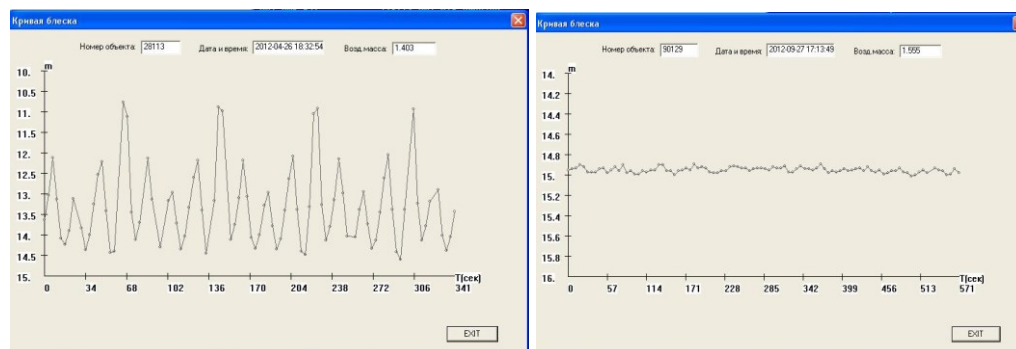


Рис. 72. Кривые блеска, не требующие повторных измерений.

Визуально проанализировав полученную кривую блеска, пользователь получает информацию, необходимую для дальнейших действий. Так, из кривой блеска, представленной в левой части рис. 71, видно, что длительности серии наблюдений недостаточно для определения периода вращения объекта и необходимо перезаписать серию большей продолжительности. Кривая блеска в правой части рис. 72 имеет вид, характерный для биений. Такая ситуация может возникнуть, если время накопления сигнала сравнимо с периодом изменений блеска объекта, следовательно, измерять объект следует с меньшими экспозициями. Кривые блеска в левой части рис. 72, где хорошо видны три периода вращения объекта, и в правой части (блеск постоянный) не требуют повторных измерений.

Кроме получения оперативной информации программа *Photometry* предназначена также и для дальнейшей обработки фотометрических данных – вычисления коэффициентов перехода в стандартную фотометрическую систему по звездам из фотометрических каталогов Landolt или GSPC, редукции инструментальных звездных величин в стандартную систему при измерениях в фильтрах и вычисления показателей цвета.

### Публикации

Ponomareva I., Sakva N., Mishin G., Katasonov A., Mishina M. Identification of debris objects and determination the nature of fragmentation based on the results of optical observations // 6<sup>th</sup> European Conference on Space Debris, SP-723: Proc. ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013.

### Метод обработки изображений с камеры полного неба для оценки условий астрономических наблюдений

Разработан автоматический метод определения балла облачности по изображениям, получаемым в видимом диапазоне с камеры полного неба, установленной в Саянской солнечной обсерватории. Были выявлены параметры гистограммы яркости ночного неба, которые реагируют на изменение балла облачности, определяемого визуально. Представлена эмпирическая формула для расчета балла облачности по 8-балльной шкале, являющейся функцией от параметров гистограммы яркости неба с коэффициентами. Выполнено сравнение значений балла облачности, определенного визуальным методом и методом гистограмм: выявлено хорошее соответствие между этими двумя методами расчета балла облачности, погрешность не превышает  $\pm 2$  баллов.

### Публикации

Загайнова Ю.С., Караваев Ю.С. Оценка методом гистограмм состояния облачности по 8-балльной шкале по изображениям в видимом диапазоне, получаемым с камеры полного неба // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 123–128.

## Разработка и экспериментальная отработка методов мониторинга околоземного космического пространства в области низких орбит радио- и оптическими средствами

### Разработка предложений по созданию аппаратно-программного комплекса и исследование методов интерактивного взаимодействия радиолокационных и оптических средств с целью выполнения координированных наблюдений КО на низких орбитах

Разработана схема организации информационного взаимодействия между радиолокационными и оптическими средствами при выполнении ими координированных наблюдений (КН) низкоорбитальных космических объектов (НКО). Выделены следующие основные информационные комплексы и определены решаемые ими задачи:

*Центр управления и обработки данных (ЦУО)* – аппаратно-программный комплекс (АПК), расположенный в ИСЗФ СО РАН, координирующий работу наблюдательных пунктов, обеспечивающий выдачу целеуказаний, прием и обработку результатов измерений, формирование выходной информации для заказчика.

*Агент взаимодействия (АВ)* – АПК в составе оборудования наблюдательного пункта (НП), обеспечивающий включение НП в состав системы выполнения КН.

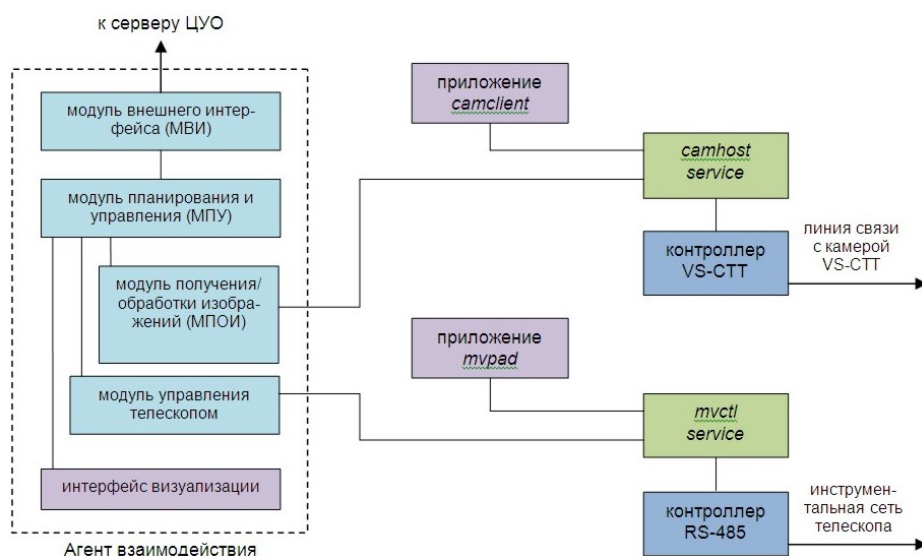


Рис. 73. Основные элементы системы управления наблюдениями телескопа АЗТ-33ИК и блок-схема АВ.

Разработаны предложения по структуре АВ для НП Саянской солнечной обсерватории. На рис. 73 приведены основные элементы системы управления наблюдениями оптического телескопа АЗТ-33ИК и блок-схема АВ, показаны связи, обеспечивающие работу АВ как управляющего агента для системы управления наблюдениями.

Пояснения к рис. 73:

*mvctl* – программа управления монтировкой и куполом телескопа.

*mvrad* – приложение с графическим интерфейсом для управления монтировкой и куполом телескопа (через сетевое подключение к программе mvctl по протоколу RPC).

*camhost* – программа управления цифровыми матричными приемниками (ПЗС- и CMOS-камерами).

*camclient* – приложение с графическим интерфейсом для управления камерой (через сетевое подключение к программе camhost по протоколу RPC).

*модуль внешнего интерфейса с ЦУО (МВИ)* – программный модуль в составе АВ, реализующий внешний интерфейс связи НП с ЦУО.

*модуль планирования и управления (МПУ)* – программный модуль в составе АВ, реализующий функции автоматического планирования и управления процессом КН.

*модуль управления телескопом* – вспомогательный программный модуль в составе АВ, выполняющий функции клиентской программы по отношению к службе mvctl.

*модуль получения и обработки изображений (МПОИ)* – программный модуль в составе АВ, выполняющий функции клиентской программы по отношению к службе camhost, а также выполняющий функции обработки получаемых кадров с целью измерения положения КО и подготовки выходного блока информации для передачи в ЦУО.

#### **Публикации**

1. Лебедев В.П., Горяшин В.Е., Еселевич М.В., Клунко Е.В., Кушнарв Д.С., Медведев А.В., Папушев П.Г., Потехин А.П., Тергоев В.И., Хахинов В.В. Радиооптический комплекс ИСЗФ СО РАН: результаты координированных наблюдений низкоорбитальных космических объектов // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова, 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тезисы докл. С. 44–45.

2. Клунко Е.В., Еселевич М.В., Тергоев В.И., Горяшин В.Е., Хахинов В.В., Медведев А.В., Лебедев В.П., Кушнарв Д.С. Координированные наблюдения низкоорбитальных КО на радиолокационных и оптических средствах ИСЗФ СО РАН // Международная конференция «Околоземная астрономия – 2013», 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. С. 51–52.

### **Экспериментальные исследования потенциально опасных объектов в солнечной системе**

#### **Позиционные и фотометрические измерения астероидов, сближающихся с Землей, и выбранных потенциально опасных космических объектов**

С целью подтверждения принадлежности к астероидам, сближающимся с Землей (NEA), открытых с помощью обзорных телескопов околоземных объектов (NEO) с 2011 г. в Саянской солнечной обсерватории (ССО) ИСЗФ проводятся регулярные астрометрические измерения. С января по ноябрь 2013 г. проведены наблюдения пятнадцати объектов, пять из которых после их обнаружения наблюдались только в ССО. Одиннадцать объектов были отнесены к астероидам, сближающимся с Землей, один идентифицирован как комета. Кроме того, наблюдались три астероида в момент их сближения с Землей на 2–10 лунных расстояниях. Магнитуды наблюдаемых объектов составляли 18.5–20.5 зв. вел. Данные измерений опубликованы в МРЕС (Электронный циркуляр Центра малых планет). В рамках «Программы координированных наблюдений опасных объектов» проводились фотометрические наблюдения астероида Апофис. Проведены измерения кривых блеска выбранных астероидов.

#### **Публикации**

1. Ибрагимов М.А., Барабанов С.И., Баканас Е.С. и др. Наблюдательная сеть Информационно-аналитического центра ИНАСАН: первый сеанс совместных наблюдений опасного астероида Апофис в январе–феврале 2013 г. // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. Издательство КубГУ (в печати).

2. Karavaev Y., Tsukker T., Mishina M., Zabanova A., Zvereva L., Marchenko A. Minor Planet Observations [C48 Sayan Solar Observatory, Irkutsk] // Minor Planet Circular 82557. 2013. P. 4.

## **Разработка и создание оптико-электронной фотоприемной системы широкоугольного телескопа АЗТ-33ВМ**

### **Технические предложения по элементам конструкции фотоприемной системы широкоугольного телескопа АЗТ-33ВМ**

Совместно с CAO РАН разработан технический проект камеры для создаваемого широкоугольного телескопа АЗТ-33ВМ (рис. 74). В разработанном устройстве используются твердотельные приемники изображения – широкоформатные стыкуемые ПЗС-матрицы фирмы e2v, обеспечивающие высокую чувствительность в видимом диапазоне длин волн. Камера имеет высокие фотометрические характеристики, темновой ток минимизирован путем глубокого охлаждения фотоприемника с помощью двух систем типа Cryotiger. В ходе разработки проекта были рассмотрены вопросы по выбору интерфейса камеры, архитектуры высокопроизводительной промышленной компьютерной системы и типа криорефрижератора. Конструкция камеры разрабатывалась в соответствии с проведенным анализом и выбранными техническими решениями.

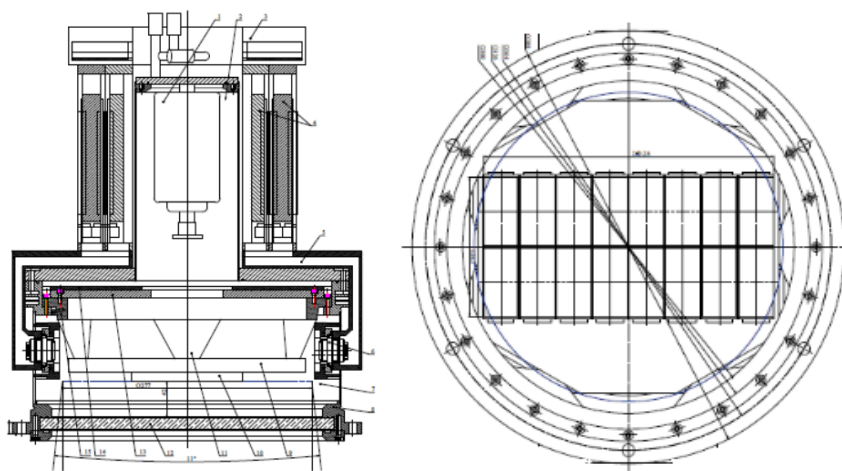


Рис. 74. Вид камеры в разрезе (слева) и со стороны фотоприемника (справа).

#### **Публикации**

Григорьев В.М., Еселевич М.В., Тергоев В.И. Широкоугольный телескоп АЗТ-33ВМ: завершение создания и перспективы использования // Международная конференция «Околоземная астрономия – 2013», 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. С. 121–122.

*Работы по разделу 4.1 выполнены в рамках проекта II.16.1.5 «Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», а также в рамках решения вопросов реализации укрупненного инвестиционного проекта «Национальный геофизический комплекс РАН»*

## **4.2. Методы и инструменты астрофизического эксперимента**

### **Разработка и создание перспективных проблемно-ориентированных телескопов и приборов**

#### **Испытание зеркал оптической системы СОЛСИТ в штатных оправах**

Испытания внеосевых асферических зеркал СОЛСИТ – главного зеркала и зеркала спектрографа – в штатных оправах были выполнены на испытательном стенде научно-

исследовательского Института оптико-электронного приборостроения (ОАО «НИИ ОЭП») в г. Сосновый Бор (Ленинградская область). Оправы зеркал (см. рис. 75) были разработаны и изготовлены в ОАО ЛОМО. Результаты контроля качества изготовления данных зеркал в оправках со вклеенными втулками и системой разгрузки представлены на рис. 76. Из анализа интерферограмм следует, что зеркала изготовлены очень хорошо, форма поверхности совпадает с расчетной. Термические испытания не выявили существенных изменений формы поверхности, в том числе в местах расположения вклеенных втулок системы разгрузки.

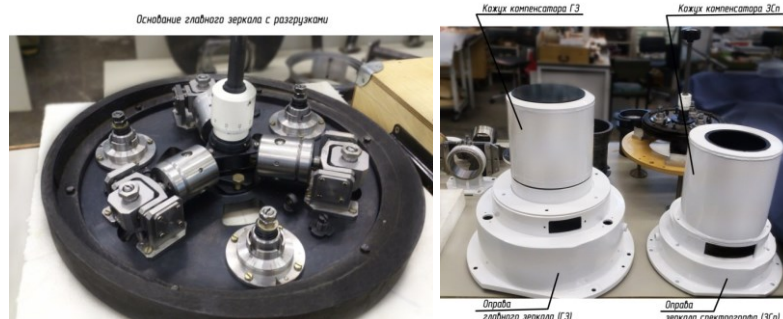


Рис. 75. Левая панель — основание главного зеркала с разгрузками. Правая панель — оправы главного (слева) зеркала и зеркала спектрографа (справа) с кожухами термокомпенсаторов.

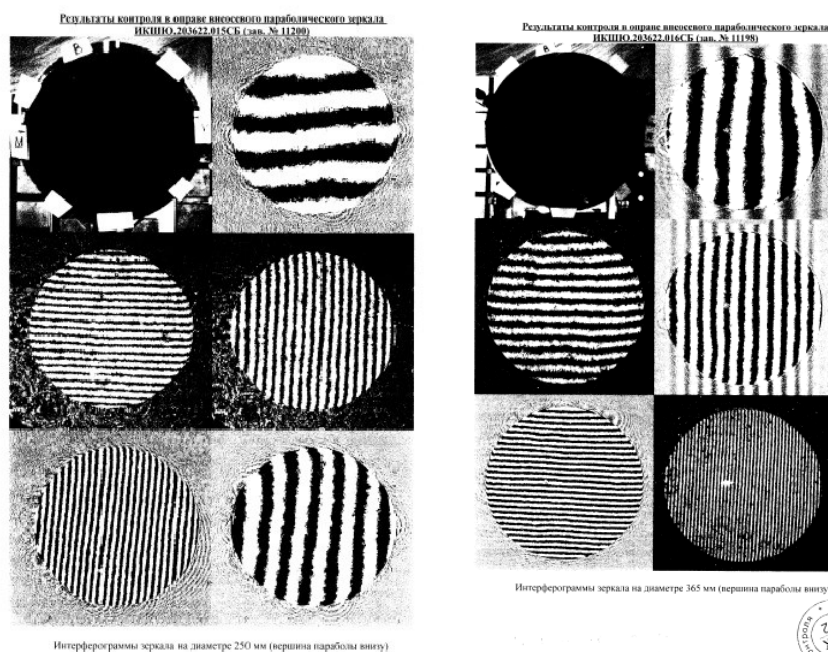


Рис. 76. Интерферограммы главного зеркала (слева) и зеркала спектрографа (справа).

### Публикации

Демидов М.Л., Григорьев В.М. Рютинский Л.Б., Скоморовский В.И., Денисенко С.А., Пименов Ю.Д., Липин Н.И., Гусаров В.Ф, Никифоров В.О. СОЛСИТ – СОЛнечный СИноптический Телескоп – новый российский проект для исследований магнетизма Солнца // Всероссийская конференция, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тезисы докл. С. 43.

### Разработка и создание вилочной монтировки СОЛСИТ

Вилка СОЛСИТ и призма часовой оси в сборке показаны на рис. 77. Конструкция находится временно в экспериментальном цехе ИСЗФ. Был выполнен цикл механических испытаний монтировки, показавший удовлетворительные результаты. В частности, для проверки равномерности вращения вилки вокруг часовой оси использовался лазер, закрепленный на вилке. Контроль перемещения светового луча при вращении вилки показал вполне удовлетворительную равномерность хода.



Рис. 77. Вилочная монтировка СОЛСИТ (вилка с призмой узла часовой оси) во время тестовых испытаний в экспериментальном цехе ИСЗФ СО РАН (октябрь 2013 г.).

### Публикации

Демидов М.Л., Григорьев В.М. Рютинский Л.Б., Скоморовский В.И., Денисенко С.А., Пименов Ю.Д., Липин Н.И., Гусаров В.Ф., Никифоров В.О. СОЛСИТ – СОЛнечный СИноптический Телескоп – новый российский проект для исследований магнетизма Солнца // Всероссийская конференция, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тезисы докл. С. 43.

### Разработка и изготовление узкополосных монохроматических фильтров и поляризационных устройств для солнечных телескопов

#### Изготовление электрооптических модуляторов на кристаллах DKDP

В ходе работы выполнены следующие задачи:

1. Доработана технология нанесения прозрачных токопроводящих покрытий окислов индия и олова (Indium Tin Oxide, или ITO) на кристаллы DKDP при температурах не более 60 °С.
2. Обеспечен надежный контакт ITO-покрытий с токовводами.
3. Обеспечена надежная герметизация устройства от воздействия разрушающих факторов и в особенности влаги.

Схематическое изображение модулятора приведено на рис. 78.

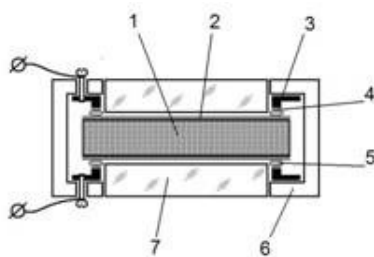


Рис. 78. Электрооптический модулятор на основе DKDP: 1 – кристаллическая пластинка DKDP; 2 – токопроводящее покрытие; 3 – Г-образные контактные кольца; 4 – токопроводящее покрытие на контактных кольцах; 5 – индиевая прокладка; 6 – оправа модулятора; 7 – окна из оптического стекла.



Рис. 79 . Электрооптический модулятор с кристаллом диаметром 30 мм с кольцевыми электродами и защитными стеклами.

Контактные кольца 2 с токопроводящим покрытием кристалла 1 соединены прокладкой из индия 4. Защитные стекла прикрепляются на иммерсии к поверхностям кристалла. Боковая поверхность сборки покрывается кремнийорганическим герметиком ЭЛАСИЛ 137-180 для дополнительной защиты от влаги (рис. 80).



Рис. 80. Электрооптический модулятор в сборке.

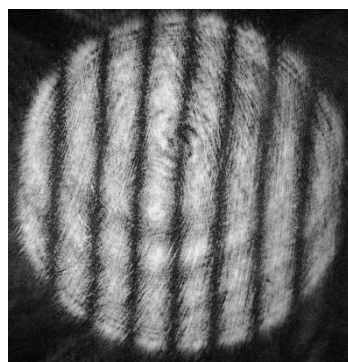


Рис. 81. Интерферограмма волнового фронта.

После полимеризации герметика к контактным кольцам подключаются токовводы и все устройство помещается в защитный кожух из органического стекла (рис. 79). Зазоры между кожухом и стеклом также заполняются герметиком. На рис. 81 приведена интерферограмма волнового фронта модулятора. Сборка – кристалл DKDP и накладные стекла – искажает волновой фронт не более  $0.1\lambda$ .

Было выполнено сравнение двух типов модуляторов (1 – образец № 2С, токопроводящее покрытие на защитных стеклах; 2 – образец № 6, токопроводящее покрытие на поверхностях кристалла) при работе на низких частотах.

Установка для исследования модуляторов состояла из оптической и электронной систем. Блок-схема электронной части содержала следующие устройства: генератор сигналов ГЗ-1124; осциллограф С1-68; оптический модулятор; фотодиод (преобразователь света в напряжение); усилитель сигналов; источник высокого знакопеременного напряжения, программируемый по амплитуде и частоте. Оптическая часть включала: источник излучения – ОКГ (гелий-неоновый лазер,  $\lambda=632.8$  нм); поляризатор; коллиматор; четвертьволновую пластинку; исследуемый модулятор DKDP.

На рис. 82 приведены осциллограммы с осциллографа ZTE 302 для образцов № 6 и № 2С на низкой частоте переключения 0.67–0.70 Гц. Данные для образца № 2С: развертка  $T=500$  мс/дел; амплитуда  $U=200$  мВ/дел;  $\nu=0.67$  Гц;  $T=1.48$  с;  $U=1.5$  кВ, постоянный ток. Данные для образца № 6: развертка  $T=500$  мс/дел; амплитуда  $U=200$  мВ/дел;  $\nu=0.70$  Гц;  $T=1.42$  с;  $U=1.5$  кВ, постоянный ток.

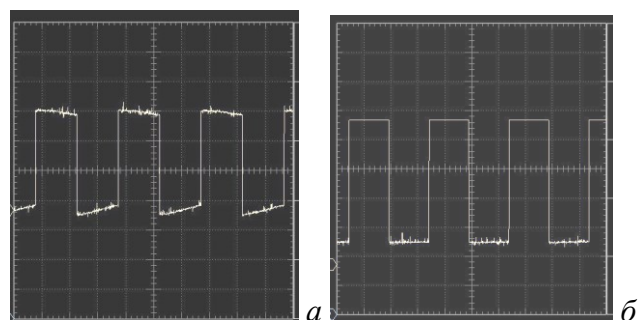


Рис. 82. Осциллограммы сигнала с ZET 302 для образцов модуляторов старого и нового типа на частоте переключения 0.67–0.70 Гц: *а* – для образца № 2С (старый тип модулятора); *б* – для образца № 6 (новый тип модулятора).

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4.

| Образец | $U_{N2}$ , кВ | Амплитуда сигнала $U$ , мВ | Длительность фронта переключения, мкс |         | Стабильность на постоянном токе |            |
|---------|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------|---------------------------------|------------|
|         |               |                            | Нарастающ.                            | Падающ. | Спад, мВ                        | Сигнал, мВ |
| № 6     | 2.7           | 300                        | 160                                   | 150     | 2                               | 270        |
| № 2С    | 2.8           | 150                        | 160                                   | 160     | 90                              | 280        |

Вывод: у образца с токопроводящими покрытиями непосредственно на поверхностях кристалла сигнал при приложении постоянного напряжения практически не уменьшается.

#### **Интерференционные фильтры для наблюдений в G-полосе и синем континууме**

Темная структура в спектре, названная Фраунгофером G-полосой, заполнена СН-линиями. Она усиливается в магнитных элементах (трубках), что позволяет находить и отслеживать небольшие межгранульные магнитные элементы. Изображения в континууме в синей области, близком к минимуму непрозрачности на  $\lambda = 4000 \text{ \AA}$ , показывают структуру трубок на большей глубине. Изображения в континууме вместе с G-изображениями дают возможность наблюдать грануляцию и магнитные яркие точки.

Узкополосный интерференционный фильтр представляет собой многослойное покрытие из слоев криолита и сернистого цинка, нанесенных в вакууме на стеклянную подложку. Для получения узкой полосы с высоким контрастом на одну стеклянную подложку наносится двойной фильтр с двумя разделительными промежутками и согласующим слоем. Общее количество интерференционных слоев около тридцати. Для получения стабильных во времени характеристик фильтров многослойные покрытия герметизируются вторым защитным стеклом. Герметизация производится в вакууме холодной сваркой стекол на индии. Для уменьшения рассеянного света и увеличения пропускания на три свободные поверхности фильтра наносится просветляющее покрытие.

Для расширения свободного спектрального интервала узкополосного фильтра и для обеспечения регистрации изображений с ПЗС-приемниками без помех узкополосный фильтр используется вместе в комплекте с отрезающим фильтром. Устройство и герметизация отрезающего интерференционного фильтра такие же, как и узкополосного фильтра.

#### **Технические характеристики G-фильтра:**

**Фильтр контрастный двойной с двумя разделительными промежутками и согласующим покрытием.**

Длина волны  $4304 \text{ \AA}$ , фиксированная

Рабочая температура  $\sim 30^\circ\text{C}$

Полуширина полосы  $10 \text{ \AA}$

Пропускание в максимуме 39 %

Пропускание на ширине  $\pm 10 \text{ \AA}$  4.5 %

Световой диаметр 46 мм

Спектральная кривая пропускания приведена на рис. 83.

## Технические характеристики отрезающего фильтра для G-фильтра

Спектральная область отрезания:

- синяя область дальний ультрафиолет
- красная область до 1.4 мкм,

Оптическая плотность  $\lambda 5800\text{\AA}$ -  $\lambda 14000\text{\AA}$   $D= 6.00$

Световой диаметр 46 мм

Спектральная кривая пропускания показана на рис. 84.

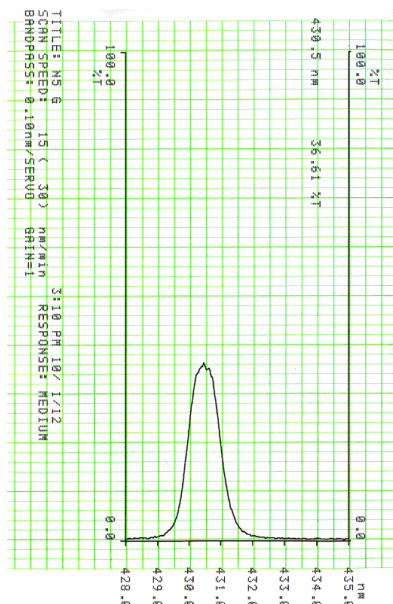


Рис. 83. Контур пропускания G-фильтра.

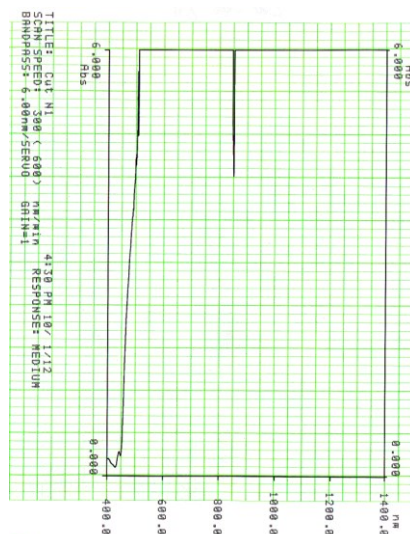


Рис. 84. Контур пропускания отрезающего ИФ.

Технические характеристики фильтра на континуум

(Фильтр контрастный двойной - с двумя разделительными промежутками и согласующим покрытием):

Длина волны  $4319\text{\AA}$ , фиксированная

Рабочая температура  $\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Полуширина полосы  $10\text{\AA}$

Пропускание в максимуме 49 %

Пропускание на ширине  $\pm 10\text{\AA}$  4.5 %

Световой диаметр 46 мм

Спектральная кривая пропускания показана на рис. 85.

Технические характеристики отрезающего фильтра на континуум:

Спектральная область отрезания:

- синяя область дальний ультрафиолет
- красная область до 1.4 мкм,

оптическая плотность в области  $\lambda$  5800–14000 Å  $D=6.00$

Световой диаметр 46 мм

Спектральная кривая пропускания показана на рис. 86.

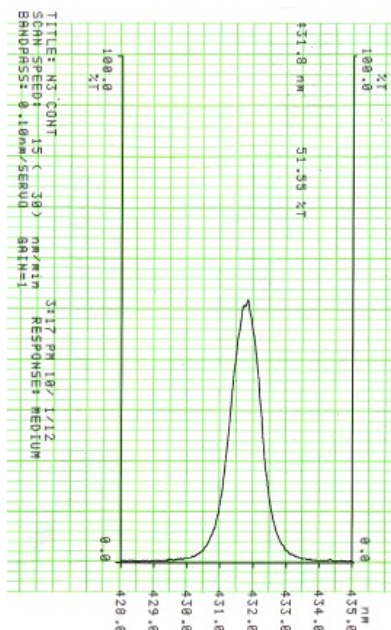


Рис. 85. Контур пропускания фильтра на континуум.

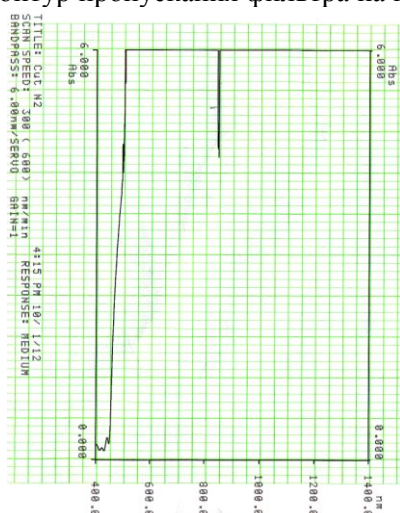


Рис. 86. Контур пропускания отрезающего ИФ на синий континуум для фильтра на синий континуум.

Все оптические поверхности стеклянных подложек фильтров оптически отполированы с высокой точностью, и подложки не имеют клина. Искажения волнового фронта пучка света, пропущенного фильтром, находятся в пределах  $0.25\lambda$ .

Фильтры установлены на БСВТ в туреле на оптической скамье у западного выходного иллюминатора. На солнечном спектрографе проведены испытания фильтров и исследование их оптико-физических характеристик в натуральных условиях.

## Разработка и изготовление гида-телескопа для получения изображений полного диска в линии $H\alpha$ для СОЛСИТ

Выполнен расчет оптической схемы хромосферного  $H\alpha$ -телескопа полного диска Солнца для установки параллельно солнечному синоптическому телескопу (СОЛСИТ) Байкальской астрофизической обсерватории (рис. 87).

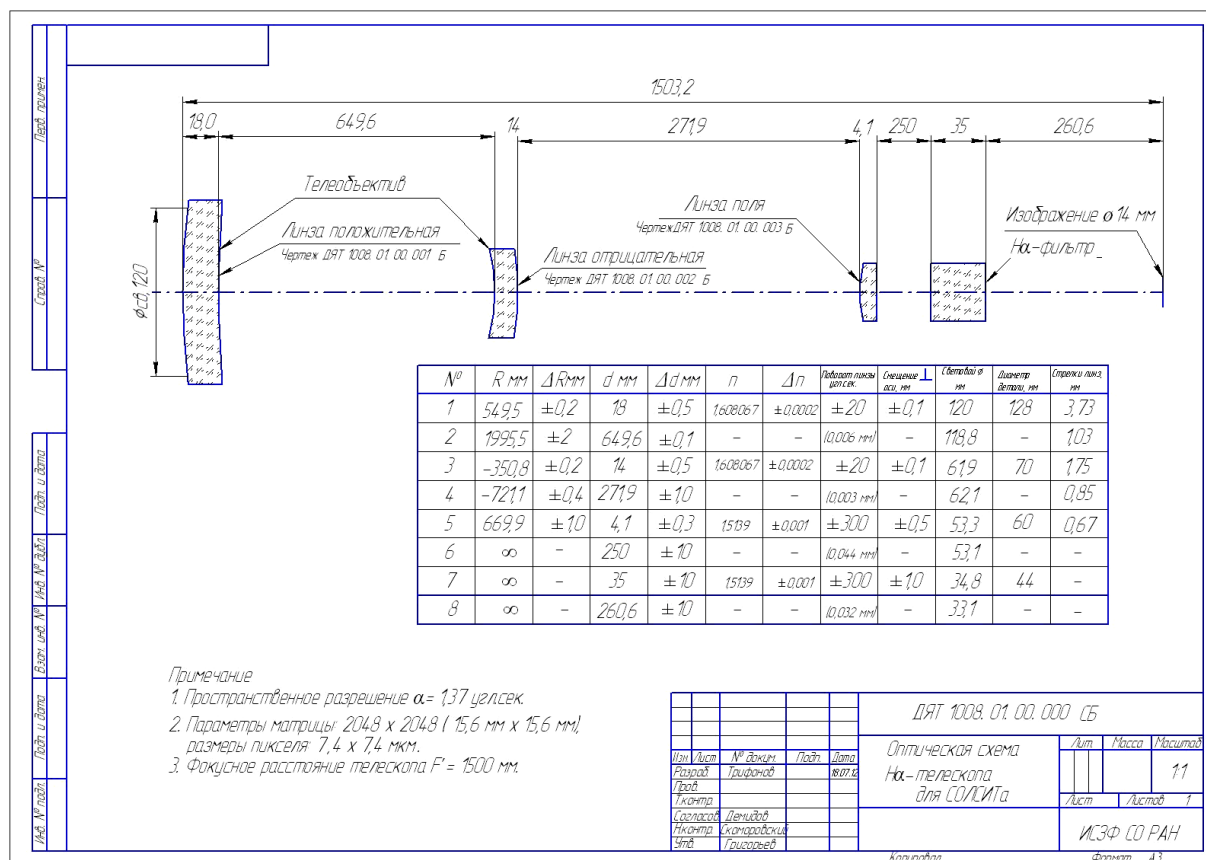


Рис. 87. Оптическая схема  $H\alpha$ -телескопа полного диска Солнца.

Телеобъектив, состоящий из положительной и отрицательной линзы, вместе с линзой поля строит изображение Солнца диаметром 14 мм на матрице (размер 15.6×15.6 мм) ПЗС-камеры. После линзы поля ход лучей – телецентрический, и каждая точка изображения формируется конусом сходящихся лучей, причем центральный луч каждого конуса проходит параллельно оптической оси и все конусы тождественны. Это позволит получать изображение одного спектрального состава по всему полю зрения. Интерференционный фильтр фирмы Day Star пропускает линию водорода  $H\alpha$  6562.8Å. Полоса пропускания фильтра – 0.38 Å.

В 2013 г. заканчивается изготовление оптики телескопа: двухлинзового телеобъектива и линзы поля.

## Разработка системы автоматизации управления БСВТ

Система автоматизации управления Большого солнечного вакуумного телескопа (БСВТ) Байкальской астрофизической обсерватории (БАО) была разработана и создана согласно техническому заданию (ТЗ) совместно с Институтом автоматики и электрометрии СО РАН. Система предназначена для осуществления автоматизированного и ручного управления оптико-механическими подсистемами БСВТ в процессе наблюдений Солнца, а также при наладочных и юстировочных работах.

В системе определены аппаратные и программные средства для обеспечения

автоматизированной работы ряда подсистем БСВТ, описанных в ТЗ. Общее представление о разрабатываемой системе можно получить по блок-схеме АСУ БСВТ (АЭ.1685.00.00.000 БС, рис. 88). Структурно выделяются следующие блоки:

- Помещение управления телескопом – рабочее место наблюдателя, где производится основное управление телескопом, работа с регистраторами излучения, а также проведение экспериментов с использованием изображения диска Солнца в основном фокусе.
- Помещение спектрографа – блок, включающий в себя работу с дифракционной решеткой, а также турелями для светофильтров. Блок «Вакуумная труба» состоит из приводов и датчиков диагонального зеркала и привода фокусировки объектива.
- Помещение координатометра и помещение вакуумной подсистемы включают себя соответственно приводы/датчики координатной системы и ряд приборов, обеспечивающих вакуумирование трубы телескопа.
- Блок «Верхняя площадка сидеростата» включает привода вращающейся и неподвижной частей сидеростата, а также различные датчики, необходимые для работы подсистемы.

Указанные блоки выделены по принципу физического местонахождения. Штриховой линией на этой же блок-схеме обозначены блоки, выделяемые по принципу организации каналов связи между элементами подсистем и подсистемами. При этом принималось во внимание их расположение в помещениях телескопа с тем расчетом, чтобы количество каналов связи было минимальным. Коммутация главным образом осуществляется через «Шкафы»: «Шкаф оператора» (АЭ.1685.01), «Шкаф координатометра» (АЭ.1685.02), «Шкаф вакуумный» (АЭ.1685.03), «Шкаф дифракционной решетки» (АЭ.1685.04), «Шкаф сидеростата» (АЭ.1685.05), «Шкаф термокомпенсации» (АЭ.1685.06). Для коммутации между шкафами используется GigaBit EtherNet (GBE), канал (TCP/UDP), а для взаимодействия с конечными устройствами как GBE, так и RS-422, GPIO, I2C и другие. Функция преобразования различных протоколов возложена на специализированные контроллеры ОРМА/МОХА (документ «Система команд БСВТ»).

Большая часть алгоритмов работы подсистем АСУ БСВТ реализуется программно и выполняется на ПК1 «Компьютер оператора БСВТ» серверной частью программного обеспечения (ПО) АСУ. Структура серверной части ПО АСУ отражает функционал подсистем АСУ и соответствующий набор исполнительных устройств. ПО подсистем АСУ абстрагировано от марок и моделей исполнительных устройств, а также каналов связи, через которые происходит управление ими. Ресурсоемкие операции по получению и обработке данных (спектров и изображений солнечного диска) выполняются на отдельном ПК2 «Компьютер базы данных спектров БСВТ PC Sabre». Пользователь отдает команды управления АСУ посредством графического интерфейса оператора («Описание графического интерфейса оператора АСУ БСВТ») с помощью ПК1 или ПК3 «Переносного пульта управления», подключенного к системе по радиоканалу связи WiFi.

В качестве исполнительных устройств – приводов – применяются двигатели производства Schneider Electric серии Motion Control. Время реакции привода не превышает 30 мс, тем самым удовлетворяется соответствующее требование ТЗ. Большинство подсистем АСУ использует встроенные в приводы энкодеры для отслеживания положения вала. Исключение составляет подсистема сидеростата, где установлен дифференциал как для приводов «Альфа», так и для приводов «Дельта» – в этом случае используются абсолютные энкодеры.

Блок подсистемы АСУ, отвечающий за вакуумирование трубы телескопа (документ «Вакуумная система БСВТ»), содержит датчики температуры, давления, привода вентиляторов, клапанов, а также нагревательные элементы. Алгоритмы работы системы описаны в документе «Блок-схемы вакуумной подсистемы». Большая их часть также реализуется программным обеспечением. Особенностью автоматизации вакуумного блока являются учет случаев аварийного отключения питания вакуумного паромасляного насоса во время его работы. Для того чтобы исключить попадание масляных паров из насоса в вакуумную трубу телескопа, предусмотрено аварийное закрытие вакуумной задвижки,

которая отсекает полость вакуумной трубы телескопа от вакуумного пространства насоса. Следует заметить, что электропитание в момент отключения насоса отсутствует. Автоматическое закрытие вакуумной задвижки с помощью пневмопривода, питающегося от аварийного баллона сжатого воздуха, происходит на аппаратном уровне, без участия программной части АСУ.

Созданный проект системы управления БСВТ учитывает особенности технического задания на АСУ БСВТ и нацелен на облегчение проведения экспериментов по изучению Солнца. Проектом предусмотрены ряд новых функций: удержание на щели спектрографа исследуемой области Солнца, сканирование участка солнечного диска щелью, а также автоматизация юстировок телескопа, ранее выполнявшихся вручную.

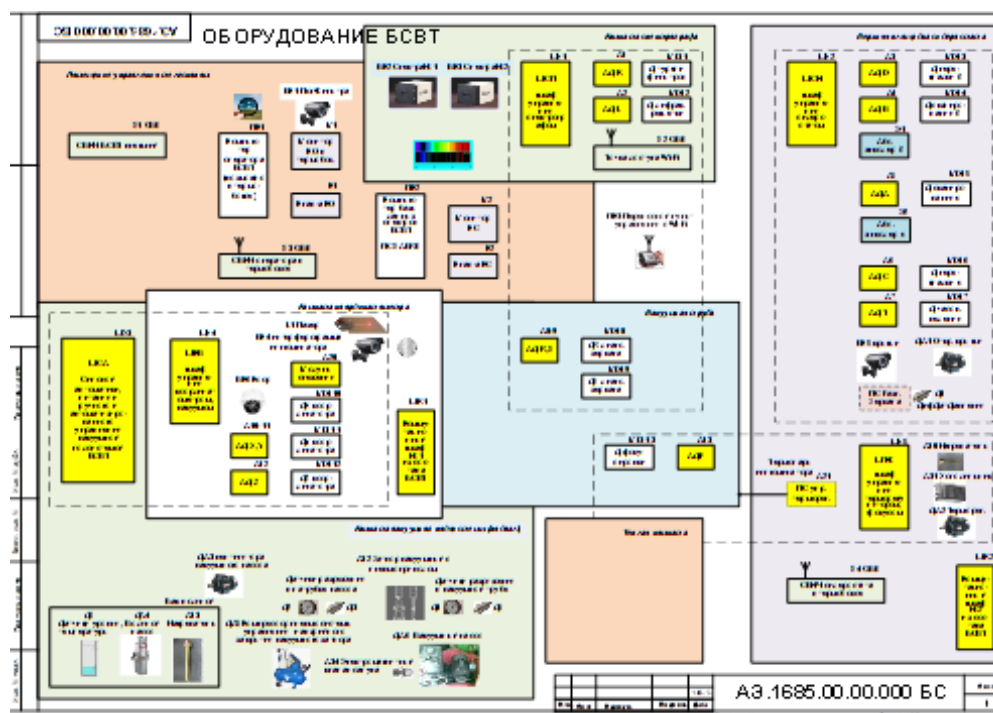


Рис. 88. Блок-схема АСУ БСВТ.

### Испытание макета установки ионно-лучевого напыления для получения однородных и стабильных интерференционных фильтров

Пленки окислов металлов, технология нанесения которых активно совершенствуется в последнее время, обладают высокой твердостью и износоустойчивостью. Ассистирование процесса нанесения пленок низкоэнергетическими ионами кислорода и аргона позволяет получить на подложке беспористые покрытия из высших окислов, обладающих малыми потерями света. В качестве ассистирующего источника ионов применен торцевой источник Холла. Компенсация пространственного и поверхностного заряда производится с помощью источника электронов с полым катодом.

На рис. 89 показан общий вид вакуумной камеры и подколпачного устройства. С помощью гидropодъемника (фото слева) можно поднять либо всю камеру, либо только ее крышку.

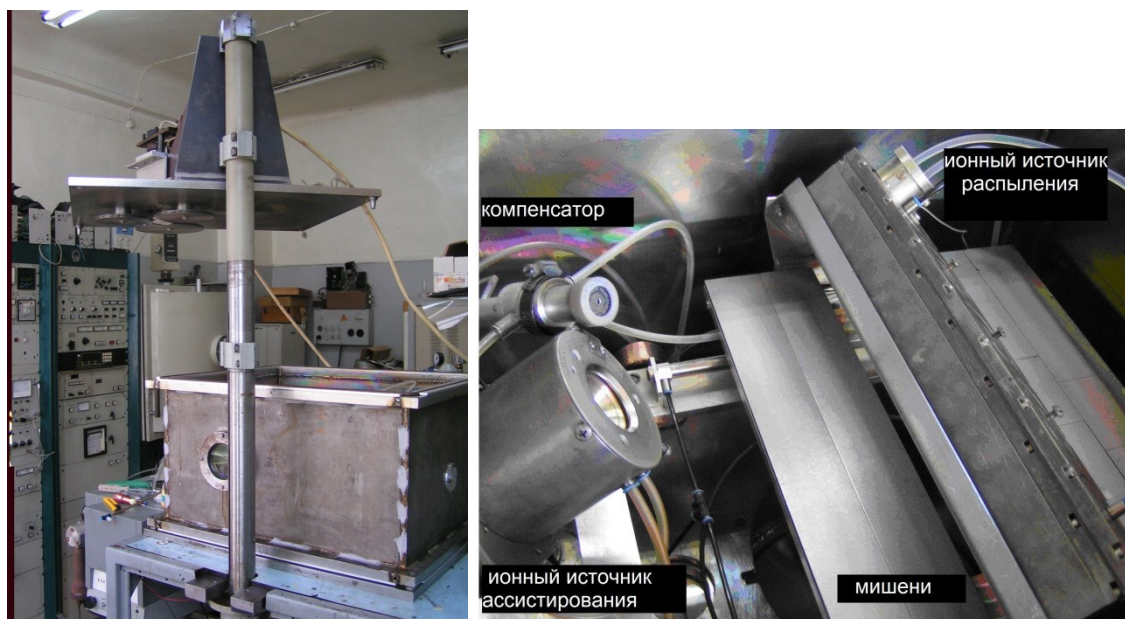


Рис. 89. Установка ионно-лучевого напыления.

На переднем плане (фото справа) расположен ионный источник ассистирования, за ним компенсатор – источник электронов с полым катодом. Справа ионный источник распыления – ионный источник с замкнутым дрейфом электронов и мишень. Ионный источник распыления (ИИР) совместно с мишенью может перемещаться относительно подложки для получения равномерных покрытий. Вращающаяся подложка – будущий фильтр располагается на крышке снизу (рис. 90).

Ионный источник распыления направляет пучок ионов аргона с энергией порядка 1 кэВ на одну из мишеней (кремниевую или ниобиевую). Энергии ионов достаточно для выбивания из материала мишени нейтральных атомов, которые устремляются к подложке и оседают на нее. На подложку направлен также пучок ионов кислорода из ассистирующего источника. Ионы кислорода взаимодействуют с атомами осажденного вещества и образуют высший окисел стехиометрического состава. Помимо этого, энергии ассистирующих ионов (около 100 эВ) оказывается достаточно, чтобы произвести перераспыление адсорбированных атомов в поры растущей пленки, что полностью уничтожает пористость конденсата. Поскольку подложка, на которую наносится пленка, диэлектрик, необходимо принять меры против накопления положительного заряда на ее поверхности. Эту функцию выполняет источник электронов с полым катодом, который направляет в пучок ионов поток низкоэнергетических (порядка десятка эВ) электронов, компенсирующий заряд ионного пучка.

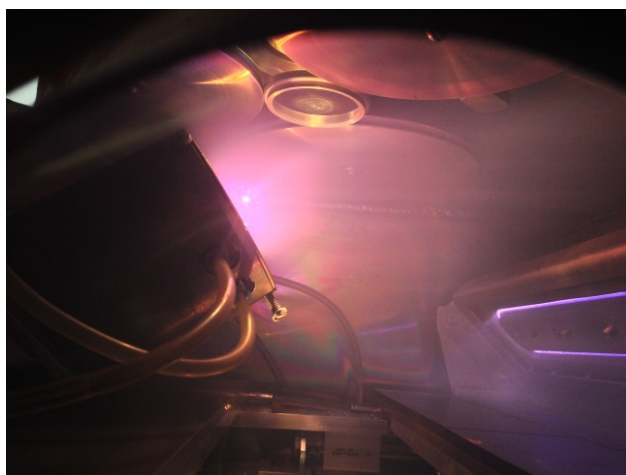


Рис. 90. Нанесение покрытий. Вид на подложку через иллюминатор.

### **Испытание ионного источника распыления ИМП-350**

Ионный источник распыления (ИИР) по конструкции относится к линейным источникам с анодным слоем. Источник должен излучать ионы аргона с энергией выше 1 кэВ и током до 0.25 А. При испытании ИИР снимались вольт-амперные характеристики при различном давлении в вакуумной камере (различный расход рабочего газа). Результаты испытаний показали, что увеличение расхода рабочего газа (давления в камере) приводит к увеличению крутизны вольт-амперной характеристики, что дает возможность увеличить ионный ток, и, следовательно, увеличить скорость нанесения пленки. Однако чрезмерное увеличение расхода газа ведет к неустойчивости разряда. Поэтому рабочее давление в камере не должно превышать  $2.5 \cdot 10^{-4}$  мм.рт.ст.

### **Испытания ионного источника ассистирования**

Ионный источник ассистирования (ИИА) по конструкции относится к источнику Холла с открытым торцом. ИИА должен обеспечивать расходящийся пучок ионов кислорода с энергией до 100 эВ и током до 2 А. Испытание ИИА проводилось с использованием источника питания АрЕ1-А-250. Снимались вольт-амперные характеристики разряда при различных расходах рабочего газа. Результаты испытания показали, что увеличение расхода рабочего газа, с одной стороны, ведет к увеличению зоны слаботоочного разряда, а с другой стороны, увеличивает крутизну вольт-амперной характеристики (ВАХ). Например, при расходе 10 н.мл/мин (нормальных миллилитров в минуту) ВАХ имеет практически линейный характер на всем рабочем интервале, а при расходе 20 н.мл/мин линейность начинается при 195 В, при этом крутизна значительно увеличилась. При промежуточных значениях расхода газа ВАХ имеют аналогичную форму. Графики зависимости ВАХ от расхода газа помогают выбрать режим работы ИИА при известном значении энергии ионов и плотности ионного тока.

### **Испытания компенсатора пространственного заряда**

Компенсатор пространственного заряда ИИА представляет собой источник электронов, работающий на принципе разряда в полой катод. Как правило, полый катод в этом случае представляет собой трубку диаметром 4–8 мм и длиной 60–100 мм, выполненную из тугоплавкого металла, имеющего низкую работу выхода электронов. Одним из таких металлов является тантал, температура плавления которого 3015 °С, а работа выхода 4.1 эВ. Испытание компенсатора проводилось с использованием источника питания АрЕ1-М-5PDC. Вольт-амперная характеристика разряда компенсатора при расходе  $Q = 12.5$  н.мл/мин показывает, что напряжение разряда падает с увеличением разрядного тока. Это объясняется понижением сопротивления разрядного промежутка с увеличением плотности носителей заряда (как электронов, так и ионов). Поскольку распыление катода компенсатора находится в прямой зависимости от падения напряжения на разряде, рекомендуется выбирать рабочий режим с большими токами. Найденны зависимости тока электронов и разрядного тока соответственно от величины расхода рабочего газа. Они имеют слабо выраженный характер и экстремум в области  $Q = 15$  н.мл/мин. Эта величина может быть рекомендована в качестве рабочей точки.

Проведенные испытания показали, что оба ионных источника и компенсатор пространственного заряда вполне работоспособны и обладают необходимыми характеристиками. Графики, полученные при испытаниях, позволяют выбрать необходимый режим нанесения покрытий.

### **Испытания макета зеркального коронографа**

Создаваемый в ИСЗФ зеркальный коронограф (ЗК) по оптической схеме в некоторых аспектах аналогичен телескопу СОЛСИТ (внеосевая конфигурация), но с гораздо более высокими требованиями к качеству поверхности главного зеркала (оно должно быть суперполированным). ЗК предназначен для решения таких научных задач, как определе-

ние глобального распределения ключевых параметров корональной плазмы (температуры, плотности, нетепловых скоростей и направления магнитного поля). Для этого необходимы спектрополяризметрические наблюдения в таких корональных линиях, как, например, 5303 Å. Серии внезатменных наблюдений позволят изучить временную последовательность динамических событий в короне, исследовать детально процессы, которые происходят в корональных выбросах массы, проанализировать условия, которые вызывают такие выбросы. Для решения этих задач необходимо получать одновременные спектрограммы корональных линий в диапазоне 0.4–1.5 мкм на угловых расстояниях 1.1–1.3 радиусов Солнца с привязкой по эфемеридам не хуже 10–20".

В отчетный период была разработана и создана ферма для крепления элементов ЗК в башне Саянской солнечной обсерватории (компьютерная модель фермы показана на рис. 91, левая панель), выполнена отработка приемов эксплуатации, выполнен большой объем работ по оснащению помещения наблюдателя, прокладке инфраструктуры. В итоге удалось выполнить тестовые наблюдения (рис. 91, правая панель), показавшие возможность решения поставленных задач.

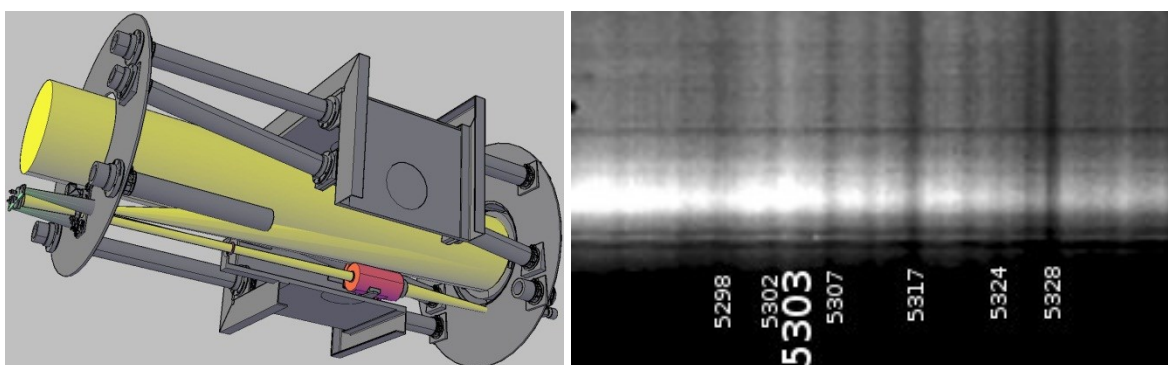


Рис. 91. Левая панель – компьютерная модель фермы зеркального магнитографа. Правая панель – первые результаты наблюдений корональной линии 5303 Å с экспериментальным макетом зеркального коронографа со сферическим зеркалом 122 мм. Спектрограф SBIG SGS, камера ST-8. Участок лимба вблизи экватора, угловое расстояние от лимба  $\geq 2'$ . Высота Солнца над горизонтом 25°.

#### **Публикации**

Чупраков С.А. Зеркальный коронограф Саянской солнечной обсерватории // Всероссийская конференция, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тезисы докл. С. 46.

### **Разработка и создание приборов для исследования солнечных магнитных полей на основе новых технологий в оптоэлектронике и вычислительной технике**

#### **Создание системы управления для поворота дифракционной решетки ИК-диапазона**

Для исследований солнечной атмосферы с помощью автоматизированного солнечного телескопа (АСТ) возникла необходимость расширить доступный для одновременных наблюдений спектральный диапазон. С этой целью был создан дополнительный спектрограф инфракрасного (ИК) диапазона. Некоторые этапы проведения эксперимента значительно усложнились, что сделало актуальной их автоматизацию с целью сокращения времени, требуемого для установки рабочей линии (спектрального диапазона).

Для регистрации некоторой длины волны (спектральной линии) и установки соответствующего рабочего диапазона ИК-спектрографа, как правило, производится расчет угла поворота решетки и определение набора светофильтров для устранения света, проникающего из других порядков решетки. Расчет угла поворота возможно произвести

по известным формулам, которые применимы для многих дифракционных решеток. Применяемые комплекты светофильтров могут иметь различные характеристики (полосы пропускания), а также различные геометрические размеры. В общем случае это несколько усложняет задачу автоматизации. На практике у наблюдателя имеется таблица, где ряду спектральных линий ставится в соответствие набор нужных светофильтров и отсчетов барабана для поворота дифракционной решетки. Установка угла поворота в целом осуществляется автоматически – с помощью шагового двигателя. Точность позиционирования изображения спектра определяется юстировкой положения фотоприемника, а также других оптических элементов спектрографа. Для светофильтров на АСТ предусмотрена специальная кассета, находящаяся за щелью спектрографа. Фильтры в кассету помещаются непосредственно наблюдателем. В будущем для автоматизации процесса смены фильтров планируется использовать специальную турель.

Функции полуавтоматической установки рабочего спектрального диапазона возложены на ряд подсистем автоматизированной системы управления (АСУ) АСТ, а также автоматизированной системы получения и обработки данных. В целом можно выделить две группы функций. Первая – управление углом поворота решетки в зависимости от текущей и заданной длин волн (спектральных диапазонов) некоторых порядков дифракционного максимума. Вторая – обеспечение различных калибровок, как общих, необходимых для работы системы в целом, так и специальных – для работы с различными регистраторами спектров, светофильтрами и др.

Информация о структуре телескопа хранится в программной части АСУ. Непосредственное управление решеткой осуществляет подсистема ИК-спектрографа (рис. 92). В частности, конфигурация задается моделью используемого привода, а также параметрами самой решетки: количеством штрихов на миллиметр и углом блеска. Общая калибровка системы состоит в определении концевых положений приводов, соответствия между отсчетами энкодера угла поворота решетки и фактическим положением нулевого порядка на датчике регистратора излучения (видеокамеры), а также угла поворота решетки  $\delta_0$  для известной длины волны (калибровочной спектральной линии) заданного порядка дифракционного максимума. Таким образом, расчет угла поворота решетки для нужных длины волны и порядка производится по отношению к углу для нулевого порядка с помощью следующих формул:

$$\alpha_0 = -\arcsin(m\lambda \sec(\delta_0) / 2d), \quad (1)$$

$$\phi = \pm \arccos(m\lambda \operatorname{cosec}(\delta_0) / 2d). \quad (2)$$

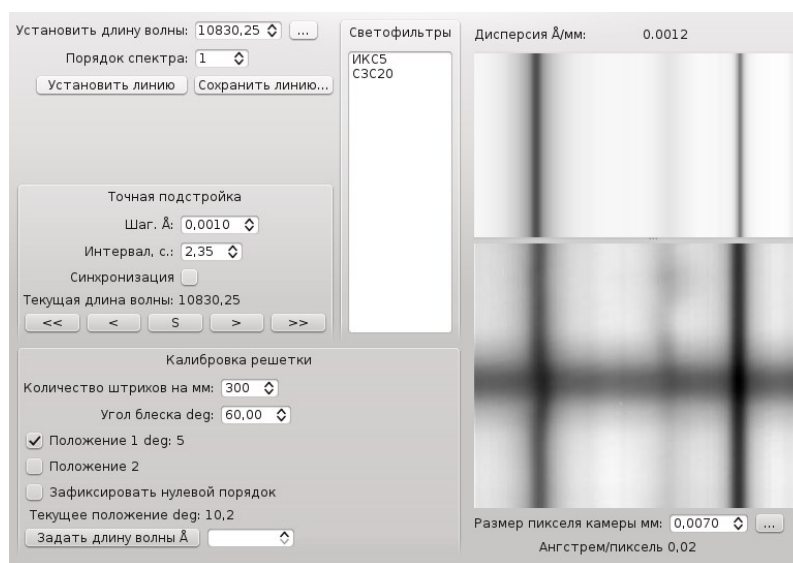


Рис. 92. Графический интерфейс АСУ АСТ «Подсистема ИК-спектрограф».

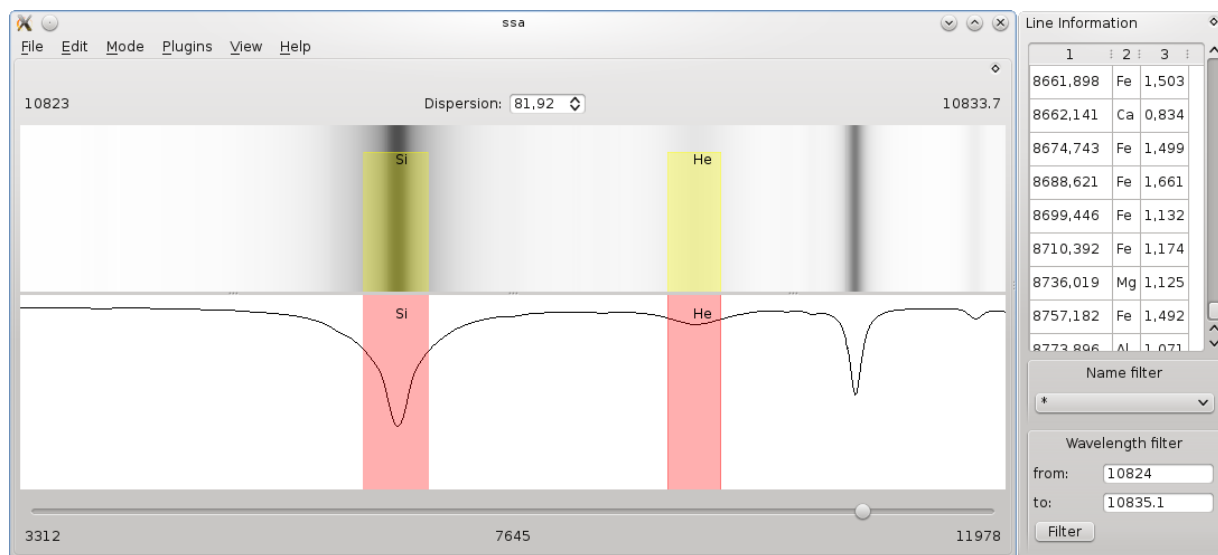


Рис. 93. Атлас солнечного спектра: изображение спектра, профиль спектра, каталог спектральных линий.

Рабочий спектральный диапазон устанавливается заданием длины волны в ангстремах или выбором имени спектральной линии из списка. Для упрощения процесса замены светофильтров в подсистеме АСУ предусмотрен соответствующий функционал. В терминах архитектуры АСУ последний реализуется с помощью устройства смены фильтров. На текущем этапе при отсутствии турели для наблюдателя отображаются имена фильтров, которые необходимо установить в кассету. Система выбирает из базы данных набор фильтров, наиболее подходящий для заданной длины волны. Имеется возможность изменить набор фильтров, а также добавить новый, если соответствующий диапазон длин волн отсутствует в базе.

На основе атласа солнечного спектра формируется список линий (рис. 93). Тем самым обеспечивается возможность сравнения текущего спектра с эталонным. Предусмотрено сохранение текущего изображения с камеры в качестве эталонного спектра. Таким образом, в результате работы были созданы подсистемы АСУ АСТ, обеспечивающие полуавтоматическую установку спектральной линии (рабочего диапазона ИК-спектрографа).

### Модернизация системы управления АСТ для работы с ИК-спектрографом

ИК-спектрограф АСТ создается как один из основных инструментов для наблюдения Солнца. Главным образом спектрограф будет использоваться для получения временных серий и пространственных сканов в спектральных линиях ближнего ИК-диапазона, в том числе с применением ИК-спектрополяриметра. Для проведения эксперимента и получения данных потребовалось создать подпрограммы АСУ для работы АСТ в режиме сканирования, а также в режиме получения длительных временных серий с неподвижным положением щели спектрографа. Основная задача состояла в обеспечении синхронизированной работы АСУ телескопа и автоматизированной системы получения и обработки данных (АСПОД) с регистраторами ИК-излучения, используемыми в спектрополяриметре. Поскольку характерные масштабы времени составляют порядка одной миллисекунды, то для синхронизации приходится использовать не только программные, но и аппаратные средства.

Программный способ синхронизации обеспечивается интерфейсом АСУ, который является единым средством взаимодействия со всеми системами телескопа. Его использование допустимо в режимах работы АСТ, где требования по времени выполнения задачи не являются жестко заданными. Там, где необходима синхронизация по времени с

точностью лучше, чем 30 мс, применяется аппаратная синхронизация. Для последней используется плата Advantech PCI-1751, а также специально разработанное устройство на основе ПЛИС Altera MAX II (рис. 94).

В простом случае процесс сканирования производится следующим образом. В начальный момент времени осуществляется наведение АСТ в начальную точку траектории скана. Затем начинается синхронизированная регистрация спектров в этой точке с помощью видеокамеры. Процесс повторяется для последующих точек траектории. При необходимости производится следующий скан. В упрощенном варианте отсутствуют требования к скорости выполнения задачи и к точности наведения телескопа в заданные координаты. Алгоритм работы представляется таким образом, что на определенном временном интервале состояния всех подсистем АСУ считаются детерминированными. В случаях, когда необходимо обеспечить максимальную точность синхронизации наведения телескопа, выполняемую АСУ, и начало или конец работы АСПОД, обязательным становится аппаратная синхронизация. При этом сканирование производится в одном из двух режимов: «ведомый» или «ведущий». Система при наведении в заданные координаты вырабатывает сигнал синхронизации и по окончании заданного периода наводит телескоп в следующую точку скана. При этом считается, что разность хода часов всех систем телескопа пренебрежимо мала. Такой режим сканирования называется ведущим. В случае, когда количество времени, необходимое для регистрации данных, становится известным только в ходе эксперимента, производится синхронизация АСУ от АСПОД (режим «ведомый»). АСПОД инициирует наведение в следующую точку, а АСУ, в свою очередь, производит уведомление других подсистем о выполнении задачи. Схема взаимодействия подсистем АСУ и АСПОД показана на рис. 95.

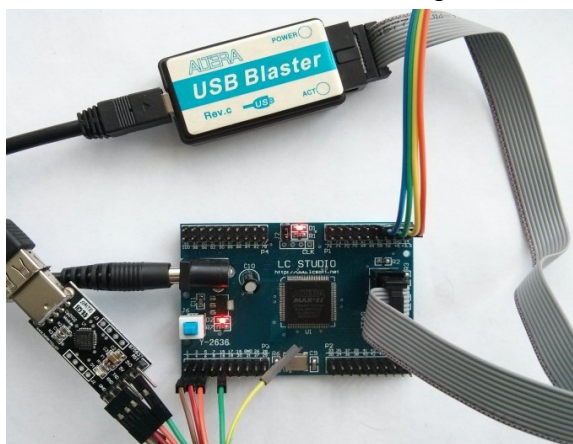


Рис. 94. Устройство аппаратной синхронизации на базе Altera MAX II Plus.

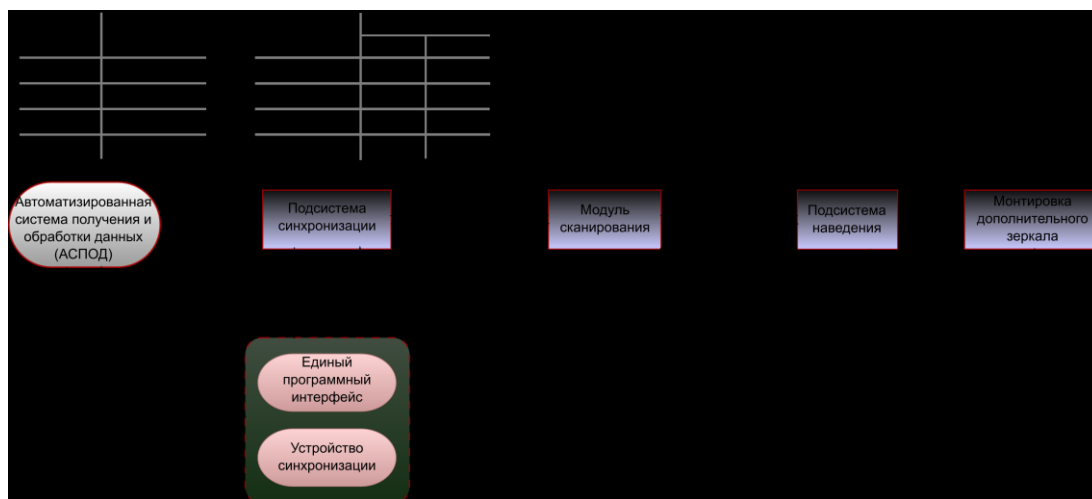


Рис. 95. Схема взаимодействия подсистем АСУ и системы регистрации данных при сканировании.

Режимы сканирования и синхронизации АСУ могут использоваться в различных комбинациях. Телескоп может сканировать как в режиме ведомого, так и ведущего с программной и аппаратной синхронизацией. При этом задается направление: одностороннее (проход по траектории с регистрацией данных и быстрый возврат в первую точку) или двухстороннее (проход и возврат в первую точку по траектории осуществляется с регистрацией данных). Задание и настройка режимов сканирования производится с помощью соответствующего модуля (рис. 96).

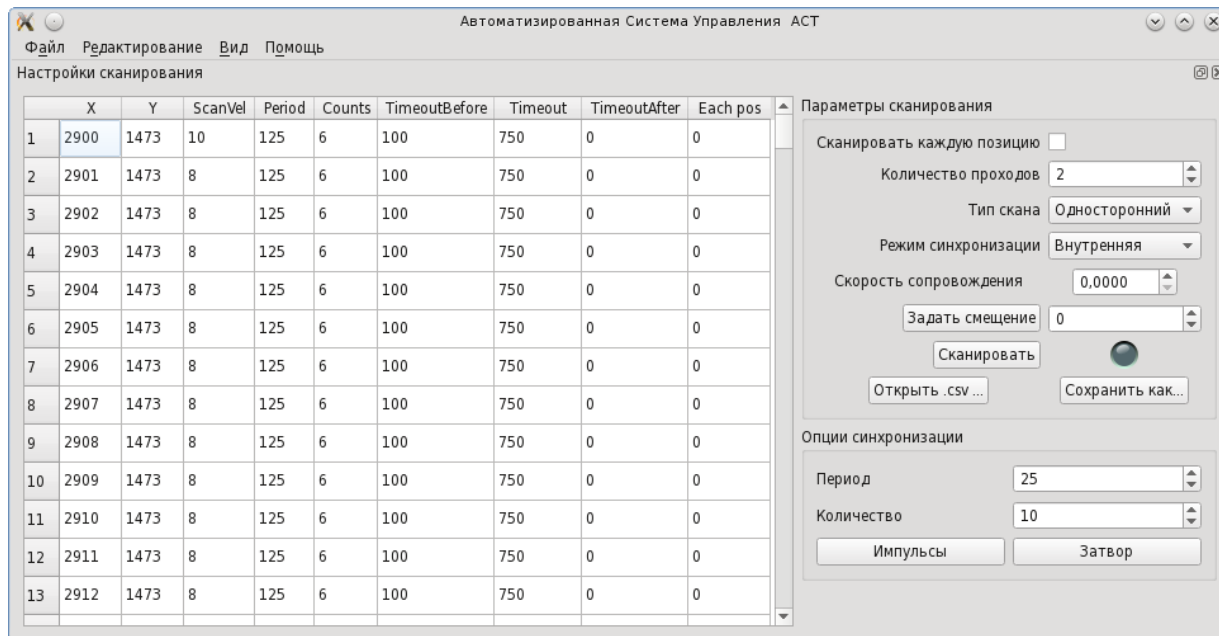


Рис. 96. Элемент графического интерфейса АСУ для настройки сканирования.

Архитектура системы управления позволяет реализовать различные режимы работы без изменений структуры программы. Для этого выделена отдельная подсистема, отвечающая за наведение телескопа. Она предоставляет не зависящий от ее реализации интерфейс, который используется программным модулем сканирования. Сам модуль также взаимодействует с подсистемой, отвечающей за аппаратную и программную синхронизацию. При этом его интерфейс, как и в случае с подсистемой наведения, не зависит ни от типа синхронизации (программная, аппаратная), ни от используемого при аппаратной синхронизации устройства. Модули выполняют с точки зрения алгоритма работы АСУ строго определенную роль – генерацию сигнала синхронизации. Поэтому изменения, связанные с устройством аппаратной синхронизации, никак не влияют на работу алгоритма сканирования. Таким образом, разработанные средства могут быть использованы как при работе с ИК-спектрографом, так и спектрографом видимого диапазона.

### **Создание многоволнового радиогелиографа на основе модернизации Сибирского солнечного телескопа и увеличение функциональных возможностей спектрополяриметров полного потока**

#### **Монтаж 96-антенной решетки многочастотного радиогелиографа диапазона 4–8 ГГц**

Монтаж антенн 96-антенного радиогелиографа подразумевает предварительный демонтаж антенн Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ). Конструкции антенн серьезно различаются. Антенны ССРТ – параболические рефлекторы системы Кассегрена, антенны гелиографа – однозеркальные прямофокусные параболические рефлекторы. Масса антенны гелиографа примерно 50 кг, а масса антенны ССРТ больше 150 кг. Антенны гелиографа можно монтировать вручную бригадой из трех человек. Основная проблема при демонтаже антенн ССРТ – снятие рефлектора с опорного круга. За время эксплуата-

ции антенн ССРТ (около 30 лет) материалы посадочного кольца рефлектора и опорного круга поворотного устройства практически срослись, а резьбовые соединения подверглись сильной коррозии. Поэтому потребовались дополнительные работы, предшествовавшие демонтажу, обеспечившие снятие рефлектора без разрушения креплений. Монтаж новых рефлекторов требует юстировочных работ, обеспечивающих точность сопровождения антеннами Солнца не хуже 1 угл. мин. Такие работы проводятся специалистами, однако требуется приведение всех юстировочных механизмов ССРТ в рабочее состояние. Это винты, обеспечивающие горизонтальные смещения поворотного устройства и винты, обеспечивающие его горизонтальность.

Содержание предварительных работ, предшествовавших демонтажу антенн ССРТ: освобождение от коррозии резьбовых соединений опорно-поворотного устройства и рефлектора; освобождение от коррозии соединения посадочного кольца рефлектора и опорного круга опорно-поворотного устройства; освобождение от коррозии юстировочных механизмов и их комплектация. Использовались смазка «Циатим-201» и проникающая смазка WD-40. При демонтаже антенн ССРТ были выполнены: демонтаж контррефлектора вместе с несущим конусом; демонтаж поляризационного модулятора; демонтаж верхнего вращающегося волноводного сочленения; демонтаж нижнего вращающегося волноводного сочленения; демонтаж рефлектора. Монтаж антенн 96-антенного радиогелиографа проводился согласно «Руководству по эксплуатации 180НПР.0054-200 РЭ», предоставленному изготовителем антенн радиогелиографа ОАО «НПО ПМ-Развитие».

Установлены следующие антенны (нумерация, принятая в РАО для ССРТ (табл. 5)).

Таблица 5.

| Западный луч<br>ССРТ | Восточный луч<br>ССРТ | Южный луч<br>ССРТ |
|----------------------|-----------------------|-------------------|
| 1                    | 128                   | 129               |
| 5                    | 124                   | 133               |
| 9                    | 120                   | 137               |
| 13                   | 116                   | 141               |
| 17                   | 112                   | 145               |
| 22                   | 107                   | 150               |
| 25                   | 104                   | 153               |
| 28                   | 101                   | 156               |
| 31                   | 98                    | 159               |
| 34                   | 95                    | 162               |
| 38                   | 91                    | 166               |
| 40                   | 89                    | 168               |
| 42                   | 87                    | 170               |
| 44                   | 85                    | 172               |
| 46                   | 83                    | 174               |
| 48                   | 81                    | 176               |
| 49                   | 80                    | 177               |
| 50                   | 79                    | 178               |
| 51                   | 78                    | 179               |
| 52                   | 77                    | 180               |

|    |    |     |
|----|----|-----|
| 53 | 76 | 181 |
| 54 | 75 | 182 |
| 55 | 74 | 183 |
| 56 | 73 | 184 |
| 57 | 72 | 185 |
| 58 | 71 | 186 |
| 59 | 70 | 187 |
| 60 | 69 | 188 |
| 61 | 68 | 189 |
| 62 | 67 | 190 |
| 63 | 66 | 191 |
| 64 | 65 | 192 |

### **Разработка цифровых измерителей спектра мощности для диапазонов частот 2–24 ГГц и 0.04–2 ГГц**

Разработка цифровых измерителей спектра мощности ведется по двум направлениям. Для диапазона 2–24 ГГц планируется мгновенная полоса частот 1 ГГц. Реализация этого требует применения скоростных систем сбора данных. В качестве такой системы выбрана и приобретена плата сбора данных фирмы Signatec (<http://www.signatec.com/products/dsp/real-time-fpga-dsp-pcie-digitizer-board-px1500-4-sp.html>), включающая скоростные АЦП (2 ГГц) и высокопроизводительный FPGA-чип Xilinx Virtex-V SX95T. Ресурсов данной платы достаточно, чтобы реализовать спектральный коррелятор в полосе частот 1 ГГц. Алгоритмы и технические решения спектрального коррелятора были опробованы при создании цифрового приемника для ССРТ. По результатам этой работы в 2012 г. Губиным А.В. была защищена кандидатская диссертация.

Для диапазона частот 0.04–2 ГГц предусмотрены два варианта анализа спектра мощности. Первый – свипирование с мгновенной полосой частот от 60 кГц до 10 МГц. Наименьшая полоса частот предназначена для поиска сигналов с линейной поляризацией. Второй вариант предусматривает свипирование с мгновенной полосой частот 50 МГц и с разбиением полосы частот на 100–1000 интервалов скользящим преобразованием Фурье. Цифровой измеритель спектра мощности реализуется на плате EPS260 фирмы Altera.

### **Регулярные наблюдения солнечной активности на ССРТ и на спектрополяриметрах диапазона 2–24 ГГц**

В 2013 г. были продолжены ежедневные, в течение светового дня, наблюдения микроволнового излучения Солнца на УСУ ССРТ на частоте 5.7 ГГц с пространственным разрешением до 15 угл. сек. Наблюдения на ССРТ были дополнены данными спектрополяриметров в уникально широком диапазоне принимаемых частот. Подготовлен к введению в режим эксплуатации цифровой спектрополяриметр метрового и дециметрового диапазонов.

Создан электронный архив наблюдений структуры микроволновых источников в диапазоне частот 4–8 ГГц. Создан электронный архив спектральных данных в диапазоне 2–24 ГГц. Усовершенствован доступ к архиву данных ССРТ (5.7 ГГц).

До начала монтажа 96-антенной решетки радиогелиографа на ССРТ проводились наблюдения в штатном режиме: получение двумерных изображений Солнца каждые 2–3 мин и двух одномерных изображений каждые 14 мс. Данные, полученные в двумерном режиме,

находятся в свободном доступе на <http://badary.iszf.irk.ru/ssrtDailyImages.php>, данные наблюдений быстропротекающих процессов представлены на <http://badary.iszf.irk.ru/Ftevents.php>.

После монтажа 96-антенной решетки наблюдения на ССРТ продолжаются как в двумерном, так и одномерном режимах с получением откликов только от активных областей. Отклик от спокойного Солнца получить нельзя из-за отсутствия антенн ССРТ на позициях, близких к центру решетки. Это не мешает наблюдению вспышек и быстропротекающих процессов. Привязка координат события дается относительно активной области, в которой они происходят.

#### **Публикации**

1. Kashapova L.K., Tokhchukova S.Kh., Zhdanov D.A., Bogod V.M., Rudenko G.V. The subsecond pulses during the August 10, 2011 flare by observations of RATAN-600 and the 4-8 GHz Siberian solar spectropolarimeter // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, Iss. 8. P. 1021–1024.

2. Губин А.В., Лесовой С.В. Цифровой корреляционный приемник ССРТ // *Вестник ИрГТУ*. № 1. Иркутск, 2012. ISSN 1814–3520 С. 132–137.

3. Zhdanov D.A., Kashapova L.K., Altyntsev A.T., Myshyakov I.I., Zandanov V.G. Microwave quasi-periodic radio pulsations in the 2012 March 08 solar flare // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 563–572.

4. Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Kashapova L. The 96-antenna multifrequency Siberian radioheliograph // *EGU General Assembly*. 7–12 April 2013, Vienna, Austria. id. EGU2013-1966.

5. Жданов Д.А., Лесовой С.В., Локализация источника тоновой структуры микроволнового всплеска по данным радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ и РАТАН-600 // *Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова: Тезисы докл.* 2013. С. 43.

6. Жданов Д.А., Занданов В.Г. Первые микроволновые спектральные наблюдения двух источников во время солнечной вспышки // *Международная байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом»*. Иркутск, 2013. С. 70–71.

7. Zhdanov D., Zandanov V. New observations of fine structures in microwaves with the 4–8 GHz spectropolarimeter and SSRT // *CESRA Workshop 2013*. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013 <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>

8. Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Gubin A.V. 96-antenna radioheliograph // *Workshop and School on Radio Sun*. 2013. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 13.

9. Ivanov E.F., Lesovoi S.V., Gubin A.V., Zhdanov D.A., The digital receiver for the multifrequency Siberian radioheliograph, *Workshop and School on Radio Sun*, 2013, Beijing, Inner Mongolia.

**Изучение астроклиматических характеристик и проблем улучшения качества изображений при разработке технических предложений для создания крупного солнечного телескопа**

**Исследования фоновых астроклиматических характеристик южных областей Восточно-Сибирского региона, имеющих высокую продолжительность солнечного сияния. Повышение точности оценки оптической неустойчивости атмосферы на заданных пунктах**

**Исследования астроклиматических характеристик и совершенствование методов оценки оптической неустойчивости земной атмосферы**

Анализ однородных длительных рядов качества телескопических изображений, полученных как в работах прежних лет (например, астроклиматической группы в г. Новосибирске), так и в ходе современных исследований, проводившихся в обсерваториях ESO (Параналь), Сан-Педро Мартин, Тейде и Майданак, позволил проверить разработанные

нами численные схемы оценки оптической нестабильности атмосферы по сетевым радиозондовым метеорологическим наблюдениям для отдельных слоев атмосферы. Были сделаны оценки нестабильности свободной атмосферы и пограничного слоя в зависимости от их термодинамической устойчивости. В табл. 6 показаны численные схемы расчета мелкомасштабных характеристик турбулентности, используемые для оценки оптической нестабильности атмосферы, в том числе в заданных пунктах.

Таблица 6.

|                                                                                                                     |                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Турбулентность свободной атмосферы                                                                                  | $A_l^2 = A_L^2 \exp(-3(\ln k_l - \ln k_L) - \frac{5}{3}(\ln k_l - \ln k_l))$                                                                                 |
| Турбулентность пограничного слоя при ясном небе и энергии синоптического максимума менее $2 \text{ м}^2/\text{с}^2$ |                                                                                                                                                              |
| Турбулентность пограничного слоя                                                                                    | $A_l^2 = A_L^2 \exp(-3(\ln k_{l_1} - \ln k_L) - \frac{5}{3}(\ln k_{l_2} - \ln k_{l_1}) + 1(\ln k_{l_3} - \ln k_{l_2}) - \frac{5}{3}(\ln k_l - \ln k_{l_3}))$ |

Результаты расчетов значений оптической нестабильности атмосферы (расчетный seeing), полученных нами по сетевым метеорологическим данным, в районе обсерватории ESO (Параналь) и измерений телескопического качества (измеренный seeing) в этот же период показаны на рис. 97. По оси абсцисс отложены значения измеренного seeing, по оси ординат – расчетного seeing.

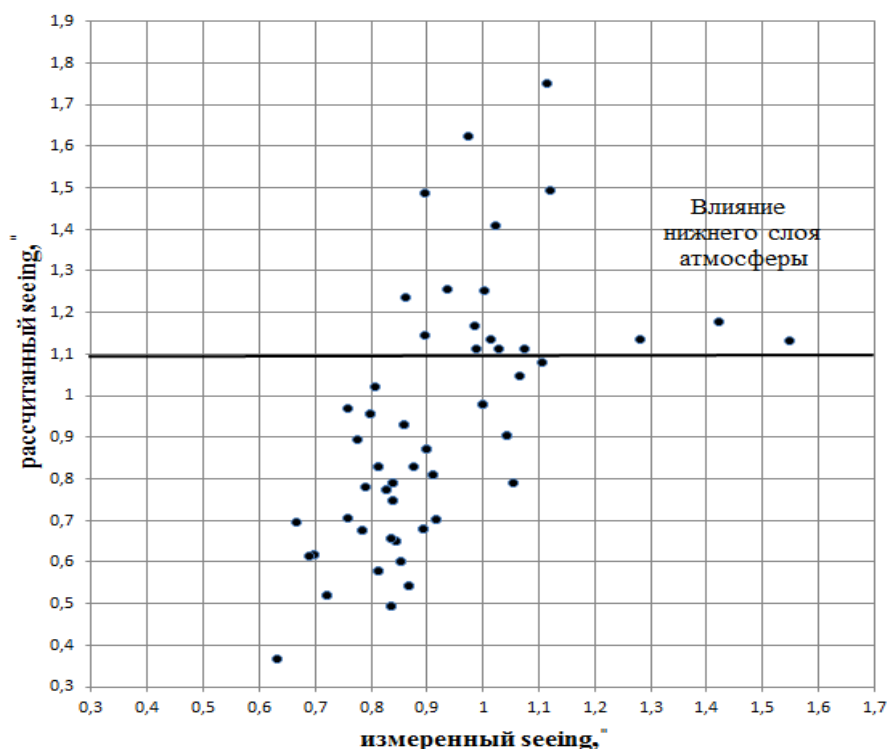


Рис. 97. Сравнение расчетного и наблюдаемого качества изображений в обсерватории ESO (Параналь).

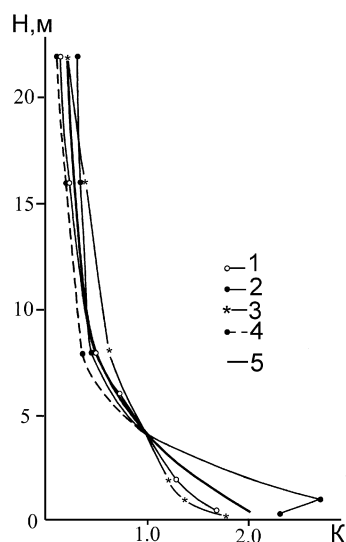


Рис. 98. Зависимость нормированной дисперсии пульсаций температуры  $K$  от высоты  $H$  над земной поверхностью на площадке Саянской солнечной обсерватории: 1 – средние значения по наблюдениям 23.07, 2 – 20.10, 3 – 2.11, 4 – 3.12.1974 г., 5 – средние значения по всем дням наблюдений.

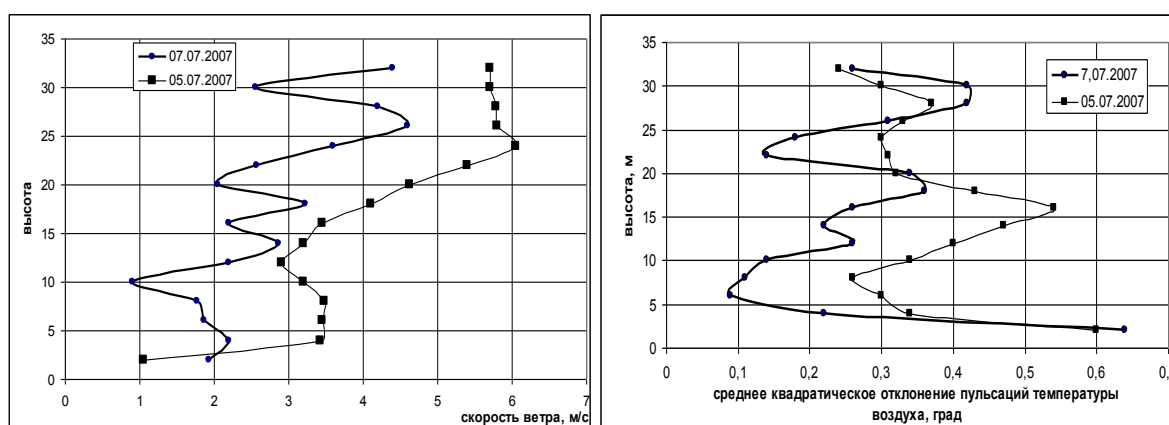


Рис. 99. Изменения с высотой скорости ветра (слева) и среднеквадратичного отклонения температуры воздуха (справа) на площадке Саянской солнечной обсерватории.

В результате сравнения выявлено влияние самого нижнего, наиболее турбулизированного слоя атмосферы, к которому спектральная модель оказалась не чувствительна. Дело в том, что наблюдения в ЕSO (Параналь) выполнялись регистратором, установленном на очень малой высоте (около 2 м) с наиболее развитой турбулентностью. На это обратили также внимание специалисты обсерватории.

### Вопросы оптимальной высоты установки зеркала крупного солнечного телескопа

Известно, что солнечные телескопы наземного базирования работают в условиях сильно турбулизированного нижнего слоя атмосферы. Естественно, что чувствительность к атмосферным оптическим неоднородностям растет с увеличением апертуры. Для 3-метрового телескопа с дифракционным разрешением  $\sim 0.04$  угл. сек требования к высоте установки приемной апертуры особенно высоки.

С этой точки зрения исследования вертикального распределения турбулентных неоднородностей показателя преломления воздуха представляют самостоятельный практический интерес. Ранние мачтовые исследования толщины возмущенного слоя показали, что затухание пульсаций температуры на 27 м уменьшается в ясный день в 2.5 раза. На рис. 98 показано относительное затухание дисперсии пульсаций температуры  $K$  с высотой на площадке Саянской солнечной обсерватории, где  $K$  – отношение величины дисперсии пульсаций температуры на фиксированной высоте к соответствующей величине на высоте 4 м. Данные показывают, что в летний и осенний периоды толщина турбулентного приземного

слоя меньше, чем зимой. На уровне 20 м пульсации температуры уменьшаются почти в четыре раза по сравнению с пульсациями на высоте 4 м.

В 2007 г. были выполнены аналогичные исследования на мачте высотой 32 м. Профили средних квадратических отклонений температуры и скорости ветра показаны на рис. 99. С использованием градиентных наблюдений температуры и скорости ветра в слое 0.5–32 м, а также методики определения  $C_n$  в приземном слое при условии хорошо развитой конвекции был оценен вклад приземного слоя от уровня 3 м в дрожание изображений Солнца, который достигает 40 % на высоте 16 м. На более высоких уровнях вклад снижается. С учетом выполненных исследований установку приемной апертуры солнечного телескопа большого диаметра нельзя располагать ниже 30 м.

#### **Возможности модернизации отдельных узлов опытного образца адаптивной оптической системы Большого солнечного вакуумного телескопа при синхронном проведении микрометеорологических и оптических наблюдений**

За отчетный период на Большом солнечном вакуумном телескопе (БСВТ) исследовано качество солнечного изображения, искаженного атмосферными помехами, и выявлены статистические характеристики его повторяемости, обусловленные особенностями места расположения и высоты приемной апертуры над подстилающей поверхностью. Эти данные были получены с помощью датчика волнового фронта (ВФ), в котором используется диафрагма Шака–Гартмана с количеством микролинз  $8 \times 8$  по полю зрения.

Регистрируемая датчиком гартманограмма (рис. 100) представляет собой матрицу изображений  $8 \times 8$  солнечного фрагмента. Искажения ВФ вызывают смещения изображений. На основе измеренных смещений вычисляют форму ВФ. Коррекция рабочего пучка света осуществляется с помощью биморфного управляемого зеркала.

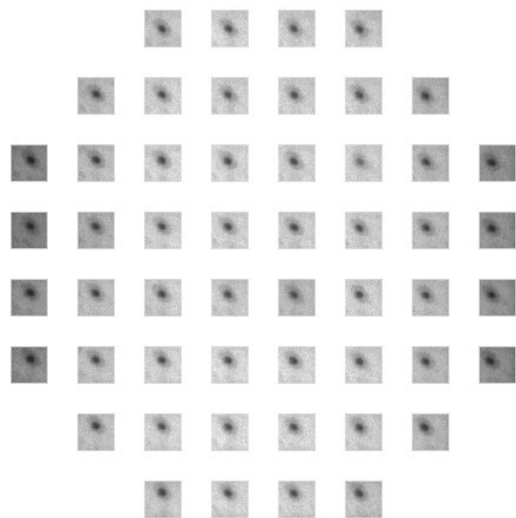


Рис. 100. Гартманограмма с датчика волнового фронта АОС БСВТ.

Для работы адаптивной системы с различными участками солнечного диска в датчике предусмотрена возможность выбора оптимального метода измерения смещений изображения в зависимости от его структуры и контраста. Устойчивой работы такого датчика в условиях низкого контраста грануляционной картины удалось добиться только в отдельные отрезки времени при контрасте выше одного процента. В штатном режиме такой датчик работает, если в его поле зрения находится хотя бы один контрастный элемент, например, пора, солнечное пятно или край солнечного изображения.

Датчик ВФ с использованием диафрагмы Шака–Гартмана не критичен к контрасту деталей изображения, но для его работы требуется дополнительный оптический канал, формирующий изображение.

### Исследования влияния астроклиматических помех в павильоне на работу АОС и на разрешающую способность БСВТ

Работа адаптивной оптической системы коррекции изображения в схеме солнечного телескопа подвержена внутренним оптическим помехам, возникающим в результате нагрева оптических элементов схемы. Исследования, выполненные с помощью акустического регистратора неоднородностей температуры на оптической скамье АОС, показали, что в отдельные длительные промежутки времени возникают ошибки при регистрации формы волнового фронта. На рис. 101 показано распределение температурных неоднородностей на оптической скамье АОС. Максимальные разности температуры достигают 0.02 кв. град. на один метр. Это показывает, что в дальнейшем целесообразно применять специальные меры для снижения контрастов температуры в пространстве работы АОС.

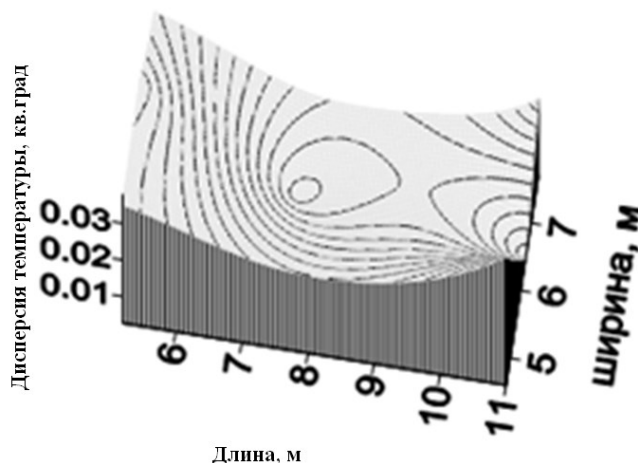


Рис. 101. Распределение температурных разностей на оптической скамье АОС (БСВТ).

### Влияние атмосферы на качество изображения в системе коррекции изображения на БСВТ

На рис. 102 показана эффективность работы АОС по коррекции фрагмента солнечного изображения. Участок кривой «без управления» показывает углы наклона волнового фронта на апертуре БСВТ без коррекции, соответственно, участок «с управлением» – с коррекцией.

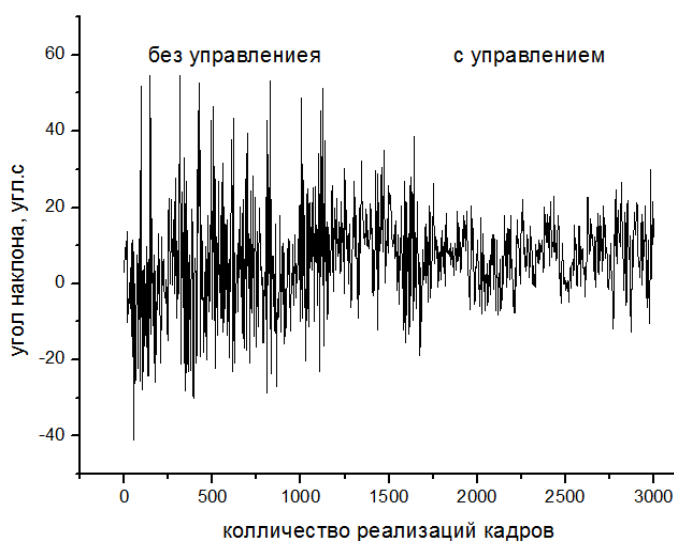


Рис. 102. Коррекция общих углов наклонов ВФ с помощью деформируемого зеркала DM2-100-31.

Анализ эффективности коррекции изображений показывает, что искажения ВФ, вызванные атмосферной турбулентностью, уменьшаются только в 2.5 раза. Это обстоятельство связано с тем, что атмосферная турбулентность искажает ВФ с частотой большей, чем частота работы зеркала. Остаточные некомпенсированные углы наклона ВФ приводят к возрастанию ошибки измерений аберраций волнового фронта и запаздыванию коррекции аберраций.

На рис. 103 показаны зависимости значений радиуса Фрида от времени, полученные из синхронных наблюдений: а) с помощью акустической метеостанции (треугольники) и б) на основе измерения датчиком волнового фронта угловых смещений изображений солнечного пятна, сформированных разнесенными в плоскости входного зрачка телескопа субапертурами (кружки).

Измерения проводились одновременно на 16 парах разнесенных субапертур. Оценивались среднее значение  $r_0$  из 16 измерений и стандартное отклонение от среднего. Размер субапертуры составляет 67.7 мм, длина единичной реализации (объем выборки) – 3000 кадров.

Значительное отличие значений радиуса Фрида, полученных с помощью акустической метеостанции вблизи зеркала сидеростата и путем прямых оптических измерений с помощью датчика ВФ (диафрагма Шака–Гартмана) может быть объяснено относительно высокими термическими градиентами на оптической скамье, на которой смонтирована АОС, и недостаточно тщательной юстировкой элементов АОС. Следует заметить, что представленные результаты получены в единичном эксперименте.

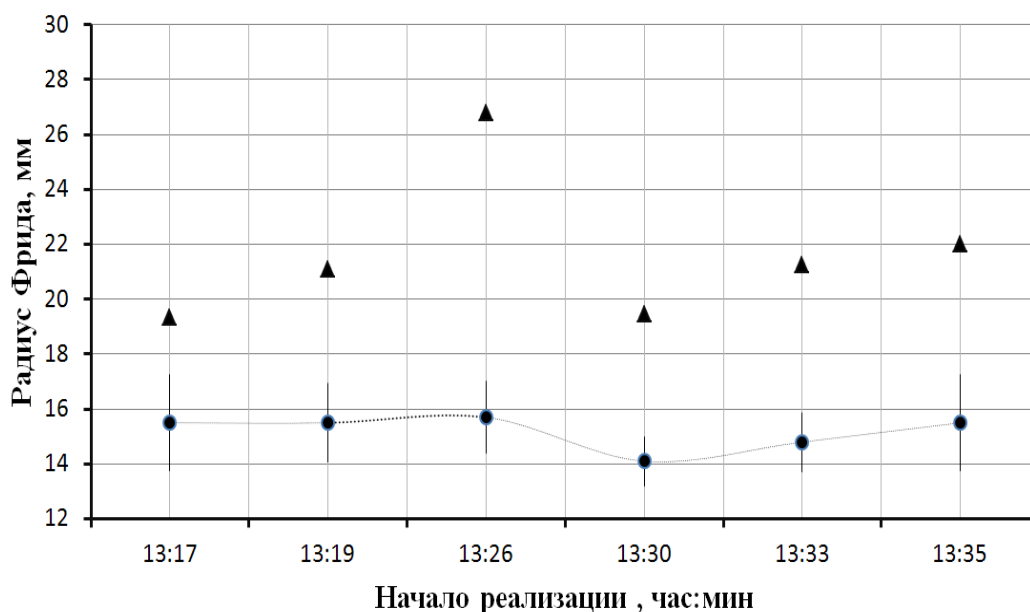


Рис. 103. Изменения радиуса Фрида в зависимости от времени наблюдений (БСВТ).

### Повышение точности оценки оптической нестабильности атмосферы на заданных пунктах

Для повышения точности оценки оптической нестабильности атмосферы на заданных пунктах необходимо совершенствование методики расчета характеристик атмосферных оптических искажений. Оно связано с углублением физического понимания процессов турбулизации атмосферных течений и построением более адекватных спектральных моделей, описывающих атмосферные неоднородности в широком диапазоне волновых чисел. Нами исследованы спектры в области атмосферной оптической турбулентности и найдены статистические метрики связи их интенсивности с неоднородностями крупных масштабов.

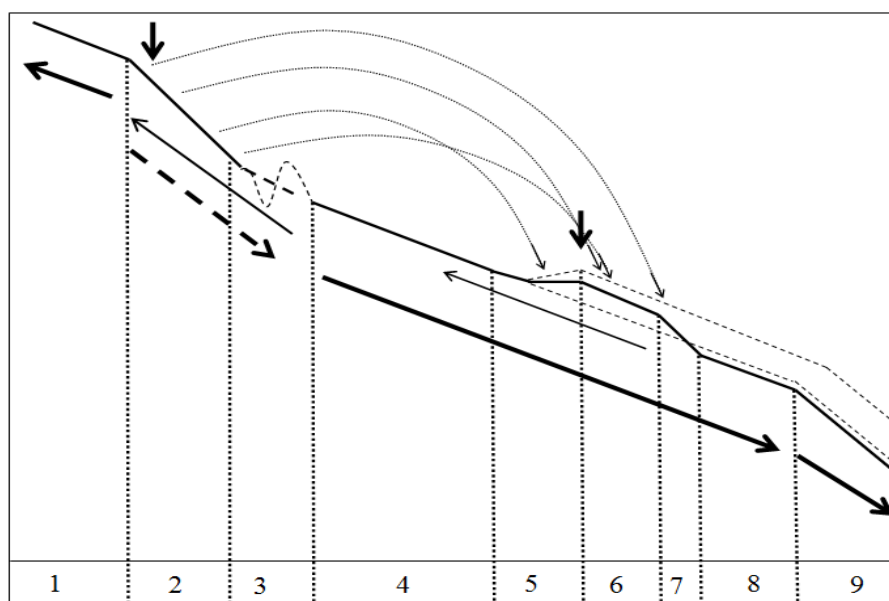


Рис. 104. Схема композитного спектра атмосферной турбулентности.

На рис. 104 представлены относительные соотношения спектральных плотностей энергии атмосферной турбулентности (ось ординат) для разных пространственных диапазонов (ось абсцисс).

Диапазон 1 соответствует области наиболее крупномасштабной атмосферной турбулентности. Энергия неоднородностей этого диапазона поддерживается обратным каскадом энергии из диапазона 2 (показано жирной стрелкой влево). Турбулентные атмосферные неоднородности диапазона 2 являются основным источником энергии всего пространственного спектра атмосферной турбулентности. Энергия турбулентности в этом диапазоне генерируется за счет механизма бароклинной неустойчивости. Диапазон 3 является областью разрушения макротурбулентных вихрей, основная энергия которых запасена в форме энтропии. Здесь энергия передается в сторону больших (тонкая стрелка) и малых неоднородностей (штриховая стрелка). Диапазон 4 – область так называемой мезометеорологической ямы. Жирной стрелкой показана прямая передача энергии за счет разрушения неоднородностей в диапазон 9. Диапазон 5 соответствует области потери устойчивости основного воздушного потока. В диапазоне 6 форма спектра определяется квазиравновесием между поступлением энергии в спектр (в том числе и минуя промежуточные масштабы – тонкие сферические стрелки) и потерей этой энергии на прямой и на обратный каскады. Диапазон 7 – область стока (притока) энергии в потенциал за счет работы против сил плавучести. Заметим, что диапазоны 6–8 в литературе часто называют областью оптической атмосферной турбулентности. Диапазон 8 – инерционный диапазон атмосферной турбулентности. Энергия атмосферной турбулентности в инерционный диапазон передается из диапазона 7 каскадным образом. В инерционном диапазоне передача энергии осуществляется в условиях отсутствия притока или оттока энергии. Диапазон 9 – диапазон вязкой диссипации. Точками околонулена область изменения формы спектра микрометеорологического диапазона. В этом интервале действие вязкости на турбулентные атмосферные неоднородности становится значительным. Турбулентная энергия в этот диапазон поступает из инерционного диапазона спектра и диссипирует в тепло.

Найденные физические связи генерации и передачи энергии внутри атмосферных течений позволили уточнить численные схемы расчетов характеристик неоднородностей показателя преломления оптически активного слоя атмосферы.

## Наблюдения на БСВТ с узкополосными фильтрами для солнечной томографии и совершенствование системы отбора изображений по заданным критериям

Для установки фильтров в канале БСВТ разработана оптическая скамья, в которую входят турель со светофильтрами и ПЗС-камера (рис. 105).

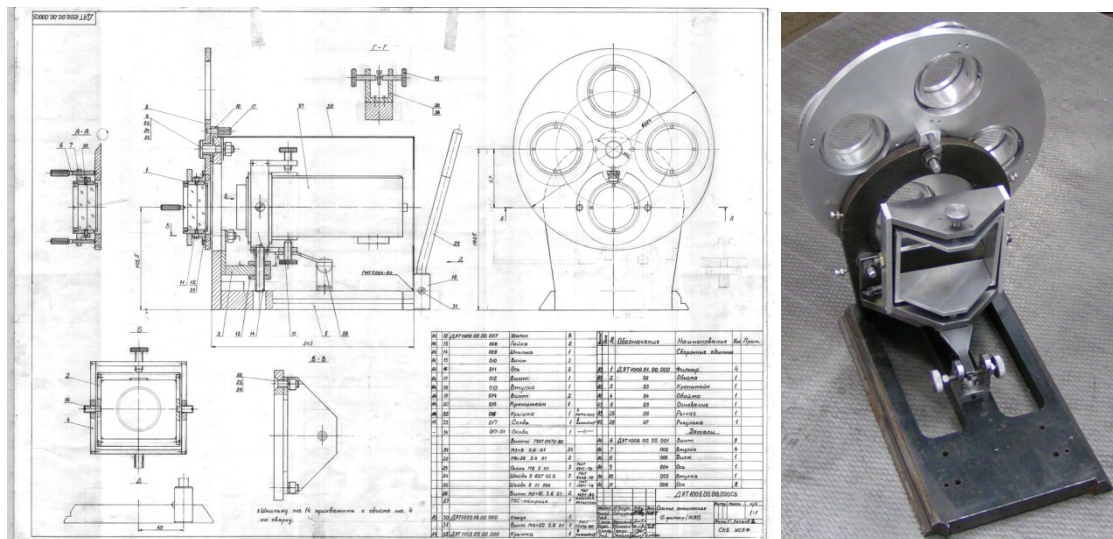


Рис. 105. Сборочный чертеж турели набора томографических фильтров и ПЗС-камеры (слева) и фотография его конструкция без камеры (справа).

G-фильтр, фильтры на синий и красный континуум установлены в три окна турели держателя. Четвертое окно турели свободно и служит для регистрации изображения участка солнечной поверхности без фильтра в белом свете. Каждый фильтр находится в оправе. Наклон к оптической оси оправы с фильтром может изменяться с помощью юстировочных винтов. Положение максимума пропускания фильтра и смещение полосы пропускания изменяют наклоном фильтра. Каждый фильтр для проведения серии съемок вводится и выводится по заданной программе наблюдений. Изображения регистрируются ПЗС-камерой. Сама камера имеет регулировки для установки ее по центру изображения параллельным переносом и регулировки для наклона. Изменением наклона камеры можно устранить влияние и наложение интерференционной картины на изображение Солнца. Интерференционная картина обычно возникает в тонкой плоскопараллельной оптической пластинке защитного окна матрицы.

Оптическая скамья с фильтрами располагается у западного выходного оптического люка иллюминатора со стороны двухкамерного спектрографа (рис. 106). В пучок света от оптического люка вводится полупрозрачное зеркало. Свет, проходящий зеркало, попадает в двухкамерный спектрограф. Стальные щечки щели сделаны зеркальными, и свет, отраженный от щечек, проходит через интерференционно-поляризационный  $H\alpha$ -фильтр, за которым на матрице второй ПЗС-камеры строится изображение Солнца в линии водорода.

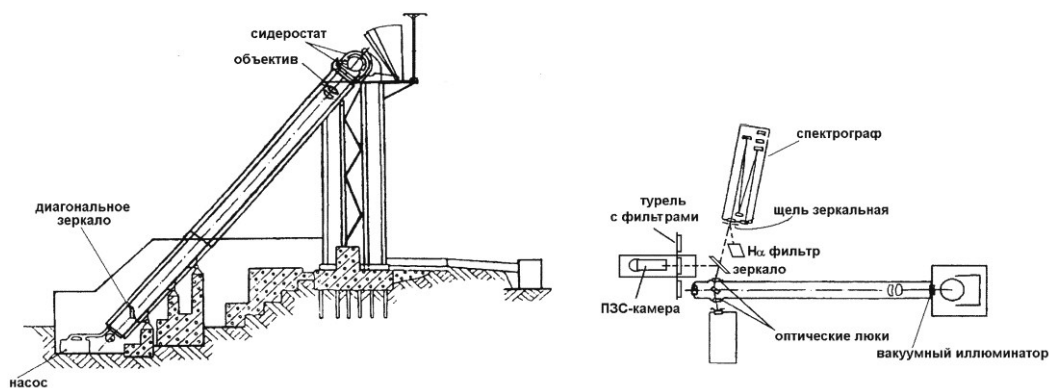


Рис. 106. Схема расположения оптической скамьи с турелью для интерференционных фильтров на УСУ БСВТ.

Свет, отраженный от полупрозрачного зеркала, проходит в турель с интерференционными фильтрами. Изображения регистрируются ПЗС-камерой PCO-2000 – 14-битовой охлаждаемой камерой высокого разрешения (рис. 107). Изображения накапливаются в самой камере, что позволяет вести быструю запись изображений со скоростью 160 Мбайт/с. Система имеет термоэлектрическое охлаждение до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  относительно окружающей среды, высокое разрешение ( $2048 \times 2048$  пикселей) и низкий уровень шума. Данные передаются на компьютер (рис. 107). Доступны выдержки от 5 мкс до нескольких дней. Эта цифровая камера идеально подходит для низкой освещенности, позволяя суммировать несколько экспозиций в одно изображение.

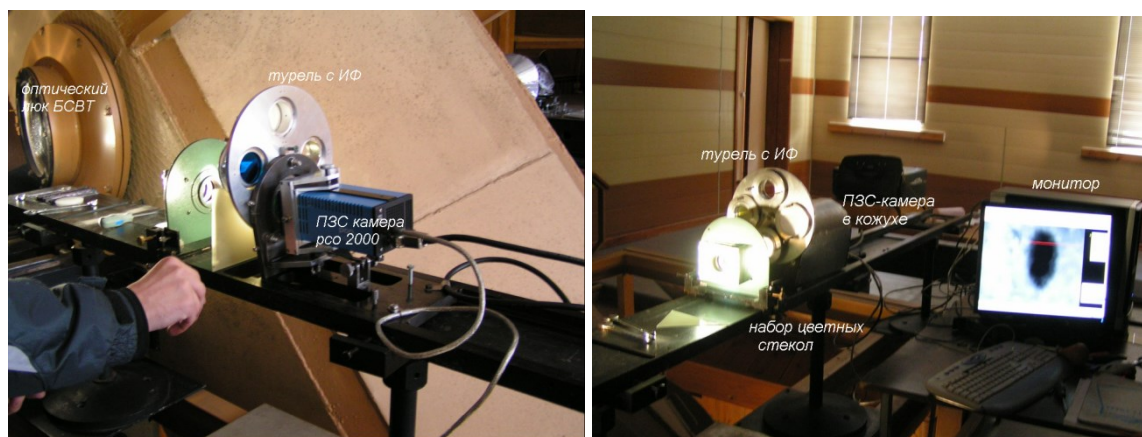


Рис. 107. Установка оптической скамьи с турелью для интерференционных томографических фильтров у выходного люка телескопа (слева), изображение солнечного пятна с G-фильтром на экране монитора (справа).

Применяемые времена экспозиции при регистрации изображений с монохроматическими фильтрами на БСВТ не превышают 3–5 мс. Это позволяет «заморозить» изображение и не накапливать атмосферные помехи. На рис. 108 показан тестовый снимок солнечного пятна. Размер одного пикселя камеры составляет  $7.4 \times 7.4\text{ мкм}$ , масштаб изображения в первичном фокусе БСВТ –  $0.005''$  в 1 мкм. Если считать, что для разрешения одного элемента изображения Солнца необходимо 3 пикселя, то разрешаемый элемент должен быть не меньше  $3 \times 7.4 = 22.2\text{ мкм}$  (рис. 108).

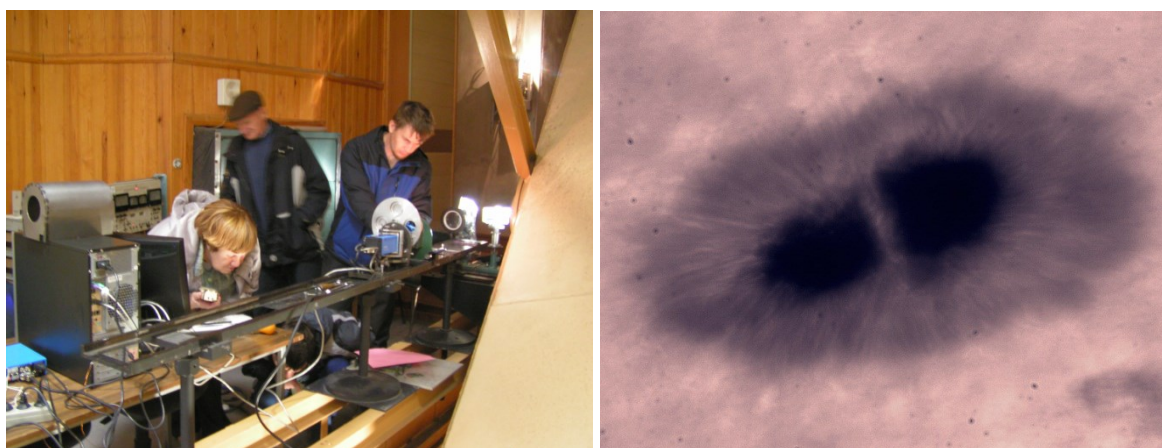


Рис. 108. Рабочий момент – настройка оптической скамьи и подготовка эксперимента с томографическими фильтрами (слева); прямая (без последующей обработки) фотография солнечного пятна, полученная с G-фильтром (справа).

В угловой мере в одном линейном измерении размер элемента должен быть не менее  $0.1''$ . Таким образом, эта матрица позволяет реализовать с запасом теоретическую разрешающую силу телескопа  $\sim 0.2''$ . За время эксперимента получена информация объемом 40 Гб – изображения спокойного участка солнечной поверхности и солнечного пятна на разных высотах атмосферы Солнца с монохроматическими фильтрами на синий и красный континуум и с G-фильтром. Совместно с Институтом оптики атмосферы СО РАН разработана система отбора солнечных изображений в апостериорном режиме. В системе используется три критерия отбора наиболее качественных изображений: контраст деталей, резкость деталей и параметр реального разрешения снимка. Исследование показало высокую эффективность этой системы при быстром отборе изображений по заданным параметрам. Кроме этого, в пробном режиме исследована динамика изменений качества изображения за определенный заданный промежуток времени. На рис. 109 показана спектральная плотность изменений разрешения по полю двух фрагментов солнечного изображения. Верхняя кривая соответствует верхнему фрагменту с лучшим качеством изображения, нижняя – нижнему фрагменту, с более низким качеством изображения. Под частотой здесь понимается линейный размер участка изображения.

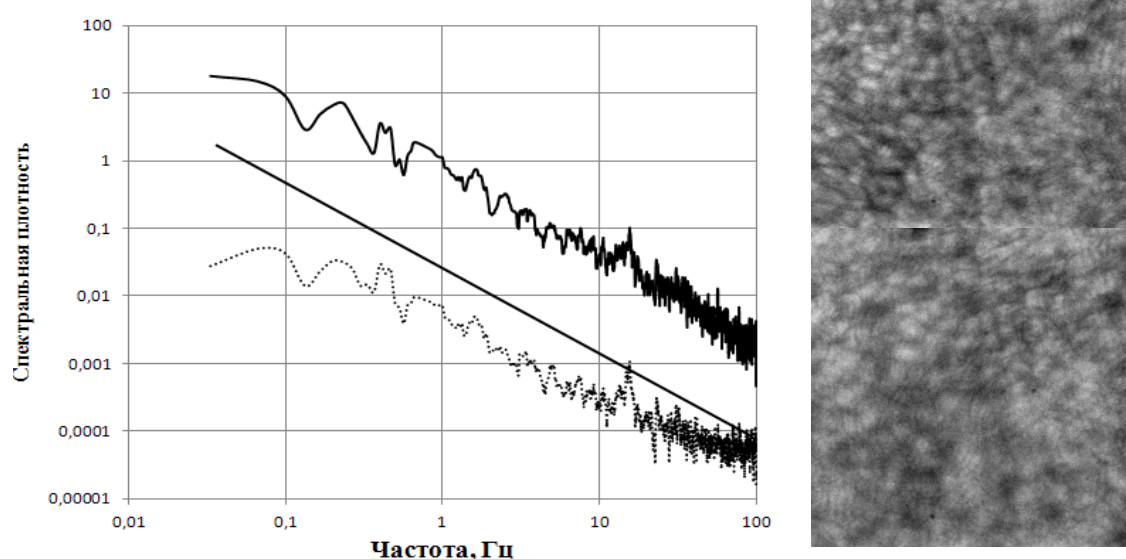


Рис. 109. Спектральная плотность (слева) изменений разрешения по полю двух фрагментов солнечного изображения (справа).

Система отбора, как показали испытания, требует более глубокой алгоритмической проработки, которую планируется выполнять в будущем.

#### **Публикации**

Заявка на изобретение: Домышев Г.Н., Ковadlo П.Г., Прошин В.А., Скоморовский В.И., Трифонов В.Д. Система разгрузки зеркала оптического телескопа. RU. 2012112608A. Приоритет от 30.10.2013.

**Разработка и создание специализированных систем наблюдения для решения широкого круга задач фундаментальной астрономии и прикладных задач контроля околоземного космического пространства**

**Разработка технологий автоматизированной юстировки астрономических телескопов с активным элементом на базе гексапода**

Для отработки методики автоматизированной юстировки использовалась схема контроля выпуклого гиперболического зеркала с контрольной сферой, известная как схема Хиндла. Такая схема в первом приближении хорошо имитирует работу гиперболического зеркала в двухзеркальной системе телескопа. Мнимый фокус гиперболического зеркала,

установленного на активном элементе (гексапode), совмещается с центром кривизны контрольного сферического зеркала (сферы Хиндла). Во втором действительном фокусе исследуемого гиперboloида помещается источник света и фотоприемное устройство. Для разделения падающего и проходящего пучков используется светоделитель.

После первоначального выставления схемы в фокальной плоскости наблюдается картина постоянной по полю комы децентрировки. Суть методики юстировки сводится к определению геометрических параметров внефокального изображения точечного источника (в схеме формируется с помощью микродиафрагмы), по которым определяется необходимые наклон или смещение выпуклого зеркала. Отработка наклона или смещения осуществляется с помощью гексапода, после чего вводятся корректирующие смещение или наклон для возврата изображения в центр поля. Этот процесс повторяется итерационно. Разработанная методика позволяет съюстировать систему (устранить постоянную по полю кому децентрировки) с точностью, при которой ошибка волнового фронта становится меньше дифракционного предела, составлявшего  $\rho \approx 7$  мкм.

С учетом искажений изображения, вызванных потоками воздуха, полученное изображение источника диаметром 20 мкм (диаметр микродиафрагмы) становилось симметричным менее чем за 100 итераций при начальном смещении оси гиперboloида до 14 мм и максимальном наклоне до  $5'$ .

### **Публикации**

Чупраков С.А. Юстировка двухзеркальных телескопов методом остаточного астигматизма // Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова, 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тезисы докл. С. 52.

### **Разработка элементов автоматизации систем управления телескопами астрокомплекса Саянской солнечной обсерватории, повышающих эффективность астрономических наблюдений**

Проблема увеличения точности наведения и сопровождения телескопа АЗТ-33ИК актуальна для решения ряда задач, требующих удержания объекта наблюдения вблизи определенного положения в поле зрения инструмента (измерения на щелевом спектрографе, матричном ИК-приемнике с малым полем зрения и т. д.). Указанная точность может быть повышена путем учета механических ошибок телескопа, таких как ошибки установки полярной оси, гнутия вилки и т. д. Применяемая методика включает в себя: 1) получение изображений произвольных площадок звездного неба на различных часовых углах и склонениях, приблизительно равномерно распределенных по верхней полусфере; 2) астрометрическую редукцию полученных изображений для определения координат их центров; 3) вычисление по полученным измерениям параметров механической модели телескопа. Полученные параметры модели затем используются в программе управления монтировкой телескопа.

Решающим фактором для увеличения точности определения параметров механической модели является количество измеренных площадок (до 1–2 тыс.). Для автоматизации процесса измерений был разработан комплект программ, обеспечивающий построение маршрута обхода неба и выполнение собственно наблюдений площадок. Программа *tpoint\_mkroute* предназначена для составления маршрута обхода неба. Программа учитывает особенности конструкции купола телескопа АЗТ-33ИК и обеспечивает оптимальный алгоритм обхода неба. Программа *tpoint\_aida* предназначена для выполнения наблюдений площадок в соответствии с маршрутом. Программа устанавливает сетевые подключения к службе *mvctl* управления монтировкой/куполом телескопа и программе *camclient* управления ПЗС-камерой. Программа последовательно выполняет наведение телескопа на все точки маршрута (при необходимости устанавливая купол на новый азимут) и в каждой точке выдает команду получения кадра на ПЗС-камере. По результатам испытаний программы время, затрачиваемое на получение одного кадра, в типичном случае составляет 49 с (включает время наведения телескопа, ожидание успокоения трубы, экспозицию 30 с). Таким образом, за 8 часов работы телескопа может быть получено порядка 500 кадров площадок.

*Работы по разделу 4.2 выполнены в рамках проекта П.16.3.3 «Методы и инструменты астрофизического эксперимента» программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», также в рамках решения вопросов реализации укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН»*

#### **4.3. Восстановление изображений Солнца с повышенным динамическим диапазоном, полученных на Сибирском солнечном радиотелескопе**

Наземные радиоастрономические наблюдения Солнца, существенно дополняя космические наблюдения, позволяют получать уникальную информацию о строении солнечной атмосферы и развитии в ней физических процессов. К настоящему времени накоплен уникальный архив радионаблюдений Солнца на частоте 5.7 ГГц в интенсивности и круговой поляризации, выполненных на Сибирском солнечном радиотелескопе (ССРТ).

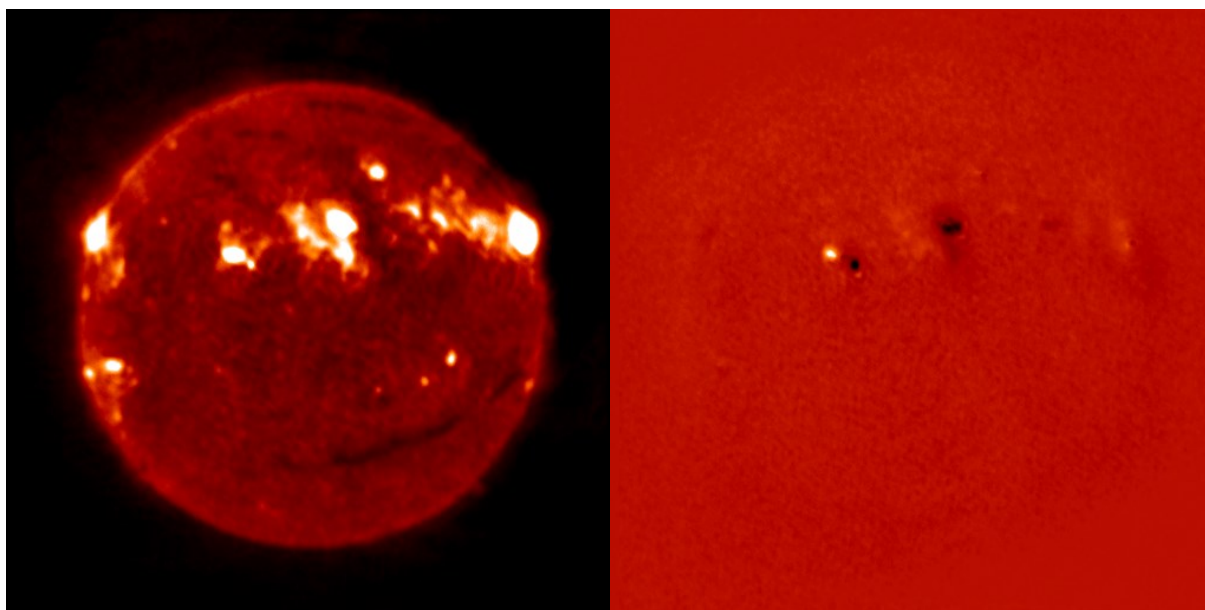


*Рис. 110. Изображения Солнца с высоким динамическим диапазоном на длине волны 5.2 см в интенсивности  $I$  и круговой поляризации  $V$ , полученные на ССРТ 11 мая 2011 г.*

Разработан новый метод построения и реконструкции радиоизображений, на его основе создана система полностью автоматической обработки первичных данных ССРТ и построения изображений. В результате получены радиокарты атмосферы Солнца с динамическим диапазоном  $\sim 30$  дБ и температурной чувствительностью  $\leq 500$  К на частоте 5.7 ГГц в интенсивности и поляризации (рис. 110). База данных новых радиокарт (<http://ssw.iszf.irk.ru>) охватывает десять лет наблюдений Солнца. Главным преимуществом новых радиоизображений в сравнении с имеющимся архивом ССРТ является их повышенный динамический диапазон. Благодаря этому новые радиокарты воспроизводят микроволновые источники, такие как волокна и протуберанцы, хромосферная сетка, яркие корональные точки, корональные дыры и другие (рис. 111). Это существенно расширяет круг физических задач, решаемых с использованием данных ССРТ.

Разработанный метод построения радиоизображений Солнца может быть использован для обработки и анализа данных как на многоволновом радиогелиографе нового поколения, создаваемом на базе ССРТ, так и на других радиоинтерферометрах.

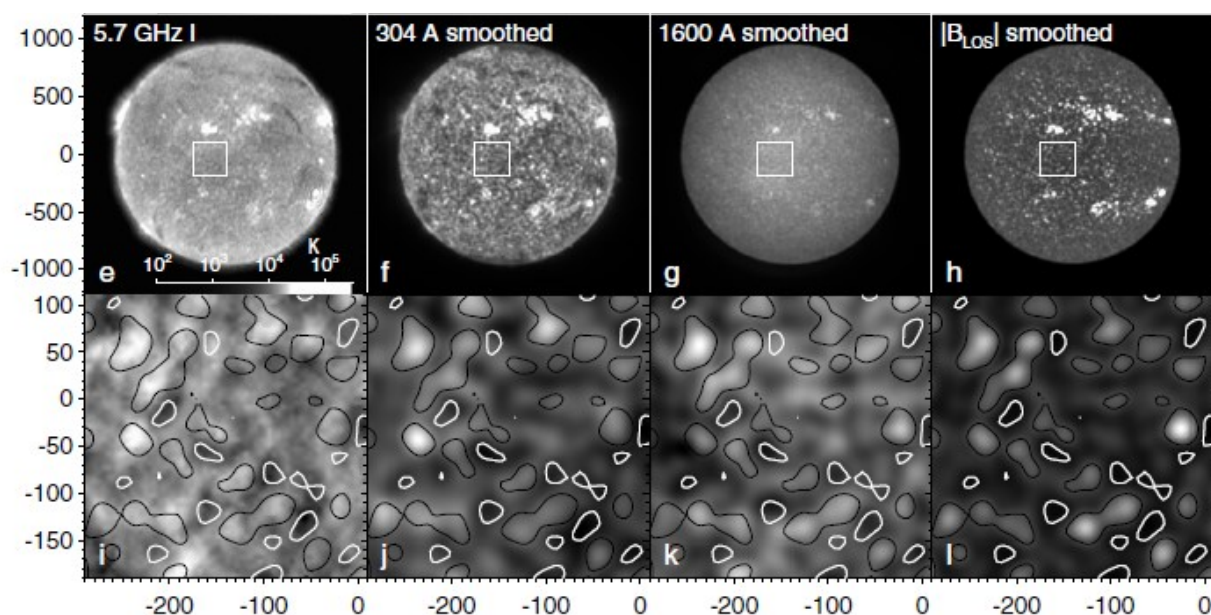


Рис. 111. Супергрануляционная сетка 7 июля 2010 г. в микроволновом излучении (ССРТ), крайнем ультрафиолете (SDO/AIA) и на магнитограмме (SDO/HMI). На нижних панелях показан увеличенный участок соответствующих изображений с нанесенной магнитной сеткой. Корреляция радиогрануляции с хромосферными супергрануляционными структурами составляет  $\sim 0.7$ .

#### Публикации

Kochanov A., Anfinogentov S., Prosovetsky D., Rudenko G., Grechnev V. Imaging of the solar atmosphere by the Siberian Solar Radio Telescope at 5.7 GHz with an enhanced dynamic range // Publ. Astron. Soc. Japan. 2013. V. 65. S19. e-Print: arXiv:1310.4250.

*Работа выполнена в рамках проекта II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1. «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», а также при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта 8407 и ГК № 14.518.11.7047 и в рамках грантов РФФИ № 12-02-00037, 12-02-33110, 12-02-31746.*

#### 4.4. Радиоастрономические наблюдения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР)

Пассивный режим работы ИРНР позволяет вести наблюдения за дискретными космическими радиоисточниками, проходящими через сектор обзора радара. Солнце доступно для наблюдений на ИРНР с мая по сентябрь. Временное разрешение регистрирующей системы ИРНР позволяет наблюдать такие быстрые события, как радиовсплески II типа, которые генерируются корональными выбросами массы. На рис. 112 (левая панель) приведено сравнение данных, полученных на ИРНР и в обсерватории Culgoora во время солнечной вспышки 7 июня 2011 г, сопровождавшейся мощным корональным выбросом массы типа гало. Наблюдается хорошее согласие полученных данных, за исключением поздней стадии вспышки. Сравнение с результатами экстраполяции расстояния коронального выброса от поверхности Солнца указывает на то, что различие наблюдалось после того, как выброс удалился на расстояние более двух радиусов. Это различие может возникать как следствие того, что описываемыми инструментами регистрируются радиоволны различной поляризации.

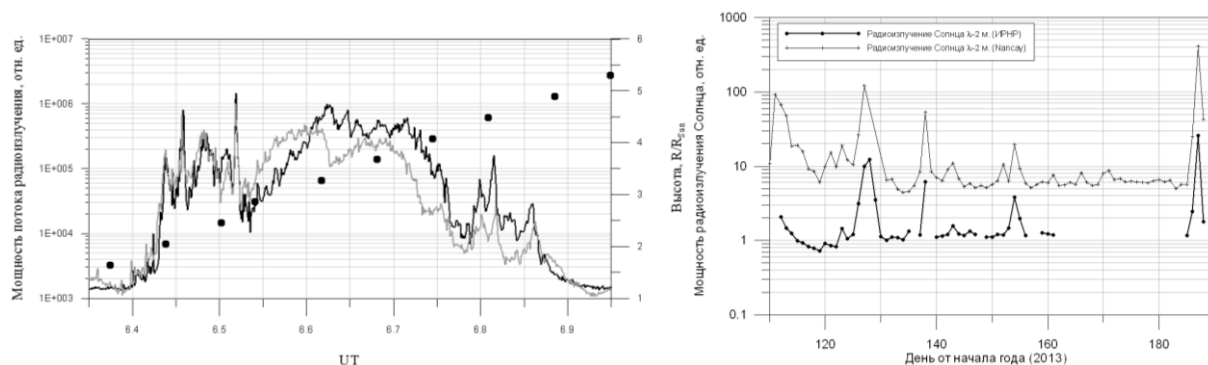


Рис. 112. Слева – динамика солнечной вспышки 06.07.2011 по данным ИРНР (серая кривая) и Culgoora (черная кривая). Точками обозначена высота выброса над поверхностью Солнца, полученная по результатам экстраполяции полиномом второго порядка (SOHO/LASCO HALO CME CATALOG); справа – вариации солнечного радиоизлучения в метровом диапазоне длин волн в апреле–июле 2013 г.

Результаты наблюдения потока солнечного радиоизлучения на ИРНР за 2013 г. приведены на рис. 112 (правая панель, черная кривая). Видно хорошее согласие поведения потока радиоизлучения с наблюдениями, выполненными на радиогелиографе Nansay (рис. 112, правая панель, серая кривая). Вариации потока связаны с возникновением шумовых радиобурь I-го типа, которые наблюдаются в диапазоне 50–300 МГц в виде повышения фонового радиоизлучения продолжительностью от нескольких часов до нескольких недель. Их связывают с плазменными волнами, которые возбуждаются потоками быстрых электронов, ускоренных ударными волнами в магнитном поле. Шумовые бури часто возникают без солнечных вспышек, а в тех случаях, когда они порождаются вспышками, длительность бури превосходит время жизни этих вспышек.

Следует отметить, что одновременно с Солнцем на ИРНР наблюдаются стабильные дискретные космические радиоисточники (Лебедь-А, Кассиопея-А и др.). Таким образом, ИРНР может выступать в качестве дополнительного устройства, расположенного в часовых поясах между +3 GMT и +9 GMT, для наблюдения потока солнечного радиоизлучения в метровом диапазоне длин волн (154–162 МГц) с абсолютной калибровкой в широком динамическом диапазоне.

Для успешного проведения исследований на ИРНР в течение 2013 г. был выполнен ряд работ по автоматизации алгоритмов селекции необходимого радиоисточника из всего записанного набора данных, разработан алгоритм фильтрации импульсных помех от сторонних радиопередающих средств. Начато создание базы данных солнечных вспышек, наблюдавшихся с 2011 по 2013 г. в метровом диапазоне длин волн.

### Публикации

1. Васильев Р.В., Кушнарев Д.С., Кашапова Л.К., Лебедев В.П., Медведев А.В., Неведимов Н.И., Ратовский К.Г. Первые результаты радионаблюдений солнца и мощных дискретных источников на иркутском радаре // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 11. С. 948–958.
2. Vasilyev R.V., Kushnarev D.S., Lebedev V.P., Medvedev A.V., Nevidimov N.I., Ratovsky K.G. Perspectives of usage of Irkutsk incoherent scatter radar (ISR) as an imaging riometer and radio-heliograph // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. doi 10.1016/j.jastp.2013.06.012.

*Работа выполнена в рамках проекта II.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства» программы фундаментальных исследований СО РАН II.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», а также в рамках программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики», грант РФФИ № 11-05-00979, ГК № 14.518.11.7065 и соглашения № 8388.*

#### 4.5. Пространственно-разнесенный комплекс геофизических инструментов

В 2013 г. в Азиатском регионе РФ введен в действие ряд новых установок, дополнивших и существенно расширивших возможности действующих геомагнитных, радиофизических, оптических инструментов. Вблизи г. Екатеринбурга развернут первый радар российского сегмента среднеширотных когерентных ионосферных радаров. В Байкальском регионе создана сеть непрерывно действующих наземных приемников GPS/ГЛОНАСС. Вблизи г. Норильска введен в эксплуатацию оптический комплекс для регистрации полярных сияний в высоких широтах. В Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН «Торы» (ГФО «Торы») установлена инфразвуковая станция. С вводом в действие новых установок в Азиатском регионе РФ сформирован пространственно-разнесенный комплекс геофизических инструментов (рис. 113, а), обеспечивающий мониторинг околоземного космического пространства, в том числе потенциально опасных явлений и объектов.

Благодаря непрерывной работе комплекса совместно с сетью сейсмических станций были зарегистрированы эффекты в геомагнитном поле, в атмосфере, ионосфере и литосфере Земли, сопровождавшие полет и взрыв Челябинского метеороида 15 февраля 2013 г.:

- шумовой всплеск в вариациях геомагнитного поля в диапазоне частот 0.2–5 Гц за 35 мин до взрыва метеороида, зарегистрированный по данным индукционных магнитометров в среднеширотных обсерваториях, рис. 113, б;
- инфразвуковой сигнал, принятый в ГФО «Торы» на расстоянии 2780 км к востоку от места взрыва, рис. 113, в;
- увеличение яркости ночного неба, наблюдавшееся в ГФО «Торы» в первые две ночи после падения метеороида, рис. 113, г;
- крупномасштабные волнообразные возмущения в максимуме электронной концентрации по данным ионозондов, рис. 113, д;
- короткоживущая крупномасштабная ионизованная область к северо-северо-востоку от ионосферного когерентного радара (рис. 113, е) и ионосферные неоднородности к югу от радара, двигавшиеся со скоростью ~450 м/с;
- возмущения полного электронного содержания по данным GPS, распространявшиеся радиально от точки взрыва метеороида, рис. 113, ж;
- короткопериодные сейсмические колебания на расстояниях 252–3204 км от места взрыва (данные ИЗК СО РАН), рис. 113, з.

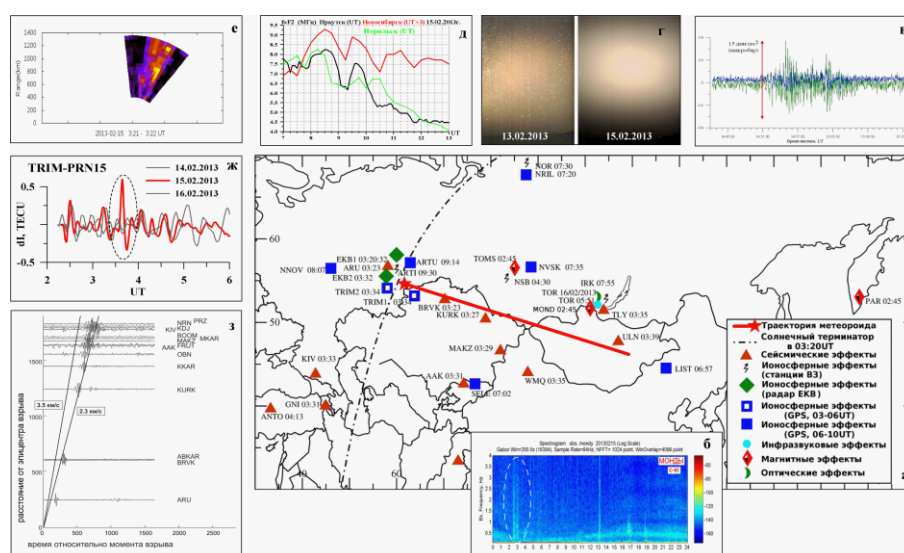


Рис. 113. Карта регистрации (а) и примеры (б–з) геофизических эффектов в Азиатском регионе, сопровождавших падение Челябинского метеороида: шумовой всплеск в геомагнитном поле (б); инфразвуковой сигнал (в); свечение ночного неба (г); колебания критической частоты слоя F2 ионосферы (д); короткоживущая ионизованная область (е); колебания ПЭС GPS (ж); сейсмические колебания (з). На карте показано место и время (UT) начала регистрации эффектов. Время взрыва метеороида 03:20:33 UT.

### Публикации

Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Доклады Академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 11 и в рамках решения вопросов реализации укрупненного инвестиционного проекта «Национальный гелиогеофизический комплекс РАН».*

## 5. РАБОТА ОБСЕРВАТОРИЙ ИСЗФ СО РАН

### 5.1. Байкальская астрофизическая обсерватория



Байкальская астрофизическая обсерватория (БАО) расположена в 70 км от Иркутска и оснащена единственным в России Большим солнечным вакуумным телескопом (БСВТ), входящим в перечень уникальных установок РФ № 01-29, и тремя хромосферными телескопами с интерференционно-поляризационными фильтрами на линии  $H\alpha$  и  $K\ CaII$ .

Основные задачи обсерватории – мониторинг солнечной активности и проблемно-ориентированные спектральные, спектрополя-

риметрические и фильтровые наблюдения нестационарных процессов в солнечной атмосфере с целью исследования механизмов их возникновения.

Наблюдения на инструментах обсерватории обеспечивают основные экспериментальные данные для решения научных задач, поставленных в проектах программы фундаментальных исследований СО РАН, программы Президиума РАН, в интеграционных проектах СО РАН, проектах РФФИ ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ на 2008–2015 гг.», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 г.».

В 2013 г. выполнены следующие оригинальные и регулярные программы наблюдений и экспериментальные работы.

1. На комплексе хромосферных телескопов выполнялись регулярные и проблемно-ориентированные наблюдения солнечной хромосферы в линиях  $H\alpha$  и  $K\ CaII$  с помощью узкополосных интерференционно-поляризационных фильтров и ПЗС-камер для выполнения исследований по проекту программы СО РАН «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца». Получено 749 фильтрограмм в линии  $K\ CaII$  за 87 дней наблюдений. Данные выставлены на сайте <ftp://ftp.iszf.irk.ru/calcium/>.

Регулярные наблюдения хромосферы в линии  $H\alpha$  составляют 27000 фильтрограмм полного диска Солнца за 62 дня наблюдений. Данные готовятся к публикации на сайте [ftp://ftp.iszf.irk.ru/h\\_alpha/](ftp://ftp.iszf.irk.ru/h_alpha/).

2. В рамках интеграционного проекта СО РАН и Монгольской АН «Комплексы активности в максимуме 24-го солнечного цикла» выполнены комплексные наблюдения солнечных вспышек в БАО и обсерватории Хурэл Тогоот исследовательского центра по геофизике и астрономии Монгольской АН. Получены наблюдения солнечных вспышек в линии  $H\alpha$  с временным разрешением 10 с 14–15 и 27 октября 2013 г. Объем полученного

материала – 900 фильтрограмм цифровых изображений. Пример показан на рис. 13 (п. 2.3 раздела 2, с. 46).

На солнечном телескопе оперативных прогнозов нового поколения СТОП 1 отработана методика измерений крупномасштабных магнитных полей на диске Солнца и получено 324 магнитограммы полного диска за 62 дня наблюдений (рис. 114).

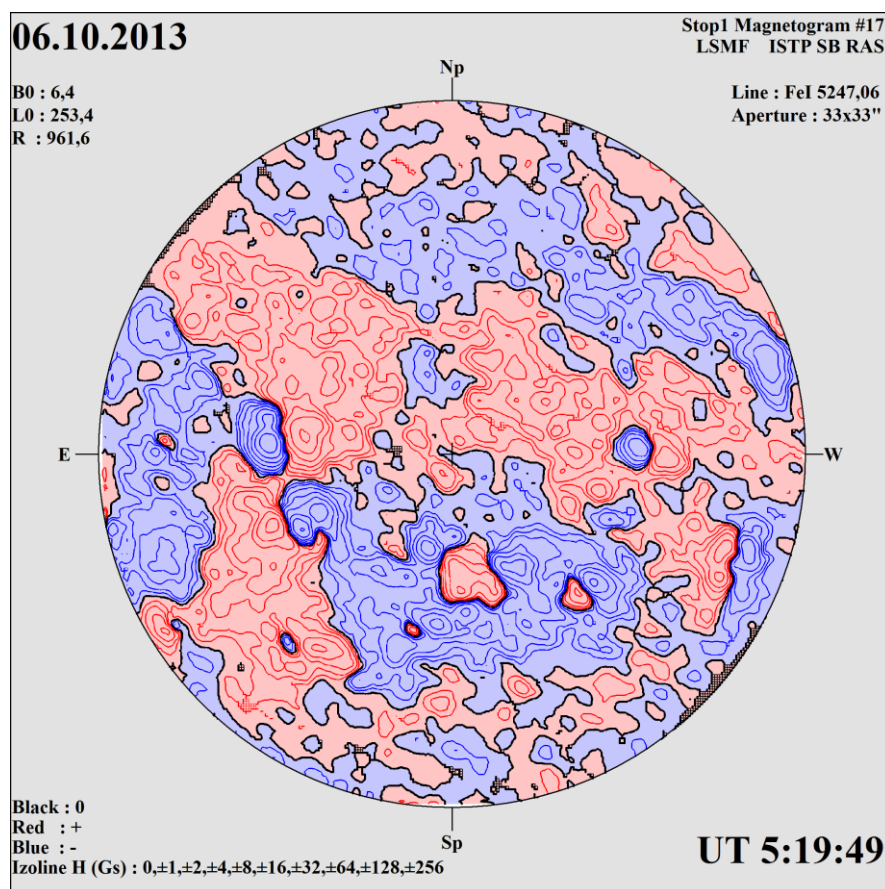


Рис. 114. Магнитограмма крупномасштабных магнитных полей.

На хромосферном телескопе в линии На установлена цифровая метеостанция для изучения влияния метеоусловий на качество изображения. Выполнен капитальный ремонт башни и павильона Большого солнечного вакуумного телескопа.

В обсерватории выполняли экспериментальные работы также другие институты Сибирского отделения РАН: Институт земной коры, Лимнологический институт и Институт оптики атмосферы.

Вместе с зарубежными учеными выполняются научные проекты и проводятся совместные наблюдения. В рамках Европейской организации солнечных обсерваторий (JOSO) осуществляется обмен данными, выполняются комплексные наблюдения Солнца по совместным программам.

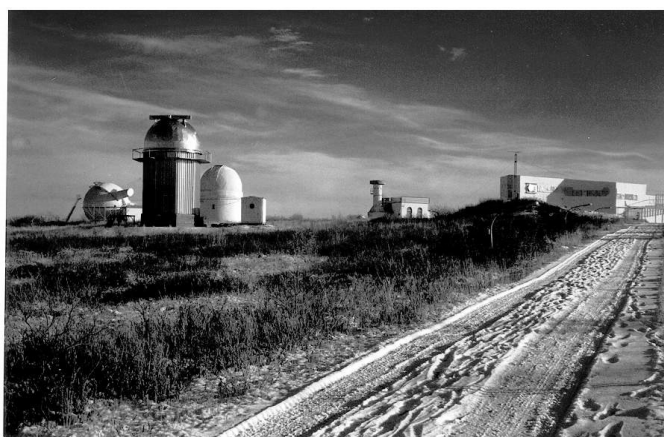
В БАО проходили практику семь студентов. Регулярно проводились экскурсии для школьников, студентов и населения Иркутской области.

В штате постоянного обслуживающего персонала обсерватории состоит 18 человек. Выполнение специальных и рутинных программ наблюдений осуществляет группа научных сотрудников, аспирантов и инженеров от 10 до 3 человек, включая дежурных наблюдателей.

*Работы выполнены в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН П.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» и гранта РФФИ № 11-02-00333-а.*

Результаты наблюдений использовались при выполнении проекта № 21.2 программы Президиума РАН № 21, проекта № 22.3 программы Президиума РАН № 22, интеграционного партнерского проекта СО РАН № 13, интеграционного проекта № 2 СО РАН совместного с Монгольской АН, соглашения № 8407 с Минобрнаукой в рамках ФЦП «Научно-педагогические кадры инновационной России», договора с Институтом прикладной геофизики № 2-10/ГФ/Н-1/2008 в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 годы», ГК № 16.518.11.7065 и 14.518.11.7047 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», двусторонних соглашений с УАФО ДВО РАН, ИОА СО РАН, ИЗК СО РАН, ЛИН СО РАН.

## 5.2. Саянская солнечная обсерватория



Саянская солнечная обсерватория (ССО) расположена на расстоянии около 300 км от Иркутска в Республике Бурятия.

Обсерватория является основной экспериментальной базой для выполнения программ наблюдений по солнечной физике, солнечно-земной физике и контролю космического пространства. Работы ведутся в круглосуточном режиме: в светлое время суток – наблюдения на солнечных оптических телескопах, в темное время суток – наблюдения астрофизических объектов, космических аппаратов и

космического мусора на звездных оптических телескопах.

В 2013 г. выполнены следующие программы наблюдений и экспериментальные работы:

1. На автоматизированном солнечном телескопе (АСТ) выполнены проблемно-ориентированные спектральные наблюдения различных солнечных образований в сильных хромосферных линиях ионизованного кальция CaII.

С целью сравнения поведения колебаний плазмы в хромосферных подножиях корональных дыр в четырех линиях CaII наблюдались изменения интенсивности излучения от центра к краю солнечного диска. На двухкамерном спектрографе АСТ получены 25 временных серий различной продолжительности (от 15 до 70 мин) на различных гелиоцентрических углах.

Проведены наблюдения вспышки 21.06.13 класса М 2.9. Спектрограммы, полученные в линии CaII, водорода и других элементов, дают возможность измерить кривые блеска в разных узлах вспышки в течение 70 мин начиная со времени 10 мин после начала вспышки на фазах увеличения интенсивности, максимальной интенсивности и спада. Всего получено около 300 кадров. Кроме того, получены временные серии спектрограмм в пятне активной области NOAA11777 до вспышки и через некоторое время после нее (около 500 кадров).

2. По проекту II.16.3.2 «Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере» (научные руководители – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев и д.ф.-м.н. Н.И. Кобанов) с апреля по октябрь выполнен большой объем наблюдений с целью наблюдений получения экспериментальных данных о характеристиках колебательно-волновых процессов в атмосфере солнечных пятен, факелов, корональных дыр (КД), спокойных областей и волокон. Чтобы получить информацию об этих процессах одновременно в разных слоях атмосферы, наблюдения выполнялись в широком диапазоне спектральных линий - от ультрафиолета до ближней ИК-области спектра. Получено 150 временных серий измерений со средней продолжительностью около полутора часов. Объем полученных данных представлен

в табл. 1 (с. 25), примеры спектрограмм на рис. 9 (с. 26).

3. На АСТ для изучения динамики движений плазмы и вариаций скорости в спокойных и активизированных волокнах в солнечной хромосфере получены экспериментальные данные: временные серии спектрограмм в области линии  $H_\beta$  и изображений на щели спектрографа с временным разрешением 10 с. Длительность временных серий от 1.5 до 4 ч. Общее время измерений около 19 ч. Полученные данные позволяют изучить спектры колебаний плазмы в различных волокнах.

4. По проекту П.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» (научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов) выполнены наблюдения распределения крупномасштабных магнитных полей по диску Солнца и измерений общего магнитного поля Солнца как звезды. Получено 54 магнитограммы полного диска Солнца и 79 измерений общего магнитного поля.

5. Выполнены экспериментальные работы по созданию прототипа спектрополяриметра для синоптического солнечного телескопа. На АСТ проведены опытные измерения параметров Стокса в спектре солнечных пятен и проведены калибровочные процедуры, испытана система анализатора поляризации.

6. Продолжались работы по совершенствованию макета зеркального коронографа со сферическим зеркалом: разработана конструкция наведения с офсетным гидом, монтировка оснащена приводом оси склонений с шаговым двигателем, разработан и отлажен интерфейс управления станциями приводов коронографа. Около башни коронографа установлено теплое помещение для наблюдателя (рис. 115).



Рис. 115. Теплое помещение для наблюдателя около башни зеркального коронографа.

7. В 2013 г. в рамках проекта 21.2 программы Президиума РАН П-21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной» на телескопе АЗТ-33ИК выполнены следующие работы:

7.1. Наблюдения площадок космических гамма-всплесков (GRB). Координаты площадок принимаются от космических гамма-телескопов по сети GCN (GRB Coordinates Network). Целью наблюдений является обнаружение оптического послесвечения видимого диапазона (оптического транзиента), определение его координат, построение кривых блеска в различных фильтрах на протяжении всего интервала времени, когда послесвечение доступно для наблюдений. По результатам наблюдений было опубликовано восемь сообщений в системе GCN: GRB 130131A, GRB 130131B, GRB 121128A, GRB 130313A, GRB 130305A, GRB 130427A, GRB 131024B, GRB 131031A.

7.2. Фотометрические наблюдения активных ядер галактик и микроквазаров в полосах BVRI. У всех активных ядер галактик (АЯГ) наблюдается оптическая переменность с

различными характерными временами изменения блеска. Многоцветные наблюдения АЯГ необходимы для выяснения природы оптической переменности. Наблюдались следующие объекты: OJ287 (3 ночи), AKN564 (1 ночь), 3C120 (2 ночи), Ayr102b (1 ночь), Cyg X-1 (15 ночей).

7.3. Модернизация системы регистрации спектров спектрометра UAGS на телескопе АЗТ-33ИК. Разработаны и изготовлены детали узла сопряжения для новой ПЗС-камеры FLI ML1109. Произведена установка и юстировка камеры, протянуты линии питания и связи с управляющим компьютером. Отлажен драйвер камеры, осуществляющий ее программную поддержку в распределенной системе управления камерами ССО. Новая ПЗС-камера FLI ML1109 позволяет получать спектры с разрешением  $0.5 \text{ \AA}$  в диапазоне  $3250\text{--}4200 \text{ \AA}$ .

8. В ходе проведения опытной эксплуатации первой очереди АСПОС ОКП (договор №41-06/2013 от 22 апреля 2013 г.) на телескопе АЗТ-33ИК проводились многоцветные фотометрические наблюдения действующих и аварийных космических аппаратов (КА) в различных эшелонах орбит, а также малоразмерного космического мусора, в том числе:

- геостационарные телекоммуникационные спутники «Ямал»;
- геостационарные телекоммуникационные спутники «Экспресс»;
- средневысотные КА орбитальной группировки системы «ГЛОНАСС»;
- низкоорбитальные КА многофункциональной системы персональной спутниковой связи «Гонец»;
- геостационарный гидрометеорологический комплекс «Электро-Л»;
- малоразмерные объекты космического мусора с большим отношением площади к массе.

Выполнены наблюдения двух нештатных ситуаций – аварийной ситуации на КА «Экспресс МД1» (2009-007В), связанной с нарушением ориентации антенн, и сближения космических аппаратов «Ямал-201» (2003-053В) и «Ямал-300К» (2012-061В).

Общее количество наблюдаемых объектов – 51.

Количество полученных кривых блеска – более 100.

9. В ходе выполнения договора «Авторский надзор при обеспечении системы 51Ж6 оптической информацией по высокоорбитальным космическим объектам» на модернизированном телескопе АЗТ-14 проводились регулярные траекторные наблюдения высокоорбитальных КА на геостационарных и эллиптических орбитах и малоразмерных фрагментов космического мусора.

Количество наблюдательных ночей – 175.

Общее число проводок – 2945.

Число полученных засечек – 68225.

Количество измеренных каталогизированных объектов – 992. Из них: малоразмерных объектов – 466, геостационарных объектов из группы особо важных – 98.

По некаталогизированным объектам сделаны 23 проводки.

10. В 2013 г. в рамках работ по НИР «Взаимодействие» на телескопе АЗТ-33ИК выполнялись координированные наблюдения низкоорбитальных космических объектов, кроме того, использовался Иркутский радар некогерентного рассеяния, а также УКВ-интерферометр. Сеансы наблюдений проводились в январе, апреле, июне и июле 2013 г. Проводились как координатные измерения, так и измерения блеска объектов. В более чем 30 случаях оптические и радиолокационные серии измерений по объекту имеют пересечение по времени (до 2 мин). Полученный материал будет использован для разработки аппаратно-программного комплекса интерактивного взаимодействия оптических и радиолокационных средств, а также для разработки методов совместной обработки данных в задачах координированных наблюдений НКО.

11. С целью подтверждения принадлежности к астероидам, сближающимся с Землей, открытых с помощью обзорных телескопов околоземных объектов с 2011 г. в ССО прово-

дятся регулярные астрометрические измерения. С января по октябрь 2013 г. проведены наблюдения 14 объектов, из которых пять объектов после их обнаружения наблюдались только нашей обсерваторией. Десять объектов были отнесены к астероидам, сближающимся с Землей, один был идентифицирован как комета. Кроме того, наблюдались три астероида в момент их сближения с Землей (на 2-10 лунных расстояниях). Блеск наблюдаемых объектов составлял 18.5–20.5 зв. вел. Измерения проводились на телескопах АЗТ-33ИК и Цейсс-600. Данные измерений опубликованы в одиннадцати циркулярах МРЕС (Электронный циркуляр Центра малых планет <http://www.minorplanetcenter.net/mpec/RecentMPECs.html>).

12. В рамках «Программы координированных наблюдений опасных объектов» с 8 по 18 февраля 2013 г. в ССО проводились астрометрические и фотометрические наблюдения астероида Апофис. Главная цель программы – координированные мониторинговые наблюдения по угрожающим объектам. Были проведены многоцветные фотометрические ПЗС-наблюдения, представляющие ценность для исследования периода вращения и уточнения цветовых характеристик астероидов, сближающихся с Землей, таких как Апофис. Фотометрия Апофиса проводилась на телескопе АЗТ-33ИК в полосах BVRI в режиме сопровождения объекта. Данные наблюдений обсерватории и еще восьми станций докладывались на Международной конференции «Околоземная астрономия – 2013». В сентябре–октябре 2013 г. проводились аналогичные измерения астероида 2010 CF19. 15 февраля на телескопе АЗТ-14 проводились астрометрические наблюдения астероида 2012DA14 в период его сближения с Землей (минимальное расстояние 27 тыс. км).

13. Для отработки методики высокоточных фотометрических наблюдений переменных объектов были проведены измерения блеска экзопланет, в частности Qatar-1b. Изменения блеска составили 0.01–0.024 зв. вел. Результаты измерений были направлены в Центр исследований переменных звезд и экзопланет (<http://var2.astro.cz>).

Для отработки методики наблюдения подвижных объектов были получены кривые блеска для астероида Henritta (225). Изменение блеска астероида составило 0.1 зв. вел. при среднеквадратичном отклонении результатов измерений 0.007 зв. вел.

Для отработки методов фотометрии объектов солнечной системы и определения их цвета были проведены измерения кривой блеска астероида Io (85). Выбор был обусловлен тем, что астероид в период наблюдений находился в противостоянии и был довольно ярким ( $V \approx 10.7^m$ ), к тому же имелись достаточно точные элементы орбиты и данные о его фотометрических параметрах. По измерениям определены цвета астероида и амплитуда переменности блеска в разных фотометрических полосах.

14. С апреля по сентябрь 2013 г. на телескопе АЗТ-33ИК были выполнены фотометрические измерения рентгеновской новой системы Aql X-1. Квазипериодические вспышки в данной системе происходят с интервалом около года. Задачей измерений было детектирование момента начала вспышки и получение оптической кривой блеска источника во время вспышки одновременно с рентгеновскими наблюдениями объекта космическими обсерваториями MAXI, Swift. Всего выполнено 33 сеанса фотометрических измерений в стандартных полосах BVRI. Кроме того, были проведены пять серий измерений в режиме быстрой фотометрии с интервалом 0.1–0.3 с общей продолжительностью несколько часов. Полученные данные планируется использовать для исследования быстрой оптической переменности Aql X-1.

15. В рамках программы по наземной поддержке космического рентгеновского обзора «Спектр-РГ» в ССО организован мониторинг качества ночных астрономических изображений. С этой целью установлен прибор DIMM (Differential Image Motion Monitor) на базе телескопа LX-200 (Meade). Выполнена установка прибора и его юстировка. С помощью установленного прибора начаты измерения турбулентного размера изображений звезд (seeing) на регулярной основе.

В обсерватории работали сотрудники Института космических исследований РАН, ЦНИИ машиностроения, Роскосмоса, ОАО «Научно-производственная корпорация «Си-

стемы прецизионного приборостроения».

Вместе с учеными из Германии, Нидерландов, Китая, Украины, Монголии в ССО выполняются научные проекты и проводятся совместные наблюдения. В рамках Европейской организации солнечных обсерваторий (JOSO) осуществляется обмен данными, выполняются комплексные наблюдения Солнца по совместным программам.

В обсерватории проходили преддипломную практику, писали дипломные и курсовые работы четверо студентов, прочитан курс лекций по физике Солнца и проведены практические занятия. Регулярно проводятся экскурсии для школьников и абитуриентов.

В 2013 г. в ССО работали 29 научных сотрудников, в штате постоянного обслуживающего персонала обсерватории состоят 15 человек. При выполнении специальных и рутинных программ наблюдений группа научных сотрудников и инженеров составляет от 5 до 20 человек, включая дежурных наблюдателей.

*Работы выполнены в рамках программ фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

*Результаты наблюдений использовались при выполнении проекта № 10.3 программы Президиума РАН № 10, проекта № 22.3 программы Президиума РАН № 22, проекта № 21.2 программы Президиума РАН № 21, интеграционного партнерского проекта СО РАН-ДВО РАН № 13, грантов РФФИ № 12-02-33110-мол-а-вед, 11-02-00333-а, соглашения № 8407 с Минобрнаукой в рамках ФЦП «Научно-педагогические кадры инновационной России», договора с ИПФ РАН № 2-10/ГФ/Н-1/2008 в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 годы», ГК № 16.518.11.7065 и № 14.518.11.7047 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», Гособоронзаказа «Исследование и экспериментальная отработка методов и алгоритмов интерактивного взаимодействия радиолокационных и оптических информационных средств в интересах повышения точности и информативности получаемой информации для систем наблюдения и сопровождения космических объектов», договора с ОАО «Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел» на выполнение комплекса работ по авторскому надзору при обеспечении системы 51X16 оптической информацией по высокоорбитальным космическим объектам, договора с ОАО «Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел» «Проектирование и изготовление элементов телескопа АЗТ-33 ВМ в рамках сегмента анализа некоординатной информации о космических объектах».*

### 5.3. Радиоастрофизическая обсерватория



рабатываются и хранятся как в обработанном, так и в исходном видах.

В 2013 г. ежедневные наблюдения Солнца продолжались с января по июль безе пе-

Радиоастрофизическая обсерватория (РАО) «Бадары» ИСЗФ СО РАН расположена в 230 км от Иркутска в урочище Бадары Тункинского района Республики Бурятия. Основным инструментом обсерватории – уникальный Сибирский солнечный радиотелескоп (ССРТ), позволяющий получать двумерные радиоизображения Солнца каждые 3–4 минуты. Наблюдения осуществляются каждый день в светлое время суток, результаты наблюдений об-

перерывов и возобновлены в октябре. Перерыв вызван демонтажом части антенной решетки ССРТ и заменой ее широкополосными антеннами радиогелиографа диапазона 4–8 ГГц. Результаты наблюдений микроволнового излучения диска Солнца в интенсивности и поляризованном излучении записаны на оптических носителях. Ежедневные радиокарты и каталоги наблюдений эруптивных событий находятся в свободном доступе на сайтах [www.iszf.irk.ru](http://www.iszf.irk.ru) и [badary.iszf.irk.ru](http://badary.iszf.irk.ru). Установка 96 широкополосных антенн на лучах «запад», «восток» и «юг» ССРТ – часть работы по созданию многочастотного радиогелиографа.

В настоящее время данные ССРТ представляют собой двумерные отклики на солнечные активные области без отклика на диск спокойного Солнца и два одномерных отклика с высоким временным разрешением 14 мс. Это позволяет отслеживать динамику активности как для медленно меняющейся компоненты, так и для быстрых событий. Приемник 10-антенного прототипа многоволнового радиогелиографа интенсивно использовался для тестирования новых антенн. Проверены сигналы от всех 96 антенн и скорректировано их наведение. В настоящее время 10-антенный приемник используется для проверки возможности измерения электрических длин тракта радиогелиографа по сигналам от Солнца.

В 2013 г. впервые с 90-х гг. были проведены геодезические измерения положения опорно-поворотных устройств (ОПУ) ССРТ и выполнена их коррекция. Измерения показали наличие систематических ошибок второго порядка в положении ОПУ. Были измерены положения осей ОПУ и проведена их коррекция.

Продолжены ежедневные наблюдения на новых спектрополяриметрах: 26-канальном аналоговом на диапазон частот 4–8 ГГц с временным разрешением 10 мс, многоканальном цифровом в диапазоне частот 2–24 ГГц с временным разрешением 1 с и радиоспектрографе метрового диапазона, входящем в Международную сеть «e-Callisto».

Кроме ежедневных рутинных наблюдений на Сибирском солнечном радиотелескопе проводились наблюдения вспышек и выбросов корональной массы в режиме высокого временного разрешения (14 мс).

Совместно с зарубежными учеными выполняются научные проекты и проводятся наблюдения. В РАО работали ученые Индии, Китая, Великобритании. В рамках интеграционного проекта проходили ознакомительную и преддипломную практику три студента Иркутского государственного университета. Регулярно проводились экскурсии для студентов и школьников.

В штате постоянного обслуживающего персонала обсерватории состоит 34 человека.

*Работы выполнены в рамках программ фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» и II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение».*

*Результаты наблюдений использовались при выполнении проекта II.16.3 «Физика процессов в солнечной атмосфере и природа солнечной активности», II.16.3.3 «Развитие методов и аппаратуры для исследований в области астрофизики и физики Солнца» программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.3. «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение», проекта «Разработка дополнительной аппаратуры для дооснащения действующих оптических и радиотелескопов с целью обеспечения их работы в режиме мониторинга гелиогеофизической обстановки» в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 годы», проекта «Мониторинг и комплексный анализ динамических процессов в солнечной атмосфере на основе комплекса обсерваторий Института солнечно-земной физики СО РАН и Иркутского государственного университета, подготовка научно-педагогических кадров в рамках НОЦ» в рамках ФЦП «Научно-педагогические кадры инновационной России», проекта «Исследование активных процес-*

сов на Солнце на основе УСУ «Сибирский солнечный радиотелескоп» (ССРТ) и УСУ «Большой солнечный вакуумный телескоп» (БСВТ) в целях развития методов диагностики среды в околоземном пространстве» в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», грантов РФФИ № 12-02-91161-ГФЕН\_а, 12-02-00173-а, 13-02-90472, 13-02-10009, двусторонних соглашений с УАФО ДВО РАН, международных российско-китайских проектов и 7-й рамочной программы Европейского союза.

#### 5.4. Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория и Норильская комплексная магнитно-ионосферная станция



Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория обладает широким комплексом геофизических инструментов для наблюдения геомагнитного поля и параметров ионосферы и включает в себя два научных геофизических стационара, находящихся на территории Иркутской области (Патроны, Узур), и две станции в Красноярском крае (Норильск) и в Бурятии (Монды). Эти обсерватории проводят круглосуточный круглогодичный мониторинг состояния ионосферы и электромагнитного поля Земли в широком диапазоне периодов.

**Магнитная обсерватория «Иркутск» (МО «Иркутск»)** основана в 1887 г. и является одной из старейших в России. Обсерватория расположена в пос. Патроны на расстоянии 21 км от Иркутска.

МО «Иркутск» предназначена для экспериментального исследования магнитного поля Земли путем непрерывной трехкомпонентной регистрации как его абсолютных значений, так и вариаций в частотном диапазоне от 0 до 1 Гц. Она оснащена стандартными и уникальными магнитометрическими инструментами, позволяющими обеспечивать получение данных о геомагнитном поле на уровне мировых стандартов. Архивы обсерватории хранят непрерывный ряд наблюдений с 1887 г.

МО «Иркутск» с 1996 г. включена в мировую сеть магнитных обсерваторий «Интермагнет».

Обсерватория осуществляет методическую, консультационную и техническую помощь в проведении и организации наблюдений различным предприятиям Сибирского региона и зарубежным коллегам из стран Азиатского региона, проводит поверку магнитоизмерительных приборов по запросам различных учреждений Сибири и Дальнего Востока.

В 2013 г. в обсерватории проводились непрерывные наблюдения за вариациями геомагнитного поля тремя сериями магнитометров (трехкомпонентная феррозондовая станция Lemi-018, трехкомпонентная станция «Кварц» и трехкомпонентная магнитовариационная станция NVS).

Ежедневно проводились абсолютные измерения компонент магнитного поля Земли (МПЗ), таких как полный вектор (измерялся протонным оверхаузеровским магнитометром POS-1), склонение и наклонение (измерялись высокклассным феррозондовым деклинометром-инклинометром MAG-001 фирмы «Бартингтон» (Англия) на теодолите фирмы «Цейс»).

Данные о вариациях магнитного поля Земли по каналам Интернета с августа 2013 г. передаются в Институт каждый час.

Результаты наблюдений использовались для выполнения исследований в следующих направлениях:

- уточнение и детализация моделей постоянного геомагнитного поля, слежение за его вековыми вариациями, мониторинг процессов, связанных с медленными изменениями величины и направления земного магнитного момента, отражением которых является перемещение магнитных полюсов Земли;

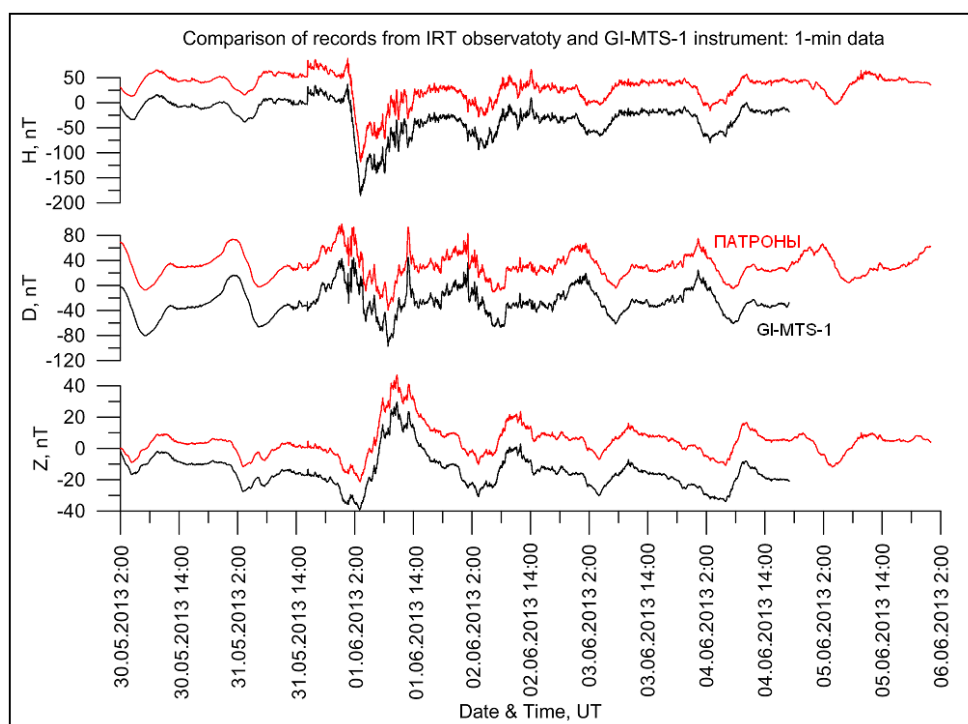


Рис. 116. Регистрация магнитного поля цифровыми станциями GI-MTS-1 (черная линия) и МО «Иркутск» (красная линия) с 02:00 UT 30.05.2013 г. по 02:00 UT 06.06.2013 г.

- привязка спутниковых магнитных измерений при построении моделей постоянного и переменного геомагнитного поля, при разработке численных моделей магнитосферы;
- разработка методов определения по наземным данным распределения проводимости, электрического потенциала и плотности трехмерных токов в ионосфере и магнитосфере Земли
- исследование природы магнитных возмущений, магнитосферных бурь и суббурь, их проявлений в среднеширотной магнитосфере;
- обеспечение фоновой магнитной обстановки при исследованиях ионосферных процессов и условий распространения радиоволн;
- оперативный мониторинг состояния переменного магнитного поля Земли при решении задач прогнозирования космической погоды.

В этом году в МО «Иркутск» был установлен новый геофизический комплекс GI-MTS-1 производства СПбФИЗМИРАН для тестовых испытаний и проверки его параметров (планируется установить на одну из обсерваторий ИСЗФ по проекту «Меридиан»). Геофизический комплекс GI-MTS-1 предназначен для проведения измерений магнитного, электрического поля и сейсмических колебаний. Комплекс позволяет регистрировать в цифровом виде три взаимно ортогональных компоненты переменного магнитного поля, три компоненты электрического (теллурического) поля и три компоненты сейсмических колебаний в диапазоне частот от 0 до 8 Гц. Комплекс позволяет проводить измерения в полевых и лабораторных условиях. Под лабораторными условиями понимается размещение элементов комплекса в помещении, под полевыми – размещение вне помещения. Материалы тестовой регистрации компонент магнитного поля Земли с 1 июня по 31 августа были переданы производителю для оценки работоспособности магнитоизмерительной части комплекса. Результат сопоставления записи базового магнитометра МО «Иркутск» и испытуемой станции приведен на рис. 116.

Как видно из вышеприведенных материалов, тестовые испытания подтвердили, что магнитная часть комплекса GI-MTS-1 работает в пределах параметров, гарантированных производителем.

В 2013 г. был произведен капитальный ремонт абсолютного павильона (рис. 117).



Рис. 117. Абсолютный павильон Магнитной обсерватории «Иркутск».

В период проведения ремонта абсолютные наблюдения проводились по временной схеме в специально оборудованном небольшом помещении, так что непрерывность мониторинга соблюдалась. При ремонте были изготовлены новые приборные тумбы и модернизированы действующие. Модернизированный приборный постамент приведен на рис. 118. Новые постаменты были изготовлены из практически немагнитных материалов – алюминия и мрамора.

Ионозонд DPS-4 является одним из наиболее современных и распространенных средств радиозондирования ионосферы. DPS-4 состоит из основного блока, монитора; двух передающих антенн; четырех приемных антенн с поляризационными ключами; GPS-приемника и блока батарей резервного питания. Ионозонд позволяет получать полную информацию о следующих параметрах ионосферы:

- амплитуда (максимальное разрешение 3/4 дБ);
- фаза (максимальное разрешение  $2\pi / 256$  рад);
- задержка (максимальное разрешение 16.66 мкс);
- доплеровский сдвиг частоты (максимальное разрешение 0.024 Гц);
- вертикальный угол прихода;
- азимутальный угол прихода.

Диагностика ионосферы включает восстановление профиля электронной концентрации на основе обработки ионограмм и измерение скорости дрейфа ионосферной плазмы по характеристикам сигналов, отраженных от ионосферных неоднородностей.

В 2013 г. ионозонд отработал в штатном 15-минутном режиме без сбоев.



Рис. 118. Новый приборный постамент в абсолютном павильоне.



**Байкальская магнитно-теллурическая обсерватория «Узур» (БМТО «Узур»)** расположена на севере о. Ольхон оз. Байкал в 350 км от Иркутска.

На БМТО в 2012 г. проводились непрерывные круглосуточные круглогодичные наблюдения низкочастотных горизонтальных электромагнитных полей на универсальной многокомпонентной станции Lemi-418, в ходе которых измерялись:

- вариации магнитного поля Земли – частотный диапазон 0–1 Гц (трехкомпонентный феррозонд);
- трехкомпонентные измерения магнитных составляющих геомагнитных пульсаций (индукционный нанотесламетр, частотный диапазон 0.001–200.0 Гц);
- земные токи, частотный диапазон 0.001–200 Гц.

Данные этого комплекса ежедневно передаются по каналам Интернет в Институт для использования в исследованиях фундаментального и прикладного характеров.

Кроме этого по специальным программам проводятся:

- измерение вертикальной составляющей электрического поля геомагнитных пульсаций (вертикальная измерительная линия в водах Байкала);
- запись электромагнитного излучения в диапазоне частот от 10 до 300 Гц (измерительное 15-метровое кольцо, вертикальная составляющая).

Регулярно выполняется высокоточная калибровка чувствительной магнитометрической аппаратуры.

Непрерывные наблюдения геомагнитных пульсаций ведутся с 1967 г. Таким образом, имеются данные наблюдений за 37 лет, а за предшествующие 5 лет – фрагментарные материалы регистрации. В архиве данных имеются уникальные материалы синхронных записей шести компонент низкочастотного электромагнитного поля, выполненные во время специальных экспериментов на льду оз. Байкал.

Необходимо отметить, что обсерватория находится в зоне повышенной сейсмической активности, вдали от промышленных предприятий, дающих электромагнитные помехи при высокочувствительных и прецизионных наблюдениях за геоэлектрическим комплексом явлений. В связи с этим ИСЗФ в кооперации с рядом академических институтов Сибирского отделения установил комплексы аппаратуры для всестороннего исследования электромагнитных откликов от землетрясений в зоне байкальских рифтов. В 2012 г. в обсерватории Бурятским научным центром был установлен приемник сейсмосигналов для исследования землетрясений в байкальской рифтовой зоне.

В 2013 г. были установлены новые приборы, работавшие в тестовом режиме:

- приемник сигналов с навигационных спутников GPS/GLONAS для определения ПЭС (полного электронного содержания) в ионосфере и магнитосфере (рис. 119);
- электростатический флюксометр для измерения вертикального градиента потенциала электрического поля атмосферы (рис. 120).



Рис. 119.



Рис. 120.

В настоящее время получены первые результаты наблюдения на этих приборах. Материалы, получаемые в этой обсерватории, в дальнейшем будут использоваться для решения целого ряда важных фундаментальных и прикладных научных задач:

- изучение резонансных колебаний магнитосферы, наземная локация по данным одной станции положения резонансной магнитной оболочки;
- поиск электромагнитных предвестников землетрясений;
- наблюдение за распространяющимися в ионосфере электромагнитными сигналами, вызванными воздействием на ионосферу процессов в магнитосфере и литосфере;
- регистрация слабых электромагнитных излучений, генерируемых микро- и макро-процессами на границе магнитосферы при взаимодействии ее с солнечным ветром.

Эти исследования позволят продолжить начатые ранее работы по изучению возможных предвестников от сильных землетрясений на новом технологическом уровне.

Работа такого экспериментального комплекса в БМТО «Узур» свидетельствует о новом витке развития экспериментальной базы электромагнитных наблюдений.

### 5.5. Норильская комплексная магнито-ионосферная станция



Норильская комплексная магнито-ионосферная станция (НорКМИС) ведет непрерывную круглогодичную круглосуточную регистрацию параметров магнитного поля Земли и его колебаний во всем диапазоне частот, мониторинг состояния ионосферы как в средних широтах, так и в авроральной зоне. В настоящее время выполняются вариационные наблюдения магнитного поля Земли (МПЗ). Функционируют две дублирующие магнитовариационные станции:

- цифровая трехкомпонентная феррозондовая станция Lemi-008;
  - аналоговая станция «Кварц» на основе датчиков Боброва с выходом на ПК;
- Абсолютные измерения МПЗ проводятся на следующих приборах:
- оверхаузеровский протонный магнитометр POS-1 (полный вектор);
  - феррозондовый деklinометр-инклинометр MAG-01H THEO-015B (регистрация наклона и склонения ЭМПЗ).

Наблюдения геомагнитных пульсаций проводятся на трехкомпонентном индукционном магнитометре Lemi-30 (частотный диапазон 0–30 Гц).

Ежедневно данные о магнитном поле Земли передаются на сервер Института по каналам интернета.

Вертикальное зондирование ионосферы осуществляется на цифровом дигизонде DPS-4 (работает с 2002 г.). Производится регистрация ионограмм вертикального зондирования с последующим расчетом профиля электронной концентрации и следующих ионосферных характеристик:

- амплитуда (максимальное разрешение 3/4 дБ);
- фаза (максимальное разрешение 2π /256 рад);
- адержка (максимальное разрешение 16.66 мкс);
- доплеровский сдвиг частоты (максимальное разрешение 0.024 Гц);
- вертикальный угол прихода;
- азимутальный угол прихода.

В 2013 г. ионозонд отработал в штатном 15-минутном режиме без сбоев.

Наклонное зондирование ионосферы выполняется на ЛЧМ-установке.

Установленная на НорКМИС система спутникового интернета позволяет по системе удаленного доступа отправлять данные наблюдений в Институт практически со всех инструментов НорКМИС с любой степенью скважности, вплоть до реального времени.

Всего в 2013 г. на стационарах КМИО работали 35 научных сотрудников Института, 32 сотрудника других институтов, шесть представителей различных вузов (Бурятский госуниверситет, Байкальский госуниверситет экономики и права, Иркутский государственный технический университет, Иркутский университет путей сообщения).

### Использование данных магнитометрического комплекса ИСЗФ при исследовании геомагнитных явлений, сопровождавших пролет Челябинского метеороида в магнитном поле Земли

Суперболид, наблюдавшийся 15 февраля 2013 г. в Челябинской области, привлек пристальное внимание исследователей всего мира. В виде огненного шара с ярким хвостом, он двигался под углом около  $16^\circ$  к горизонту, оставляя мощный белый след. В 03:20 UT метеороид взорвался на высоте 20–30 км недалеко от г. Челябинска. На рис. 121 представлена траектория болида относительно земной поверхности.



Рис. 121. Траектория Челябинского болида относительно поверхности Земли.

Ниже представлены результаты наблюдений в Азиатском регионе магнитных эффектов, сопровождавших движение болида в магнитном поле Земли до его падения в 03:20.

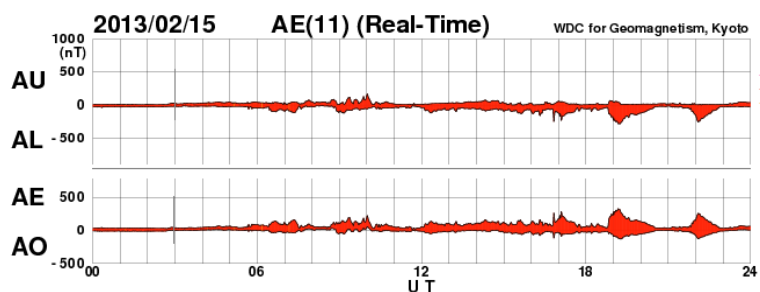


Рис. 122. Вариации авроральных индексов за 15 февраля 2013 г. в период нахождения болида в магнитосфере Земли.

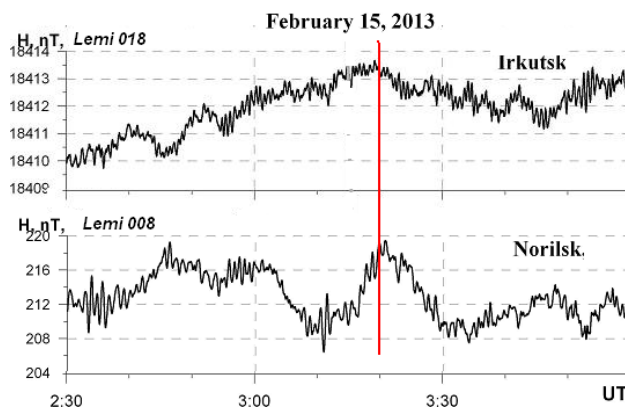


Рис. 123. H-компоненты длиннопериодных вариаций по магнитограммам ст. «Иркутск» и «Норильск».

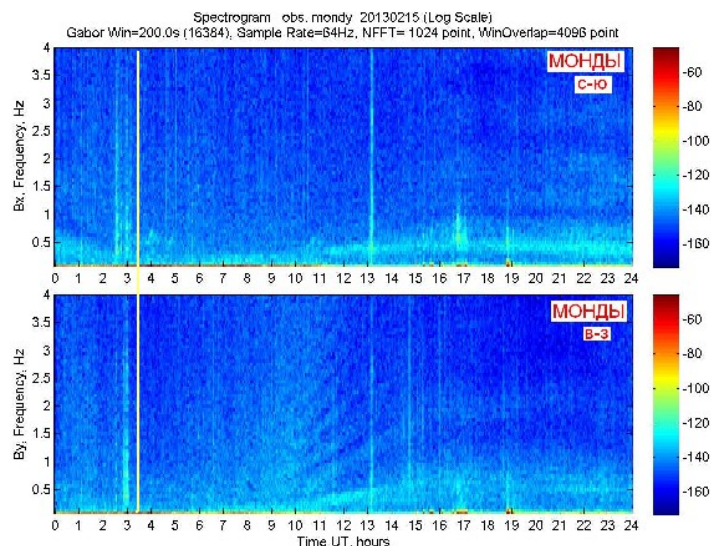


Рис. 124. Динамический спектр колебаний магнитного поля Земли по данным obs. «Монды». Белая вертикальная линия – время взрыва болида.

Скорость болида по различным данным составляла от 30 до 15 км/с. Учитывая, что в спокойных условиях граница плазмосферы располагается приблизительно на 6 радиусах Земли, мы рассчитали время нахождения болида в плазмосфере. При таких скоростях время, необходимое болиду для достижения поверхности Земли после входа в плазмосферу, может составлять от 40 до 20 мин. Время нахождения болида в магнитосфере Земли варьирует от 90 до 50 мин.

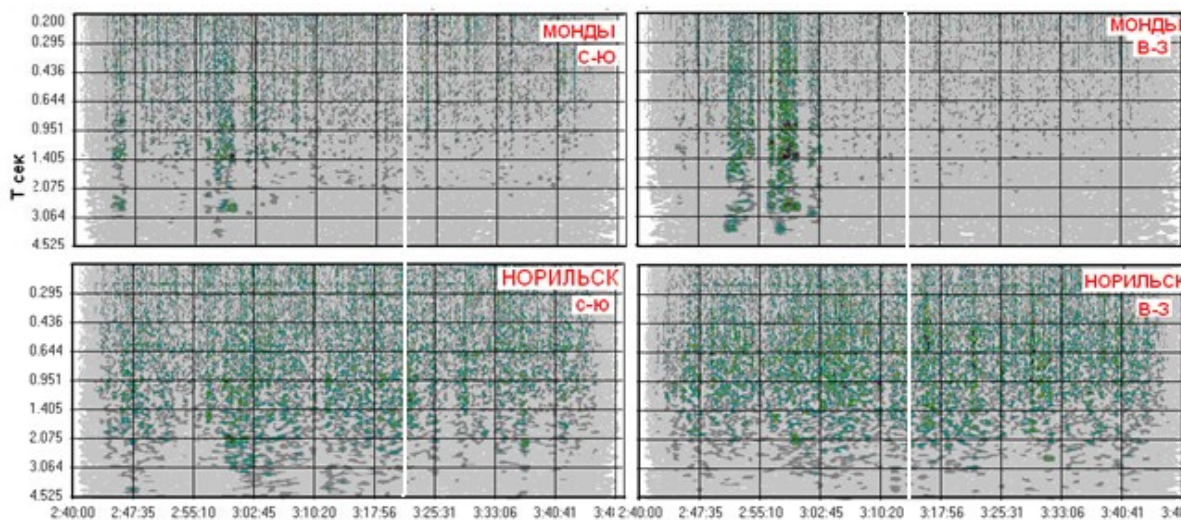


Рис. 125. Динамические спектры по данным ст. «Монды» и «Норильск» 15 февраля 2013 г. Вертикальная линия – время взрыва болида.

Предварительно мы рассмотрели условия в межпланетном пространстве и магнитном поле Земли. Анализ спутниковых данных показал, что в период времени, предшествующий вхождению болида в плазмосферу, и вплоть до достижения им плотных слоев атмосферы, условия в солнечном ветре были очень спокойными.

Анализ вариаций магнитного поля по данным авроральных станций также продемонстрировал, что время прохождения болида через плазмосферу Земли приходится на очень магнитоспокойный период, о чем свидетельствуют значения авроральных индексов  $AU$ ,  $AL$ ,  $AE$  и  $AO$  (рис. 122), а также планетарного  $K_p$ -индекса.

Таким образом, если вторжение болида в плазмосферу Земли было геоэффективно, то полезный сигнал следует искать за 20–40 мин до момента взрыва над Челябинском.

Анализ магнитограмм длиннопериодных вариаций МО «Иркутск» (п. Патроны) и НорКМИС не выявил сколько-нибудь заметного сигнала на очень спокойном магнитном фоне (рис. 123).

Анализ записи индукционного магнитометра обсерватории в Мондах показал наличие шумового всплеска по обеим компонентам (С–Ю и В–З). На динамическом спектре (рис. 124) отчетливо прослеживается шумовой всплеск геомагнитных пульсаций до 3 ч UT по обеим компонентам в диапазоне частот 0–4 Гц.

Для выяснения детальной картины этого события был сделан более тонкий анализ при помощи программы спектрально-временного анализа по данным станций в Мондах и Норильске. Было обнаружено (рис. 125), что с ~02:45 UT наблюдается начало шумового всплеска пульсаций на obs. «Монды» (за 35 мин до взрыва над Челябинском). Чуть позже, аналогичный сигнал наблюдался по данным обсерватории в Томске. Анализ данных ст. «Норильск» не выявил сколько-нибудь заметного сигнала. Это может быть обусловлено тем фактором, что в этот момент времени obs. Норильск находилась за пределами плазмосферы.

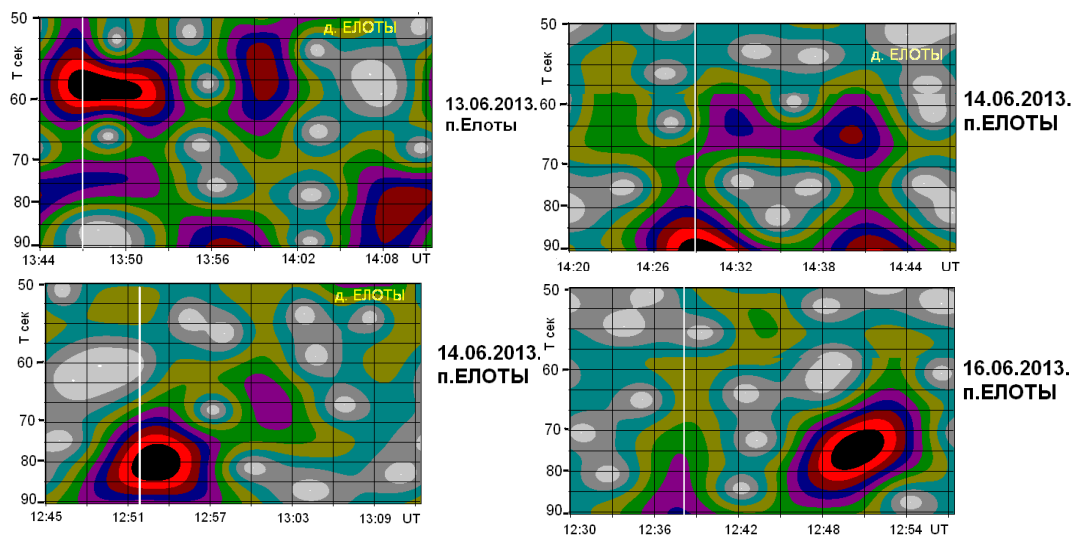
Причиной возникновения шумового всплеска на спокойном геомагнитном фоне может являться взаимодействие метеороида с плазмосферой Земли. Как мы уже упоминали выше, в спокойных условиях граница плазмосферы располагается на расстоянии 5–6 радиусов Земли. Время, которое необходимо метеороиду, чтобы достичь поверхности Земли после входа в плазмосферу, может составлять от 40 до 20 мин при скорости 15–30 км/с, что согласуется с наблюдением шумового всплеска за 35 мин до взрыва метеороида. Отсутствие эффекта в Норильске может быть обусловлено тем, что в этот момент времени проекция плазмопаузы на поверхность Земли находилась южнее Норильска.

### **Использование данных магнитометрического комплекса ИСЗФ при проведении экспериментов по программе «Радар–Прогресс»**

Продолжались эксперименты по программе «Радар–Прогресс», цель которых – регистрация вариаций электромагнитного поля Земли в различных диапазонах частот (с дальнейшим анализом полученного экспериментального материала) в моменты пролета над нашим регионом транспортно-грузового корабля (ТГК) «Прогресс». Как показали первые эксперименты, работа корректирующих орбиту двигателей ТГК «Прогресс» может стимулировать возмущения геомагнитного поля Земли в силовой трубке в определенных диапазонах частот. Для получения большей статистики в этом году были продолжены аналогичные эксперименты, в которых были задействованы все магнитные обсерватории ИСЗФ.

Эксперимент состоял из нескольких этапов:

1. По данным ЦУП рассчитывались координаты проекций на поверхность Земли силовых трубок геомагнитного поля, пересекаемых ТГК с работающими двигателями.
2. Расчет географических координат проекции силовой трубки геомагнитного поля на поверхность Земли проводился по методике, представленной в НТО № 807756100-2011 ОКР «Наука–ИСЗФ».



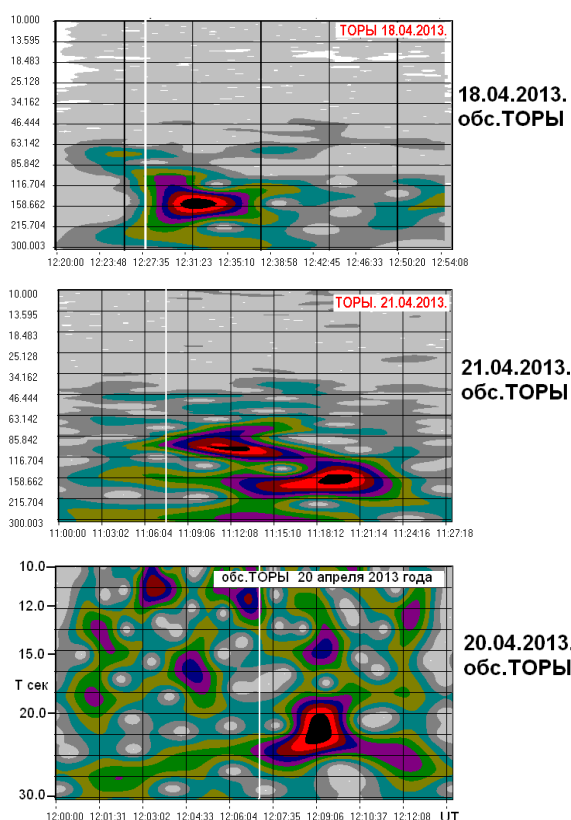


Рис. 126 . Анализ экспериментальных данных методом наложенных эпох. Вертикальная светлая линия – начало работы двигателей ТГК «Прогресс».

Таблица 6. Время включения двигателей и направление струи ТГК в апреле 2013 г.

| № | Дата       | Время включения СКД | Направление |
|---|------------|---------------------|-------------|
| 1 | 16.04.2013 | —                   | —           |
| 2 | 17.04.2013 | 13:24:37            | на РНР      |
| 3 | 18.04.2013 | 12:27:15            | на РНР      |
| 4 | 19.04.2013 | 11:29:24            | на РНР      |
| 5 | 20.04.2013 | 12:07:02            | на ГФО      |
| 6 | 21.04.2013 | 11:08:04            | на ГФО      |

Таблица 7. Время включения двигателей и направление струи ТГК в июне 2013 г.

| № | Дата       | Время включения СКД | Направление |
|---|------------|---------------------|-------------|
| 1 | 13.06.2013 | 13:47:03            | на РНР      |
| 2 | 14.06.2013 | 12:52:43            | на РНР      |
| 3 | 14.06.2013 | 14:29:04            | на РНР      |
| 4 | 16.06.2013 | 12:38:23            | на РНР      |
| 5 | 17.06.2013 | 11:42:25            | на ГФО      |
| 6 | 18.06.2013 | 12:22:08            | —           |

3. Мобильный комплекс аппаратуры заблаговременно доставлялся в пункт наблюдения, где осуществлялась непрерывная регистрация вариаций магнитного поля Земли:

- апрель 2013 г. – обс. Торы ( $51^{\circ}48'38''$  N,  $103^{\circ}04'38''$  E);
- май 2013 г. – район деревни Елоты ( $52^{\circ}55'35''$  N,  $102^{\circ}14'23''$  E).

4. Регистрировались вариации магнитного поля Земли во время пролетов ТГК над точкой наблюдения. Проведение измерений было скоординировано с измерениями на всех магнитных обсерваториях ИСЗФ СО РАН с привязкой по времени по GPS.

5. Далее проводились камеральная обработка полученных данных и их спектрально-временной анализ.

6. Анализ данных проводился с учетом планетарной магнитной активности и активности в регионе измерений.

В табл. 6 и 7 представлены периоды проведения экспериментов в 2013 г. во время включения двигателей.

Подводя итог анализа возбуждения геомагнитных вариаций при пролетах в апреле и в июне 2013 г. необходимо отметить, что практически все события имели место на очень спокойном и спокойном геомагнитном фоне за редким исключением. Наблюдались частые случаи возбуждения длиннопериодных колебаний (25–150 сек.) после включения двигателей. Для анализа мы использовали метод наложенных эпох (рис. 126).

Характерным для всех рассмотренных случаев является возбуждение геомагнитных вариаций в диапазоне периодов 25–160 с. В некоторых случаях через 6–15 мин наблюдается повторение сигнала. Необходимо еще раз подчеркнуть, что практически все случаи происходили на очень спокойном и спокойном геомагнитном фоне как в средних, так и в высоких широтах, что исключает возможность маскирования наблюдаемого эффекта возмущениями от других источников. Дальнейшим этапом планируемых экспериментов должен быть анализ интенсивности аблюдаемых колебаний.

*Результаты наблюдений использовались при выполнении базовых проектов программы фундаментальных исследований СО РАН II.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», базовых проектов программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 11, интеграционного партнерского проекта СО РАН № 106, проекта № 22.4 программы Президиума РАН № 22, проекта № 4.4 программы № 4 Президиума РАН, проектов №№ IV.12.1 и IV.12.2 программы ОФН РАН IV.12, проектов № 8.1, 8.4 программы № 8 ОНЗ РАН, грантов РФФИ № 11-05-00698-а, 11-05-00822-а, 11-05-00892-а, 11-05-00908-а, 11-05-91153-ГФЕН\_а, 11-05-00278-а, 12-02-00031\_а, 12-05-00024\_а, 12-05-00121\_а, 12-05-10034-к, 12-05-3032-мол\_а\_вед, 12-05-3106\_мол\_а\_вед, 12-05-3109-мол\_а\_вед, 12-05-91159-ГФЕН\_а, а также в проектах в рамках международных соглашений между Институтом ионосферы НАН Украины и в рамках координированных наблюдений по проектам Global Atmosphere Watch, International Solar Cycle Studies, SCOSTEP.*

## 5.6. Геофизическая обсерватория



Геофизическая обсерватория (ГФО) расположена в п. Торы (Республика Бурятия) на расстоянии 150 км от г. Иркутска (103° Е, 51° 42' N, площадь земельного участка 7 га). В обсерватории проводится мониторинг структуры и динамики верхней и средней атмосферы пассивными радиофизическими и оптическими методами. Экспериментальная база обсерватории включает в себя следующее оборудование:

- широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц (фотокамера для исследования люминесцентного излучения неба) на базе ПЗС-матрицы, предназначенная

для регистрации и исследования собственного излучения атмосферы, его пространственно-временных вариаций, естественных и искусственных космических объектов (метеоров, космических аппаратов), контроля прозрачности атмосферы и решения некоторых других задач;

- патрульный спектрометр САТИ-1М (макет) с низким спектральным разрешением, предназначенный для регистрации спектрального состава и пространственного распределения собственного излучения верхней атмосферы Земли. Основное назначение – исследование возмущений в основных эмиссионных линиях и полосах (OI 557.7 и OI 630.0 нм, NaI 589.0–589.6 нм и др.) при гелиогеофизических возмущениях различной природы. Позволяет получать двумерное изображение дуги небесной сферы в диапазоне длин волн 400–700 нм;

- спектрограф для измерения вращательной температуры нейтральной атмосферы на высотах 80–100 км и интенсивности излучения ночного неба в спектральном диапазоне 820–870 нм;

- оптическая система с возможностью точного позиционирования в заданную точку неба, включающая в себя двухканальный фотометр и ПЗС-камеру с полем зрения  $\sim 11^\circ$  (опытная эксплуатация);

- солнечный фотометр CIMEL-CE-318;

- широкоугольная оптическая система КЕО Sentinel, предназначенная для регистрации пространственной картины интенсивности эмиссии 630 нм (опытная эксплуатация);

- инфразвуковая станция (опытная эксплуатация);

- магнитовариационная станция (опытная эксплуатация);

- цифровое многоканальное приемное устройство, позволяющее работать в режимах ЛЧМ (вертикальное, наклонное, возвратно-наклонное зондирование) и фиксированных частот (доплеровские измерения). Набор антенно-фидерных устройств позволяет работать в КВ- и УКВ-диапазонах;

- доплеровский комплекс, состоящий из четырех антенн и многоканального приемника.

В 2013 г. в ГФО продолжались регулярные оптические наблюдения собственного свечения верхней атмосферы Земли в основных эмиссионных линиях атомарного кислорода 557.7 и 630 нм, в спектральных диапазонах 400–700 нм и 720–830 нм, а также измерения оптических, микрофизических характеристик аэрозоля и влагосодержания в атмосфере. Измерения проводились с помощью следующих оптических приборов: широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц, патрульный спектрометр САТИ-1М, спектрограф для измерения вращательной температуры нейтральной атмосферы на высотах 80–100 км, солнечный фотометр CIMEL-CE-318, широкоугольная оптическая система КЕО Sentinel. Оптическое оборудование ГФО использовалось также для регистрации эффектов при проведении экспериментов «Радар-Прогресс» и экспериментов по модификации ионосферы мощным радиоизлучением. В 2013 г. все экспериментальные данные, полученные в ГФО, передавались в ИСЗФ СО РАН в режиме онлайн.

Для всех оптических приборов организованы и регулярно пополняются банки данных. Кроме того созданы и поддерживаются следующие базы данных (БД) с возможностью просмотра на сайте [atmos.iszf.irk.ru](http://atmos.iszf.irk.ru) (доступ по паролю):

- ФИЛИН-1Ц. На сайте можно просмотреть последнее изображение, полученное прибором, и архивные изображения за период с марта 2009 г. по текущую дату. На сайте приведено также краткое описание прибора.

- САТИ-1М. На сайте можно просмотреть последнее изображение, полученное прибором, и архивные изображения за период с мая 2012 г. по текущую дату. Также на сайте приведено краткое описание прибора.

- Спектрограф для измерения вращательной температуры нейтральной атмосферы на высотах 80–100 км. На сайте представлены данные об интенсивности излучения ночного

неба в спектральном диапазоне 820–870 нм за период с апреля 2008 г. по текущую дату. Данные можно просмотреть в виде графика или скачать в формате ASCII.

Разработаны новые и модернизированы существующие методики обработки и анализа оптических данных. В том числе методики проведения активных экспериментов и методики оптических наблюдений для высокоширотного автономного измерительного комплекса.

В 2013 г. все экспериментальные данные, полученные в ГФО, передавались в ИСЗФ СО РАН в режиме онлайн.

С помощью экспериментальных данных, полученных в ГФО, и спутниковых температурных данных MLS Aura проведено исследование эффекта воздействия внезапного стратосферного потепления 2013 г. на параметры атмосферы в большом диапазоне высот стратосферы – мезосферы – нижней термосферы в регионе Восточной Сибири.

В конце декабря 2012 – январе 2013 г. в период развития и действия значительного внезапного стратосферного потепления с помощью оптических измерений были выявлены возмущения интенсивностей эмиссий ОН и О<sub>2</sub> на высотах МНТ (рис. 127). Повышение стратосферной температуры в регионе наблюдения сопровождалось увеличением интенсивностей эмиссий молекул гидроксила (~87 км) и кислорода (~94 км) в 2–2.5 раза относительно невозмущенных условий. Причиной роста интенсивностей указанных эмиссий может быть повышение концентрации кислорода на высотах свечения за счет усиления его вертикального переноса из нижних слоев атмосферы.

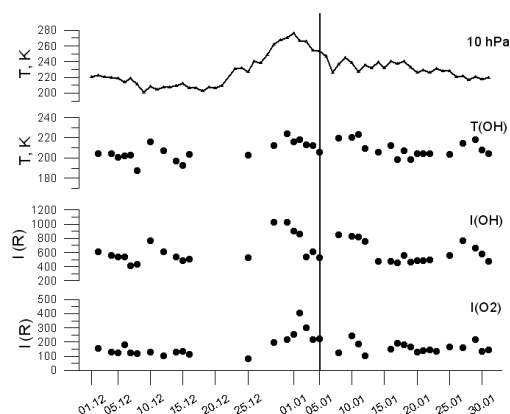


Рис. 127. Вариации температуры стратосферы на уровне 10 гПа (~32 км) по спутниковым данным MLS Aura, вращательной температуры гидроксила T(OH) и интенсивностей эмиссий молекул гидроксила I(OH)) и кислорода I(O<sub>2</sub>) для декабря 2012 – января 2013 г. Вертикальная линия – период обращения зональной циркуляции атмосферы на широте 60° N на уровне 10 гПа.

Рост температуры стратосферы сопровождался охлаждением верхней атмосферы на высотах МНТ, которое происходило с некоторой задержкой. Наибольшее охлаждение верхней мезосферы произошло на высоте 0.01 гПа (~80 км) 5–6 января в период обращения зональной циркуляции. Температура уменьшилась на 50 К и достигла значения ~170 К. На высотах больше 80 км это охлаждение было менее выражено. Температура атмосферы на высоте излучения гидроксила в период обращения зональной циркуляции также понижалась на ~10–15 К. Можно сказать, что охлаждение мезосферы происходило в достаточно узком слое, как уже ранее отмечалось в литературе.

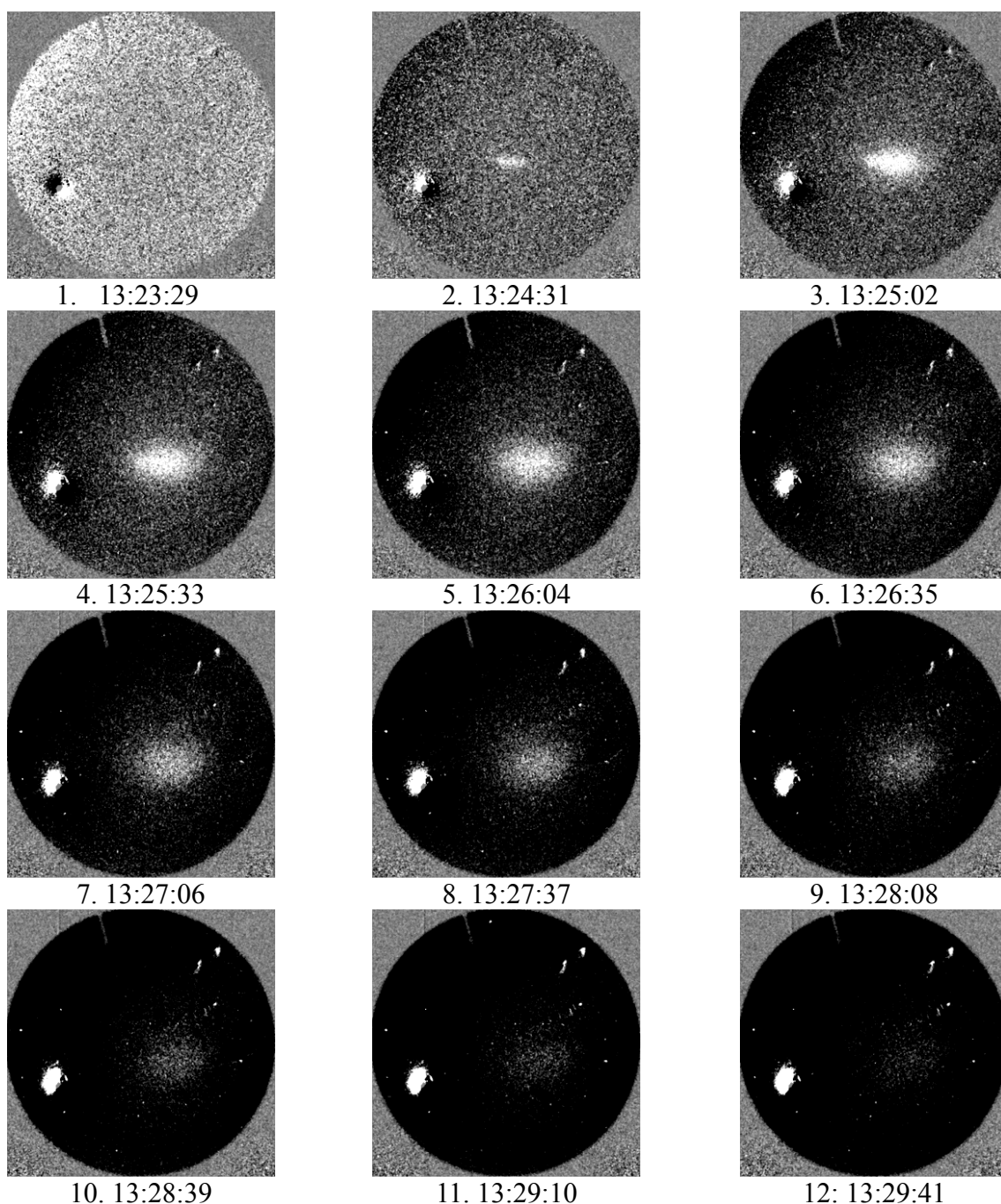


*Рис. 128.* Интенсивность излучения ночного неба в линии 630 нм 17.04.2013 г. Обработанные изображения. Время работы сближающе-корректирующих двигателей (СКД) 13:24:37.5–13:24:46.5.

В 2013 г. была проведена серия экспериментов по программе «Радар–Прогресс». На рис. 128 приведены изображения (пронумерованные кадры с указанием времени начала экспозиции), зарегистрированные 17 апреля 2013 г. до включения СКД (первый кадр), во время работы (второй кадр) и после выключения (последующие кадры).

В юго-западной части неба наблюдается не полностью скомпенсированное изображение Луны, так как в методике обработки не учитывалось движение небесных тел.

Начиная со второго кадра (время работы СКД), юго-восточнее центра изображений наблюдается область свечения повышенной интенсивности. Границы области перемещаются. По предварительным оценкам скорость движения в первые 60 с после начала работы СКД вдоль орбиты ТГК составила  $\sim 7$  км/с, поперек  $\sim 3.5$  км/с. Высота орбиты  $\sim 400$  км.

Максимальные размеры области зарегистрированы через ~120–150 с после включения СКД и составили ~350 км вдоль орбиты и ~250 км поперек.

Зарегистрированное повышение интенсивности свечения в линии 630 нм может быть вызвано несколькими механизмами: 1) отражение солнечного излучения и лунного свечения от выхлопных газов во время работы СКД; 2) отражение солнечного излучения и лунного свечения от струи жидкого или кристаллов замерзшего топлива, выбрасываемого после выключения СКД в результате продувки топливной системы; 3) излучение атомарного кислорода  $O(^1D)$ , стимулированного выхлопными газами СКД или совокупностью механизмов 1–3.

*Результаты экспериментальных наблюдений были использованы при выполнении работ по проектам II.16.1.2, II.16.1.4 программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1. «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», проекта № 3.11.1 программы № IV.11 ОФН РАН, проектов № ОНЗ-8.2, ОНЗ-8.3 программы № 8 ОНЗ РАН, междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 11, темы «Проведение измерений параметров ионосферных неоднородностей, генерируемых при работе ЖРД ТК «Прогресс», грантов РФФИ № 13-05-00456-а, 13-05-00456-а, 13-05-10041\_к, 12-05-00024-а, 12-05-00865-а, 12-05-33032-мол\_а\_вед.*

## 5.7. Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы (ОРДА)



Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы (ОРДА) ИСЗФ СО РАН, расположена вблизи г. Усолье-Сибирское на территории одной из войсковых частей Министерства обороны РФ на удалении 125 км от г. Иркутска.

Задачами обсерватории являются проведение наблюдений на радиофизическом комплексе инструментов института и обслуживание и модернизация научного обо-

рудования, входящего в состав обсерватории.

Основные научные задачи обсерватории:

- регулярные наблюдения вариаций параметров ионосферы для различных времен суток, сезонов, уровней солнечной и геомагнитной активностей;
- наблюдение мощных когерентных отражений во время геомагнитных возмущений;
- наблюдение распространения волновых возмущений, приходящих из полярной области ионосферы;
- экспериментальные исследования распространения сложных ВЧ-сигналов с учетом дисперсионных искажений, рассеяния на неоднородностях и шероховатостях земной поверхности;
- наблюдение космических объектов.

Экспериментальная база ОРДА включает в себя ряд установок:

- Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) входит в перечень уникальных установок национальной значимости (рег. № 01-28);
- многопозиционный ЛЧМ-ионозонд с передающими пунктами, размещенными на территории ОРДА (вертикального, возвратно-наклонного и наклонного зондирования), Норильской КМИС ИСЗФ СО РАН, в с. Забайкальское Хабаровского края и в п. Стекольный Магаданской обл. (наклонного зондирования) и приемными пунктами в ГФО ИСЗФ

СО РАН (п. Торы Республика Бурятия, п. Арти, Свердловская область), а также на Норильской КМИС (г. Норильск, Красноярский край);

- доплеровский комплекс ИСЗФ СО РАН с приемными комплексами, размещенными в лабораторном корпусе Института, ГФО и КМИО.

### ***Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР)***

В период с января по декабрь 2013 г. в Обсерватории радиофизической диагностики атмосферы был проведен ряд измерений как в штатном режиме, так и в экспериментальных режимах. Штатный режим подразумевает измерения, проводимые с целью получения параметров ионосферной плазмы, с использованием всех возможностей комплекса ИРНР (работа передающих и приемных устройств, накопление, обработка и хранение всего объема первичных данных). Экспериментальные режимы использовались для проведения измерений при двухчастотной модификации ионосферы («Нагрев»), разработки методик получения параметров ионосферы при работе ИРНР в качестве фоновой риометра, в активных космических экспериментах серии «Радар–Прогресс» и отдельных наблюдениях космических объектов. Все периоды работы радара приведены в табл. 8.

Таблица 8. Наблюдения, проведенные на УСУ «ИРНР» в период 01.2013–12.2013 г.

| Период                | Эксперимент                                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1–22 января           | длительные наблюдения («стратосферное потепление») в штатном режиме                   |
| 25–26 января          | эксперимент по двухчастотной модификации ионосферы («Нагрев»)                         |
| 1–6 февраля           | длительные активные наблюдения в штатном режиме                                       |
| 7–9 февраля           | эксперимент по двухчастотной модификации ионосферы («Нагрев»)                         |
| 15–21 апреля          | эксперимент «Радар–Прогресс 7» (ТГК «Прогресс М-17М»)                                 |
| 11–13 июня            | отладка новых систем управления                                                       |
| 13–19 июня            | эксперимент «Радар–Прогресс 8» (ТГК «Прогресс М-19М»)                                 |
| 20 июня–2 июля        | длительные активные наблюдения в штатном режиме                                       |
| 14 августа            | отладка новых систем управления                                                       |
| 28 октября – 1 ноября | отладка новых систем управления                                                       |
| 1 января – 31 декабря | долговременные ежедневные наблюдения в пассивном режиме за звездными радиоисточниками |

Общее время наблюдений в активном режиме – около 60 сут, общее время наблюдений в пассивном режиме – около 260 сут.

Вместе со штатными, ионосферными наблюдениями в 2013 г. были выполнены и другие виды наблюдения:

1. Проведены две сессии активного космического эксперимента «Радар–Прогресс». Проведены измерения при работающих и неработающих сближающе-корректирующих двигателях транспортных грузовых кораблей «Прогресс М-17М» и «Прогресс М-19М».

Для наблюдения космических объектов на ИРНР применялась методика наблюдения, разработанная в 2012 г., с использованием импульсного ЛЧМ-сигнала, в результате чего удалось значительно увеличить точность определения углов.

2. В январе и феврале 2013 г. была продолжена серия экспериментов по двухчастотной модификации ионосферной плазмы («Нагрев»).

3. Выполнялись радиоастрономические наблюдения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР).

Следует отметить, что одновременно с Солнцем на ИРНР наблюдаются стабильные дискретные космические радиоисточники (Лебедь-А, Кассиопея-А и др.). Таким образом, ИРНР может выступать в качестве дополнительного устройства, расположенного в часовых поясах между +3 GMT и +9 GMT, для наблюдения потока солнечного радиоизлучения в метровом диапазоне длин волн (154–162 МГц) с абсолютной калибровкой в широком динамическом диапазоне.

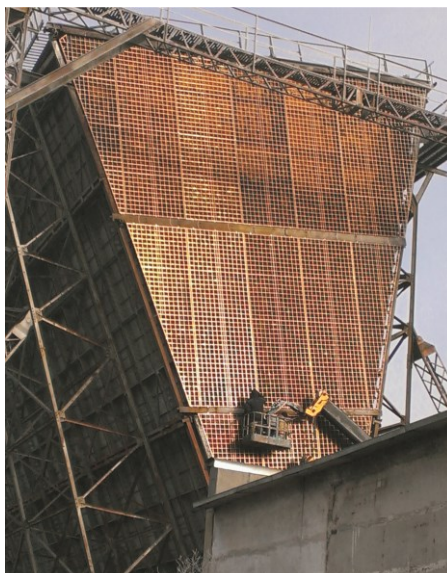


*Рис. 129. Экранирующее устройство Иркутского радара НР.*

Для успешного проведения исследований на ИРНР в течение 2013 г. был выполнен ряд работ по автоматизации алгоритмов селекции необходимого радиоисточника из всего записанного набора данных, разработан алгоритм фильтрации импульсных помех от сторонних радиопередающих средств, началось создание базы данных солнечных вспышек, наблюдавшихся с 2011 по 2013 г. в метровом диапазоне длин волн.

В 2013 г. активно проводилась модернизация как аппаратной части управляющего и приемно-регистрирующего комплекса, так и программного обеспечения ИРНР. Производилась отладка новых формирователей рабочих частот и синхросигналов на базе синтезаторов DDS и микроконтроллеров. Было смонтировано экранирующее устройство для антенны ИРНР (рис. 129).

Вместе с тем следует отметить, что вследствие регулярной работы сторонней радиолокационной станции в этом же диапазоне частот возможности работы ИРНР в долговременных режимах существенно ограничены. Для решения этих проблем в настоящее время разрабатывается дополнительная система синхронизации с этой РЛС, закуплено необходимое оборудование и кабели для реализации этой системы.

## **Многопозиционный ЛЧМ-зонд ИСЗФ СО РАН**

### **Передающий комплекс**

В период с 01 января 2013 г. по настоящее время на многопозиционном ЛЧМ-ионозонде «Ионозонд № 3» ОРДА (г. Усолье-Сибирское, 7) проводились непрерывные эксперименты по вертикальному и слабонаклонному зондированию ионосферы.

С 18.02 по 26.02.2013 г., с 11.03.2013 по 15.03.2013 г. и с 20.05.2013 по 28.05.2013 г. передающий пункт «Ионозонд № 3» ОРДА вел излучение во время работы нагревного стенда «Тромсе» в Московском направлении (мощность излучения 2500 Вт).

В течение всего 2013 г. передающий пункт «Ионозонд № 3» ОРДА круглосуточно вел излучение на слабонаклонной трассе Иркутск–Торы в режиме мониторинга, мощность излучения 50 Вт.

На передающих комплексах многопозиционного ЛЧМ-ионозонда в Норильской КМИС были проведены демонтаж, модернизация и монтаж передающей антенны логопериодической антенны DLP-22, осуществлен ремонт и настройка блоков радиопередающего устройства (РПДУ) «КЕДР», введен блок автоматики, обеспечивающий автоматическое включение и выключение РПДУ «КЕДР».

### **Приемный комплекс ЛЧМ-ионозонда**

В течение 2013 г. на приемном пункте ГФО «Торы» продолжался прием ЛЧМ-сигналов в мониторинговом режиме. Прием сигналов осуществлялся на наклонных трассах сети ЛЧМ-ионозондов Института, а также на трассах сторонних сетей. Прием на наклонных трассах ведется с 15-минутным циклом, а в случаях специальных задач, прием может вестись в 5-минутном режиме. Основными наклонными трассами являются трассы Магадан – Иркутск (Торы), Хабаровск – Иркутск (Торы), Норильск – Иркутск (Торы), Горьковская (СПб) – Иркутск (Торы). Дополнительными трассами являются: Лавозеро – Иркутск (Торы) и Кипр – Иркутск (Торы). Частотный диапазон зондирования наклонных трасс составляет 4.0–301.0 МГц при скорости сканирования 500 кГц/с.

Использование принципа цифрового построения приемника позволило, кроме приема на наклонных трассах различной протяженности, вести регулярное вертикальное зондирование ионосферы моностатическим ЛЧМ-ионозондом в поминутном режиме. Одновременно производится поминутное зондирование ионосферы на сверхкороткой трассе Усолье–Торы (96 км). За год было получено около 35 000 ионограмм для каждой наклонной трассы и около 52000 ионограмм вертикального и слабонаклонного зондирования. Проведены работы по непосредственной передаче данных вертикального зондирования на сайт Института (<http://iszf.irk.ru>). Из-за ограниченной скорости канала связи ионограммы передаются в пятиминутном режиме.

В 2013 г. для мобильного моностатического ЛЧМ-ионозонда были изготовлены и испытаны мобильные приемная и передающая антенны типа «Дельта». Результаты испытаний дали положительные результаты. Простота конструкции и развертывания подобных антенн предполагает их использование в мобильных ЛЧМ-ионозондах.

Кроме ионосферных исследований ионосферы ЛЧМ-сигналом, на территории ГФО развернут 8-канальный УКВ-интерферометр для исследования радиосигналов с подвижных объектов по программе «Радар-Прогресс».

Штат постоянного обслуживающего персонала обсерватории составляет 26 человек. При выполнении специальных и текущих наблюдений, выполнения отладочных работ, обработке результатов работала группа научных сотрудников, аспирантов и инженеров составляет от 15–20 человек.

*Результаты наблюдений использовались при выполнении базовых проектов программы фундаментальных исследований СО РАН II.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн», базовых проектов программы фундаментальных исследований СО РАН II.16.1. «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, в межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства», междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 11, интеграционного партнерского проекта СО РАН № 106, интеграционного проекта СО РАН № 14, совместного с НАН Украины проекта № 22.4 программы Президиума РАН № 22, проекта № 4.4 программы № 4 Президиума РАН, проекта № IV.11.1 программы ОФН РАН IV.12, проекта № 8.1 программы № 8 ОНЗ РАН, ГК от 19 июля 2012 г. № 14.518.11.7065 «Проведение исследований верхней атмосферы в Обсерватории радиофизической диагностики атмосферы с использованием УСУ «Иркутский радар некогерентного рассеяния» в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы», ГК «Развитие новых методов диагностики околоземного космического пространства и создание кластера учебно-методических стендов на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН и ИГУ» в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы», ГК с Министерством обороны РФ «Исследование и экспериментальная отработка методов и алгоритмов интерактивного взаимо-*

*действия радиолокационных и оптических информационных средств в интересах повышения точности и информативности получаемой информации для систем наблюдения и сопровождения космических объектов», ГК № 72/ГФ/Н-11 от 18 мая 2011 г., НИР на тему «Проведение измерений параметров ионосферных неоднородностей, генерируемых при работе ЖРД ТГК «Прогресс» в 2013 году при проведении сеансов КЭ «Радар-Прогресс» в рамках реализации федеральной космической программы РФ, НИР между ОАО РТИ им. академика А.Л. Минца и Институтом «Разработка модели пространственно-временных изменений параметров ионосферы», грантов РФФИ № 11-05-00698-а, 11-05-00822-а, 11-05-00892-а, 11-05-00908-а, 11-05-91153-ГФЕН\_а, 12-05-91159-ГФЕН\_а, 13-05-00979-а, 13-05-00733-а, 13-05-00292-а, 13-05-00456-а, 13-05-00153-а, 13-05-10041\_к, 12-05-92103-ЯФ-а, 12-05-00865-а, 12-05-31019-мол\_а, 12-05-31069-мол\_а, 12-05-31147-мол\_а, 12-05-31279-мол\_а.*

## **6. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

### **6.1. Общие сведения**

В течение 2013 года Институтом выполнялась научно-исследовательская работа по основным научным направлениям деятельности: современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, включая физику Солнца, межпланетной среды, околоземного космического пространства, ионосферы и атмосферы; изучение солнечно-земных связей; развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики и геофизики, - в соответствии с планом госзаданий на 2013 г. и согласно приоритетным направлениям Программы фундаментальных исследований государственных академий, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. № 2237-р:

1. Приоритетное направление П.12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений.

1.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.12.2 «Радиофизические методы исследования верхней атмосферы и ионосферы. Распространение радиоволн» (координатор – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.1.1. Проект П.12.2.1 «Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства» (рег. номер 01201281660, руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Медведев).

1.1.2. Проект П.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли» (рег. номер - 01201281659, руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.1.3. Проект П.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона» (рег. номер 01201281658, руководитель проекта – к.ф.-м.н. О.И. Бернгардт).

1.2. Партнерский интеграционный проект СО РАН, Проект № 106 «Разработка и создание перспективных методов мониторинга окружающего космического пространства и прогнозирование экстремальных событий» (партнеры – ИОА СО РАН, ИКФИА СО РАН, ИГФ УрО РАН, ИКИР ДВО РАН. Рег. номер 01201255674, руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин).

1.3. Проект № 3.12.1 «Исследование и разработка методов радиофизической диагностики возмущений различных масштабов в верхней атмосфере Земли» программы № IV.12 «Современные проблемы радиофизики» ОФН РАН (координатор – академик А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255930. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

1.4. Проект № 3.11.1 «Исследования атмосферно-ионосферного взаимодействия и отклика параметров атмосферного электричества на геомагнитную активность на основе

многопозиционной регистрации параметров атмосферного электричества и природного электромагнитного фона в УНЧ- и СНЧ-диапазонах волн» программы ОФН РАН № IV.11 «Электродинамика атмосферы, радиофизические методы исследований атмосферных процессов» (координатор – акад. Е.А. Мареев). Рег. номер 01201255934. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2. Приоритетное направление II.14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах.

2.1. Проект № 22.3 «Динамические процессы в плазме Солнца, солнечном ветре и магнитосферах планет» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы» (координатор – акад. Л.М. Зеленый). Рег. номер 01201255937. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2.2. Проект № 22.4 «Волновой аспект солнечно-магнитосферного воздействия» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы» (координатор – акад. Л.М. Зеленый). Рег. номер 01201255936. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

3. Приоритетное направление II.16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.

3.1. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.16.1 «Фундаментальные проблемы процессов космической погоды, включая процессы на Солнце, межпланетной среде, магнитосфере и атмосфере Земли. Контроль и экология околоземного космического пространства» (координатор – акад. Г.А. Жеребцов).

3.1.1. Проект II.16.1.1 «Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат». Рег. номер 01201281657. Руководитель проекта – академик Г.А. Жеребцов.

3.1.2. Проект II.16.1.2 «Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли». Рег. номер 01201281656. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

3.1.3. Проект II.16.1.3 «Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве». Рег. номер 01201281655. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.

3.1.4. Проект II.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов». Рег. номер 01201281654. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

3.1.5. Проект II.16.1.5 «Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства». Рег. номер 01201281653. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. М.В. Еселевич.

3.1.6. Проект II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца». Рег. номер 01201281652. Руководитель проекта – Д.В. Просовецкий.

3.2. Программа фундаментальных исследований СО РАН II.16.3 «Физика Солнца и астрофизическое приборостроение» (координатор – чл.-к. РАН В.М. Григорьев).

3.2.1. Проект II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности». Рег. номер 0120281651. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов.

3.2.2. Проект П.16.3.2 «Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере». Рег. номер 01201281650. Руководители проекта – д.ф.-м.н. Н.И. Кобанов, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

3.2.3. Проект П.16.3.3 «Методы и инструменты астрофизического эксперимента». Рег. номер 01201281648. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

3.3. Программа фундаментальных исследований СО РАН П.16.2 «Физика космических лучей и солнечно-земных связей» (координатор – чл.-к. РАН Е.Г. Бережко).

3.3.1. Проект П.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей». Рег. номер 01201281649. Руководитель проекта – к.ф.-м.н. В.Е. Сдобнов.

3.4. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 34 «Цикличность в биогеологических седиментационных системах Центральной Азии на абсолютной временной шкале голоцена: глобальный отклик солнечно-земных связей» (координатор – д.ф.-м.н. И.Г. Куланин, ИГМ СО РАН). Руководитель блока проекта от ИСЗФ – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов.

3.5. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 77 «Изучение закономерностей проявления опасных природных процессов в исторически обозримом прошлом для разработки основ прогноза их поведения на ближайшие десятилетия» (координаторы – д.г.-м.н. К.Г. Леви, ИЗК СО РАН; Г.И. Медведев, ИАЭТ СО РАН). Руководитель проекта от ИСЗФ СО РАН – д.ф.-м.н. С.А. Язев.

3.6. Совместный проект № 2 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Комплексы активности в период максимума солнечного цикла». Рег. номер 01201370123. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

3.7. Совместный проект № 12 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Координированные солнечные, магнитные и сейсмoeлектромагнитные исследования в интересах мониторинга геофизической среды и космического пространства». Рег. номер 01201370731. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

3.8. Совместный проект № 13 СО РАН с Монгольской академией наук и Министерством образования, культуры и науки Монголии «Совместные исследования геофизической среды по данным наблюдений на сети станций Монголии и Восточной Сибири». Рег. номер 01201370121. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

3.9. Партнерский интеграционный проект СО РАН № 13 «Магнитная активность Солнца и эруптивные процессы в его атмосфере». Рег. номер 01201255669. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

3.10. Проект № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям» программы Президиума РАН № 10 «Фундаментальные свойства материи и астрофизика» (координатор – акад. В.А. Матвеев). Координатор проекта – акад. Г.Ф. Крымский, ИКФИА СО РАН. Руководитель проекта от ИСЗФ – к.ф.-м.н. В.Е. Сдобнов.

3.11. Проект № 21.2 «Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-33ИК» программы Президиума РАН № 21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной» (координатор – акад. А.А. Боярчук). Рег. номер 01201255938. Руководитель проекта – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

4. Приоритетное направление VIII.77. Физические и химические процессы в атмосфере, включая ионосферу и магнитосферу Земли, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов.

4.1. Проект № ОНЗ-8.1 «Исследование магнитосферно-ионосферного взаимодействия в условиях возрастания солнечной активности в 24-м цикле по данным наземного и

спутникового мониторинга» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255933. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

4.2. Проект № ОНЗ-8.2 «Исследование отклика ионосферы на экстремальные явления в нейтральной атмосфере в азиатском долготном секторе» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255929. Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

4.3. Проект № ОНЗ-8.3 «Экспериментальные исследования ионосферно-атмосферно-литосферных процессов в зонах высокой сейсмической активности» программы ОНЗ РАН № 8 «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос» (координатор – акад. В.В. Адушкин). Рег. номер 01201255932. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

5. Приоритетное направление VIII.78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий.

5.1. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 11 «Литосферно-ионосферные взаимодействия в Байкальской рифтовой системе» (координатор – акад. Г.А. Жеребцов).

6. Приоритетное направление VIII.79. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

6.1. Проект № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственно-временных закономерностей влияния солнечной активности на температуру поверхности океана и климат» программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики» (координатор – акад. Н.П. Лаверов). Рег. номер 01201255935. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

6.2. Проект № ОНЗ-12.1 «Изучение роли солнечной активности в изменении компонентов климатической системы (атмосфера, океан, криосфера)» программы ОНЗ РАН № 12 «Процессы в атмосфере и криосфере как фактор изменений природной среды» (координаторы – акад. В.М. Котляков, акад. Г.С. Голицын, акад. Ю.А. Израэль). Рег. номер 01201255928. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.А. Коваленко.

7. Приоритетное направление VIII.80. Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, химического анализа природных и техногенных веществ, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.

7.1. Совместный проект № 14 СО РАН с НАН Украины «Многопозиционные радарные исследования ионосферных неоднородностей в средних и высоких широтах над Евроазиатским регионом». Рег. номер 01201651760. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

7.2. Проект № 3.12.2 «Разработка радиофизических методов диагностики искусственных и естественных неоднородностей в ионосфере» программы ОФН РАН № IV.12 «Современные проблемы радиофизики» (координатор – акад. А.Г. Литвак). Рег. номер 01201255931. Руководитель проекта – акад. Г.А. Жеребцов.

В Институте выполнялись также работы по Федеральным целевым программам.

3 проекта Федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.»:

- «Разработка дополнительной аппаратуры для дооснащения действующих оптических и радиотелескопов с целью обеспечения их работы в режиме мониторинга гелиогеофизической обстановки»; научные руководители – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, к.ф.-м.н.

П.Г. Папушев.

- «Разработка и создание опытных образцов оптических телескопов и радиоспектрополяриметра нового поколения для мониторинга солнечной активности»; научные руководители – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

- «Развитие современных технологий мониторинга ионосферы с использованием наземных и космических средств измерений»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

3 проекта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.»:

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: астрономия, астрофизика и исследования космического пространства». Проект «Мониторинг и комплексный анализ динамических процессов в солнечной атмосфере на основе комплекса обсерваторий Института солнечно-земной физики СО РАН и Иркутского государственного университета, подготовка научно-педагогических кадров в рамках НОЦ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых коллективами научно-образовательных центров по научному направлению «Физика, астрономия» в области радиофизики, акустики и электроники. Проект «Развитие новых методов диагностики околоземного космического пространства и создание кластера учебно-методических стендов на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН и ИГУ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

- Лот «Поддержка научных исследований, проводимых научными группами под руководством кандидатов наук по научному направлению «Физика, астрономия» в следующих областях: лазерная физика и лазерные технологии, радиофизика, акустика и электроника, физика плазмы». Проект «Исследование ионосферных возмущений на основе данных наземных приемников GPS и ГЛОНАСС» (2012–2013 гг.), научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

2 проекта Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.»:

- Лот «Проведение исследований с использованием уникальных стендов и установок по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Проект «Исследование активных процессов на Солнце на основе УСУ «Сибирский солнечный радиотелескоп» (ССРТ) и УСУ «Большой солнечный вакуумный телескоп» (БСВТ) в целях развития методов диагностики среды в околоземном пространстве» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

- Лот «Проведение научно-исследовательских работ с использованием уникальных объектов научной инфраструктуры, включая обсерватории, ботанические сады, научные музеи и др. по основным направлениям реализации Программы». Проект «Проведение исследований верхней атмосферы в обсерватории радиофизической диагностики атмосферы с использованием УСУ «Иркутский радар некогерентного рассеяния» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

Молодежные коллективы Института работали по двум грантам конкурса Президента Российской Федерации государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук:

- «Сравнительное исследование особенностей функционирования систем ГЛОНАСС и GPS в условиях ионосферной возмущенности»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

- «Волновые процессы в солнечных образованиях с различной топологией магнитного поля»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Колобов.

В Институте выполнялись три молодежных проекта по научным темам, утвержденным постановлением Президиума СО РАН от 13.01.2011 № 11 «О выделении дополнительных ставок научным организациям СО РАН для зачисления в штат молодых ученых»:

- «Исследование переноса энергии волнами в солнечных образованиях с различной топологией магнитного поля. Развитие методов и аппаратуры для измерения магнитных полей Солнца и звезд, в том числе применимых для внеатмосферных наблюдений»; научный руководитель – А.А. Скляр.

- «Исследование распространения и генерации волн Россби на Солнце»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Е.В. Девятова.

- «Сравнительное исследование особенностей функционирования систем ГЛОНАСС и GPS в условиях ионосферной возмущенности»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

Трое молодых ученых выполняли научные исследования на основании постановлений Президиума СО РАН № 381 от 29.12.2009 г. «Об исследованиях молодых ученых по приоритетным направлениям науки» и № 467 от 28.12.2012 г. «О показателях финансирования Сибирского отделения Российской академии наук, укрупненных параметрах, целевых программах и размерах первоначальной субсидии учреждений на 2013 год» (Коробцев И.В., Губин А.В. и Едемский И.К.).

В 2013 г. в Институте выполнялось 42 гранта РФФИ:

33 инициативных гранта (12 грантов по отделу РФФИ физики и астрономии и 21 грант по отделу РФФИ наук о Земле), включая 7 грантов по конкурсам молодых ученых и 7 грантов по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями.

1. 11-02-00333-а «Выход магнитных полей из конвективной зоны Солнца и их вынос в гелиосферу»; научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

2. 11-05-00698-а «Исследование динамических процессов в ионосфере в период низкой солнечной активности по данным радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН»; научный руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Медведев.

3. 11-05-00822-а «Исследование взаимодействия среднеширотной ионосферы с плазмосферой на основе данных некогерентного рассеяния и моделирования»; научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.

4. 11-05-00892-а «Комплексное исследование динамических процессов в ионосфере «над Азиатским регионом России»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

5. 11-05-00908-а «Исследование механизмов взаимодействия внешних геосфер во время магнитных бурь»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Н.А. Золотухина.

6. 12-02-00031-а «Исследование источников магнитосферных МГД-колебаний в неоднородных моделях среды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.

7. 12-02-00037-а «Возникновение и распространение солнечных корональных выбросов и связанных с ними ударных волн»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.В. Гречнев.

8. 12-02-00173-а «Исследование ускорения электронов и динамики солнечных вспышек на основе измерений их микроволнового излучения с высоким пространственным и спектральным разрешением»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

9. 12-05-00024-а «Исследование физики и морфологии различных типов среднеширотных сияний в Азиатском регионе»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Михалев.

10. 12-05-00121-а «Пространственная структура компрессионных геомагнитных пульсаций в земной магнитосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климушкин.

11. 12-05-00865-а «Исследование проявлений метеорологических эффектов в вариациях атмосферных и ионосферных параметров по данным радиофизических и оптических измерений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. М.А. Черниговская.

12. 12-02-31746-мол\_а «Исследование колебательных процессов в крупномасштабных магнитных полях солнечных активных областей по данным спутниковых и наземных обсерваторий»; научный руководитель – к.ф.-м.н. С.А. Анфиногентов.

13. 12-02-33110-мол\_а\_вед «Многоволновые исследования пространственно-временных характеристик колебательных процессов и их роли в возникновении и развитии эруптивных и вспышечных явлений в солнечной атмосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Колобов.

14. 12-05-31019-мол\_а «Исследование динамических процессов в ионосфере в период фазы роста солнечной активности по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния»; научный руководитель – к.ф.-м.н. А.А. Щербаков.

15. 12-05-31069-мол\_а «Исследование ионосферных волновых возмущений МГД-природы, обусловленных градиентами атмосферных параметров в переходные часы суток»; научный руководитель – к.ф.-м.н. И.К. Едемский.

16. 12-05-31279-мол-а «Исследование вариаций электронной концентрации над Восточной Сибирью»; научный руководитель – А.Г. Ким.

17. 12-05-31147-мол\_а «Исследование планетарных волн, наблюдавшихся в период стратосферных потеплений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. М.В. Толстиков.

18. 12-05-33032-мол\_а\_вед «Исследование планетарных волн, наблюдавшихся в период стратосферных потеплений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

19. 12-02-92691-ИНД-а «Модели солнечного и звездного динамо», научный руководитель – д.ф.-м.н. Л.Л. Кичатинов.

20. 12-02-91161-ГФЕН\_а «Исследования нетепловых процессов, связанных с солнечными вспышками на основе радионаблюдений», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

21. 12-05-91159-ГФЕН\_а «Связанные процессы суббурь в магнитосфере и ионосфере Земли»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.

22. 12-05-92103-ЯФ\_а «Разработка новых методов исследования динамики ионосферы с использованием данных SuperDARN и ЛЧМ-зондирования»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

23. 13-05-91159-ГФЕН\_а «Особенности реакции ионосферы восточно-азиатского региона на геомагнитные возмущения», научный руководитель – академик Г.А. Жеребцов.

24. 13-05-00979-а «Развитие новых методов диагностики верхней атмосферы и ионосферы на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН», научный руководитель – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

25. 13-05-00529-а «Волновое воздействие солнечного ветра на магнитосферу Земли», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

26. 13-05-00733-а «Исследование физических процессов контролирующего состояние ионосферы и термосферы средних широт во время геомагнитных бурь», научный руководитель – к.ф.-м.н. А.С. Тащилин.

27. 13-05-00292-а «Исследование механизмов генерации межсуточных вариаций параметров», научный руководитель – к.ф.-м.н. Б.Г. Шпынев.

28. 13-05-00456-а «Исследования геофизических и радиофизических эффектов работы бортового двигателя космического аппарата», научный руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Хахинов.

29. 13-05-00153-а «Исследование возмущений термодинамического режима мезосферы и термосферы в периоды действия зимних стратосферных потеплений», научный руководитель – к.ф.-м.н. И.В. Медведева.

30. 13-02-00202-а «Исследование поршневой и взрывной ударных волн, связанных с возникновением и распространением выбросов корональной массы (ВКМ)», научный руководитель – д.ф.-м.н. В.Г. Еселевич.

31. 13-02-00044-а «Исследование процессов переноса энергии МГД волнами в атмосфере Солнца», научный руководитель – к.ф.-м.н. Р.А. Сыч.

32. 13-02-90472-Укр-ф-а «Накопление, выделение и перенос энергии в солнечных вспышках», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

33. 13-05-92219-Монг-а «Новые источники энергии возмущенной магнитосферы Земли и космической погоды», научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.

2 гранта организации и проведения экспедиций и полевых исследований (1 грант по отделу РФФИ физики и астрономии и 1 грант по отделу РФФИ наук о Земле):

34. 13-02-10009\_к «Организация и проведение комплексной экспедиции для сбора данных по солнечной активности», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

35. 13-05-10041\_к «Научный проект по проведению комплексной экспедиции по исследованию ионосферных возмущений в азиатском регионе России», научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

4 гранта по организации российских и международных научных мероприятий (1 грант по отделу РФФИ физики и астрономии и 3 грант по отделу РФФИ наук о Земле):

36. 13-05-06034-г «Научный проект организации международной конференции ILWS-2013 «Изучение космической погоды с помощью спутниковых и наземных наблюдений», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

37. 13-05-06038-г «Научный проект организации Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике "Физические процессы в космосе и околоземной среде" (БШФФ-2013)», научный руководитель – академик Г.А. Жеребцов.

38. 13-05-06820-МОЛ-г «Научный проект организации XIII Конференции молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом», научный руководитель – к.ф.-м.н. С.В. Олемской.

39. 13-02-06106-г «Научный проект организации и проведения Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова», научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

2 гранта на получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств:

40. 12-00-14068\_ир «Получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств на 2014 г.», научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

42. 13-00-14437\_ир «Получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств на 2014 г.», научный руководитель – к.ф.-м.н. И.И. Салахутдинова.

Выполнялись:

- Работы по программе Президиума СО РАН поддержки обсерваторий СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 103 от 15.03.2012 г.); научные руководители – чл.-к. РАН В.М. Григорьев, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

- Работы по конкурсу поддержки экспедиционных работ СО РАН (Постановление Президиума СО РАН № 100 от 15.03.2012 г.): «Мониторинг геофизических полей в средних и авроральных широтах наземными и космическими средствами»; научный руководитель – заведующий обсерваторией д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

- Работы по Мегaproекту – Создание Национального гелиогеофизического комплекса РАН, научный руководитель – акад. Г.А. Жеребцов.

- Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.

Всего за 2013 г. работы велись по 16 хоздоговорам.

Общий объем бюджетного финансирования за 2013 г. составил 473576,220 тыс. руб., в том числе 334307,220 тыс. руб. – по базовым проектам СО РАН.

## **6.2. Деятельность Ученого совета**

Состав Ученого совета Института был утвержден Постановлением Президиума СО РАН № 377 от 08.12.2010 г. с изменениями состава согласно постановлениям Президиума СО РАН № 62 от 10.02.2012 г. и № 78 от 01.03.2012 г.). В составе совета 28 чел. Председателем Ученого совета является директор Института, чл.-к. РАН Потехин А.П., заместителями – заместители директора по научной работе чл.-к. РАН Григорьев В.М., д.ф.-м.н. Куркин В.И. и д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т.

В 2012 г. было проведено 12 заседаний Ученого совета, где заслушивались научные сообщения, рассматривались планы и отчеты научно-исследовательских работ, издательской и международной деятельности, проведения и участия в научных мероприятиях, утверждались темы диссертационных работ, научные руководители, отчеты аспирантов и др.

Научные доклады и сообщения, представленные на Ученом совете:

1. Научный доклад «Геофизические явления, связанные с Челябинским болидом», к.ф.-м.н. К.Г. Ратовский.
2. Научный доклад «Исследование ионосферных возмущений методом трансiono-сферного GPS-зондирования» (докторская диссертация), к.ф.-м.н. Н.П. Перевалова.
3. Научный доклад «Роль и вклад гравитационного воздействия на Землю в солнечно-земные связи», д.т.н. Г.Я. Смольков.
4. Научный доклад «Некоторые новые основные понятия в концепции магнитосферных суббурь и бурь», д.ф.-м.н. В.М. Мишин.
5. Научный доклад «Развитие методов и аппаратных средств радиофизических исследований верхней атмосферы Земли на Иркутском радаре некогерентного рассеяния» (докторская диссертация), к.ф.-м.н. А.В. Медведев.
6. Научный доклад «Формирование крупномасштабной структуры ионосферы в спокойных и возмущенных условиях» (докторская диссертация), к.ф.-м.н. А.В. Тащилин.
7. Научный доклад «Радиоастрономическая диагностика активных процессов на Солнце, звездах и планетах», к.ф.-м.н. А.А. Кузнецов.

### 6.3. Международное сотрудничество

В отчетном году состоялась 50 командировок сотрудников Института в 14 стран мира. Сотрудники института приняли участие в 21 зарубежном научном мероприятии (см. список зарубежных международных мероприятий), на которых представили 5 приглашенных, 1 пленарный, 42 устных доклада и 13 стендовых докладов.

Список сотрудников Института, выезжавших в заграничные командировки в 2013 г.

| Страна         | ФИО               | Научная работа | Участие в конференции, тип доклада | Переговоры |
|----------------|-------------------|----------------|------------------------------------|------------|
| Австралия      | Демьянов В.В.     |                | 1 устный                           |            |
| Австрия        | Мешалкина Н.С.    |                | 1 стендовый                        |            |
|                | Алтынцев А.Т.     |                | 1 устный                           |            |
|                | Золотухина Н.А.   |                | 1 стендовый                        |            |
| Болгария       | Черниговская М.А. | +              | 2 устных                           |            |
|                | Шпынев Б.Г.       | +              | 1 устный                           |            |
| Великобритания | Анфиногентов С.А. | +              |                                    |            |
|                | Афанасьев А. Н.   | +              |                                    |            |
|                | Кашапова Л.К.     | +              |                                    |            |
|                | Васильев Р.В.     |                | 2 устных                           |            |
|                | Шпынев Б.Г.       |                | 2 устных                           |            |
| Китай          | Жеребцов Г.А.     |                |                                    | +          |
|                | Сыч Р.А.          | +              | 1 устный                           |            |
|                | Сыч Р.А.          | +              | 2 устных                           |            |
|                | Демидов М.Л.      |                | 1 приглашенный<br>1 стендовый      |            |
|                | Жеребцов Г.А.     |                |                                    | +          |
|                | Алтынцев А.Т.     |                | 1 устный                           |            |
|                | Кузнецов А.А.     |                | 3 устных                           |            |
|                | Кочанов А.А.      |                | 1 устный                           |            |
|                | Кашапова Л.К.     |                | 1 устный                           |            |
|                | Мышьяков И.И.     |                | 1 устный                           |            |
|                | Иванов Е.Ф.       |                | 2 устных                           |            |

|           |                   |   |                             |  |
|-----------|-------------------|---|-----------------------------|--|
|           | Ясюкевич Ю.В.     |   | 1 устный                    |  |
|           | Перевалова Н.П.   |   | 1 приглашенный              |  |
|           | Мишин В.В.        |   | 1 стендовый                 |  |
|           | Челпанов А.А.     |   | 1 устный,<br>1 стендовый    |  |
|           | Пипин В.В.        | + | 1 устный                    |  |
| Монголия  | Цэгмэд Б.         | + |                             |  |
|           | Поляков В.И.      |   | 1 устный                    |  |
| Польша    | Ратовский К.Г.    |   | 2 устных                    |  |
| США       | Кузнецов А.А.     | + |                             |  |
|           | Пипин В.В.        | + | 1 устный                    |  |
| Тайвань   | Толстиков М.В.    |   | 2 устных<br>1 стендовый     |  |
| Украина   | Ясюкевич Ю.В.     |   | 1 приглашенный,<br>1 устный |  |
|           | Едемский И.К.     |   | 1 устный                    |  |
|           | Анфиногентов С.А. |   | 1 устный                    |  |
|           | Хахинов В.В.      |   | 1 устный                    |  |
|           | Гркович К.В.      |   | 1 устный                    |  |
|           | Щербаков А.А.     |   | 1 устный                    |  |
|           | Алсаткин С.С.     |   | 1 устный                    |  |
|           | Хабитуев Д.С.     |   | 1 устный                    |  |
| Чехия     | Мешалкина Н.С.    | + |                             |  |
|           | Алтынцев А.Т.     | + |                             |  |
|           | Кузнецов А.А.     | + | 1 пленарный,<br>1 стендовый |  |
|           | Гречнев В.В.      |   | 1 пленарный<br>1 устный     |  |
|           | Кашапова Л.К.     |   | 1 устный<br>2 стендовых     |  |
| Швейцария | Климушкин Д.Ю.    |   | 1 приглашенный              |  |
| Швеция    | Кичатинов Л.Л.    | + | 1 приглашенный,<br>1 устный |  |
| Япония    | Куркин В.И.       |   | 3 стендовых                 |  |
|           | Ойнац А.В.        |   | 1 устный<br>1 стендовый     |  |

#### **Загранкомандировки для совместной работы в рамках международных проектов и соглашений**

С 21 по 25 января советник РАН акад. Жеребцов Г.А. был командирован в НЦКИ КАН, Пекин. Жеребцов посетил Центр обработки данных проекта «Меридиан» и обсудил перспективы дальнейшего совместного исследования проблем космической погоды. 23 января акад. Жеребцову Г.А. была вручена медаль Китайской академии наук «За Международное сотрудничество в области науки и техники».

С 12 января по 11 апреля м.н.с., к.ф.-м.н. Анфиногентов С.А. был командирован в г. Ковентри, Великобритания. Цель поездки – участие в совместных научных исследованиях в области корональной сейсмологии с группой проф. Накарякова В.М. в Университете Уорик. При исследовании непрерывных шестичасовых наблюдений активной области NOAA 11654 были обнаружены незатухающие поперечные колебания, которые наблюдались в разных петлях активной области. Сделан вывод о том, что рассматриваемые колебания, скорее всего, являются глобальной кинк модой. Показано, что поперечные колеба-

ния петель являются гораздо более распространенным явлением, чем считалось ранее, и далеко не всегда связаны со вспышками или корональными выбросами масс. Также был проанализирован и интерпретирован колебательный сигнал в яркостной кривой на фазе затухания звездной «мегавспышки», наблюдавшейся 16 января 2009 г. По итогам проведенных работ подготовлены к публикации три статьи.

С 14 марта по 9 апреля с.н.с., к.ф.-м.н. Мешалкина Н.С. и с 26 марта по 9 апреля зам. директора д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т. были командированы в Астрономическую Обсерваторию (г. Онджов, Чехия). Целью поездки было обсуждение зарегистрированных одновременно спектрополяриметрами ССРТ и НАО КАН событий, представляющих интерес для решения нескольких научных задач в рамках совместного проекта «Радиофизика Солнца». Совместный анализ данных с использованием разработанных коллегами Астрономического института Чехии численных моделей пересоединения, включающих формирование и слияние плазмоидов, позволил интерпретировать наблюдения и построить достаточно полную картину процессов в источниках микроволновых всплесков, определить параметры плазмы, магнитного поля и ускоренных частиц, а также структуру активной области. Сотрудниками ИСЗФ СО РАН были проведены два семинара для Солнечной группы обсерватории Онджов.

С 24 марта по 25 апреля с.н.с., к.ф.-м.н. Кашапова Л.К. была командирована в университет г. Глазго (Великобритания) для проведения совместных исследований в рамках проекта «RadioSun» (Европейского гранта PIRSES-GA-2011). Совместно с группой астрономии и астрофизики университета была начата совместная работа по исследованию солнечной вспышки, произошедшей 24.02.2011 г.; роли теплопроводности в развитии процессов энерговыделения в солнечных вспышках. Во время визита были освоены: методика численной оценки плотности плазмы на основе размеров рентгеновских изображений и программа моделирования мягкого рентгеновского излучения. Освоенные методики моделирования и численной оценки параметров солнечной плазмы могут быть успешно применены для интерпретации новых наблюдений солнечных вспышек и активных областей, полученных как 10-ти антенным прототипом многоволнового радиогелогографа, так и радиогелогографом 4-8 ГГц, который вступит в строй в этом году.

С 7 по 21 апреля гл.н.с., д.ф.-м.н. Кичатинов Л.Л. был командирован в Швецию в Североевропейский институт теоретической физики (Нордита) для участия в международной программе «Дифференциальное вращение и магнитная активность звезд». В программе участвовало большинство известных в мире специалистов по магнитной активности звезд. В первую неделю работы проводилась конференция, а в последующее время - семинары и совместная работа участников. Были представлены новейшие результаты по колебаниям звезд, устойчивости магнитных полей, эволюции звезд и другие. Кичатинов Л.Л. сделал приглашенный доклад на тему «Теория меридиональной циркуляции и дифференциального вращения», а также доклад на семинаре «Бароклинная неустойчивость в неоднородно вращающихся звездах». Участие в этой программе позволило познакомиться с новейшими научными достижениями в теории и наблюдениях магнитной активности звезд, представить результаты своих работ научному сообществу, а также обсудить с ведущими специалистами проблемы, представляющие взаимный интерес.

С 8 апреля по 7 июня м.н.с., к.ф.-м.н. Афанасьев А.Н. был командирован в Университет Уорика (Великобритания) для совместных исследований и стажировки по теме «Исследование распространения нелинейных магнитозвуковых волн в корональных магнитных трубках». За период командировки освоено приближение тонкой трубки первого порядка, предложенное Робертсом и Веббом, а также приближение тонкой трубки второго порядка, предложенное Жугждой. В рамках приближения первого порядка получены основополагающие уравнения для описания распространения магнитозвуковых волн в симметричных трубках (т.н. мода типа перетяжки, или «сосисочная»). Получено уравнение типа Бюргерса для слабонелинейных магнитозвуковых волн в случае однородной трубки,

а также создан задел для обобщения этого уравнения на случай гравитационно-стратифицированной трубки. Освоены основы моделирования с помощью алгоритма LARE2D. Получен доступ к проекту LARE2D в сети интернет.

С 14 апреля по 7 мая с.н.с. к.ф.-м.н. Кузнецов А.А. был командирован в Технологический Институт Нью-Джерси, США. Цель визита - разработка новых методов и компьютерных программ для моделирования гирорезонансного радиоизлучения в активных областях солнечной короны; исследование гирорезонансного излучения от электронов с равновесными немаксвелловскими распределениями (например, каппа- или п-распределениями). В ходе командировки совместно с Г.Д. Флейшманом разработаны компьютерные программы для вычисления параметров гирорезонансного излучения. Разработанные программы имеют вид динамических библиотек (DLL), интегрированных с интерактивным инструментом для трехмерного моделирования солнечного радиоизлучения GX Simulator. Используя разработанные алгоритмы и программы, планируется провести детальное исследование влияния типа распределения электронов на радиоизлучение, сравнить результаты моделирования с наблюдениями и сделать вывод о форме распределения тепловых электронов в солнечной короне.

С 15 марта по 15 июля с.н.с., д.ф.-м.н. Пипин В.В. был приглашен в Станфордский Университет (штат Калифорния, США) для проведения совместной теоретической работы, направленной на выяснение роли двойной ячейки циркуляции в солнечном динамо. В ходе командировки исследовано влияние многоячейстой циркуляции и анизотропии турбулентной диффузии в конвективной зоне Солнца на генерацию крупномасштабных магнитных полей и солнечный цикл механизмов солнечного динамо. Результаты исследования опубликованы в двух статьях.

С 8 мая по 8 июня в.н.с. к.ф.-м.н. Сыч Р.А. был командирован в НАО КАН (Пекин, Китай) для выполнения работ совместно с группой проф. Янь Ихуа (Yan Yihua) по проекту "CAS international cooperative project on key scientific problems in solar activity". В рамках исследовательской работы впервые разработан новый метод получения пространственной структуры магнитных волноводов в солнечных пятнах. Метод основан на использовании экстраполированных магнитных полей для временных серий магнитограмм, полученных аппаратом SDO/HMI. Экстраполяция поля была произведена китайскими коллегами на основе метода, разработанного проф. Yan Yihua. Использование данных изменения мощности магнитного поля по времени и метода попиксельной вейвлет фильтрации (ПВФ-метод), разработанного российской стороной, позволило получить узкополосные по частоте источники колебаний поля. На основе применения разработанных методов обнаружена на уровне хромосферы и переходной зоны выраженная спиралеобразная закрутка поля. Полученные результаты совпадают с обнаружением спиральности в распространении волновых фронтов 3-мин колебаний для этого пятна в ультрафиолетовом излучении. Выдвинуто предположение, что полученная 3D структура магнитного поля представляет собой закрученные жгуты магнитных силовых трубок, вдоль которых волновые трассеры распространяются в атмосфере пятна. Изменение параметров трубок формирует форму источников с учетом механизмов колебаний в пятненной атмосфере - резонатор внизу и частотное обрезание сверху.

С 29 мая по 16 июня в.н.с., к.ф.-м.н. Шпынев Б.Г. и с.н.с. к.ф.-м.н. Черниговская М.А. были командированы в НИГТГ БАН (София, Болгария) для участия в рабочем совещании по российско-болгарскому проекту «Атмосферно-ионосферное взаимодействие во время внезапных стратосферных потеплений». Основная цель проекта - исследование динамической связи в системе «тропосфера-стратосфера-мезосфера-ионосфера». Участие сотрудников института в работе совещания позволило представить результаты, полученные в ИСЗФ СО РАН, ознакомиться с последними достижениями в исследованиях атмосферы и ионосферы Земли и физики Солнца. Комплексные исследования ионосферы на основе объединения данных наземных инструментов ИСЗФ СО РАН и спутниковых дан-

ных (сеть приемников сигналов GPS, температурные данные космического аппарата Aura) открывают возможность сочетания достоинств наземных и спутниковых наблюдений.

С 1 июня по 24 июня с.н.с., к.ф.-м.н. Кузнецов А.А. был командирован в Астрономический Институт АН ЧР, п. Ондражейов. Главная цель - исследование тонких спектральных структур в солнечном радиоизлучении, таких как зебра-структуры и всплески с промежуточной скоростью частотного дрейфа («волокна»). Такие всплески являются потенциальными источниками информации о физических условиях в солнечной короне, включая параметры плазмы, магнитного поля и ускоренных частиц, а также мелкомасштабных МГД-волн и колебаний. Совместно с чешскими коллегами проанализированы наблюдения радиоспектрографов обсерватории Ондражейов. Определены параметры радиовсплесков (такие как скорость частотного дрейфа, интервалы между полосами зебра-структур и т.д.); рассмотрены возможные механизмы формирования всплесков. Вместе с М. Карлицким исследована новая теоретическая модель, в которой тонкие спектральные структуры возникают в результате модуляции широкополосного излучения некоторыми распространяющимися или стоячими МГД-волнами. Было проведено компьютерное моделирование соответствующих спектров излучения и сравнение результатов моделирования с наблюдениями. По результатам работы планируется публикация нескольких научных статей.

С 29 июня по 12 июля с.н.с., к.ф.-м.н. Цэгмэд Б. был командирован в ИЦАГ АН Монголии, Улан-Батор. За время командировки были подготовлены к установке и осуществлен запуск цифровых магнитно-вариационных станций Леми-025, Леми-030 и Леми-418 как на новой обсерватории «Таван толгой», так и на старой обсерватории. Это обеспечивает возможность проведения совместных (ИСЗФ СО РАН и ИЦАГ АН Монголии) исследований геомагнитных пульсаций в низких широтах по данным однотипных приборов.

С 16 октября по 16 ноября в рамках гранта «Visiting Professorship for Senior International Scientists» Китайской Академии Наук в.н.с., к.ф.-м.н. Сыч Р.А. был командирован в НАО КАН (Пекин, Китай). Цель командировки - совместная работа с группой проф. Янь Ихуа (Yan Yihua) по теме «Исследование переноса энергии МГД-волнами в атмосфере Солнца». В ходе совместной работы, основываясь на разработанных методах спектрального анализа и в сочетании с качественным наблюдательным материалом, получен ряд новых и важных результатов. Впервые найдена прямая взаимосвязь между распространением 3х минутных волн в солнечных пятнах, образованием новых волноводов и происхождением плоской формой профиля излучения на стадии после максимума энерговыделения во вспышке. Сделано заключение, что волновые процессы могут поддерживать сохранение энергии во вспышках, подавляя плазменную теплопроводность. Выполнено численное моделирование распространения магнитоакустических волн в атмосфере над пятнами в горизонтальном и вертикальном направлении. Проведено сравнение с наблюдаемыми параметрами. Полученная пространственная зависимость периода волны от расположения в тени пятна объясняется на основе применения теории магнитоакустических волн и хорошо согласуется с наблюдательными данными.

С 26 октября по 27 января в рамках гранта «Visiting Professorship for Senior International Scientists» Китайской Академии Наук с.н.с., д.ф.-м.н. Пипин В.В. был командирован в НАОК (Пекин, Китай) для совместных исследований по проблеме солнечного динамо и спиральных солнечных магнитных полей. За период командировки был проведен анализ данных по магнитной спиральности крупномасштабного магнитного поля в 23 цикле солнечной активности. На основании результатов работы, в соавторстве с китайскими коллегами, готовится к публикации статья.

## **Международные проекты и соглашения**

РФФИ 13-05-91159-ГФЕН\_а «Особенности реакции ионосферы Восточно-Азиатского региона на геомагнитные возмущения»; координаторы – советник РАН акад. Г.А. Жеребцов (ИСЗФ СО РАН); проф. Цзянькуи Ши, (НЦКИ КАН, Пекин, Китай). Сроки: 2013–2014 гг.

В соответствии с общим планом выполнения проекта в 2013 г. сделано следующее. Произведен обмен данными для выполнения совместных публикаций. Выполнены сравнительный анализ регулярных свойств полярной, среднеширотной и экваториальной ионосферы на основе локальных эмпирических моделей; интерпретация результатов измерений в рамках теоретической модели ионосферы; статистический анализ появления условия G в высокоширотной, среднеширотной и экваториальной ионосфере при различной солнечной активности по данным дигизондов DPS-4 за период с 2006 по 2009 гг. Подготовлены к печати пять совместных статей. Научные результаты выполнения проекта представлены на двух конференциях.

Проект РФФИ 12-02-91161-ГФЕН\_а «Исследование нетепловых процессов, связанных с солнечными вспышками на основе радионаблюдений»; координаторы – зам. директора д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т. (ИСЗФ СО РАН), проф. Ихуа Янь (НАО КАН, Пекин, Китай). Сроки: 2012–2013 гг.

Проведены совместные исследования тонкой структуры микроволнового излучения Солнца по данным ССРТ и китайских спектрографов. Проанализированы отдельные вспышечные события, связанные с волновыми процессами, происходящими в активной области. На базе данных радиоспектрографов обсерваторий «Бадары» и «Хуайроу», а также изображений Солнца по данным ССРТ и NoRH. Получен уникальный материал, показавший тесную связь распространяющихся волн с пятнами и инициацией вспышек в близлежащих областях.

Проект РФФИ 12-05-92103-ЯФ\_а «Разработка новых методов исследования динамики ионосферы с использованием данных SuperDARN и ЛЧМ-зондирования»; координаторы – зам. дир. д.ф.-м.н. Куркин В.И. (ИСЗФ СО РАН); д-р Нодзому Ниситани (Лаборатория солнечно-земной среды Университета Нагои, Япония). Сроки: 2012–2013 гг.

В рамках работы по проекту разработан автоматизированный программный комплекс для определения характеристик крупномасштабных и среднемасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (ПИБ) и их возможных источников по данным ВНЗ на радарх SuperDARN, а также ВЗ и НЗ на российской сети ЛЧМ-иозондов.

Обработаны данные радара SuperDARN Hokkaido за период минимума и фазу роста солнечной активности в 24-м цикле (2007–2012 гг.). Получены статистические распределения различных характеристик наблюдаемых ПИБ (азимутов направления распространения, кажущихся горизонтальных скоростей, периодов и характерных длин волн) за весь период анализа, отдельно в различные годы и сезоны, а также в различное время суток. Проведено сопоставление распределений для спокойных и возмущенных геомагнитных условий, различного уровня солнечной активности, а также в периоды действия мощных тропических циклонов в северо-западной акватории Тихого океана. В частности, по результатам анализа за 2011 г. по направлению распространения отчетливо выделяются три основных типа возмущений, распространяющихся 1) на юго-запад (азимуты  $190\text{--}230^\circ$ ), 2) на юго-восток (азимуты  $100\text{--}140^\circ$ ) и 3) на северо-восток (азимуты  $20\text{--}60^\circ$ ). В зимний период преобладают возмущения с направлением на юго-восток, при этом практически отсутствуют возмущения, распространяющиеся в северном направлении. В летний период и в равноденствие преобладают направления на юго-запад и северо-восток. Возмущения, распространяющиеся на северо-восток, в основном наблюдаются в утренние часы и, по видимому, связаны с прохождением солнечного терминатора. Каких-либо отличий в распределениях азимутов для спокойных и возмущенных условий не выявлено. Максимум распределения кажущихся горизонтальных скоростей лежит в интервале  $100\text{--}150$  м/с. Для возмущенных геомагнитных условий полуширина распределения скоростей больше,

а наиболее вероятное значение скорости выше на 20–30 м/с относительно распределения для спокойных условий. Распределения азимутов и скоростей отличаются для разных годов, что позволяет сделать вывод о зависимости преобладающих азимутов и скоростей ПИВ от уровня солнечной активности.

Таким образом, в рамках проекта разработаны и реализованы программные алгоритмы анализа экспериментальных данных ВЗ, НЗ и ВНЗ с целью определения параметров наблюдаемых ПИВ. Создана уникальная база данных характеристик крупномасштабных и среднемасштабных ПИВ, позволяющая проводить дальнейшие исследования динамики ионосферы при различных гелиогеофизических условиях. Разработанные алгоритмы и автоматизированные программы впервые позволили получить статистические распределения различных параметров ПИВ по данным одного инструмента за такой большой интервал времени, охватывающий примерно половину солнечного цикла (от минимума солнечной активности до ее максимума).

Проект РФФИ 12-05-91159-ГФЕН\_а «Связанные процессы суббурь в магнитосфере и ионосфере Земли»; координаторы – гл.н.с. д.ф.-м.н. Мишин В.М. (ИСЗФ СО РАН), проф. Цзунь Пу (Школа наук о Земле и космосе Пекинского университета, КНР). Сроки: 2012–2013 гг.

На основе анализа суббури 27.08.2001 методом ТИМ (техника инверсии наземных магнитограмм), разработанным в ИСЗФ СО РАН, получены следующие результаты.

1. Описан новый эмпирический сценарий начала взрывной фазы суббури. В основу сценария положена гипотеза, согласно которой взрыв создается коротким замыканием ионосферных токов в возмущенной системе магнитосфера–ионосфера. Согласно этой гипотезе, проводимость ионосферы в отдельных крупномасштабных областях полярной ионосферы пропорциональна интенсивности вытекающего продольного тока (ПТ), который создает высыпание энергичных электронов. Тем самым ПТ увеличивает проводимость, а ее рост усиливает ПТ, что и приводит к короткому замыканию всей системы токов магнитосфера–ионосфера. Гипотеза поддерживается опытными данными по отдельным магнитосферным суббурям и бурям, но требует дополнительной проверки.

2. Показано, что в рассматриваемой суббуре с интервалом 2–3 мин наблюдались два последовательных главных внезапных начала ЕО1 и ЕО2 взрывной фазы суббури.

3. Показано, что ЕО1 и ЕО2 в отличие от известных множественных начал суббури имеют ясный физический смысл: ЕО1 создается пересоединением в замкнутом магнитном хвосте Земли, а ЕО2 – в открытом.

Проект РФФИ 12-02-92691\_ИНД-а «Модели солнечного и звездного динамо»; координаторы – гл. н.с. д.ф.-м.н. Кичатинов Л.Л. (ИСЗФ СО РАН); проф. Арнаб Раи Чоудхури (Кафедра физики Индийского института естественных наук, г. Бангалор, Индия). Сроки: 2012–2013 гг.

Развита модель динамо с учетом флуктуаций альфа-эффекта генерации магнитного поля во времени и пространстве. Параметры флуктуаций были оценены по данным каталогов солнечных пятен и заданы в модели в соответствии с этими оценками. Такие флуктуации приводят к нерегулярным изменениям амплитуды моделируемых солнечных циклов на масштабах сотен лет. Расчеты показывают эпохи пониженной магнитной активности, подобные известному минимуму Маундера. Такие глобальные минимумы сопровождаются возрастанием северо-южной асимметрии магнитной активности. Модель предсказывает, что повышенная северо-южная асимметрия может служить индикатором вступления Солнца в эпоху пониженной магнитной активности.

Проект РФФИ 13-02-90472 Укр\_ф\_а «Накопление, выделение и перенос энергии в солнечных вспышках»; координаторы: зам. директора ИСЗФ СО РАН д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т.; с.н.с. Цап Юрий Теодорович, НИИ КрАО Киевского национального университета им. Т. Шевченко (Украина). Сроки: 2013-2014 гг.

В результате совместной работы по проекту была подготовлена, сдана и принята в печать статья (Астрон. журн. 2014). В этой работе, помимо выявленной тенденции в про-

цессе эволюции активной области к нарастанию потока рентгеновского и гамма-излучения в максимумах вспышек с приближением ядер вспышки к тени пятна, было обнаружено, что некоторые события демонстрируют задержку между рентгеновским и гамма-излучением более 1 с. Эти события были выбраны для дальнейшего исследования в рамках проекта. Также начата работа по совместному исследованию солнечной вспышки 09 августа 2011 г.

Проект РФФИ 13-05-92219 Монг\_а «Новые источники энергии возмущенной магнитосферы Земли и космической погоды»; координаторы – гл.н.с. д.ф.-м.н. Мишин В.М. (ИСЗФ СО РАН), директор ИЦАГ МАН д-р У. Сухбаатар (Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2013–2014 гг.

На основе анализа суббури 27.08.2001 г. методом ТИМ показано, что до начала суббури полярная шапка и доли хвоста магнитосферы почти не участвуют в переносе электромагнитной энергии из солнечного ветра в магнитосферу. Во время суббури названный домен магнитосферы вовлекается в энергообмен и усиливают его в несколько раз. Разработан метод определения границ и площади полярной шапки (ПШ) по данным наземных магнитных измерений, обработанных с помощью ТИМ. Сравнение с оптическими данными спутника POLAR показало, что среднеквадратичное отклонение (СКО) значений широты границы, полученной двумя методами, составляет менее  $2^\circ$ , отношение этого СКО к средней широте ПШ – менее 3 %. Таким образом, ТИМ дает возможность решения еще одной группы актуальных задач физики системы магнитосфера–ионосфера. В настоящее время эта задача решается только по спутниковым данным.

Проект СО РАН и НАН Украины № 14 «Многопозиционные радарные исследования ионосферных неоднородностей в средних и высоких широтах над евроазиатским регионом»; координаторы – советник РАН акад. Г.А. Жеребцов (ИСЗФ СО РАН); акад. НАНУ директор Радиоастрономического института НАНУ Литвиненко Л.Н. (г. Харьков, Украина). Сроки: 2013–2014 гг.

Проведены предварительные эксперименты по реализации многопозиционных радиолокационных методов диагностики магнитоориентированных неоднородностей (МОН) в высоких и средних широтах с использованием в качестве пробных сигналов излучений радара SuperDARN и когерентных приемных систем РИ НАНУ. Для эксперимента радар переводился в специальный режим излучения, разработанный российской стороной. На приемных системах РИ НАНУ обнаружен устойчивый сигнал от радара, обеспечивающий возможность совместной работы подобной системы при условии перевода радара в специальный режим. Таким образом, обнаружена возможность использования радаров SuperDARN в качестве передающих установок для сети пассивных приемных станций.

Проведена модернизация российского радара SuperDARN (ИСЗФ) с целью его использования для приема сигналов российской сети ЛЧМ-ионозондов. В программно-аппаратный комплекс радара интегрирован приемник оригинальной разработки ИСЗФ СО РАН, проведены первые эксперименты.

Проведен обзор работ, необходимый для построения в следующем году радиолокационного уравнения, удобного для описания ракурсного рассеяния ВЧ-сигналов на МОН с учетом влияния регулярной рефракции.

Проект СО РАН и АН Монголии №2 «Комплексы активности в период максимума солнечного цикла»; координаторы: зам. директора чл.-корр. РАН Григорьев В.М. (ИСЗФ СО РАН); д-р Батмунх Дамдин, (ИЦАГ МАН, Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2013–2014 гг.

В 2013 г. в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и обсерватории «Хурэл Тогоот» в Улан-Баторе проведены координированные наблюдения, получены фильтрограммы в линии  $H\alpha$  всего диска Солнца и его активных областей. Определены характеристики комплексов активности в текущем цикле, расширен их общий каталог. В БАО выполнены наблюдения крупных комплексов активности, мощных солнечных вспышек. В Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН выполнены измерения общего и фонового магнитных полей Солнца, проведен анализ магнитограмм, изучена ин-

версия магнитного поля на полюсах Солнца, выполнен анализ развития активности и эволюции магнитного поля Солнца в текущем цикле, проведены комплексные исследования эруптивных процессов в атмосфере Солнца.

Проект СО РАН и АН Монголии №13 «Совместные исследования геофизической среды по данным наблюдений на сети Монголии и Восточной Сибири»; координаторы: директор ИСЗФ СО РАН чл.-к. РАН Потехин А.П.; директор ИЦАГ АН д-р Монголии У. Сухбаатар (Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2013–2014 гг.

В 2013 г. проводились совместные исследования по следующим направлениям. Для выявления мелкомасштабных ( $L < 50$  км) и среднемасштабных ( $50 \text{ км} < L < 500$  км) неоднородностей в ионосфере (ПИБ) над восточной Азией в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях проведен анализ данных слабонаклонного зондирования на трассе Усолье–Торы (120 км) и наклонного зондирования на трассе Хабаровск–Торы (2200 км). Выполнено сравнение границ и площади полярной шапки (ПШ), полученных двумя независимыми методами для пяти моментов бури 24.09.1998 г. Вычислены значения магнитного потока  $\Psi$  через ПШ. Исследованы пульсации диапазона Pc5, возбуждаемые скачками давления солнечного ветра на магнитопаузе. Проанализирована 11-летняя вариация потока релятивистских электронов с энергией более 2 МэВ на геосинхронной орбите с использованием измерений, выполненных на спутниках GOES за 23-й цикл солнечной активности. Получены предварительные свидетельства в пользу выноса солнечным ветром 3- и 5-минутных колебаний из атмосферы Солнца и наблюдения их на орбите Земли. Методом наложенных эпох изучено воздействие высокоскоростных потоков солнечного ветра на УНЧ-активность магнитосферы Земли и на динамику потоков электронов во внешнем радиационном поясе.

Проект СО РАН и АН Монголии «Координированные солнечные, магнитные и сейсмoeлектромагнитные исследования в интересах мониторинга геофизической среды и космического пространства»; координаторы – гл.н.с. д.ф.-м.н. Потапов А.С. (ИСЗФ СО РАН), директор ИЦАГ МАН д-р У. Сухбаатар (ИЦАГ МАН, Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2011–2013 гг.

Проведенные в рамках проекта координированные российско-монгольские исследования включали в себя совместные наблюдения солнечных активных областей, анализ материалов наблюдений полного солнечного затмения, синхронные магнитные измерения в обсерваториях Монголии и Восточной Сибири, их анализ и интерпретацию, изучение закономерностей электрических полей и токов возмущенной ионосферы и магнитосферы, исследование возможностей диагностики и краткосрочного прогноза усиления потоков высокоэнергичных протонов на геостационарной орбите путем анализа режима геомагнитных пульсаций и ультранизкочастотных волн в солнечном ветре. Выполнялся также предварительный поиск отклика сейсмических событий в низкочастотном электромагнитном поле Земли.

FP7-IRSES-295272-RADIOSUN – 7-я Европейская рамочная программа международного обмена сотрудников научных учреждений. В программе участвуют 7 партнеров: Университет Уорика (координатор), Университет Глазго, Университет Марии Кюри-Склодовски, Астрономический институт АН ЧР, ЦАО Пулково РАН, НАО КАН, ИСЗФ СО РАН. Координатор от ИСЗФ СО РАН – в.н.с. к.ф.-м.н. Сыч Р.А.. Сроки: 2012–2016 гг.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ сотрудниками ИСЗФ получены следующие результаты.

1. Исследования солнечной вспышки показали, что природа субсекундных колебаний определяется высокотемпературным источником. Численное моделирование в предположении распространения быстрых звуковых волн показало, что континуум связан с распространением волн в плотной петле, а короткие всплески, вероятно, возникают в токовом слое.

2. Численный расчет распространения быстрой магнитозвуковой волны в магнитосфере активной области показал, что выходящее возмущение представляет собой ударную волну умеренной интенсивности.

3. Показано что волновые процессы в пятнах могут поддерживать сохранение энергии во вспышках, подавляя плазменную теплопроводность и охлаждения вспышки.

4. По данным макета ССРТ найдена зависимость яркостной температуры и пространственного размера микроволновых источников от времени ускорения частиц во вспышке.

5. Разработан и применен метод определения геометрии магнитного поля в магнитосферах солнечных пятен по наблюдениям частоты отсечки продольных колебаний. Подтверждена гипотеза о наличии возвратного магнитного потока в области полутени.

6. Анализ временного профиля излучения звездной мега-вспышки показал квазипериодическую модуляцию данного сигнала. Структура модуляции аналогична медленным магнитозвуковым колебаниям вспышечных петель и аркад, наблюдаемых на Солнце.

7. Открыт и исследован новый режим изгибных колебаний плазменных петель в короне Солнца – незатухающие колебания малой амплитуды. Показано, что колебания соответствуют стоячим модам, а период колебаний зависит от свойств конкретной петли.

8. Выполнено численное моделирование распространения магнитоакустических волн в солнечной атмосфере в горизонтальном и вертикальном направлении. Полученная пространственная зависимость периода волны хорошо согласуется с данными наблюдений.

9. Показано, что при возникновении вспышечных петель в радиодиапазоне 5.7 ГГц и 17 ГГц образуются многочисленные спайки, видимые на динамических спектрах. Их временное положение совпадает со всплесками в отдельных поляризованных компонентах осцилляций вспышечных петель.

В рамках программы международного обмена сотрудников выполнены визиты: Сыч Р.А., Кочанов А.А., Кашапова Л.К., Иванов Е.Ф., Мышьяков И.И. – в НАО КАН, Пекин, Китай; Кашапова Л.К., Мешалкина Н.С., Алтынцев А.Т., Кузнецов А.А. – в обл. Онджейов, Чехия; Анфиногентов С.А., Афанасьев А.Н. – в университет Уорика, Великобритания; Кашапова Л.К. – в университет Глазго, Великобритания. Институт посетил Рейд Хеймиш Эндрю Синклер (Reid Hamish Andrew Sinclair) – научный сотрудник Школы физики и астрономии Университета Глазго, Великобритания.

Проект в рамках межакадемических Соглашений о научном сотрудничестве между РАН и АН Болгарии области фундаментальных космических исследований «Атмосферно-ионосферное взаимодействие во время внезапных стратосферных потеплений»; координаторы – зам. директора по науке д.ф.-м.н. Куркин В.И. (ИСЗФ СО РАН), проф. д.ф.н. Дора Панчева (НИГТГ БАН, София, Болгария). Сроки исполнения: 2012–2014 гг.

В рамках работы по проекту использованы результаты координированных экспериментальных исследований во время внезапного зимнего стратосферного потепления (ВСП) 2013 г. В программу наблюдений были включены ионосферные станции в Иркутске (52° N, 104.6° E), Новосибирске (54.6° N, 83.2° E), Норильске (69° N, 88° E), Якутске (62° N, 129.7° E), Жиганске (63° N, 124.1° E), Екатеринбурге (56.7° N, 60.6° E), и Паратунке (52.9° N, 158.25° E). Для анализа динамики стратосферы использованы данные британского метеоцентра UK Met Office, для мезосферы – данные MLS AURA. Анализ показал, что стратосферное потепление в декабре 2012 – январе 2013 г. относится к классу двухвихревого взаимодействия со смещением центра циркулярного вихря к северной Скандинавии и образованием центра высокого давления над Камчаткой. Зона стратосферного потепления образуется на границе ячеек на широтах 50–60° N от Урала до Якутии с максимумом в районе севера Иркутской области. Максимальный ионосферный эффект наблюдался на границе ячеек в Новосибирске, Иркутске и Екатеринбурге. В качестве механизма, обуславливающего ионосферные вариации, рассматриваются аэрономические эффекты подъема–опускания молекулярного газа на высоты нижней термосферы.

Двустороннее межведомственное Соглашение о научном сотрудничестве в области радиоастрономии и солнечной физики между НАО КАН и ИСЗФ СО РАН; координаторы – зам. директора по науке д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т., (ИСЗФ СО РАН); проф. Ихуа Янь (НАО КАН, Пекин, Китай). Подписано 28.09.1999 г. Возобновляется каждые два года.

В рамках Соглашения выполнялся грант РФФИ 12-02-91161-ГФЕН. Произведен обмен визитами с целью выполнения совместных работ и обмена опытом при создании нового поколения радиогелиографов. Гостями ИСЗФ СО РАН были шесть китайских ученых, с ответным визитом семь ученых ИСЗФ СО РАН посетили Астрономическую обсерваторию Мингату. В 2013 г. опубликована совместная статья и сделан совместный доклад.

Договор о научно-техническом сотрудничестве между ИСЗФ СО РАН и ИЦАГ МАН; координаторы – советник РАН акад. Г.А. Жеребцов (ИСЗФ СО РАН) и директор ИЦАГ МАН д-р У. Сухбатаар (ИЦАГ МАН, Улан-Батор, Монголия). Вошел в силу в 2009 г.

На протяжении всего 2013 г. велись одновременные стандартные наблюдения земного магнитного поля на обс. «Улан-Батор» и обс. «Иркутск» (Патроны). В августе–сентябре 2013 г. на обс. «Улан-Батор» был установлен и начал измерения индукционный магнитометр Lemi-030 для цифровой регистрации геомагнитных пульсаций с частотой до 30 Гц. В это же время на обс. «Сангино» (Монголия) начались измерения вариаций геомагнитного поля феррозондовым магнитометром Lemi-025. Закуплены комплектующие приемо-передающего комплекса ЛЧМ-зондирования ионосферы, включая мобильные передающую и приемную антенны, для развертывания в 2014 г. в геофизической обсерватории «Сангино» в Монголии. Проведено тестирование всего комплекса и опытная эксплуатация его в режиме моностатического и слабонаклонного зондирования ионосферы.

Соглашение о научном сотрудничестве между Школой наук о Земле и космосе Пекинского университета и ИСЗФ СО РАН; координаторы – советник РАН акад. Жеребцов Г.А. (ИСЗФ СО РАН) и директор Школы наук о Земле и космосе проф. Пань Мао (Pan Mao), Пекин, Китай. Вошло в силу в 2009 г. В рамках этого соглашения проводились работы по проекту РФФИ 12-05-91159-ГФЕН\_а.

Соглашение о научном сотрудничестве между Лабораторией солнечно-земной среды (STEL), университет Нагойи, Япония, и ИСЗФ СО РАН; координаторы – советник РАН акад. Жеребцов Г.А.; зав. лаб. STEL проф. Риочи Фудзии. Вошло в силу в 2008 г. В рамках этого соглашения проводились работы по проекту РФФИ 12-05-92103-ЯФ\_а.

### **Объединенный Российско-Китайский научный центр по космической погоде**

Объединенный Российско-Китайский научный центр по космической погоде (ОНЦ-КП) был создан Институтом солнечно-земной физики СО РАН и Центром космической науки и прикладных исследований КАН (с 2010 г. – Национальный центр космических исследований КАН). В рамках работы Центра проводились совместные исследования по проектам РФФИ 13-05-91159-ГФЕН\_а, 12-02-91161-ГФЕН\_а, 12-05-91159-ГФЕН\_а. Состоялись обменные визиты сотрудников ИСЗФ СО РАН, НЦКИ КАН и НАО КАН.

### **Визиты зарубежных ученых в ИСЗФ СО РАН**

С 1 по 4 февраля 2013 г. ИСЗФ СО РАН посетили директор ИЦАГ МАН Уснэх Сухбаатар и ученый секретарь Содномсамбуу Дэмбэрэл. Цель визита – обсуждение планов совместных исследований в рамках Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между РАН и МАН и совместного научного проекта «Совместные исследования геофизической среды по данным наблюдений на сети станций Монголии и Восточной Сибири». Во время визита монгольских партнеров стороны наметили практические шаги по созданию совместного Монголо-Российского комплексного геофизического стационара на базе обсерватории ИЦАГ АНМ «Сангино».

С 4 по 6 марта для проведения Российско-Британского космического научного кафе «Солнечные вспышки: предполагаемые последствия для нашей планеты» Институт посетили руководитель отдела науки и инноваций Посольства Великобритании в России доктор Джулия Найтс (Julia Knights), представитель НАСА в Москве Томас Джозеф Плам (Thomas Joseph Plumb), аспирантка Сюзанна Мэри Имбер (Suzanne Mary Imber) и профессор Марк Лестер (Mark Lester) из Лестерского университета, Великобритания. Подписано соглашение об академическом обмене и сотрудничестве в области солнечно-земной физики,

физики магнитосферы и ионосферы и исследования атмосферы между факультетом физики и астрономии Лестерского университета (Великобритания) и ИСЗФ СО РАН.

С 20 июня по 4 июля Институт посетил профессор Индийского института естественных наук (г. Бангалор, Индия) Арнаб Рай Чоудхури (Arnab Rai Choudhuri). Цель визита – проведение совместных научно-исследовательских работ по проекту РФФИ 12-02-92691\_ИНД-а и участие в работе Международной конференции по программе «Международная жизнь со звездой». Профессор познакомился с достижениями ИСЗФ СО РАН в исследованиях Солнца и имеющимися в Институте инструментами для наблюдений Солнца. В ходе визита обсуждены планы и перспективы совместных работ по теории солнечного динамо и разработке численной модели динамо звезд.

В последней декаде июня в работе Международной конференции по программе «Международная жизнь со звездой» (Иркутск, 24–28 июня 2013г.) приняли участие 27 зарубежных специалистов из 17 научных организаций.

| №  | Фамилия, Имена                                              | должность              | Организация,                                                                                                                                              | Срок пребывания |
|----|-------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1  | Bale Stuart Douglas (Бэйл Стюарт Дуглас)                    | профессор              | Калифорнийский университет, г. Беркли, США                                                                                                                | 24–28.06        |
| 2  | Chen Yiding (Чэнь Идин)                                     | доцент                 | Институт геологии и геофизики КАН, Пекин, Китай                                                                                                           | 24–29.06        |
| 3  | Constantinescu Ovidiu Dragos (Константинеску Овидиу Драгош) | исследователь          | Национальный институт лазерной, плазменной и радиационной физики – Институт космических наук в г. Бухарест, Румыния                                       | 23–30.06        |
| 4  | Dr Marsch Horst Eckart (Др Марш Хорст Эккарт)               | научный сотрудник      | Институт экспериментальной и прикладной физики (IEAP) Университета имени Христиана Альбрехта в г. Киль, Германия                                          | 23–29.06        |
| 5  | Escoubet Christophe Philippe (Эскубэ Кристоф Филипп)        | научный сотрудник      | Европейский центр космических исследований и технологий Европейского космического агентства, г. Нордвик, Нидерланды                                       | 23–27.06        |
| 6  | Glover, Alexandra Hannah (Гловер Александра Анна)           | научный сотрудник      | Европейское космическое агентство – Европейский центр космической астрономии, г. Мадрид, Испания                                                          | 23–30.06        |
| 7  | Goka Tateo (Гока Татео)                                     | профессор              | Токийский университет, Токио, Япония                                                                                                                      | 25–29.06        |
| 8  | Griessmeier Jean-Mathias Rene (Грисмейер Жан-Маттиас Рене)  | астроном               | Лаборатория физики и химии окружающей среды и космического пространства Национального центра научных исследований (LPC2E/CNRS), Орлеан, Франция           | 23–29.06        |
| 9  | Hori Tomoaki (Хори Томоаки)                                 | доцент                 | Университет г. Нагоя, лаборатория исследования пространства «Солнце–Земля», Нагоя, Япония                                                                 | 25–29.06        |
| 10 | Kubo Yuki (Кубо Юки)                                        | научный сотрудник      | Национальный институт информационных и коммуникационных технологий, Токио, Япония                                                                         | 24–29.06        |
| 11 | Liu Ying (Лю Ин)                                            | профессор              | Национальный центр космических исследований КАН, Пекин, Китай                                                                                             | 24–29.06        |
| 12 | Liu Yong (Лю Юн)                                            | профессор              | Национальный центр космических исследований КАН, Пекин, Китай                                                                                             | 24–29.06        |
| 13 | Maksimovic Milan (Максимович Милан)                         | научный сотрудник      | LESIA& CNRS (Лаборатория космических исследований и астрофизических инструментов и Национальный центр научных исследований) Парижская обсерватория, Париж | 24–28.06        |
| 14 | Marghitu Octav (Маргиту Октав)                              | научный сотрудник      | Национальный институт лазерной, плазменной и радиационной физики – Институт космических наук, г. Бухарест, Румыния                                        | 23–30.06        |
| 15 | Nishitani Nozomu (Ниситани Нозому)                          | доцент                 | Университет г. Нагоя, лаборатория исследования пространства «Солнце–Земля», г. Нагоя, Япония                                                              | 25–29.06        |
| 16 | Pevtsov, Alexei (Певцов Алексей Александрович)              | руководитель программы | Национальная солнечная обсерватория Sunspot, Нью-Мексико, США                                                                                             | 23–30.06        |
| 17 | Sato Natsuo (Саото Натсуо)                                  | заслуженный профессор  | Национальный институт полярных исследований, г. Токио, Япония                                                                                             | 25–29.06        |
| 18 | Shen Chao (Шэнь Чао)                                        | профессор              | Национальный центр космических исследований КАН, Пекин, Китай                                                                                             | 24–29.06        |
| 19 | Vanhamäki, Heikki Antero (Ванхамяки Хейкки Антеро)          | научный сотрудник      | Финский метеорологический институт, г. Хельсинки, Финляндия                                                                                               | 23–29.06        |
| 20 | Vesnin Artem Mikhaylovich (Веснин Артем Михайлович)         | научный сотрудник      | Университет штата Массачусетс, г. Лоуэлл, Центр атмосферных исследований, США                                                                             | 20–31.06        |
| 21 | Wang Chi (Ван Чи)                                           | профессор              | Национальный центр космических исследований КАН, Пекин, Китай                                                                                             | 24–26.06        |
| 22 | Wei Fei (Вэй Фэй)                                           | научный сотрудник      | Национальный центр космических исследований КАН, Пекин, Китай                                                                                             | 24–29.06        |

|    |                                             |                                       |                                                                  |                 |
|----|---------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 23 | Xu Yongjian<br>(Сюй Юнцзянь)                | руководитель<br>по междунар.<br>делам | Национальный центр космических исследований КАН,<br>Пекин, Китай | 24–29.06        |
| 24 | Yan Guangqing<br>(Янь Гуанцин)              | аспирант                              | Национальный центр космических исследований КАН,<br>Пекин, Китай | 24–29.06        |
| 25 | Zhang Yongcun<br>(Чжан Юнцун)               | научный<br>сотрудник                  | Национальный центр космических исследований КАН,<br>Пекин, Китай | 24–29.06        |
| 26 | Zhang Hui (ЧжанХуэй)                        | профессор                             | Институт геологии и геофизики КАН, Пекин, Китай                  | 24–29.06        |
| 27 | Arbab Rai Choudhuri (Арбаб<br>Рай Чоудхури) | профессор                             | Индийский институт естественных наук, г. Бангалор,<br>Индия      | 20.06–<br>04.07 |

Для работы в рамках совместного российско-китайского гранта РФФИ 12-02-91161-ГФЕН\_а Институт посетила делегация специалистов из Национальных астрономических обсерваторий Китая: с 21.08 по 25.08 – секретарь Не Хунся (Nie Hongxia); с 21.08 по 28.08 – инженеры Лю Юйин (Liu Yuying) и Ли Ша (Li Sha); с 21.08 по 07.09 – кандидаты наук Тань Баолин (Tan Baolin), Тань Чэнмин (Tan Chengming) и инженер Чэнь Линьцзе (Chen Linjie). Во время визита проводилась совместная работа по исследованию тонкой структуры микроволнового излучения Солнца по данным ССРТ и китайских спектрографов. Исследовались отдельные вспышечные события, связанные с волновыми процессами в активной области. На базе данных радиоспектрографов обсерваторий «Бадары» и «Хуайроу», а также изображений Солнца по данным ССРТ и NoRH получен уникальный материал, показывающий тесную связь распространяющихся волн с пятнами и инициацией вспышек в близлежащих областях.

Для участия в работе Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике (БШФФ-2013) «Физические процессы в космосе и околоземной среде» в Институт с 7 по 15 сентября прибыли два сотрудника из Радиоастрономического института НАНУ (г. Харьков): к.ф.-м.н. Кашеев С.Б. и н.с. Соина А.В.; с 7 по 15 сентября – сотрудники из Института физики атмосферы КАН, г. Пекин, Китай: проф. Хуан Ган (Huang Gang), аспирант Лань Сюцин (Lan Xiaoqing), проф. Лю Хуйчжи (Liu Huizhi), проф. Чэнь Вэнь (Chen Wen), доцент Вэй Кэ (Wei Ke).

Для участия во Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корр. РАН В.Е. Степанова, в институт с 15 по 22 сентября прибыли инженер-программист Борисенко А.В., м.н.с. Малащук В.М., д.ф.м.н. Цап Ю.Т. из НИИ КрАО Киевского национального университета им. Т. Шевченко (Украина) и в.н.с. Минасянц Г.С. из Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова (Казахстан, г. Алматы).

С 14 по 28 октября для проведения совместных научно-исследовательских работ в рамках Европейского гранта PIRSES-GA-2011 Институт посетил Рейд Хеймиш Эндрю Синклер (Reid Hamish Andrew Sinclair) – научный сотрудник Школы физики и астрономии Университета Глазго, Великобритания. Совместно с коллективом отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН Хеймиш Рейд выполнил научные исследования, охватывающие широкий круг проблем физики Солнца и солнечно-земных связей.

С 1 апреля 2013 по 31 марта 2014 г. в ИСЗФ СО РАН на основании Разрешения на привлечение и использование иностранных работников № 38000994 от 25 января 2013 г. работает научный сотрудник из Исследовательского центра астрономии и геофизики Монгольской академии наук (Улан-Батор) Цэгмэд Баттуулай (Tsegmed Battuulai).

## Участие сотрудников ИСЗФ СО РАН в работе Международных организаций

| Название международной организации                                                                                                                               | Фамилия                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Американское физическое общество (American Physical Society – APS)                                                                                               | Г.А. Жеребцов                                                                                                                                            |
| Американское астрономическое общество (American Astronomical Society – AAS)                                                                                      | В.М. Григорьев                                                                                                                                           |
| Международная рабочая группа по радарным исследованиям (International Work-Group for Radar Research)                                                             | Г.А. Жеребцов                                                                                                                                            |
| Международный астрономический союз (International Astronomical Union – IAU)                                                                                      | В.М. Григорьев, А.Т. Алтынцев, В.В. Гречнев, Р.Б. Теплицкая, Г.Я. Смольков, Л.Л. Кичатинов                                                               |
| Международный научный радиосоюз International Union of Radio Science (Union Radio Scientifique Internationale – URSI)                                            | В.И. Куркин, О.И. Бернгардт                                                                                                                              |
| Европейский союз наук о Земле (European Geoscience Union – EGU)                                                                                                  | А.С. Потапов, Д.Ю. Климушкин, В.И. Куркин                                                                                                                |
| Представитель России в Рабочем комитете международной сети магнитных обсерваторий ИНТЕРМАГНЕТ (International Real-Time Magnetic Observatory Network INTERMAGNET) | А.С. Потапов                                                                                                                                             |
| Европейское астрономическое общество (European Astronomical Society – EAS)                                                                                       | Р.Б. Теплицкая, Г.Я. Смольков, Л.К. Кашапова, В.И. Скоморовский, М.Л. Демидов, Н.И. Кобанов, Н.М. Фирстова, А.В. Мордвинов, А.А. Головкин, Л.В. Ермакова |
| Комитет европейских солнечных радиоастрономов (Community of European Solar Radio Astronomers – CESRA)                                                            | Г.Я. Смольков                                                                                                                                            |
| Американский геофизический союз (American Geophysical Union – AGU)                                                                                               | А.С. Потапов, В.И. Куркин, В.М. Мишин, Г.А. Жеребцов, Д.Ю. Климушкин                                                                                     |
| Международное общество оптических инженеров (International Society for Optical Engineering – SPIE-Society of Photographic Instrumentation Engineers)             | В.М. Григорьев, В.И. Скоморовский                                                                                                                        |
| Комитет по космическим исследованиям (Committee on Space Research – COSPAR)                                                                                      | Г.А. Жеребцов, А.П. Потехин, В.И. Куркин, А.В. Тащилин, А.С.Потапов, Р.А. Рахматулин                                                                     |
| Национальный представитель Международного совета по солнечно-земной физике (Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics – SCOSTEP)                         | Г.А. Жеребцов                                                                                                                                            |
| Международный геодезический и геофизический союз (International Union for Geodesy and Geophysics – IUGG)                                                         | А.С. Потапов, Р.А. Рахматулин                                                                                                                            |
| Национальный представитель в Объединенной организации солнечных наблюдений (Joint Organization for Solar Observations – JOSO)                                    | Г.Я. Смольков, В.И. Скоморовский                                                                                                                         |
| Объединенная организация солнечных наблюдений (Joint Organization for Solar Observations – JOSO)                                                                 | Р.А. Сыч, А.Т. Алтынцев, С.В. Лесовой, М.Л. Демидов, В.М. Григорьев, А.В. Мордвинов                                                                      |
| Международная общественная организация «Оптическое общество имени Дмитрия Сергеевича Рождественского»                                                            | В.И. Скоморовский                                                                                                                                        |
| Национальный координатор программы Международная инициатива по космической погоде (International Space Weather Initiative – ISWI)                                | Г.А. Жеребцов                                                                                                                                            |
| Международная инициатива по космической погоде (International Space Weather Initiative – ISWI).                                                                  | Потапов А.С.                                                                                                                                             |
| Национальный представитель проекта COST Action ES0803 “Developing Space Weather Products and Services in Europe”                                                 | Потапов А.С.                                                                                                                                             |

### **Международные награды**

29 сентября 2013г. советник РАН академик Г.А. Жеребцов был награжден высшей наградой Китая для иностранных специалистов – орденом Дружбы Китайской Народной Республики. Эта награда обусловлена большим вкладом Гелия Александровича в российско-китайское сотрудничество в области проведения наблюдений и исследования космической погоды.

### **6.4. Издательская деятельность**

В 2013 г. Институтом согласно плану выпуска самостоятельных изданий под грифом Издательства СО РАН были изданы:

1. Сборник «Солнечно-земная физика», вып. 22.
2. Сборник «Солнечно-земная физика», вып. 23.
3. Abstracts of International Living With a Star Workshop ILWS-2013 International Living With a Star Workshop ILWS-2013.
4. Тезисы докладов и Труды Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике и в рамках школы – XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом».
5. Тезисы докладов Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова.
6. Отчет о научной и научно-организационной деятельности в 2012 г.
7. Авторефераты диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук:
  1. Кушталъ Г.И. Интерференционно-поляризационные фильтры (ИПФ) для наблюдений Солнца и способы достижения их оптимальных характеристик;
  2. Кочеткова О.С. Исследование вихревой активности атмосферы в низкочастотном диапазоне как фактора, определяющего астроклиматические условия.

### **6.5. Работа библиотеки**

Библиотечный фонд отечественных и иностранных книг, журналов, диссертаций и авторефератов в 2013 г. пополнился на 859 экземпляров. Литература поступала в библиотеку из ГПНТБ СО РАН, по подписке и в дар от различных организаций и читателей. Иностранные журналы в отчетном году получали в основном в электронном виде. Полностью перестали поступать бумажные версии журналов «Advances in Space Research» и «Astrophysical Journal».

Доступ к электронным научным информационным ресурсам зарубежных издательств Elsevier, Springer, Institute of Physics, American Physical Society, осуществлялся по гранту РФФИ по контрактам с консорциумом НЭИКОН и объединением «Академинторг». Дополнительно через консорциум НЭИКОН осуществлялся бесплатный доступ к ресурсам SPIE (International Society of Optical Engineering).

Все поступления книг и журналов своевременно отражаются в бумажных и электронных каталогах библиотеки. Например, в электронном каталоге «Публикации сотрудников Института» прибавилось 1129 новых записей (всего 14417), а в БД «Электронные книги» прибавилось 151 новая книга (всего 984 записи) и т. д.

В начале 2013 г. был проведен опрос читателей с целью составления списка книг, обязательных для перевода в электронный вид. На сегодняшний день по заявкам сотрудников института отсканирована 21 книга. В связи с тем, что в научной электронной библиотеке не в полном объеме выкладывается контент журнала «Геомагнетизм и аэронавигация», сотрудниками библиотеки начато сканирование статей этого журнала. В настоящее время оцифровано полностью 377 статей из 24 выпусков журнала «Геомагнетизм и аэронавигация».

За отчетный год по запросам сотрудников скачано 280 статей, выполнено по МБА 28 заказов из удаленных источников (библиотеки других городов) для наших сотрудников и сотрудников других институтов.

В электронный каталог библиотеки внесено содержание «Астрономического журнала» с 2013 по 1984 г.

Наполняемость электронной библиотеки института достигла 73.6 Гб (75597 файлов статей и книг).

Единый электронный каталог UNIT, созданный в 2012 г. на базе библиотеки ИНЦ, ежеквартально обновляется сведениями о новых поступлениях в библиотеку ИСЗФ.

В текущем году Иркутским научным центром была приобретена интернет-версия автоматизированной библиотечной программы ИРБИС. До конца 2013 г. планируется установка обновленной версии программы в библиотеках всех институтов ИНЦ. С ее помощью организация информационного обслуживания наших сотрудников выйдет на более высокий профессиональный уровень.

По результатам календарного года библиотека предоставляет сведения в ОЗИ для пополнения разделов сайта института «Публикации» и «Персоналии».

Продолжается работа по инвентаризации книжного фонда библиотеки и его сверка с электронным каталогом. Проведено списание утерянной и морально устаревшей литературы по вычислительной технике (600 экз.).

Проведено четыре тематические выставки: «50-летие сборника «Исследования по геомагнетизму, аэронавигации и физике Солнца», «Книги-юбиляры 2013 года», «В защиту РАН» и «Прогулки по Иркутску». Выполнено пять крупных справок по запросам руководства института: предоставлены данные по публикационной активности сотрудников за 2012 г., осуществлен поиск сайтов для составления библиометрических данных, составлены таблицы публикаций сотрудников по отделам с указанием полной выходной информации для диссертационного совета, подготовлены материалы по публикационной активности членов диссертационного совета, подготовлены материалы для заседания ученого совета.

#### **6.6. Работа с вузами**

Институт сотрудничает с ИГУ (ФГБОУ ВПО Иркутский государственный университет), ИрГТУ (ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет), Байкальским экономическим университетом, Иркутским институтом железнодорожного транспорта, Иркутским педагогическим университетом, Иркутским филиалом Института гражданской авиации, Поволжским государственным технологическим университетом, Московским физико-техническим институтом МГУ и др.

В рамках соглашения о научно-техническом и образовательном сотрудничестве между Институтом солнечно-земной физики СО РАН и Бурятским государственным университетом (БГУ) на физическом факультете БГУ организована кафедра физики космоса, зав. кафедрой – акад. Г.А. Жеребцов. Ведущие ученые Института вахтовым методом читают на кафедре лекции, руководят дипломными и курсовыми работами, проводят лабораторные работы со студентами.

Созданы три совместные структуры с вузами Иркутска:

- Базовая кафедра радиоэлектроники и телекоммуникационных систем (ИСЗФ СО РАН и ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет, соглашение о сотрудничестве от 20 июля 2010 г., договор о сотрудничестве от 22 ноября 2011 г.);
- Совместная научно-исследовательская лаборатория «Плазменная радиофизика» (ИСЗФ СО РАН и ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет, соглашение о сотрудничестве от 20 июля 2010 г., договор о сотрудничестве от 30 ноября 2011 г.);

- Базовая кафедра ИСЗФ СО РАН – кафедра общей и космической физики ФГБОУ ВПО Иркутский государственный университет (Приказ по ФГБОУ ВПО ИГУ № 88 от 02.05.2012 г., протокол Ученого совета ФГБОУ ВПО ИГУ № 10 от 27.04.2012 г.).

Институт активно сотрудничает с ИГУ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.». Совместно с коллективом преподавателей и студентов физического факультета университета проводится научно-исследовательская работы по следующим проектам:

- «Мониторинг и комплексный анализ динамических процессов в солнечной атмосфере на основе комплекса обсерваторий Института солнечно-земной физики СО РАН и Иркутского государственного университета, подготовка научно-педагогических кадров в рамках НОЦ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН В.М. Григорьев.

- «Развитие новых методов диагностики околоземного космического пространства и создание кластера учебно-методических стендов на базе комплекса уникальных инструментов ИСЗФ СО РАН и ИГУ» (2012–2013 гг.); научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

- «Исследование ионосферных возмущений на основе данных наземных приемников GPS и ГЛОНАСС» (2012–2013 гг.), научный руководитель – к.ф.-м.н. Ю.В. Ясюкевич.

Активно используется инструментальная база Института. В обсерваториях Института ежегодно проходят практику студенты ИГУ, ИрГТУ, БГУ. В Саянской солнечной обсерватории и Байкальской астрофизической обсерватории проведено 6 экскурсий.

Ученые Института совмещают свою научную деятельность с преподавательской работой в вузах. Преподавание ведут 25 сотрудников.

В 2013 г. 14 студентов вузов выполнили в Институте курсовые и дипломные работы.

### **6.7. Работа Научно-образовательного центра**

Научно-образовательный центр (НОЦ) ИСЗФ СО РАН создан в 2008 г. Основной задачей НОЦ является организация преподавательской и научно-популяризаторской деятельности сотрудников Института с целью привлечения в Институт молодых перспективных научных кадров. Организационная структура НОЦ включает заведующего, секретаря, научных сотрудников Института, привлекаемых к работе НОЦ. Научные сотрудники привлекаются к работе в НОЦ для ведения учебных курсов, чтения научных и научно-популярных лекций, руководства учебной и производственной практикой студентов, руководства научной работой школьников, проведения экскурсий.

В 2013 г. в рамках празднования Дня науки в НОЦ проведен турнир по астрономии и физике между школами № 19 и 24. Для участников и болельщиков турнира была прочитана лекция «Астрономический потенциал Восточной Сибири».

Большое место в работе НОЦ занимает научная работа со школьниками. В 2013 г. 9 научных сотрудников и специалистов занимались индивидуальной научно-исследовательской работой с 12 школьниками Шелеховского лицея. Также НОЦ организовал и провел учебную практику 14 учащихся лицея-интерната № 1, в которой были задействованы 9 научных сотрудников Института.

НОЦ совместно с центром инноваций социальной сферы ИГУ и ОГКУ «Молодежный кадровый центр» проведены две экскурсии в Институт солнечно-земной физики, знакомящие школьников с профессиональной деятельностью института, с целью развития информационной базы для осознанного выбора профессии.

12 апреля 2013 г. в рамках НОЦ при активной поддержке ИГУ и Министерства образования Иркутской области была проведена III научная конференция школьников «Человек и космос».

Конференция школьников «Человек и космос» проводится с целью развития у школьников интереса к астрономии и исследованиям космического пространства, формирования стремления заниматься исследовательской работой, ознакомления учащихся и педагогов с новейшими результатами исследований в данных областях науки. В конфе-

рениции приняли участие 63 школьника, представляющие около 40 школ Иркутской области. С каждым годом наблюдается повышение уровня научных работ школьников. Для участников и слушателей конференции прочитана лекция «Кометно-астероидная опасность: миф или реальность».

Неотъемлемой частью деятельности НОЦ является работа со студентами: сотрудничество с кафедрой общей и космической физики, чтение дополнительных спецкурсов, руководство курсовыми и дипломными работами. В 2013 г. ведущие ученые Института прочитали пять курсов лекций по космической физике для студентов ИГУ по физике Солнца, плазмы, ионосферы и магнитосферы и распространению радиоволн.

Важную роль в работе НОЦ играет чтение лекций по тематике основных направлений исследований Института, что способствует поднятию уровня подготовки аспирантов и молодых специалистов Института. В 2013 г. ведущими лекторами НОЦ прочитан курс лекций «Солнечно-земная физика», состоящий из шести разделов:

- элементы физики плазмы;
- Солнце – звезда;
- солнечная атмосфера;
- солнечный ветер;
- нейтральная атмосфера, ионосфера и плазмосфера;
- магнитосфера.

#### **6.8. Работа музея ИСЗФ СО РАН**

Музей ИСЗФ СО РАН создан в 2010 г. в год 50-летия Института.

Целью создания музея является сохранение исторических архивов Института, проведение научно-просветительской и учебно-образовательной деятельности.

К настоящему времени создана большая экспозиция музея, включающая более 350 единиц хранения.

В 2013 г. расширились экспозиции, связанные с историей Института. Новые экспонаты представляют собой демонстрационные материалы (фильмы), книжные издания, редкие фотографии из коллекций фотокорреспондентов областных газет.

В течение всего года музеем проводилась систематическая работа с архивными материалами. Результатом этой работы является одна из частей (в электронном виде) книги ветеранов (собраны данные по 3 отделу).

В 2013 г. к музейному оборудованию добавились два стеллажа, а также комплект стульев для оборудования демонстрационной части выставочного зала.

Важную часть музея составляют альбомы о ветеранах ИСЗФ, где собраны фотографии, отражающие интересные и значимые документальные сведения о трудовой деятельности сотрудников. В 2013 г. музеем продолжена работа по созданию новых альбомов, реставрации старых, поиску фотоматериалов и созданию постеров о ветеранах института, проработавших в ИСЗФ 50 лет и более. Эта работа ведется совместно с Советом молодых ученых и профкомом Института.

В выставочном зале музея 7 февраля в День науки была открыта выставка «СИБИЗМИР – это молодость наша. СИБИЗМИР – это наша судьба».

В сентябре 2013 г. к 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова была организована выставка, составленная из материалов музея, личных фотографий сотрудников института и фотографий из семейного альбома Владимира Евгеньевича.

Подготовлена к проведению выставка «Литературное творчество сотрудников института». Будут представлены научно-популярные книги, а также сборники стихов и прозы, авторами которых в разные годы были сотрудники ИСЗФ.

В 2013 г. в музее всего было проведено 14 экскурсий для студентов Иркутского политехнического университета и госуниверситета, школьников из Зимы, Усолья-Сибирского, сотрудников Иркутского научного центра, а также гостей института из Москвы, Новосибирска, Санкт-Петербурга и участников научных конференций, проведенных в

Институте, в том числе IV научной конференции школьников Иркутской области «Человек и космос», Всероссийской конференции по солнечно-земной физике.

Были проведены также экскурсии для групп ученых из Индии, США, Германии. Каждая экскурсия сопровождалась демонстрацией слайдов и кинофильмов об Институте. В книге отзывов оставлены слова благодарности.

Кроме того, для посетителей музея было проведено несколько коллективных просмотров документальных фильмов (в том числе из новых поступлений), рассказывающих о разных этапах становления Института.

Музей принимал участие в освещении событий (митинга и пикета), которые происходили в ответ на решение Государственной Думы РФ о реформе РАН.

### **6.9. Работа Совета научной молодежи Института**

Совет научной молодежи (СНМ) Института в 2013 г. принимал активное участие в научной и научно-организационной деятельности Института.

По инициативе молодых ученых был проведен внутриинститутский конкурс на поддержку командировок молодых специалистов института, участвующих во Всероссийских и Международных конференциях и семинарах.

СНМ принимал самое деятельное участие в организации мероприятий, направленных для привлечения молодежи в институт: Международной Байкальской молодежной научной школе по фундаментальной физике «Взаимодействие полей и излучения с веществом» (9–14 сентября 2013 г.) и в Конференции школьников «Человек и космос» (12 апреля 2013 г.).

СНМ начата активная работа по популяризации работ, проводимых в Институте. Совместно с НОЦ Института и пресс-центром ИНЦ СО РАН в СМИ опубликован пресс-релиз о Конференции школьников «Человек и космос», которая будет проведена в Институте в апреле 2014 г. По инициативе СНМ организован репортаж о радиоастрофизической обсерватории института. В настоящее время он готовится к публикации в СМИ г. Иркутска.

СНМ систематически и оперативно информирует молодых специалистов Института о проводимых конкурсах, грантах, конференциях и т. д., что способствует значительному росту числа грантодержателей среди молодых сотрудников.

При совместной организационной и финансовой поддержке СНМ и профсоюзного комитета Института регулярно проводились турниры по теннису, футболу и шахматам.

### **6.10. Проведение научных мероприятий**

В 2013 г. Институту было проведено несколько научных мероприятий, входящих в перечень Сибирского отделения РАН международных, всероссийских и региональных научных и научно-технических совещаний, конференций, симпозиумов, съездов, семинаров и школ в области естественных и общественных наук на 2013 г.

5 марта 2013 г. было проведено Российско-Британское космическое научное кафе «Солнечные вспышки: предполагаемые последствия для нашей планеты». Цикл космических научных кафе представляет собой ряд престижных лекций, представляющих платформу для ученых России и Великобритании с целью обсуждения актуальных исследований, установления новых или поддержания существующих научных связей в области космических наук.

Во время научного кафе заслушаны следующие лекции:

1) Что произойдет в верхних слоях атмосферы, если Солнце взорвется? – Марк Лестер, профессор Университета г. Лестера;

2) Связи между корональными выбросами массы, вспышками и ударными волнами – д.ф.-м.н. В.В. Гречнев, ИСЗФ СО РАН.

В работе кафе также приняли участие руководитель отдела науки и инноваций Посольства Великобритании в России доктор Джулия Найтс, представитель НАСА Том Джоузеф Плам, аспирантка Лестерского университета Сюзанна Мэри Имбер.

После лекций состоялись обсуждение планов сотрудничества и подписание Соглашения об академическом обмене и сотрудничестве в области солнечно-земной физики, физики магнитосферы и ионосферы и исследованиях атмосферы между факультетом физики и астрономии Лестерского университета (Великобритания) и ИСЗФ СО РАН.

С 24 по 28 июня 2013 г. была проведена Международная конференция по программе «Международная жизнь со звездой» (ILWS-2013), которая стала пятой в серии плодотворных научных встреч, организованных в рамках интернациональной программы «Международная жизнь со звездой». Целью программы является глобальное сотрудничество в области исследований по космической погоде.

Заседания конференции проходили в рамках шести научных секций. Кроме того, были организованы два круглых стола, на одном из которых обсуждались планы космических миссий для исследования солнечных процессов, на другом – развертывание радиолокационных наблюдений в Восточной Сибири для мониторинга состояния верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы. На конференции было представлено 47 устных докладов и 34 стендовых доклада. Все презентации были посвящены актуальным вопросам физики солнечно-магнитосферного взаимодействия, включая активные процессы на Солнце, явления в межпланетном пространстве, магнитосферные процессы, отклик ионосферы и верхней атмосферы на солнечно-магнитосферные возмущения. Новые впечатляющие научные результаты, представленные в ходе конференции, свидетельствуют о росте понимания различных аспектов космической погоды.

Помимо перечисленных вопросов, участники конференции уделили большое внимание обсуждению различных научных проектов – как наземных, так и космических, призванных обеспечить сбор и анализ большого объема информации о состоянии гелиосферы и окружающего космического пространства. Большой интерес вызвали доклады, в которых были представлены программы космических миссий для изучения солнечно-земных связей, принятые рядом стран – участниц конференции: России (А.А. Петрукович, докладывал В.Д. Кузнецов), США (M.G. Guhathakurta, докладывал А. Певцов), Европы (Ph. Escoubet), Китая (Wang Chi).

В работе конференции приняли участие 27 зарубежных специалистов из 17 научных организаций Великобритании, Германии, Индии, Китая, Монголии, Нидерландов, Румынии, США, Финляндии, Франции, Японии и 12 российских иногородних специалистов из ИЗМИРАН, ФИАН, ИКИ РАН, ИДГ РАН, ИКФИА СО РАН, ИРЭ РАН, НИИЯФ МГУ, ААНИИ, ИГУ.

С 9 по 14 сентября 2013 г. в Институте прошла XIII Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике (БШФФ) «Физические процессы в космосе и околоземной среде» и в ее рамках – XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом».

В рамках БШФФ молодым ученым, аспирантам и студентам 9 лекций прочитали ведущие российские и зарубежные ученые и специалисты в области физики околоземного космического пространства, физики атмосферы, солнечно-земных связей, математического моделирования физических систем, физики космических лучей: Chen Wen, Prof. (Beijing, Institute of Atmospheric Physics); д.ф.-м.н., проф. С.П. Смышляев и д.ф.-м.н., проф. А.И. Погорельцев (Санкт-Петербург, РГГМУ), д.ф.-м.н., проф. С.М. Грач (Нижний Новгород, НГУ им. Н.И. Лобачевского), к.т.н. А.Н. Ляхов (Москва, ИДГ РАН), к.ф.-м.н. С.Б. Кашеев (Харьков, РИ НАНУ), д.ф.-м.н., проф. М.В. Тинин (Иркутск, ИГУ), д.ф.-м.н., проф. В.Ю. Белашов (Казань, КФУ), к.ф.-м.н. М.Б. Крайнев (Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева).

XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом» была посвящена фундаментальным проблемам в области физики Солнца и космических лучей, физики околоземного космического пространства, физики атмосферы, математического моделирования физических систем, теоретической физики. В мероприятии участвовали студенты, аспиранты и молодые ученые из Китая (Beijing, Institute of

Atmospheric Physics), Украины (Харьков, РИ НАНУ, ИИ НАНУ и МОНУ), Москвы (МГУ, МФТИ, ИЗМИРАН, НИЯУ МИФИ, ИДГ РАН, ФГБУ ИПГ, ОАО РТИ им. ак. Минца), Санкт-Петербурга (РГГМУ), Нижнего Новгорода (ИПФ РАН, ННГУ им. Лобачевского), Казани (КФУ), Калининграда (ЗО ИЗМИРАН, БФУ им. Канта), Братска (БрГТУ), Якутска (ИКФИА СО РАН), Паратунки (ИКИР ДВО РАН), Иркутска (ИСЗФ СО РАН, ИГУ, ИрГТУ, Иркутский филиал ФГБУН ИЛФ СО РАН). На Конференции были представлены и заслушаны 53 доклада молодых ученых по следующим секциям:

- А. Астрофизика и физика Солнца;
- В. Физика околоземного космического пространства;
- С. Диагностика естественных неоднородных сред и математическое моделирование;
- Д. Физика атмосферы.

Еще 67 докладов были представлены по этим научным направлениям в стендовой секции.

В 2013 г. в БШФФ и Конференции приняли участие 133 человека, из них 9 лекторов (7 российских и 2 зарубежных), 49 иногородних молодых ученых (40 россиян и 9 иностранцев), 11 иногородних слушателей. Дополнительно в мероприятии приняли участие слушатели – студенты физического факультета ИГУ, сотрудники ИСЗФ СО РАН.

С 16 по 21 сентября 2013 г. в Институте прошла Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова.

Конференция посвящена памяти выдающегося ученого в области солнечно-земной физики, чл.-к. РАН В.Е. Степанова, который долгое время возглавлял наш Институт. Его труды по физике Солнца широко известны мировой научной общественности. В.Е. Степанов внес большой вклад в теорию образования спектральных линий поглощения в плазме с магнитным полем. Он являлся одним из основоположников методики измерения магнитных полей на Солнце. Результаты его исследований легли в основу теории переноса излучения в среде с магнитным полем. Под его руководством в Институте были созданы уникальные инструменты для исследования Солнца и солнечной активности. На конференции были рассмотрены фундаментальные проблемы солнечно-земного взаимодействия и его роли в формировании неблагоприятных факторов космической погоды. Были представлены доклады по результатам фундаментальных исследований всей цепочки солнечно-земных связей: от возмущений на Солнце и выноса энергии из солнечной атмосферы в межпланетную среду до непосредственного воздействия магнитосферных бурь, вызванных солнечными эруптивными процессами, на ионосферу и атмосферу Земли. Круг обсуждаемых вопросов включал формирование факторов космической погоды, неблагоприятно влияющих на технологические системы, в первую очередь, на спутниковую аппаратуру.

Работа конференции была организована в рамках трех научных секций:

1. Физика Солнца и межпланетной среды.
2. Физика околоземного космического пространства.
3. Новые методы и приборы для исследований в области солнечно-земной физики.

В рамках секций проводилось несколько сессий, посвященных таким вопросам, как магнитные поля и осцилляции на Солнце, радиофизика Солнца, физика межпланетной среды и космических лучей, радиозондирование с космических аппаратов, исследование структуры ионосферы, природа климатических изменений и их связь с солнечной активностью, приборы и методы геофизики и физики Солнца и другие.

В работе конференции приняли участие 265 участников, из них 8 зарубежных и 53 иногородних. Участники конференции представили 61 устный доклад и 95 стендовых докладов.

В конференции приняли участие представители ряда вузов, научных и отраслевых учреждений из Москвы, Санкт-Петербурга, Красноярска, Петропавловска-Камчатского, Уссурийска, а также из Украины, Казахстана (ИЗМИРАН, СПбФИЗМИРАН, ПГИ КНЦ РАН, ГАО РАН, САО РАН, СПбФ САО РАН, ИПГ РАН, ИКИ РАН, ПРАО АКЦ ФИАН,

ФГБНУ НИРФИ, ИКФИА СО РАН, ИАиЭ СО РАН, ИКИР ДВО РАН, УАФО ДВО РАН, НИУ ИТМО, ФГУП ЦНИИмаш, ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» МО РФ, СибГАУ, Ир ГТУ, НИИ КрАО, Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова (Казахстан)).

#### **6.11. Участие в выставках**

На постоянно действующей выставке разработок Сибирского отделения в Новосибирске демонстрируется прикладная разработка ИСЗФ СО РАН «Региональный мониторинг состояния окружающей среды с помощью дистанционного спутникового зондирования».

#### **6.12. Участие в научных мероприятиях**

В 2013 г. сотрудники Института участвовали в многочисленных научных мероприятиях как российских, так и международных, в том числе зарубежных.

##### ***Российские научные мероприятия:***

1. Восьмая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе», 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва.
2. Конференция «Стенд СУРА: результаты выполняемых работ, планы исследований и перспективы развития стенда», ФГБНУ НИРФИ, Нижний Новгород. 5–6 февраля 2013 г.
3. XXVIII Всероссийский симпозиум «Радиолокационное исследование природных сред», 16–17 апреля 2013 г., Санкт-Петербург.
4. X Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посвященная Дню космонавтики, 3–5 апреля 2013 г., ИКИ РАН, Москва.
5. Второе Всероссийское семинар-совещание «Триггерные эффекты в геосистемах», 18–21 июня 2013 г., Москва.
6. III Всероссийская конференция «Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях», 23–26 июня 2013 г., Иркутск.
7. Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвященная 100-летию со дня рождения чл.- корр. РАН В.Е. Степанова, 16–21 сентября 2013 г., Иркутск.
8. Всероссийская астрономическая конференция «Многоликая Вселенная», ВАК-2013, 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург.
9. Российская молодежная конференция по физике и астрономии. Физика, 23–24 октября 2013 г., Санкт-Петербург.
10. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса», 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва.
11. Всероссийская конференция «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2013», 23–26 декабря 2013 г., ИКИ РАН, Москва.

##### ***Международные научные мероприятия:***

1. 36<sup>th</sup> Annual Seminar «Physics of Auroral Phenomena», February 28 – March 1, 2013. Apatity, Russia.
2. 53<sup>rd</sup> Israel Annual Conference on Aerospace Sciences, March 6–7, 2013.
3. EGU General Assembly – 2013, 7–12 April, 2013, Vienna, Austria.
4. AGU Chapman Conference, 8–12 April, 2013 Key Largo, Florida, USA.
5. 20th Open Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics. April 22 – 27, 2013, Kyiv.
6. 6-th European Conference on Space Debris, 22–25 April 2013, Darmstadt, Germany.
7. Международная конференция, посвященная памяти акад. А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», 13–16 мая 2013 г., Москва.
8. SuperDARN Workshop 2013, May 26–31, 2013, Saskatchewan Univ., Canada.

9. Fifth Workshop «Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere», 3–7 June 2013, Nessebar, Bulgaria.
10. IAUS 300: Nature of Prominences and Their Role in Space Weather, June 10–16, 2013, Paris, France.
11. Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013, June 24–28, 2013, Russia, Irkutsk.
12. AOGS 10<sup>th</sup> Annual Meeting, June 24–28 2013, Brisbane, Australia.
13. Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 «IRI and GNSS», 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland.
14. CESRA Workshop 2013, 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic.
15. Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013), 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург (Петродворец).
16. Intern. Conf. «Fluxes and Structures in Fluids», June 25–28, 2013, St. Petersburg.
17. Solar Activity and its Manifestations in the Whole Heliosphere. Symposium S1 of EWASS 2013, 8–9 July 2013, Logomo, Turku, Finland.
18. XIX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 1–6 июля 2013 г., Алтай, г. Барнаул, Телецкое озеро.
19. 33<sup>rd</sup> Intern. Cosmic Ray Conf, 2–9 July, 2013, Rio de Janeiro.
20. 2013 AAS/SPD Meeting, July 8–11, 2013, Bozeman, Montana, USA.
21. Second Intern. Conf. on Transportation Information and Safety (ICTIS 2013), June 29 – July 2, 2013 Wuhan, China.
22. IAGA 2013. The XIIth Scientific Assembly, August 26–31, 2013, Merida Yucatan, Mexico.
23. Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2 – 6, 2013, Nauchny, Crimea.
24. Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. VI Международная конференция 9–13 сентября, 2013. с. Паратунка, Камчатский край.
25. 7<sup>th</sup> Intern. Workshop on Solar Polarization (SWP-7), 9–14 September, 2013, Kuaming, China.
26. Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике «Физические процессы в космосе и околоземной среде». XIII Конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом», 9–14 сентября 2013 г., Иркутск.
27. ICATT'13. IX Intern. Conf. on Antenna Theory and Techniques. September 16–20, 2013, Odessa, Ukraine.
28. Partnership Conference «Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining», 30 September – 3 October 2013, Kaluga.
29. Радиотехника, электроника и связь – 2013, II Международная научно-техническая конференция РЭИС-2013, 1–4 октября 2013 г., Омск.
30. Международная конференция «Околоземная астрономия – 2013», 7–11 октября 2013 г., Краснодар.
31. The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting, October 24–26, 2013, Hangzhou, China.
32. Helicity Thinkshop on Solar Physics, October 27–31, 2013, Beijing, China.
33. Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013.
34. The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop, November 4–7, 2013, Kunming, China.
35. 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10), November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium.
36. Intern. CAWSES-II Symposium, November 18–22, 2013, Nagoya, Japan.

37. Международная конференция «Турбулентность и волновые процессы», посвященная 100-летию со дня рождения академика М.Д. Миллионщикова, 26–28 ноября 2013 г., Москва.

38. «The Sun: Active and Quiet». Intern. Moscow Workshop on Solar Physics, December 16–20, 2013, Moscow, Russia.

## 7. Публикации

### 7.1. Статьи в отечественных журналах

1. Афанасьев А.Н., Уралов А.М., Гречнев В.В. Распространение быстрой магнито-звуковой ударной волны в магнитосфере активной области // Астрон. журн. 2013. Т. 57, № 8. С. 648–656.

2. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Перевалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Докл. академии наук. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.

3. Ботыгина Н.Н., Ковадло П.Г., Копылов Е.А., Лукин В.П., Туев М.В., Шиховцев А.Ю. Оценка качества астрономического видения в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа по данным оптических и метеорологических измерений // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 11. С. 942–947.

4. Васильев Р.В., Кушнарев Д.С., Кашапова Л.К., Лебедев В.П., Медведев А.В., Неведимов Н.И., Ратовский К.Г. Первые результаты радионаблюдений Солнца и мощных дискретных источников на Иркутском радаре // Астрон. журнал. 2013. Т. 90, № 11. С. 948–958.

5. Гаджиев Г.Д., Рахматулин Р.А. Влияние солнечной и геомагнитной активности на состояние здоровья людей с различными нозологическими формами заболеваний // Биофизика. 2013. Т. 58, № 4. С. 726–731.

6. Горбовский Е.С., Липунов В.М., Корнилов В.Г., Белинский А.А., Кувшинов Д., Тюрина Н., Санькович А.В., Крылов А., Шатский Н.И., Балануца П., Чазов В., Кузнецов А.С., Зимнухов Д.С., Шумков В.П., Шурпаков С.Э., Сенник В.А., Гареева Д.В., Пружинская М.В., Тлатов А.Г., Пархоменко А.В., Дормидонтов Д.В., Крушинский В.В., Пуланова А.Ф., Заложных И.С., Попов А.А., Бурданов А.Ю., Язев С.А., Буднев Н.М., Иванов К.И., Константинов Е.Н., Гресс О.А., Чувалаев О.В., Юрков В.В., Сергиенко Ю.П., Куделина И.В., Синяков Е.В., Караченцев И.Д., Моисеев А.В., Фатхуллин Т.А. Сеть роботизированных оптических телескопов МАСТЕР-II. Первые результаты // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 4. С. 267–321.

7. Григорьев В.М., Ермакова Л.В., Хлыстова А.И. Слияние двух вращающихся пятен в процессе возникновения активной области // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 12. С. 1066–1072.

8. Григорьева И.Ю., Лившиц М.А., Руденко Г.В., Мышьяков И.И. Активные области минимума прошедшего солнечного цикла: связь нагрева плазмы с электрическими токами // Астрон. журн. 2013. Т. 57, № 8. С. 665–675.

9. Грозов В.П., Киселев А.М., Котович Г.В., Михайлов С.Я., Пономарчук С.Н. Программное обеспечение обработки и интерпретации ионограмм зондирования на базе цифрового ЛЧМ-ионозонда // Гелиогеофиз. иссл. 2013. Вып. 4. С. 75–85.

10. Дарьин А.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Мордвинов А.В., Овчинников Д.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Природная периодичность системы седиментации озера Телецкое (горный Алтай) за последние 2000 лет по данным высокоразрешающего сканирующего микроанализа на пучках синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН) // Изв. РАН. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 9. С. 1359–1362.

11. Дворников В.М., Кравцова М.В., Сдобнов В.Е. Диагностика электромагнитных характеристик межпланетной среды по эффектам в космических лучах // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 4. С. 457–469.

12. Дегтярев В.И., Попов Г.В., Чудненко С.Э. Эффективность связи потоков энергичных электронов на геостационарной орбите с параметрами солнечного ветра и индексами геомагнитной активности в 22 и 23 солнечных циклах // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 64–74.
13. Демьянов В.В., Ясюкевич Ю.В., Дзин Ш. Контроль текущих условий распространения сигналов навигационных спутников // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 35–40.
14. Довбня Б.В., Гульельми А., Потапов А.С., Рахматулин Р.А. Дополнительный резонатор для ультранизкочастотных волн // Геофиз. иссл. 2013. Т. 14, № 2. С. 49–58.
15. Довбня Б.В., Гульельми А., Потапов А.С., Клайн Б.И. О существовании надиосферного резонатора Альвена // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 12–15.
16. Евстафьев В.В. Микроскопический подход к статистическому описанию системы нейтральных частиц: расширенный метод фазовой плотности // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 68–76.
17. Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В., Малькова П.Л. Генерация волновых возмущений в ионосфере под действием солнечного терминатора // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра СО РАН. 2013. Вып. 2. С. 36–38.
18. Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Зимовец И.В. Регистрация взрывной и поршневой ударных волн, связанных с возникновением и распространением коронального выброса массы // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 2. С. 166–176.
19. Еселевич В.Г., Еселевич М.В. Роль всплывающих магнитных трубок при формировании «импульсных» корональных выбросов массы // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 11. С. 936–947.
20. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Кириченко К.Е. Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхность океана // Изв. ИГУ. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 6, № 1. С. 61–79.
21. Загайнова Ю.С., Караваев Ю.С. Оценка состояния облачности по 8-балльной шкале методом гистограмм по изображениям в видимом диапазоне, получаемым с камеры полного неба // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 120–128.
22. Золотухина Н.А., Полех Н.М., Романова Е.Б., Полякова А.С. Сезонная изменчивость суточных и полусуточных вариаций F2-слоя над Иркутском по данным ионосферного радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 112–125.
23. Иванова В.А., Полех Н.М., Куркин В.И., Чистякова Л.В., Пежемская М.Д., Брынько И.Г., Орлов А.И., Подлесный А.В., Думбрава З.Ф., Поддельский И.Н. Отклик характеристик распространения КВ-радиоволн на вариации рентгеновского излучения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 4. С. 154–160.
24. Исаева Е.С., Язев С.А. Рентгеновские вспышки и комплексы активности на Солнце на фазе роста 24-го цикла // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 3–11.
25. Кабанов Д.М., Береснев С.А., Горда С.Ю., Корниенко Г.И., Николашкин С.В., Сакерин С.М., Тащилин М.А. Дневной ход аэрозольной оптической толщи атмосферы в нескольких регионах Азиатской части России // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 4. С. 291–296.
26. Кичатинов Л.Л. Бароклинные неустойчивости в неоднородно вращающихся звездах // Письма в АЖ. 2013. Т. 39, № 8. С. 631–640.
27. Кичигин Г.Н. Нагрев плазмы в переменном магнитном поле // Физика плазмы. 2013. Т. 39, № 5. С. 469–474.

28. Клименко М.В., Клименко В.В., Кореньков Ю.Н., Бессараб Ф., Карпов И.В., Ратовский К.Г., Черниговская М.А. Моделирование отклика системы термосфера–ионосфера на внезапные стратосферные потепления 2008–2009 гг. // Космич. иссл. 2013. Т. 51, № 1. С. 62–72.
29. Коняев П.А., Боровик А.В. Изучение астроклимата Байкальской астрофизической обсерватории оптическими методами // Оптика атмосферы и океана. 2013. № 12. С. 1041–1044.
30. Копылов Е.А., Туев М.В., Шиховцев А.Ю. Исследование оптических и структурных метеорологических характеристик качества изображения на площадке Большого солнечного вакуумного телескопа Байкальской астрофизической обсерватории // Известия ВУЗов. Физика. 2013. Т. 56. № 8-3. С. 311–314.
31. Кореньков Ю.Н., Бессараб Ф., Клименко В.В., Клименко М.В., Ратовский К.Г. Влияние возмущений NO на глобальное распределение ионосферных параметров во время геомагнитной бури // Хим. физика. 2013. Т. 32, № 9. С. 54–63.
32. Кочанов А.А., Синеговская Т.С., Синеговский С.И. Мюоны космических лучей высоких энергий в атмосфере Земли // ЖЭТФ. 2013. Т. 143, № 3. С. 459–476.
33. Кравцова М.В., Сдобнов В.Е. Жесткостной спектр вариаций космических лучей в периоды мощных форбуш-эффектов в 22 и 23 солнечных циклах // Изв. РАН СССР. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 5. С. 607–610.
34. Кравцова М.В., Сдобнов В.Е. Жесткостной спектр и анизотропия космических лучей в период спорадических событий в июле 2000 г. // Изв. РАН СССР. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 5. С. 602–606.
35. Кравцова М.В. Спорадические события в космических лучах в первой половине 2012 г. // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 58–63.
36. Крамынин А.П., Мордвинов А.В. Применение метода разложения рядов по естественным ортогональным функциям для исследования вековых циклов солнечной активности // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2013. Вып. 15. С. 38–42. (Труды УАО ДВО РАН).
37. Криссинель Б.Б. Вероятностные характеристики основных компонентов короны спокойного Солнца и расчет экваториального распределения яркости в диапазоне длин волн 1–100 см // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 50–57.
38. Кузьменко И.В., Гречнев В.В. Исследование двух эруптивных событий с разными сценариями развития // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2013. Вып. 15. С. 53–64. (Труды УАО ДВО РАН).
39. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Исследование морфологических особенностей признаков перемещающихся ионосферных возмущений по данным квазивертикального зондирования ионосферы // Вестник ИрГТУ. 2013. № 10 (81). С. 86–90.
40. Курт В.Г., Юшков Б.Ю., Белов А.В., Черток И.М., Гречнев В.В. Определение времени ускорения протонов, ответственных за начало наземных возрастаний солнечных космических лучей // Изв. РАН. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 5. С. 546–549.
41. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М., Полех Н.М., Ратовский К.Г. Эффекты геомагнитных бурь на высотах ионосферного слоя F1 в период спада и минимума солнечной активности // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 31–34.
42. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М. Вертикальный дрейф плазмы в среднеширотной ионосфере во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 109–114.
43. Лебедев В.П., Медведев А.В., Толстиков М.В. Интерференционные измерения ионосферных возмущений на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // Вестник Сиб. гос. аэрокосм. университета им. М.Ф. Решетнева. 2013. Вып. 5 (51). С. 166–169.

44. Леонович Л.А., Михалев А.В., Тащилин А.В., Рахматулин Р.А., Леонович В.А., Пашинин А.Ю. Отклик параметров среднеширотной верхней атмосферы на геомагнитную бурю 21 января 2005 г. по данным оптических, магнитных и радиофизических измерений // *Оптика атмосферы и океана*. 2013. Т. 26, № 1. С. 75–80.
45. Лившиц М.А., Белов А.В., Шаховская А.И., Ерошенко Е.А., Осокин А.Р., Кашапова Л.К. Корональные выбросы массы в июле 2005 г. и необычное гелиосферное явление // *Космич. иссл.* 2013. Т. 51, № 5. С. 363–371.
46. Лобычева И.Ю., Ким А.Г., Седых П.А. Влияние геомагнитной активности на состояние нижней атмосферы и погоду // *Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра СО РАН*. 2013. Вып. 2. С. 39–40.
47. Лутовинов А.А., Миронов А.И., Буренин Р.А., Ревнивцев М.Г., Цыганков С.С., Павлинский М.Н., Коробцев И.В., Еселевич М.В. Отождествление четырех рентгеновских источников из каталогов обсерваторий Интеграл и Swift // *Письма в АЖ*. 2013. Т. 39, № 8. С. 580–590.
48. Мазур В.А., Чуйко Д.А. Неустойчивость Кельвина–Гельмгольца на магнитопаузе, МГД-волновод во внешней магнитосфере и альвеновский резонанс в глубине магнитосферы // *Физика плазмы*. 2013. Т. 39, № 6. С. 556–571.
49. Мазур В.А., Чуйко Д.А. Влияние МГД-волновода во внешней магнитосфере на отражение гидромагнитных волн от сдвигового течения на магнитопаузе // *Физика плазмы*. 2013. Т. 39, № 12. С. 1071–1088.
50. Максимов В.П., Капустин В.Э. Микроволновое излучение одиночных пятен по данным ССРТ и NoRH // *Солнечно-земная физика*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 41–49.
51. Медведева И.В., Перминов В.И., Семенов А.И. Влияние сезонной активности волн на температурный режим мезопаузы по наблюдениям гидроксильного излучения в Восточной Сибири и Европейской части России // *Солнечно-земная физика*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 62–64.
52. Михайлов С.Я., Грозов В.П. Реконструкция немонотонного высотного профиля плазменной частоты по данным наклонного зондирования ионосферы // *Изв. ВУЗов. Радиофизика*. 2013. Т. 56. № 7. С. 443–457.
53. Михайлова О.С. Исследование структуры УНЧ-колебаний вблизи плазмопаузы при наличии в магнитосферной плазме тяжелых ионов // *Солнечно-земная физика*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 84–90.
54. Мишин В.М., Пу З., Мишин В.В., Лунюшкин С.Б. Короткое замыкание в электрической цепи системы магнитосфера–ионосфера // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2013. Т. 53, № 6. С. 858–860.
55. Мишин В.В., Клибанова Ю.Ю., Цэгмед Б. Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства вызванных им длиннопериодических геомагнитных пульсаций // *Космич. иссл.* 2013. Т. 51, № 2. С. 107–118.
56. Мордвинов А.В., Язев С.А. Распад комплексов активности и формирование корональных дыр на Солнце // *Астрон. журн.* 2013. Т. 90, № 6. С. 491–500.
57. Мордвинов В.И., Девятова Е.В., Кочеткова О.С., Ознобихина О.А. Исследование условий генерации и распространения низкочастотных возмущений в тропосфере // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*. 2013. Т. 49, № 1. С. 62–73.
58. Мордвинов В.И., Девятова Е.В., Томозов В.М. Гидродинамические неустойчивости в тахоклине, обусловленные вариациями толщины слоя и неоднородностями среднего потока // *Солнечно-земная физика*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 3–12.
59. Николашкин С.В., Титов С.В., Маричев В.Н., Бычков В.В., Куркин В.И., Черниговская М.А., Непомнящий Ю.А. Лидарные исследования зимних стратосферных потеплений на территории Сибири и Дальнего Востока // *Наука и образование*. 2013. Т. 69. № 1. С. 10–17.
60. Носов В.В., Григорьев В.М., Коваadlo П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Проблемы когерентной турбулентности // *Вестник МГТУ*. 2013. № 1. С. 103–107.

61. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Турбулентные масштабы скорости и температуры в атмосферном пограничном слое // Известия ВУЗов. Физика. 2013. Т. 56. № 8-3. С. 331–333.
62. Ожогина О.А., Теплицкая Р.Б. Изменение от центра к краю колебаний яркости солнечной хромосферы по линиям CaII // Письма в АЖ. 2013. Т. 39, № 4. С. 310–320.
63. Ойнац А.В., Куркин В.И., Nishitani N., Сайто А. Определение параметров перемещающихся ионосферных возмущений по данным радаров SuperDARN // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18, № 8. С. 30–39.
64. Олемской С.В., Чудури А.Р., Кичатинов Л.Л. Флуктуации альфа-эффекта и глобальные минимумы солнечной активности // Астрон. журн. 2013. Т. 90, № 6. С. 501–511.
65. Орлов И.И., Ойнац А.В. Описание прохождения сигналов через линейные нестационарные системы // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18, № 6. С. 34–39.
66. Пархомов В.А., Цэгмед Б., Дмитриев А.В. О природе источников всплеска неструктурированных пульсаций Pc1 по одновременным наблюдениям на Земле и на геостационарной орбите // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 75–83.
67. Перевалова Н.П., Полякова А.С., Погорельцев А.И. Вариации характеристик акустико-гравитационных волн по данным моделирования // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 3. С. 414–426.
68. Перевалова Н.П., Жупитяева А.С., Воейков С.В., Астафьева Э.И., Саньков В.А. Отклик ионосферы на тувинские землетрясения 27 декабря 2011 г. и 26 февраля 2012 г. // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 47–49.
69. Перминов В.И., Медведева И.В., Семенов А.И. Изменчивость температуры в области мезопаузы по среднеширотным измерениям гидроксильного излучения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, №1. С. 134–141.
70. Подгорный А.И., Подгорный И.М., Мешалкина Н.С. Связь магнитного поля активной области с солнечными вспышками // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 6. С. 736–744.
71. Подлесный А.В., Брынько И.Г., Куркин В.И., Березовский В.А., Киселев А.М., Петухов Е.В. Многофункциональный ЛЧМ-ионозонд для мониторинга ионосферы // Гелиогеофиз. иссл. 2013. Вып. 4. С. 24–31.
72. Полех Н.М., Куркин В.И., Золотухина Н.А., Черниговская М.А. О связи между повышением ночной зимней ионизации в среднеширотном F2-слое и стратосферными потеплениями // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 41–46.
73. Поляков А.Р. Структура одномерных стоячих МГД-волн в дневной плазмосфере и на ее границе // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 91–99.
74. Полякова А.С., Перевалова Н.П. Сравнительный анализ возмущений полного электронного содержания над зонами действия девяти тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 2. С. 197–205.
75. Поляченко В.Л., Поляченко Е.В., Шухман И.Г. Радиально-анизотропные модели бесстолкновительных сферических звездных систем без центральной сингулярности // Письма в АЖ. 2013. Т. 39, № 10. С. 755–767.
76. Пономарчук С. Н., Грозов В.П., Котович Г.В., Михайлов С.Я. Обработка и интерпретация ионограмм вертикального и наклонного зондирования для диагностики ионосферы на базе ЛЧМ-ионозонда // Вестник Сиб. гос. аэрокосм. университета им. М.Ф. Решетнева. 2013. Вып. 5 (51). С. 163–166.
77. Романова Е.Б., Тащилин А.В. Моделирование структурных особенностей распределения концентрации электронов в плазмосфере // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 21–23.

78. Романова Е.Б., Жеребцов Г.А., Ратовский К.Г., Полех Н.М., Ши Д., Ванг С., Ванг Г. Сравнение отклика F2-области ионосферы на геомагнитные бури на средних и низких широтах // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 27–30.
79. Руденко Г.В., Мышьяков И.И., Анфиногентов С.А. Определение пространственной структуры коронального магнитного поля солнечных активных областей // Астрон. журн. 2013. Т. 57, № 8. С. 676–691.
80. Семенов А.И., Шефов Н.Н., Медведева И.В. Долготные вариации гидроксильного излучения. 1. Температура // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 4. С. 522–532.
81. Смольков Г.Я., Базаржапов А.Д., Петрухин В.Ф., Щепкина В.Л. Геофизические последствия гравитационного воздействия на Землю // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 129–135.
82. Сорокин А.Г. Предварительные результаты наблюдения инфразвуковых волн на станции Торы // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 77–80.
83. Тащилин А.В., Романова Е.Б. Численное моделирование диффузии ионосферной плазмы в дипольном геомагнитном поле при наличии поперечного дрейфа // Математическое моделирование. 2013. Т. 25, № 1. С. 3–17.
84. Теплицкая Р.Б., Скочилов В.Г., Григорьева С.А. Функции отклика интенсивностей линии CaII на возмущения температуры. I. Алгоритм вычислений для ядер сильных линий // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 13–22.
85. Толстиков М.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г. Исследование планетарных волн наблюдавшихся в период сильных стратосферных потеплений // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра СО РАН. 2013. Вып. 2. С. 41–42.
86. Томозов В.М. О некоторых закономерностях распределения химического состава в атмосферах звезд // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 23. С. 23–32.
87. Тягун Н.Ф. Спектр FeX  $\lambda$  6374 Å в момент белой лимбовой вспышки // Астрон. циркуляр. 2013. № 1592.
88. Тягун Н.Ф. Исследования солнечной короны с Большим коронографом Саянской обсерватории // Астрон. циркуляр. 2013. № 1593.
89. Тясто М.И., Данилова О.А., Сдобнов В.Е. Сравнение геомагнитных порогов космических лучей для двух эмпирических моделей магнитосферы в период экстремальной геомагнитной бури в ноябре 2003 г. // Изв. РАН СССР. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 5. С. 611–614.
90. Файнштейн В.Г., Егоров Я.И. Исследование свойств KBM с использованием данных космических аппаратов SDO и PROBA2 // Косм. иссл. 2013. Т. 51, № 1. С. 4–16.
91. Хахинов В.В., Потехин А.П., Лебедев В.П., Кушнарев Д.С., Алсаткин С.С. Некоторые результаты активных космических экспериментов «Плазма-Прогресс» и «Радар-Прогресс» // Вестник Сиб. гос. аэрокосм. университета им. М.Ф. Решетнева. 2013. Вып. 5 (51). С. 160–163.
92. Черниговская М.А., Куркин В.И., Ойнац А.В., Поддельский И.Н. Влияние тропических циклонов на вариации параметров ионосферы в регионе Сибири и Дальнего Востока // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 50–61.
93. Черниговская М.А. Временные вариации температуры средней атмосферы над регионом юга Восточной Сибири по спутниковым данным MLS Aura // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 2. С. 212–224.
94. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Морфологический анализ ионосферной возмущенности над Иркутском в периоды сильных метеорологических возмущений по данным вертикального радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 142–152.
95. Черток И.М., Абуни А.А., Белов А.В., Гречнев В.В. Зависимость характеристик форбуш-понижений от параметров солнечных эрупций // Изв. РАН. Сер. физ. 2013. Т. 77, № 5. С. 615–617.

96. Чуйко Д.А. Исследование влияния альфвеновского резонанса на основную моду, генерируемую неустойчивостью на магнитопаузе // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. Вып. 22. С. 16–20.

97. Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Куркин В.И., Ратовский К.Г., Черниговская М.А., Белинская А.Ю., Степанов А.Е. Отклик ионосферы над регионом Восточной Сибири во время внезапного стратосферного потепления 2009 г. по данным наземного и спутникового радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 153–163.

98. Шпынев Б.Г., Воронов А.Л. Минимизация нелинейного функционала невязки в задачах потоковой обработки экспериментальных данных // Вычислительные методы и программирование. 2013. Т. 14. С. 503–515.

99. Щербаков А.А., Медведев А.В., Кушнарев Д.С. Исследование динамических процессов в ионосфере с помощью Иркутского радара НР // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра СО РАН. 2013. Вып. 2. С. 43–44.

100. Язев С.А. Комплексы активности на Солнце // Наука в России. 2013. № 5. С. 4–12.

101. Язев С.А. Наблюдения транзита Венеры в Иркутской области // Земля и Вселенная. 2013. № 1. С. 92–96.

102. Язев С.А. Отзвуки Челябинского болида // Наука из первых рук. 2013. № 2. С. 36–47.

103. Язев С.А., Лукьянова Е.П. Пилотируемая космонавтика и общественное сознание: основные тренды в отражении СМИ // Известия ИГУ. Сер. «Политология». 2013. Т. 6, № 1. С. 34–40.

104. Язев С.А. Суперболиды над Россией в XXI веке // Известия ИГУ. Сер. «Науки о Земле». 2013. Т. 6, № 1. С. 238–256.

105. Язев С.А. Экспедиции иркутских астрономов на полные солнечные затмения в 1981–2012 гг. // Астрон. циркуляр. 2013. № 1591.

106. Язев С.А. Жизнь после социума // Земля и Вселенная. 2013. № 6. С. 83–89.

107. Ясюкевич Ю.В., Демьянов В.В., Астафьева Э.И., Едемский И.К. Анализ сбоев измерений фазы сигналов GPS и ГЛОНАСС в условиях ионосферной возмущенности // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра СО РАН. 2013. Вып. 2. С. 45–46.

108. Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В., Живетьев И.В., Косогоров Е.А. Отклик ионосферы на солнечные вспышки С и М классов в январе–феврале 2010 г. // Косм. иссл. 2013. Т. 51, № 2. С. 125–135.

109. Ясюкевич Ю.В., Перевалова Н.П., Демьянов В.В., Едемский И.К., Маркидонова А.А. Исследование околоземного космического пространства с использованием глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник Сиб. гос. аэрокосм. университета им. М.Ф. Решетнева. 2013. Вып. 6 (52). С. 93–100.

## 7.2. Статьи в зарубежных журналах

1. Afanasiev A.N., Uralov A.M., Grechnev V.V. Propagation of a fast magnetoacoustic shock wave in the magnetosphere of an active region // Astron. Rep. 2013. V. 57, N 8. P. 594–602.

2. Afraimovich E.L., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Edemsky I.K., Gavriluk N., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Leonovich L.A., Lesyuta O.S. A review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena // J. Space Weather Space Climate. 2013. V. 3. P. A27.

3. Alania M.V., Wawrzynczak A., Sdobnov V.E., Kravtsova M. Rigidity spectrum of Forbush decrease calculated by neutron monitors data corrected and uncorrected for geomagnetic disturbances // J. Phys.: Conf. Ser. 2013. V. 409. P. 012184.

4. Alania M.V., Wawrzynczak A., Sdobnov V.E., Kravtsova M. Temporal changes in the rigidity spectrum of Forbush decreases based on neutron monitor data // Solar Phys. 2013. V. 286, N 2. P. 561–576.

5. Alissandrakis C.E., Kochanov A.A., Patsourakos S., Altyntsev A.T., Lesovoi S.V., Lesovaya N.N. Microwave and EUV observations of an erupting filament and associated flare and CME // *Publ. Astron. Soc. Japan*. 2013. V. 65. N SP1. P. S8.
6. Anfinogentov S., Nakariakov V.M., Mathiondakis M., Van Doorselaere T., Kowalski A.F. The decaying long-period oscillation of a stellar megafare // *Astrophys. J.* 2013. V. 773, N 2. P. 156.
7. Antonova A., Metodieva Y., Hallinan G., Doyle J.G., Yu S., Kuznetsov A., Golden A., Cruz K.L. Volume-limited radio survey of ultracool dwarfs // *Astron. Astrophys.* 2013. V. 549. P. A131.
8. Bakunina I.A., Abramov-Maximov V.E., Nakariakov V.M., Lesovoy S.V., Soloviev A.A., Tikhomirov Y.V., Melnikov V.F., Shibasaki K., Nagovitsyn Y.A., Averina E.A. Long-period oscillations of sunspots by NoRH and SSRT observations // *Publ. Astron. Soc. Japan*. 2013. V. 65. N SP1. P. S13.
9. Bergardt O.I., Dobrynina A.A., Zherebtsov G.A., Mikhalev A.V., Perevalova N.P., Ratovsky K.G., Rakhmatulin R.A., San'kov V., Sorokin A.G. Geophysical phenomena accompanying the Chelyabinsk meteoroid impact // *Doklady Earth Sciences*. 2013. V. 452, N 1. P. 945–947.
10. Bergardt O.I., Kushnarev D.S. Effective subtraction technique at the Irkutsk Incoherent Scatter Radar: Theory and experiment // *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 2013. N 105-106. P. 293–298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.03.023>.
11. Bol'basova L.A., Kovadlo P.G., Lukin V.P., Nosov V.V., Torgaev A.V. Features of optical image jitter in a random medium with a finite outer scale // *Atmos. Oceanic Opt.* 2013. V. 26, N 2. P. 79–84.
12. Chernov G.P., Sych R.A., Huang G.-L., Ji H., Yan Y.H., Tan C.-M. Concerning spikes in emission and absorption in the microwave range // *Res. Astron. Astrophys.* 2013. V. 13, N 1. P. 115–128.
13. Chertok I.M., Abunin A.A., Belov A.V., Grechnev V.V. Dependence of Forbush decrease characteristics on parameters of solar eruptions // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012150.
14. Chertok I.M., Grechnev V.V., Belov A.V., Abunin A.A. Magnetic flux of EUV arcade and dimming regions as a relevant parameter for early diagnostics of solar eruptions – sources of non-recurrent geomagnetic storms and Forbush decreases // *Solar Phys.* 2013. V. 282, N 1. P. 175–199.
15. Deminov M.G., Deminova G., Zherebtsov G.A., Polekh N.M. Statistical properties of variability of the quiet ionosphere F2-layer maximum parameters over Irkutsk under low solar activity // *Adv. Space Res.* 2013. V. 51, N 5. P. 702–711.
16. Dmitrienko I.S. Evolution of FMS and Alfvén waves produced by the initial disturbances in the FMS waveguide // *J. Plasma Phys.* 2013. V. 79, N 1. P. 7–17.
17. Dvornikov V.M., Kravtsova M., Sdobnov V.E. Diagnostics of the electromagnetic characteristics of the interplanetary medium based on cosmic ray effects // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 4. P. 441–447.
18. Egorov Ya.I., Fainshtein V.G. Study of CME properties using high resolution data // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 619–630.
19. Eselevich V.G., Eselevich M.V., Zimovets I.V. Blast-wave and piston shocks connected with the formation and propagation of a coronal mass ejection // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 2. P. 142.
20. Eselevich V.G., Eselevich M.V. The role of rising magnetic tubes in the formation of impulsive coronal mass ejections // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 11. P. 860–871.
21. Fainshtein V.G., Egorov Ya.I. Investigation of CME properties using the data of SDO and PROBA2 spacecraft // *Cosm. Res.* 2013. V. 51, N 1. P. 1–12.
22. Fainshtein V.G., Malashchuk V.M., Stepanian N.N., Rudenko G.V., Egorov Ya.I. Magnetic connections of solar formations inside magneto-isolated complexes based on observations of arch structures and calculations of magnetic field lines // *Bull. Crimean Astrophys. Observatory*. 2013. V. 109, N 1. P. 104–110.
23. Fleishman G.A., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Microwave Signature of relativistic positrons in solar flares // *Publ. Astron. Soc. Japan*. 2013. V. 65. N SP1. P. S7.

24. Gadzhiev G.D., Rakhmatulin R.A. Influences of solar and geomagnetic activity on health status of people with various nosological forms of diseases // *Biophys.* 2013. V. 58, N 4. P. 568–572.
25. Gorbovskoy E.S., Lipunov V.M., Kornilov V.G., Belinski A.A., Kuvshinov D.A., Tyurina N.V., Sankovich A.V., Krylov A.V., Shatskiy N.I., Balanutsa P.V., Chazov V.V., Kuznetsov A.S., Zimmukhov A.S., Shumkov V.P., Shurpakov S.E., Senik V.A., Gareeva D.V., Pruzhinskaya M.V., Tlatov A.G., Parkhomenko A.V., Dormodontov D.V., Krushinsky V.V., Punanova A.F., Zolozhnyh I.S., Popov A.A., Burdanov A.Yu., Yazev S.A., Budnev N.M., Ivanov K.I., Konstantinov E.N., Gress O.A., Chuvalaev O.V., Yurkov V.V., Sergienko Yu.P., Kudelina I.V., Sinyakov E.V., Karachentsev I.D., Moiseev A.V., Fatkhullin T.A. The MASTER-II Network of robotic optical telescopes. First results // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 4. P. 233–286.
26. Gosian S., Pevtsov A., Rudenko G.V., Anfinogentov S. First sinoptic maps of photospheric vector magnetic field from SOLIS/VSM: Nonradial magnetic fields and hemispheric pattern of helicity // *Astrophys. J.* 2013. V. 772, Pt. 1. P. 52.
27. Grechnev V.V., Meshalkina N.S., Chertok I.M., Kiselev V. Relation between strong high-frequency microwave bursts and proton events // *Publ. Astron. Soc. Japan.* 2013. V. 65. N SP1. P. S4.
28. Grechnev V.V., Kiselev V., Uralov A.M., Meshalkina N.S., Kochanov A.A. An updated view of solar eruptive flares and development of shocks and CMES: History of the 2006 December 13 GLE-productive extreme // *Publ. Astron. Soc. Japan.* 2013. V. 65. N SP1. P. S9.
29. Grechnev V.V., Kuzmenko I.V., Uralov A.M., Chertok I.M., Kochanov A.A. Microwave negative bursts as indications of reconnection between eruptive filaments and large-scale coronal magnetic environment // *Publ. Astron. Soc. Japan.* 2013. V. 65. N SP1. P. S10.
30. Grigoryev V.M., Ermakova L.V., Khlystova A.I. The coalescence of two rotating sunspots during the emergence of an active region // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 12. P. 984–990.
31. Grigorieva I.Yu., Livshits M.A., Rudenko G.V., Mysh'akov I.I. Active regions near the recent solar-cycle minimum: Relation between plasma heating and electrical currents // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 8. P. 611–621.
32. Horne R., Glauert S., Meredith N., Koskinen H., Vainio R., Afanasiev A., Ganushkina N., et al. Forecasting the Earth's radiation belts and modeling solar energetic particle events: Recent results from SPACECAST // *J. Space Weather Space Climate.* 2013. V. 3. P. A20.
33. James M., Yeoman T.K., Mager P., Klimushkin D. The spatio-temporal characteristics of ULF waves driven by substorm injected particles // *J. Geophys. Res.* 2013. V. 118, V A4. P. 1737–1749.
34. Kabanov D.M., Beresnev S.A., Gorda S.Yu., Kornienko G.I., Nikolashkin S.V., Sakerin S.M., Tashchilin M.A. Diurnal behavior of aerosol optical depth of the atmosphere in a few regions of Asian part of Russia // *Atmos. Oceanic Opt.* 2013. V. 26, N 6. P. 466–472.
35. Kashapova L.K., Tokhchukova S.K., Rudenko G.V., Bogod V.M., Muratov A.A. On the possible mechanisms of energy release in a C-class flare // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 573–583.
36. Kashapova L.K. et al. The subsecond pulses during the 10 August 2011 flare by observations of RATAN-600 and the 4–8 GHz Siberian Solar Spectropolarimeter // *Geomagnetism and Aeronomy.* 2013. V. 53, N 8. P. 1021–1024.
37. Khlystova A.I. The horizontal component of photospheric plasma flows during the emergence of active regions on the Sun // *Solar Phys.* 2013. V. 284, N 2. P. 343–361.
38. Khlystova A.I. The relationship between plasma flow Doppler velocities and magnetic field parameters during the emergence of active regions at the solar photosphere level // *Solar Phys.* 2013. V. 284, N 2. P. 329–341.
39. Kichigin G.N. On generation of ultra-high-energy cosmic rays in gamma-ray bursts // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012064.
40. Kichigin G.N. Plasma heating in a variable magnetic field // *Plasma Phys. Rep.* 2013. V. 39, N 5. P. 406–411.

41. Kichigin G.N. Relativistic waves raised by explosions in space as sources of ultra-high-energy cosmic rays // *Adv. Space Res.* 2013. V. 51, N 2. P. 309–314.
42. Kitchatinov L.L. Baroclinic instability of differentially rotating stars // *Astron. Lett.* 2013. V. 39, N 8. P. 561.
43. Klimenko M., Klimenko V., Korenkov Y.N., Bessarab F.S., Karpov I.V., Ratovsky K.G., Chernigovskaya M.A. Modeling of response of the thermosphere–ionosphere system to sudden stratospheric warmings of years 2008 and 2009 // *Cosmic Res.* 2013. V. 51, N 1. P. 54–63.
44. Kobanov N.I., Kolobov D.Y., Kustov A.S., Chupin S.A., Chelpanov A. Direct measurements results of the time lag of LOS-velocity oscillations between two heights in solar faculae and sunspots // *Solar Phys.* 2013. V. 284, N 2. P. 379–396.
45. Kobanov N.I., Chelpanov A., Kolobov D.Y. Oscillations above sunspots from the temperature minimum to the corona // *Astron. Astrophys.* 2013. V. 554. P. A146.
46. Kochanov A.A., Sinegovskaya T.S., Sinegovsky S.I. High-energy cosmic ray muons in the Earth's atmosphere // *J. Exp. Theoret. Phys.* 2013. V. 116, N 3. P. 395–413.
47. Kochanov A.A., Anfinogentov S., Prosovetsky D.V., Rudenko G.V., Grechnev V.V. Imaging of the solar atmosphere by the Siberian Solar Radio Telescope at 5.7 GHz with an enhanced dynamic range // *Publ. Astron. Soc. Japan.* V. 65. N SP1. P. S19.
48. Korenkov Y.N., Bessarab F.S., Klimenko V., Klimenko M., Ratovsky K.G. Effect of NO concentration disturbances on the global distribution of ionospheric parameters during geomagnetic storms // *Russ. J. Phys. Chem. B.* 2013. V. 7, N 5. P. 632–640.
49. Kotrc P., Barta M., Schwartz P., Kupryakov Y.A., Kashapova L.K., Karlinsky M. Modeling of H $\alpha$  eruptive events observed at the solar limb // *Solar Phys.* 2013. V. 284, N 2. P. 447–466.
50. Kotrc P., Barta M., Kupryakov Yu.A., Kashapova L.K. On a flat-shape emission in the solar flare on 7<sup>th</sup> June 2012 // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 555–562.
51. Kotrc P., Barta M., Kupryakov Yu.A., Kashapova L.K. On a signature of a flux-rope formation by vortex motions in its footpoint // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 513–520.
52. Kramynin A.P., Mordvinov A.V. Solar activity secular cycles // *Geomagnetism and Aeronomy.* 2013. V. 53, N 8. P. 949–952.
53. Kravtsova M.V., Sdobnov V.E. Cosmic ray rigidity spectrum and anisotropy during GLE on 14 July 2000 // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012143.
54. Kravtsova M.V., Sdobnov V.E. July 2000 Forbush effect from world network of cosmic ray stations // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012144.
55. Kravtsova M., Sdobnov V.E. Rigidity spectrum of cosmic ray variations over the periods of large Forbush decreases during solar cycles 22 and 23 // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012145.
56. Kravtsova M., Sdobnov V.E. Rigidity spectrum and cosmic ray anisotropy during sporadic events in July 2000 // *Bull. Russian Academy of Sciences: Physics.* 2013. V. 77, N 5. P. 538–542.
57. Kravtsova M., Sdobnov V.E. Rigidity spectrum of cosmic ray variations over periods of large Forbush decreases during the 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> solar cycles // *Bull. Russian Academy of Sciences: Physics.* 2013. V. 77, N 5. P. 543–546.
58. Kurt V.G., Yushkov B., Belov A.V., Chertok I.M., Grechnev V.V. Determination of acceleration time of protons responsible for the GLE onset // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012151.
59. Kurt V.G., Yushkov B.Yu., Belov A.V., Chertok I.M., Grechnev V.V. Determining the instant of acceleration of protons responsible for the onset of ground-level enhancements of solar cosmic rays // *Bull. Russian Academy of Sciences: Physics.* 2013. V. 77, N 5. P. 483–486.
60. Kuznetsov A.A., Vlasov V.G. Formation of zebra pattern in low-frequency Jovian radio emission // *Planet. Space Sci.* 2013. V. 75, N 1. P. 167–172.
61. Leonovich A.S., Kozlov D.A. Magnetosonic resonances in the magnetospheric plasma // *Earth, Planets, Space.* 2013. V. 65, N 5. P. 369–384.

62. Leonovich A.S., Kozlov D.A. On ballooning instability in current sheets // *Plasma Phys. Controlled Fusion*. 2013. V. 55, N 8. P. 085013.
63. Livshits M.A., Belov A.V., Shakhovskaya A.I., Eroshenko E.A., Osokin A.R., Kashapova L.K. Coronal mass ejection in July 2005 and an unusual heliospheric event // *Cosm. Res.* 2013. V. 51, N 5. P. 326–334.
64. Lukovnikova A.A., Aleshkov V.M., Sdobnov V.E. Modernization of cosmic ray stations of the Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science in order to do work in the real-time mode // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012153.
65. Lutovinov A.A., Mironov A.I., Burenin R.A., Revnivitsev M.G., Tsygankov S.S., Pavlinsky M.N., Korobtsev I.V., Eselevich M.V. Identification of four X-ray sources from the INTEGRAL and Swift catalogues // *Astron. Lett.* 2013. V. 39, N 8. P. 513–522.
66. Mager P., Klimushkin D., Kostarev D.V. Drift-compressional modes generated by inverted plasma distributions in the magnetosphere // *J. Geophys. Res.* 2013. V. 118. P. 4915–4923.
67. Mager P., Klimushkin D. Giant pulsations as modes of a transverse Alfvénic resonator on the plasmopause // *Earth, Planets, Space*. 2013. V. 65, N 5. P. 397–409.
68. Mazur V.A., Chuiko D.A. Kelvin–Helmholtz instability on the magnetopause, magnetohydrodynamic waveguide in the outer magnetosphere, and Alfvén resonance deep in the magnetosphere // *Plasma Phys. Rep.* 2013. V. 39, N 6. P. 488–503.
69. Mazur V.A., Chuiko D.A. Influence of the outer-magnetospheric magnetohydrodynamic waveguide on the reflection of hydromagnetic waves from a shear flow at the magnetopause plasma // *Phys. Rep.* 2013. V. 39, N 2. P. 959–975.
70. Medvedev A.V., Ratovsky K.G., Tolstikov M.V., Alsatkin S.S., Scherbakov A.A. Studying of the spatial-temporal structure of wavelike ionospheric disturbances on the base of Irkutsk Incoherent Scatter Radar and Digisonde data // *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 2013. N 105–106. P. 350–357. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.09.001>.
71. Mikhailov S.Ya., Grozov V.P. Recovery of the nonmonotonic altitude profile of the plasma frequency based on the ionospheric oblique sounding data // *Radiophys. and Quantum Electronics*. 2013. V. 56, N 7. P. 399–412.
72. Miroshnichenko L.I., Sidorov V.I. Cosmic ray in the Rustavi Institute from archives of Nicholas Roerich Centre-Museum (Moscow) // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012207.
73. Mishin V.M., Pu Z., Mishin V.V., Lunyushkin S.B. Short-circuit in the magnetosphere–ionosphere electric circuit // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 6. P. 809.
74. Mishin V.V., Klebanova Yu., Tsegmed B. Solar wind inhomogeneity front inclination effect on properties of front-caused long-period geomagnetic pulsation // *Cosmic Res.* 2013. V. 51, N 2. P. 96–107.
75. Mordvinov A.V., Yazev S.A. Decay activity complexes and the formation of coronal holes // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 6. P. 448–457.
76. Mordvinov V.I., Devyatova E.V., Kochetkova O.S., Oznobikhina O.A. Investigation of conditions for the generation and propagation of low-frequency disturbances in the troposphere // *Izv. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2013. V. 49, N 1. P. 55–65.
77. Moss D., Kitchatinov L.L., Sokoloff D.D. Reversals of the solar dipole // *Astron. Astrophys.* 2013. V. 550. P. L9.
78. Nosov V.V., Kovadlo P.G., Lukin V.P., Torgaev A.V. Atmospheric coherent turbulence // *Atmos. Oceanic Opt.* 2013. V. 26, N 3. P. 201–206.
79. Olemskoy S.V., Choudhuri A.R., Kitchatinov L.L. Fluctuations in the alpha-effect and grand solar minima // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 6. P. 458–468.
80. Olemskoy S.V., Kitchatinov L.L. Grand minima and north-south asymmetry of solar activity // *Astrophys. J.* 2013. V. 777, N 1. Art. N. 71.
81. Ozhogina O.A., Teplitskaya R.B. Center-to-limb variations of CaII line brightness oscillations in the solar chromosphere // *Astron. Lett.* 2013. V. 39, N 4. P. 279.
82. Perevalova N.P., Polyakova A.S., Pogoreltsev A.I. Variations in the characteristics of acoustic gravity waves according to simulation data // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 3. P. 397–408.

83. Peterova N.G., Topchilo N.A., Opeikina L.V., Agalakov B.V., Borisevich T.P., Lubyshhev B.I. Anomalous polarization features of the cyclotron radiation source in the NOAA 7123 active region: The structure, dynamics, and reasons of occurrence // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 8. P. 1000–1006.
84. Pipin V.V. Helicity-vorticity turbulent pumping of magnetic fields in the solar convection zone // *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*. 2013. V. 107, N 1-2. P. 185–206.
85. Pipin V.V., Sokoloff D.D., Zhang H., Kuzanyan K.M. Helicity conservation in nonlinear mean-field solar dynamo // *Astrophys. J.* 2013. V. 768, N 1. P. 46.
86. Pipin V.V., Kosovichev A.G. The mean-field solar dynamo with a double cell meridional circulation pattern // *Astrophys. J.* 2013. V. 776. P.36.
87. Pipin V.V., Zhang H., Sokoloff D.D., Kuzanyan K.M., Gao Y. The origin of the helicity hemispheric sign rule reversals in the mean-field solar-type dynamo // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2013. V. 435, N 3. P. 2581–2588.
88. Podgorny A.I., Podgorny I.M., Meshalkina, N.S. Relation between the active region magnetic field and solar flare // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 6. P.690–698.
89. Polekh N.M., Ratovsky K.G., Deminov M.G., Kolpakova O., Kushnarenko G. P. Morphology of the G condition occurrence over Irkutsk // *Adv. Space Res.* 2013. V. 52, N 4. P. 575–580.
90. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Radially anisotropic models of collisionless spheric stellar systems without central singularity // *Astron. Lett.* 2013. V. 39, N 10. P. 676–688.
91. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Stabilization of generalized polytropes // *Astron. Nachr.* 2013. V. 334, N 8. P. 789–792.
92. Polyachenko E.V., Polyachenko V.L., Shukhman I.G. Equilibrium models of radially anisotropic spherical stellar systems with softened central potentials // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2013. V. 434. P. 3208–3217.
93. Polyakova A.S., Perevalova N.P. Comparative analysis of TEC disturbances over tropical cyclone zones in the northwest Pacific Ocean // *Adv. Space Res.* 2013. V. 52, N 8. P. 1416–1426.
94. Potapov A.S., Polyushkina T., Pulyaev V.A. Observations of ULF waves in the solar corona and the solar wind at the Earth's orbit // *J. Atm. Sol.-Terr. Phys.* 2013. V. 102. P. 235–242.
95. Potapov A.S. ULF wave activity in high-speed streams of the solar wind: Impact on magnetosphere // *J. Geophys. Res.* 2013. V. 118, N A10. P. 6465–6477.
96. Pozanenko A., Volnova A., Guziy S., Tungalag N., Klunko E., Molotov I. Astronomical hosting in Central Asia // *EAS Publ. Ser.* 2013. V. 61. P. 495–497.
97. Prosovetsky D.V., Grigorieva I.Yu., Kochanov A.A. Spectral characteristics of large-scale radio emission areas in coronal holes // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 7. P. 867–870.
98. Ratovsky K.G., Oinats A.V., Medvedev A.V. Regular features of the polar ionosphere characteristics from digisonde measurements over Norilsk // *Adv. Space Res.* 2013. V. 51, N 4. P. 545–553.
99. Romanova E.B., Zhrebtsov G.A., Ratovsky K.G., Polekh N.M., Shi J.K., Wang X., Wang G.J. Response of the ionospheric F2-region over Irkutsk and Hainan to strong geomagnetic storms // *Chinese J. Space Sci.* 2013. V. 33, N 5. P. 494–500.
100. Rudenko G.V., Mysh'yakov I.I., Anfinogentov S. Determining the spatial configurations of the coronal magnetic fields of solar active regions // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 8. P. 622–635.
101. Semenov A.I., Shefov N.N., Medvedeva I.V. Longitudinal variations in the hydroxyl emission: 1. Temperature // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 4. P. 492–501.
102. Stenflo J.O., Demidov M.L., Bianda M., Ramelli R. Calibration of the 6302/6301 Stokes V line ratio in terms of the 5250/5247 ratio // *Astron. Astrophys.* 2013. V. 556. P. A113.
103. Stepanian N.N., Akhtemov Z.S., Fainshtein V.G., Rudenko G.V. The height stratification of solar magnetic fields in cycles 21–23 // *Bull. Crimean Astrophys. Observatory*. 2013. V. 109, N 1. P. 115–123.
104. Stepanyan N.N., Akhtemov Z.S., Fainshtein V.G., Rudenko G.V. Height stratification and polar reversal of the Sun's magnetic fields in cycles 21–23 // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 8. P. 934–937.

105. Tao W., Shi J.K., Wang G., Zherebtsov G.A., Potekhin A.P., Romanova E.B., Ratovsky K.G., Stepanov A. Occurrence time of ionospheric spread F observed over high latitude stations // *Chinese J. Radio Sci.* 2013. V. 28, N 3. P. 472–478.
106. Tlatov A.G., Illarionov E., Sokoloff D.D., Pipin V.V. A new dynamo pattern revealed by the tilt angle of bipolar sunspot groups // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2013. V. 432, N 4. P. 2975–2984.
107. Tsagouri I., Belehaki A., Bergeot N., Cid C., Delouille V., Egorova T., Jakowski N., Kutiev I., Mikhailov A., Núñez M., Pietrella M., Potapov A., Qahwaji R., Tulunay Y., Velinov P., Viljanen A. Progress in space weather modeling in an operational environment // *J. Space Weather Space Climate.* 2013. V. 3. P. A17.
108. Tyasto M.I., Danilova O.A., Sdobnov V.E. Comparing the geomagnetic thresholds of cosmic rays for two empirical models of the magnetosphere during the period of an extreme geomagnetic storm in November 2003 // *Bull. Rus. Acad Sci.: Physics.* 2013. V. 77, N 5. P. 547–550.
109. Tyasto M.I., Danilova O.A., Sdobnov V.E. Comparison of cosmic ray cutoff rigidities as calculated with two empirical magnetospheric models for the extreme event of November 2003 // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2013. V. 409. P. 012224.
110. Tyasto M.I., Danilova O.A., Ptitsyna N.G., Sdobnov V.E. Variations in cosmic ray cutoff rigidities during the great geomagnetic storm of November 2004 // *Adv. Space Res.* 2013. V. 51, N 7. P. 1230–1237.
111. Vainio R., Heber B., Malandraki O., Papaioannou A., Klein K.-L., Afanasiev A., Agueda N., et al. The first SEPServer event catalogue ~68-MeV solar proton events observed at 1 AU in 1996–2010 // *J. Space Weather Space Climate.* 2013. V. 3. P. A12.
112. Vasiliev R.V., Kushnarev D.S., Kashapova L.K., Lebedev V.P., Medvedev A.V., Nevedimov N.I., Ratovsky K.G. First results of radio observations of the Sun and powerful discrete radio sources using the Irkutsk radar // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 11. P. 872–881.
113. Vasilyev R.V., Kushnarev D.S., Lebedev V.P., Medvedev A.V., Nevedimov N.I., Ratovsky K.G. Perspectives of usage of Irkutsk incoherent scatter radar (ISR) as an imaging riometer and radio-heliograph // *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 2013. N 105–106. P. 273–280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.06.012>.
114. Yasyukevich Yu.V., Voeykov S.V., Zhivet'ev I.V., Kosogorov E.A. Ionospheric response to solar flares of C and M classes in January–February 2010 // *Cosmic Res.* 2013. V. 51, N 2. P. 114–123.
115. Zhdanov D.A., Kashapova L.K., Altyntsev A.T., Myshyakov I.I., Zandanov V.G. Microwave quasi-periodic radio pulsations in the 2012 March 08 solar flare // *Central European Astrophys. Bull.* 2013. V. 37. P. 563–572.
116. Степанян Н.Н., Ахтемов З.С., Файнштейн В.Г., Руденко Г.В. Высотная стратификация солнечных магнитных полей в 21–23 циклах // *Изв. Крымской астрофиз. общ.* 2013. Т. 109, № 1. С. 173–186.
117. Файнштейн В.Г., Малащук В.М., Степанян Н.Н., Руденко Г.В., Егоров Я.И. Магнитные связи солнечных образований внутри магнитоизолированных комплексов по наблюдаемым арочным структурам и расчетам силовых линий // *Изв. Крымской астрофиз. общ.* 2013. Т. 109, № 1. С. 156–164.

### 7.3. Доклады в сборниках российских конференций

1. Голодков Е.Ю., Просовецкий Д.В. Высотное распределение скорости плазмы в атмосфере корональных дыр и спокойного Солнца // *Известия ГАО.* 2013. № 221: Тр. III и IV Пулковских молодежных астроном. конф. С. 33–44.
2. \*Золотухина Н.А., Полех Н.М., Романова Е.Б., Полякова А.С. Сезонная изменчивость суточных и полусуточных вариаций F2-слоя над Иркутском по данным ионосферного радиозондирования // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* М., 2013. Т. 10, № 1. С. 112–125.
3. \*Иванова В.А., Полех Н.М., Куркин В.И., Чистякова Л.В., Пежемская М.Д., Брынько И.Г., Орлов А.И., Подлесный А.В., Думбрава З.Ф., Поддельский И.Н. Отклик характеристик распространения КВ-радиоволн на вариации рентгеновского излучения // *Современные*

проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 4. С.154–160.

4. Кравцова М.В., Сдобнов В.Е. Сравнительный анализ форбуш-понижений в периоды сильных геомагнитных бурь в марте–апреле 2001 г. // Всеросс. ежегодная конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». Санкт-Петербург, ГАО РАН. 25–27 сентября 2013 г.: Труды. СПб., 2013. С. 125–128.

5. Лебедев В.П., Хахинов В.В., Кушнарев Д.С., Твердохлебова Е.М. Повышение эффективности радиолокационных измерений на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // Труды XXVIII Всерос. симпозиума "Радиолокационное исследование природных сред". 16-17 апреля 2013 г., Санкт - Петербург. ВКА ИМ. А.ф. Можайского, 2013. Вып. 10, Т. 1. С. 324-331.

6. Лебедев В.П., Хахинов В.В., Твердохлебова Е.М., Корсун А.Г., Куршаков М.Ю., Лалетина Е.А., Дзюбанов Д.А. Радары некогерентного рассеяния – инструмент для исследований плазменных неоднородностей, создаваемых в ионосфере бортовыми ЖРД // Сборник материалов XLVIII научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, 7–19 сентября 2013 г.

7. Луковникова А.А., Сдобнов В.Е. Вариации космических лучей в июле–сентябре 2012 г. // Всеросс. ежегодная конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». Санкт-Петербург, ГАО РАН. 25–27 сентября 2013 г.: Труды. СПб., 2013. С. 133–136.

8. Михайлов С.Я., Грозов В.П. Реконструкция немонотонного профиля плазменной частоты по данным наклонного зондирования ионосферы // Труды XXVIII Всерос. симпозиума "Радиолокационное исследование природных сред". 16-17 апреля 2013 г., Санкт-Петербург. ВКА ИМ. А.ф. Можайского, 2013. Вып. 10, Т. 1. С. 339–346.

9. \*Перминов В.И., Медведева И.В., Семенов А.И. Изменчивость температуры в области мезопаузы по среднеширотным измерениям гидроксильного излучения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 134–141.

10. Подгорный И.М., Подгорный А.И., Мешалкина Н.С. Магнитное поле активных областей и его связь с появлением вспышек // Всеросс. ежегодная конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». Санкт-Петербург, ГАО РАН. 25–27 сентября 2013 г.: Труды. СПб., 2013. С. 211–214.

11. \*Полякова А.С., Перевалова Н.П. Сравнительный анализ возмущений полного электронного содержания над зонами действия девяти тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 2. С. 197–205.

12. Тягун, Н.Ф. О лучевых и нетермических скоростях в солнечной короне по наблюдениям FeX 6374 и FeXIV 5303 // Всеросс. ежегодная конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». Санкт-Петербург, ГАО РАН. 25–27 сентября 2013 г.: Труды. СПб., 2013. С. 265–268.

13. \*Черниговская М.А. Временные вариации температуры средней атмосферы над регионом юга Восточной Сибири по спутниковым данным MLS Aura // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 2. С. 212–224.

14. \*Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Морфологический анализ ионосферной возмущенности над Иркутском в периоды сильных метеорологических возмущений по данным вертикального радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 142–152.

15. \*Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Куркин В.И., Ратовский К.Г., Черниговская М.А., Белинская А.Ю., Степанов А.Е. Отклик ионосферы над регионом Восточной Сибири во время внезапного стратосферного потепления 2009 г. по данным наземного и спутникового радиозондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2013. Т. 10, № 1. С. 153–163.

\*Труды 10-й ежегодной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса – 2012»

#### 7.4 Доклады в сборниках международных конференций

1. Chernigovskaya M.A., Kurkin V.I., Marichev V.N., Nikolashkin S.V., Bychkov V.V., Kochetkova O.S. Lidar and satellite temperature measurements during the sudden stratospheric warmings over Siberia and the Russian Far East in 2008–2013 // Intern. Symp. “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 141–142.
2. Demyanov V.V., Likhota R., Yasukevich Yu.V. The method of real-time control of positioning quality for the transportation applications // Second Intern. Conf. on Transportation Information and Safety (ICTIS-2013). Wuhan, China, June 29 – July 2, 2013: Proc. Wuhan, 2013. P. 1768–1773.
3. Devyatova E.V., Mordvinov V.I., Kochetkova O.S., Rudneva M.A. Comparison of torsional vibrations in the atmosphere, obtained according to NCEP/NCAR Reanalysis I and ECWMF ERA-40 data archives // Intern. Symp. “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 130.
4. Khakhinov V.V., Lebedev V.P., Kushnarev D.S., Alsatkin S.S. Remote sounding of ionospheric disturbances caused by exhaust streams of “Progress” cargo spacecraft // Intern. Symp. “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 43–44.
5. Khakhinov V.V. Calculating antenna characteristics within the framework of waveguide representation of HF electromagnetic field // 2013 IX Intern. Conf. “Antenna Theory and Techniques”. ICATT’13: Proc. September 16–20, 2013. Odessa, Ukraine. 2013. P. 196–198. CD-ROM.
6. Kitchatinov L.L., Olemskoy S.V. Solar dynamo model with nonlocal  $\alpha$ -effect and diamagnetic pumping // IAU Symp. 294 “Astrophysical dynamos and magnetic activity”. 27–31 August, 2012. Beijing, China: Proc. Cambridge, CUP, 2013. V. 294. P. 429–430.
7. Kitchatinov L.L. Theory of differential rotation and meridional circulation // IAU Symp. 294 “Astrophysical dynamos and magnetic activity”. 27–31 August, 2012. Beijing, China: Proc. Cambridge, CUP, 2013. V. 294. P. 399–410.
8. Kochetkova O.S., Mordvinov V.I., Rudneva M.A. Analysing the factors affecting the origin and evolution of sudden stratospheric warmings // Intern. Symp. “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 124.
9. Kochetkova O.S., Mikhalev A.V., Mordvinov V.I., Chernigovskaya M.A. Meteorological effects in the stratosphere, mesosphere, and in seismic activity of the Baikal rift zone // Intern. Symp. “Atmospheric Radiation and Dynamics” (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 129.
10. Kravtsova M., Sdobnov V.E. Spectra of variations and anisotropy of cosmic rays during Forbush effect in March 2012 // 33<sup>rd</sup> Intern. Cosmic Ray Conf. Rio de Janeiro. 2013. The Astroparticle Physics Conf.: Proc. Rio de Janeiro, 2013. P. icrc2013-0008. CD-ROM.
11. Lukovnikova A.A. Updating NMDB (real-time database for high resolution neutron monitor measurements) by cosmic ray station data of the Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences // 33<sup>rd</sup> Intern. Cosmic Ray Conf. Rio de Janeiro. 2013. The Astroparticle Physics Conf.: Proc. Rio de Janeiro, 2013. P. icrc2013-0394. CD-ROM.
12. Mashnich G.P. Spectral observations of filament activation // IAUS 300: “Nature of Prominences and Their Role in Space Weather”. June 10–16, 2013. Paris, France: Proc. CUP, 2013. P. 417–418.

13. Perminov V.I., Semenov A.I., Medvedeva I.V., Pertsev N.N., Zheleznov Yu. Temperature variability in the mesopause region from ground-based mid-latitude observations of the hydroxyl airglow // Intern. Symposium "Atmospheric Radiation and Dynamics" (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 131–132.
14. Pipin V.V. Advances in mean field dynamo theories // IAU Symp. 294 "Astrophysical dynamos and magnetic activity". 27–31 August, 2012. Beijing, China: Proc. Cambridge, CUP, 2013. V. 294. P. 375–386.
15. Pipin V.V. Helicity-vorticity turbulent pumping of magnetic fields in the solar dynamo // IAU Symp. 294 "Astrophysical dynamos and magnetic activity". 27–31 August, 2012. Beijing, China: Proc. Cambridge, CUP, 2013. V. 294. P. 367–368.
16. Pipin V.V., Sokoloff D.D., Usoskin I.G. Waldmeier relations and the solar cycle dynamics by the mean field dynamos // IAU Symp. 294 "Astrophysical dynamos and magnetic activity". 27–31 August, 2012. Beijing, China: Proc. Cambridge, CUP, 2013. V. 294. P. 595–596.
17. Rudenko G.V. Analysing propagation of low-frequency dissipative oscillations in the upper atmosphere // Intern. Symp. "Atmospheric Radiation and Dynamics" (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 126.
18. Potapov A.S., Tsegmed B., Polyushkina T.N., Pulyaev V.A. Observations of ULF waves from the solar atmosphere to the Earth's surface: New facts // Materials of the Partnership Conference "Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining", Kaluga 30 September – 3 October 2013. Kaluga. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012\\_Kaluga/DOI:10.2205/2013BS012](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012_Kaluga/DOI:10.2205/2013BS012).
19. Rakhmatulin R. Complex of ISTP SB RAS for monitoring of geophysical fields at high and middle latitudes // Materials of the Partnership Conference "Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining", Kaluga 30 September – 3 October 2013. Kaluga. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012\\_Kaluga/DOI:10.2205/2013BS012](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012_Kaluga/DOI:10.2205/2013BS012).
20. Rudneva M.A., Kochetkova O.S., Mordvinov V.I. Long-term variations in the characteristics of the northern hemisphere sudden stratospheric warmings in 1975–2013 // Intern. Symp. "Atmospheric Radiation and Dynamics" (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Saint-Petersburg – Petrodvorets: Proc. Saint-Petersburg, 2013. P. 130.
21. Tewner S., Cohe J., Shukhman I.G. Formation and evolution of buoyancy driven vortices in stratified shear // 53<sup>rd</sup> Israel Annual Conf. on Aerospace Sciences: Proc. 2013. V. 2. P. 943–962.
22. Алсаткин С.С., Воронов А.Л. Нерекурсивная программная реализация алгоритм Карацубы для быстрого вычисления свертки // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 223–224. CD-ROM.
23. Базаржапов А.Д., Мишин В.М., Сухбатаар У., Моисеев А.В., Ширапов Д.Ш. О пространственном распределении плотности продольных токов в ионосфере по данным измерений на Земле и на спутниках // 36 Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena". Apatity, February 28 – March 1, 2013: Proc. Apatity, 2013. P. 63–66.
24. Большасова Л.А., Лукин В.П., Носов В.В., Торгаев А.В., Ковадлю П.Г. Способ определения внешнего масштаба атмосферной турбулентности из измерений дисперсии дрожания изображения внеатмосферного источника // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. B195-B198. DVD-ROM.

25. Ботыгина Н.Н., Ковадло П.Г., Копылов Е.А., Лукин В.П., Туев М.В., Шиховцев А.Ю. Оценка качества астрономического видения в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа из оптических и метеорологических измерений // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. В180–В183. DVD-ROM.
26. Ботыгина Н.Н., Ковадло П.Г., Копылов Е.А., Лукин В.П., Туев М.В., Шиховцев А.Ю. Оценка радиуса Фрида из оптических и метеорологических измерений в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 303–305. CD-ROM.
27. Бычков В.В., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Полех Н.М. Лидарные отражения верхней атмосферы Камчатки в условиях геомагнитных возмущений = Lidar backscattering signals from the upper atmosphere at Kamchatka in geomagnetic disturbances // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. VI Междунар. конф. 9–13 сентября, 2013. Паратунка, Камчатский край: Сб. докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 47–50. CD-ROM.
28. Васильева Л.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Пространственно-временные особенности изменения теплосодержания тропосферы в период климатического сдвига // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D128–131. DVD-ROM.
29. Воейков С.В., Осипчук В.Н. Исследование зависимости интенсивности вариаций ПЭС от геометрии радиозондирования с помощью ГНСС = Study of the dependence of TEC variation intensity on radiosounding geometry by GNSS // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. VI Междунар. конф. 9–13 сентября, 2013. Паратунка, Камчатский край: Сб. докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 59–62. CD-ROM.
30. Голодков Е.Ю., Просовецкий Д.В. Исследование лучевых скоростей плазмы от хромосферы до нижней короны по ультрафиолетовым наблюдениям Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 55–56. CD-ROM.
31. Гречнев В.В., Киселев В.И., Уралов А.М., Мешалкина Н.С. Эрупции и ударные волны в экстремальном солнечном событии 13 декабря 2006 г. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 84–87. CD-ROM.
32. Грозов В.П., Бубнова Т.В. Методика поиска периодичностей в автоматической обработке ионограмм вертикального зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D118–121. DVD-ROM.
33. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Плюснина Л.А., Томозов В.М. Динамика крупномасштабных магнитных полей Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 57–60. CD-ROM.

34. Дерес А.С., Антиногентов С.А. Измерение высот формирования излучения в атмосфере солнечного пятна для ряда длин волн ультрафиолетового диапазона на основе анализа трехминутных колебаний // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 61–62. CD-ROM.
35. Егоров Я.И., Файнштейн В.Г. Формирование и начальная стадия движения корональных выбросов массы // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 66–69. CD-ROM.
36. Едемский И.К., Малькова П.Л., Ясюкевич Ю.В. Особенности генерации солнечным терминатором волновых пакетов, полученные по данным GPS в течение 2008 г. в различных широтных регионах = Features of wave packet generating by solar terminator according to GPS data from different latitude regions for 2008 // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. VI Междунар. конф. 9–13 сентября, 2013. Паратунка, Камчатский край: Сб. докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 80–84. CD-ROM.
37. Едемский И.К., Малькова П.Л., Ясюкевич Ю.В. Особенности наблюдения волновых пакетов, генерируемых солнечным терминатором, при изменении широты региона наблюдения // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. В67–70. DVD-ROM.
38. Жданов Д.А., Занданов В.Г. Первые микроволновые спектральные наблюдения двух источников во время солнечной вспышки // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 70–71. CD-ROM.
39. Загайнова Ю.С., Девятова Е.В. Атлас облаков // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 294–296. CD-ROM.
40. Золотухина Н.А., Магер О.В., Полех Н.М., Челпанов М.А. Реакция магнитосферно-ионосферной системы на резкие изменения параметров солнечного ветра: 4 сентября 2006 г. // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D348–352. DVD-ROM.
41. Зубкова А.В., Кобанов Н.И. Периодические вариации ширины контура линии H $\alpha$  6563 А как индикатор волновых процессов в хромосфере Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 72–74. CD-ROM.
42. Иванова В.А., Куркин В.И., Полех Н.М. Поддельский И.Н. Ионосферные возмущения, зарегистрированные во время магнитной бури 12–13 апреля 2011 г. По данным наклонного зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D259–262. DVD-ROM.
43. Ильин Н.В., Пензин М.С. О разделении лучей в квазистационарном радиоканале // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D215–222. DVD-ROM.

44. Ильин Н.В., Пензин М.С. Использование неквадратичной регуляризации для разделения лучей в квазистационарном радиоканале // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 193–195. CD-ROM.
45. Караваев Ю.А., Мишин В.М., Лунюшкин С.Б., Сухбатаар У., Моисеев А.В., Ширапов Д.Ш. Сравнение границ и площади полярной шапки, определенных на основе техники инверсии магнитограмм, изображений полярных сияний и МГД моделирования // 36 Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. Apatity, February 28 – March 1, 2013: Proc. Apatity, 2013. P. 29–32.
46. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И. Проявление солнечной активности в температуре поверхности мирового океана // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докладов [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D33–36. DVD-ROM.
47. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И. Отклик температуры поверхности океана на геомагнитную активность // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 300–302. CD-ROM.
48. Ковадло П.Г., Шиховцев А.Ю., Кочеткова О.С. Исследование энергетических характеристик структуры крупномасштабной и мелкомасштабной атмосферной турбулентности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D235–238. DVD-ROM.
49. Ковадло П.Г., Шиховцев А.Ю., Кочеткова О.С. Исследование структуры атмосферной турбулентности в широком диапазоне масштабов // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 348–350. CD-ROM.
50. Костарев Д.В., Климушкин Д.Ю., Магер П.Н. Генерация дрейфово-компрессионных волн инверсным распределением частиц по энергии в магнитосферной плазме // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 161–165. CD-ROM.
51. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Исследование связи тропосферных процессов с эпизодами внезапных стратосферных потеплений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 309–312. CD-ROM.
52. Кудрявцева А.В., Просовецкий Д.В. Исследование характеристик солнечного ветра по данным КА STEREO // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 90–91. CD-ROM.
53. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Морфологические особенности признаков перемещающихся ионосферных неоднородностей по данным слабонаклонного зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D182–185. DVD-ROM.
54. Кушнаренко Г. П., Кузнецова Г. М. Дрейф ионизации в ионосфере, рассчитанный по вариациям высоты максимума слоя F2 во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и

- океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D251–254. DVD-ROM.
55. Ларюнин О.А., Куркин В.И., Подлесный А.В. Использование баз данных двух близко расположенных ионозондов при диагностике перемещающихся ионосферных возмущений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 166–168. CD-ROM.
56. Леонович Л.А., Михалев А.В., Леонович В. А. Закономерности в вариациях эмиссий атомарного кислорода [OI] 557.7 и [OI] 630 нм среднеширотной верхней атмосферы во время геомагнитных бурь // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D17–20. DVD-ROM.
57. Леонович А.С., Мазур В.А. О резонансных свойствах магнитосферы Земли // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. VI Междунар. конф. 9–13 сентября, 2013. Паратунка, Камчатский край: Сб. докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 111–118. CD-ROM.
58. Лобычева И.Ю., Седых П.А., Ким А.Г. Исследование изменений геомагнитной активности и метеорологических параметров в нижней атмосфере // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D263–266. DVD-ROM.
59. Максимов В.П., Капустин В.Э. Микроволновое излучение одиночных пятен по данным ССРТ и НоРГ // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 80–83. CD-ROM.
60. Малькова П.Л., Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В. Исследование широтных и долготных особенностей волновых возмущений в ионосфере, генерируемых солнечным терминатором // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 172–174. CD-ROM.
61. Марченко О.Ю., Мордвинов В.И., Кочеткова О.С., Антохин П.Н. Исследование долговременных изменений характеристик летнего Восточноазиатского муссона по данным ERA-40 и NCEP/NCAR Reanalysis // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 316–318. CD-ROM.
62. Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Алсаткин С.С. Метод определения характеристик распространения атмосферных планетарных волн наблюдавшихся во время стратосферных потеплений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 271–274. CD-ROM.
63. Мишин В.М., Лунюшкин С.Б., Мишин В.В. Двойное начало суббури 27 августа 2008 г. // 36 Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. Apatity, February 28 – March 1, 2013: Proc. Apatity, 2013. P. 45–48.
64. Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В. Влияние дифференциальных кодовых задержек на определение абсолютного полного электронного содержания в ионосфере по данным ГЛОНАСС/GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с

веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 182–184. CD-ROM.

65. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Экспериментальные результаты для турбулентных масштабов теории подобия в горном пограничном слое // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро) : Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск : Изд-во ИОА СО РАН, 2013. В11–В15. DVD-ROM.

66. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Атмосферная турбулентность как совокупность когерентных структур разных размеров // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. В16–В19. DVD-ROM.

67. Перевалова Н.П., Саньков В.А., Жупитяева А.С., Астафьева Э.И. Особенности поведения полного электронного содержания после землетрясений различной интенсивности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D115–117. DVD-ROM.

68. Перевалова Н.П., Жупитяева А.С., Шестаков Н.В., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В. Поведение ионосферы во время взрыва челябинского болида // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 133–137. CD-ROM.

69. Пичуев В.А., Файнштейн В.Г., Егоров Я.И. Радиальные распределения величины магнитного поля в солнечной короне, полученные с использованием сведений о быстрых корональных выбросах массы типа гало // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 97–99. CD-ROM.

70. Подлесный С.В. Цветовая фотометрия ночной атмосферы Земли с использованием ПЗС-приемника // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 196–197. CD-ROM.

71. Полякова А.С., Перевалова Н.П. Исследование волновых возмущений полного электронного содержания во время действия мощных тропических циклонов Sanba и Sandy // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 203–205. CD-ROM.

72. Пономарчук С.Н., Котович Г.В., Романова Е.Б., Тащилин А.В. Тестирование макета программных средств расчета КВ-радиотрасс // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D186–191. DVD-ROM.

73. Потапов А.С., Сухбаатар У., Базаржапов А.Д., Батмунх Д., Григорьев В.М., Дегтярев В.И., Лхагважав Ч., Мишин В.В., Мишин В.М., Мордвинов А.В., Нямсурен Б., Поляков В.И., Харченко И.П., Цэгмэд Б., Язев С.А. Координированные солнечные, магнитные и сейсмоэлектромагнитные исследования в интересах мониторинга геофизической среды и космического пространства // Краткие отчеты совместных проектов, выполненных в 2011–2012 гг. Материалы научно-практической конференции. Улан-Батор, 2013. С. 139–151.

74. Романова Е.Б., Жеребцов Г.А., Полех Н.М., Ши Д., Ванг С. Отклик ионосферы на геомагнитную бурю в разных долготных секторах // XIX Междунар. симп. «Оптика ат-

- мосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D37–43. DVD-ROM.
75. Рубцова О.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Долговременные изменения атмосферных осадков и их связь с геомагнитной активностью // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D268–271. DVD-ROM.
76. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Исследование долговременных параметров внезапных стратосферных потеплений в Северном полушарии за период 1975–2013 гг. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 324–326. CD-ROM.
77. Русских И.В., Томин В.Е., Амвросов А.Л., Колобов Д.Ю. Проблемы автоматического сканирования изображения солнечными телескопами // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 103–108. CD-ROM.
78. Сетов А.Г., Просвирякова Л.В., Засенко В.Е. Практическое применение сложных сигналов с внутриимпульсной частотной манипуляцией // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 250–252. CD-ROM.
79. Смольков Г.Я., Баркин Ю.В., Базаржапов А.Д., Петрухин В.Ф., Щепкина В.Л. Солнечно-земные связи, обусловленные гравитационным воздействием // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Академическая наука – проблемы и достижения». 5–6 сентября 2013 г., Москва. М., 2013. С. 209–212.
80. Смольков Г.Я., Баркин Ю.В. Роль и вклад гравитационного воздействия на Землю в солнечно-земные связи // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «21 век: фундаментальная наука и технологии». 15–16 августа 2013 г., Москва. М., 2013. С. 280–292.
81. Смольков Г.Я. Фундаментальный и прикладной характер солнечно-земной физики // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований». 10–11 октября 2013 г., Москва. М., 2013. С. 143–147.
82. Ташлыков В.П., Алсаткин С.С., Васильев Р.В., Щербаков А.А. Моделирование сигнала некогерентного рассеяния для ИРНР // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 259–263. CD-ROM.
83. Толстиков М.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г. Исследование перемещающихся ионосферных возмущений на основе длинных рядов данных вертикального зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D164–167. DVD-ROM.
84. Томин В.Е., Колобов Д.Ю., Киселев А.В. Обработка данных солнечных телескопов в процессе наблюдений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 115–117. CD-ROM.
85. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода  $O^+/H^+$  по данным Иркутского радара ИР и ПЭС GPS // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D108–111. DVD-ROM.

86. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода  $O^+/H^+$  по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния и ПЭС GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 211–213. CD-ROM.

87. Челпанов А.А., Кобанов Н.И. Веерные корональные структуры и волновые процессы в солнечной атмосфере // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 121–123. CD-ROM.

88. Челпанов М.А. Связь ионосферных возмущений с параметрами солнечного ветра в апреле-июне 2003 года // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D319. DVD-ROM.

89. Челпанов М.А., Золотухина Н.А. Динамика магнитосферно – ионосферных токов при возмущениях среднеширотной ионосферы // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 214–217. CD-ROM.

90. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Эффекты метеорологических возмущений в вариациях параметров ионосферы над Иркутском по данным вертикального радиозондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D361–364. DVD-ROM.

91. Черток И.М., Гречнев В.В., Белов А.В., Абуни А.А. Новый подход к диагностике геоэффективности солнечных эрупций // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 46–48. CD-ROM.

92. Шиндин А.В., Грач С.М., Клименко В.В., Насыров И.А., Сергеев Е.Н., Белецкий А.Б. Искусственное оптическое свечение на длинах волн 630 и 557.7 нм при воздействии на ионосферу на частотах вблизи 4-й гирогармоники на стенде «Сура» в сентябре 2012 г. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Труды [Электронный ресурс]. Иркутск, 2013. С. 218–220. CD-ROM.

93. Ясюкевич Ю.В., Маркидонова А.А. Динамика погрешности определения абсолютного полного электронного содержания в ионосфере, обусловленной дифференциальными кодовыми задержками // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Сб. докл. [Электронный ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. D201–210. DVD-ROM.

## **7.5. Тезисы докладов на российских конференциях**

1. Алешков В.М., Евстифеев С.Е., Молодых С.И., Нечаев С.А. Система регистрации параметров атмосферного электричества и результаты ее тестирования // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 42.

2. Афанасьев Н.Т., Афанасьев А.Н., Марков В.П. Определение параметров тонкой структуры крупномасштабной плазменной неоднородности по флуктуациям фазы отраженного радиосигнала // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 141.

3. Афанасьев А.Н., Уралов А.М., Гречнев В.В. Распространение быстрой магнито-

звуковой ударной волны в магнитосфере активной области // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 12.

4. Базаржапов А.Д., Мишин В.М. К выбору граничных условий для решения двумерного уравнения Лапласа в рамках техники инверсии магнитограмм // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 30.

5. Балыбина А., Караханян А.А. Динамика континентальности климата Предбайкалья в 11-летнем цикле солнечной активности // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 23.

6. Башкирцев В.С., Машнич Г.П., Хлыстова А.И. Колебательные процессы в спокойных и активизированных волокнах // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 14.

7. Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Прогноз солнечной активности в XXI веке // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 13.

8. Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Солнечная активность, глобальные и региональные изменения климата Земли // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 13–14.

9. Бевзов А.Н., Лубков А.А., Русских И.В., Колобов Д.Ю., Курочкин А.В., Лылов С.А., Петухов А.Д., Филатов П.С. Проектирование и разработка программного обеспечения АСУ Большого солнечного вакуумного телескопа // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 42.

10. Белаховский В.Б., Пилипенко В.А., Самсонов С.Н., Климушкин Д.Ю. Физические механизмы полоидальных Рс5-пульсаций по данным наземно-спутникового комплекса // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 104.

11. Белецкий А.Б., Тащилин М.А., Татарников А.В. Влияние метеорологических возмущений на вариации параметров собственного излучения верхней атмосферы Земли // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 152. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

12. Белецкий А.Б., Тащилин М.А., Татарников А.В., Грач С.М., Насыров И.А., Шиндин А.В. Результаты исследования свечения ионосферы, индуцированного мощным радиоизлучением стенда «Сура» в 2011–2012 гг. // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 153. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

13. Бернгардт О.И. Первый радар российской сети когерентных радаров декаметрового диапазона: характеристики, первые эксперименты, планы // Конф. «Стенд СУРА: результаты выполняемых работ, планы исследований и перспективы развития стенда». ФГБНУ НИРФИ, Нижний Новгород. 5–6 февраля 2013 г.: Тез. докл. 2013. <http://nirfi.ru/index.php/konferentsii/241-stend-sura-rezultaty-vypolnyaemykh-rabot-plan-issledovaniy-i-perspektivy-razvitiya-stenda>

14. Богод В.М., Тохчукова С.Х., Кашапова Л.К. Возможности диагностики параметров вспышечной плазмы по наблюдениям на РАТАН-600 // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 33.

15. Боровик А.В., Мячин Д.Ю., Томозов В.М. Вспышки вне пятен: наблюдения и интерпретация // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 15.
16. Боровик А.В., Коняев П.А. Изучение астроклимата Байкальской астрофизической обсерватории по измерениям качества изображений солнечной хромосферы в линии  $\text{H}\alpha$  // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 14–15.
17. Вальчук Т.Е., Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г. Особенности циклических вариаций крупномасштабного магнитного поля Солнца и их связь с солнечной и геомагнитной активностью // ВАК-2013. Всеросс. астроном. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 40.
18. Вальчук Т.Е., Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г. Циклические изменения крупномасштабного магнитного поля в солнечной короне и временные вариации солнечной и геомагнитной активности: сравнительный анализ // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 15.
19. Васильев Р.В., Жданов Д.А., Кушнарев Д.С., Лебедев В.П., Кашапова Л.К., Медведев А.В. Радиоастрономические наблюдения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 42.
20. Васильева Л.А. Особенности долговременных изменений термических характеристик тропосферы // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 30.
21. Верецкий Р.М., Демидов М.Л. Численное моделирование профилей Стокса некоторых спектральных линий применительно к диагностике магнитных полей в солнечной атмосфере // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 5.
22. Головкин А.А. Вариации яркости в вершине петлевой системы солнечной вспышки на лимбе 19 июля 2012 г. // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 23.
23. Головкин А.А. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 152.
24. Головкин А.А., Салахутдинова И.И. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 5–6.
25. Голубева Е.М. Различия в вариациях коэффициентов редукции слабых и сильных магнитных полей Солнца в цикле активности при наблюдениях в разных спектральных линиях // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 16.
26. Грач С.М., Клименко В.В., Шиндин А.В., Насыров И.А., Белецкий А.Б., Сергеев Е.Н., Погорелко Н.А., Иванов Д.А., Яшнов В.А. Влияние мощного радиоизлучения станда «Сура» на оптическое свечение ионосферы в красной (630 нм) и зеленой (557.7 нм) линиях атомарного кислорода // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 57–58.
27. Гречнев В.В., Киселев В.И., Уралов А.М., Мешалкина Н.С. Большая солнечная вспышка 13 декабря 2006 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 16–17.

28. Гречнев В.В., Уралов А.М., Черток И.М., Белов А.В., Филиппов Б.П., Слемзин В.А., Джексон Б.В. Почему умеренная солнечная эрупция вызвала сильнейшую геомагнитную бурю 23-го цикла – событие 18–20.11.2003 // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 16–17.
29. Гречнев В.В., Уралов А.М., Руденко Г.В., Мышьяков И.И., Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Афанасьев А.Н., Слемзин В.А., Черток И.М., Филиппов Б.П., Белов А.В., Теммер М., Джексон Б., Престедж Н. Причины и уроки экстремальной магнитной бури 20 ноября 2003 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 16.
30. Гречнев В.В., Уралов А.М., Кочанов А.А., Калашников С.С., Кузьменко И.В., Черток И.М. Развитие корональных выбросов массы, вспышек и ударных волн // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 6.
31. Григорьев В.М. Научное исследование В.Е. Степанова живет и развивается // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 3.
32. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Плюснина Л.А., Томозов В.М. Исследование крупномасштабных магнитных полей на Солнце в 21–24-м циклах // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 17.
33. Демидов М.Л., Стенфло Я.О., Бианда М., Рамелли Р. Особенности проявления тонкоструктурных магнитных элементов при сопоставлении наблюдений в зеленых (524.70, 525.02 нм) и красных (630.15, 630.25 нм) линиях FeI // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 6.
34. Демидов М.Л., Григорьев В.М., Ретюнский Л.Б., Скоморовский В.И., Денисенко С.А., Пименов Ю.Д., Липин Н.И., Гусаров В.Ф., Никифоров В.О. СОЛСИТ – солнечный синоптический телескоп – новый российский проект для исследований магнетизма Солнца // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 43.
35. Демьянов М.О., Бернгардт О.И. Угломерные измерения сигнала нагревного стенда «Сура» 15 и 16 декабря 2012 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 30.
36. Довбня Б.В., Застенкер Г.Н., Климов П.М., Пархомов В.А., Пашинин А.Ю., Сафаргалеев В.В. К вопросу таймирования внезапного начала // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 37.
37. Егоров Я.И., Файнштейн В.Г. Исследование трехмерных геометрических и кинематических характеристик корональных выбросов массы типа гало в зависимости от времени // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 5.
38. Егоров Я.И., Файнштейн В.Г. Исследование формирования и начальной стадии движения КВМ: новые результаты // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 6–7.
39. Едемский И.К. Годовые вариации генерируемых солнечным терминатором волновых возмущений, зарегистрированных в различных широтных регионах в вариациях ПЭС // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 24.

40. Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В., Малькова П.Л. Годовые вариации параметров волновых пакетов, генерируемых солнечным терминатором в различных регионах Земли, с изменением широты // X Конф. молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посв. Дню космонавтики. Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.: Тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2013. С. 33. CD-ROM.
41. Ермакова Л.В. Магнитные поля активных областей // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск : Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 7.
42. Еселевич В.Г. Природа возникновения корональных выбросов массы: современное состояние исследований и последние результаты // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 6.
43. Еселевич М.В., Еселевич В.Г., Зимовец И.В. О возможной регистрации взрывной и поршневой ударных волн, вызванных корональным выбросом массы // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 27.
44. Жданов Д.А., Лесовой С.В. Локализация источника тонкой структуры микро-волнового всплеска по данным радиофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и РАТАН-600 // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 43.
45. Жеребцов Г.А. Национальный гелиогеофизический комплекс РАН // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 4.
46. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А. Природа климатических изменений в XX веке и их связь с солнечной активностью // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 25.
47. Жугжда Ю.Д., Сыч Р.А. К вопросу о природе трехминутных колебаний в солнечных пятнах // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 84–85.
48. Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г. Формирование и начальная стадия движения KBM типа гало по данным SXI и SDO/AIA // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 17.
49. Золотухина Н.А., Полех Н.М., Челпанов М.А. Эффекты гелиосферно-геосферных взаимодействий в вариациях параметров среднеширотного F2-слоя // Однадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 368. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)
50. Иванов Е.Ф., Лесовой С.В., Губин А.В., Жданов Д.А. Цифровой приемник многочастотного Сибирского радиогелиографа // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 47.
51. Иванова В.А., Куркин В.И., Поддельский И.Н. Анализ вариаций максимальных наблюдаемых частот на трассе Магадан–Торы в различных геомагнитных условиях в 2005–2011 гг. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 31.
52. Калашников С.С. Эруптивный процесс в событии 24 февраля 2011 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 17–18.
53. Караваев Ю.А., Мишин В.В., Лунюшкин С.Б., Базаржапов А.Д. Сопоставление

контуров полярной шапки по данным ТИМ и UVI-наблюдениям на спутнике POLAR // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 32.

54. Караханян А.А., Молодых С.И. Структура поля температуры в спокойных геомагнитных условиях // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 32.

55. Кашапова Л.К., Тохчукова С.Х. Диагностика высокотемпературных источников в солнечных вспышках по наблюдениям в радиодиапазоне // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 33.

56. Кашапова Л.К., Тохчукова С.Х., Жданов Д.А., Богод В.М., Руденко Г.В., Мышьяков И.И. Диагностика процессов выделения и переноса энергии в слабых вспышках // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 30.

57. Кашапова Л.К., Васильев Р.В., Кушнарев Д.С., Лебедев В.П., Медведев А.В., Невидимов Н.И. Перспективы использования пассивного режима работы Иркутского радара некогерентного рассеяния для исследования Солнца // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 29–30.

58. Киселев А.В., Колобов Д.Ю., Пещеров В.С., Демидов М.Л., Григорьев В.М. Измерение магнитного поля Солнца как звезды с помощью метода моментов // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 19.

59. Кичатинов Л.Л. Меридиональная циркуляция и дифференциальное вращение на Солнце и звездах // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 114.

60. Кичигин Г.Н. Модель ионного форшока околоземной ударной волны // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 7.

61. Клименко В.В., Клименко М.В., Захаренкова И.Е., Черняк Ю.В., Ратовский К.Г., Степанов А.Е. Глобальный отклик полного электронного содержания, его плазмосферной части, средне- и высокоширотной F-области ионосферы на геомагнитную бурю 26–29 сентября 2011 года // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 60.

62. Ключек Н.В. Первые спектрогелиографические изображения Солнца в рамановски рассеянной линии 682.5 нм // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 47.

63. Кобанов Н.И., Колобов Д.Ю., Челпанов А.А. О связи волновых процессов в нижней солнечной атмосфере с корональными петельными структурами // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 7–8.

64. Коваadlo П.Г., Кочеткова О.С., Шиховцев А.Ю., Язев С.А. Астроклимат Сибири // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 43.

65. Коваadlo П.Г., Лубков А.А., Будников К.И., Власов С.В., Зотов А.А., Колобов Д.Ю., Котов В.Н., Перебейнос В.А., Русских И.В. Проект автоматизированной системы управления БСВТ // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск : тез. докл. Иркутск, 2013. С. 48.

66. Колобов Д.Ю., Анфиногентов С.А., Чупин С.А., Кочанов А.А., Кустов А.С.,

Мышьяков И.И. Проблемы совместного анализа одновременных наблюдений на оптических радиоинструментах в задаче исследования распространяющихся волн в солнечной атмосфере // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 48.

67. Копяткевич Р.М., Липницкий Ю.М., Пономарева И.А., Саква Н.В., Григорьев В.М., Еселевич М.В., Мишина М.Н., Тергоев В.И. Фотометрическая информация и прорывные возможности телескопа АЗТ-33ВМ для наблюдения опасных ситуаций в космосе // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 43–44.

68. Костарев Д.В., Климушкин Д.Ю., Магер П.Н. Генерация дрейфово-компрессионных волн инверсным распределением частиц по энергии в магнитосферной плазме // X Конф. молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посв. Дню космонавтики. Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.: Тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2013. С. 56. CD-ROM

69. Корсунова Л.П., Чистякова Л.В., Хегай В.В. Изменения в ионосфере перед слабыми землетрясениями в регионе Иркутска // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 33.

70. Кочеткова О.С., Михалев А.В., Мордвинов В.И., Черниговская М.А. Влияние динамического режима тропосферы в Байкальской рифтовой зоне на возникновение возмущений в верхних слоях атмосферы и сейсмическую активность в регионе // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 171. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

71. Кравцова М.В., Сдобнов В.Е. Космические лучи в гелиосфере в период двух GLE в апреле 2001 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 8.

72. Кравцова М.В., Сдобнов, В.Е. Сравнительный анализ форбуш-понижений в периоды сильных геомагнитных бурь в марте–апреле 2001 г. // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 156.

73. Крамынин А.П., Мордвинов А.В. Вековые циклы в реконструированных рядах чисел солнечных пятен // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 157.

74. Куркин В.И., Черниговская М.А., Перевалова Н.П., Полех Н.М., Золотухина Н.А., Шпынев Б.Г., Ратовский К.Г., Ойнац А.В., Полякова А.С. Исследование метеорологических эффектов в вариациях ионосферных параметров // Триггерные эффекты в геосистемах: Второй Всеросс. семинар-совещание. Москва, 18–21 июня 2013: Тез. докл. М., 2013. С. 42–43.

75. Кушнарченко Г.П., Кузнецова Г.М. Отношения основных газовых составляющих термосферы в разные сезоны во время умеренных геомагнитных возмущений в период минимума солнечной активности // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 34.

76. Ларюнин О.А., Куркин В.И., Подлесный А.В. Наблюдение перемещающихся ионосферных возмущений с использованием совместных данных вертикального и слабо-наклонного зондирования // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 26.

77. Лебедев В.П., Хахинов В.В., Кушнарв Д.С., Твердохлебова Е.М. Повышение эффективности радиолокационных измерений на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // XXVIII Всеросс. симпозиум «Радиолокационное исследование природных сред». 16–17 апреля 2013 г., Санкт-Петербург: Программа. 2013. [http://www.rlips.ru/files/progr\\_2013.pdf](http://www.rlips.ru/files/progr_2013.pdf)

78. Лебедев В.П., Горяшин В.Е., Еселевич М.В., Клунко Е.В., Кушнарв Д.С., Медведев А.В., Папушев П.Г., Потехин А.П., Тергоев В.И., Хахинов В.В. Радиооптический комплекс ИСЗФ СО РАН: результаты координированных наблюдений низкоорбитальных космических объектов // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 44–45.

79. Лебедев В.П., Хахинов В.В., Твердохлебова Е.М., Корсун А.Г., Куршаков М.Ю., Лалетина Е.А., Дзюбанов Д.А. Радары некогерентного рассеяния – инструмент для исследований плазменных неоднородностей, создаваемых в ионосфере бортовыми ЖРД // XLVIII Научные чтения памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 7-19 сентября 2013 г. <http://readings.gmik.ru/lecture/2013-RADARI-NEKOGERENTNOGO-RASSEYANIYA---INSTRUMENT-DLYA-ISSLEDOVANIY-PLAZMENNIN-NEODNORODNOSTEY-SOZDAVAEMIN-V-IONOSFERE-BORTOVIMI-ZHIDKOSTNIMI-RAKETNIMI-DVIGATELYAMI>

80. Леонович А.С. О волновом механизме магнитосферной конвекции // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 26.

81. Леонович А.С., Козлов Д.А. Неустойчивость токового слоя геомагнитного хвоста // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 112.

82. Леонович Л.А., Михалев А.В., Леонович В.А. Вариации эмиссий атомарного кислорода среднеширотной верхней атмосферы во время геомагнитных возмущений // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 34.

83. Лившиц М.А., Митрофанов И.Г., Головин Д.В., Козырев А.С., Литвак М.Л., Санин А.Б., Третьяков В.И., Кашапова Л.К., Мельников В.Ф., Богомоллов А.В., Мягкова И.Н. Направленность рентгеновского излучения солнечной вспышки по стереоскопическим наблюдениям на КА МАРС ОДИССЕЙ (ХЕНД), RHESSI и КОРОНАС-Ф (СОНГ) // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 23–24.

84. Луковникова А.А., Сдобнов В.Е. Вариации космических лучей в июле–сентябре 2012 года // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 171.

85. Луковникова А.А., Сдобнов В.Е. Станции космических лучей ИСЗФ СО РАН: современное состояние и дальнейшее развитие // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 48–49.

86. Лунюшкин С.Б., Мишин В.В. Продольные токи и среднемасштабные вихри плазмы в полярной ионосфере в течение магнитосферной суббури 27.08.2001 // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 26–27.

87. Магер П.Н., Климушкин Д.Ю., Костарев Д.В., Агапитов О.В. Дрейфово-компрессионные волны в магнитосфере // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 27.

88. Магер О.В., Золотухина Н.А. Возмущения плазмы и магнитного поля на геостационарной орбите во время магнитной бури 4 сентября 2006 г. // Всеросс. конф. по

солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 34.

89. Мазур В.А., Чуйко Д.А. Отражение гидромагнитных волн от магнитосферы: влияние сдвигового течения на магнитопаузу, волновода во внешней магнитосфере и альфвеновского резонанса в ее глубине // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 112–113.

90. Мазур В.А. Пространственная структура альфвеновских волн во внутренней магнитосфере и возможности ее исследования в проекте «Резонанс» // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 97.

91. Максимов В.П., Щепкина В.Л., Капустин В.Э. Особенности микроволнового излучения активных областей на предвспышечной стадии развития // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 19–20.

92. Маркидонова А.А., Ясюкевич Ю.В. Оценка влияния рассинхронизации частотных каналов приемников и спутников ГЛОНАСС/GPS на определение абсолютного полного электронного содержания в ионосфере // X Конф. молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посв. Дню космонавтики. Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.: Тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2013. С. 73–74. CD-ROM.

93. Матафонов Г.К., Михалев А.В. Возбуждение колебательных уровней молекулярных ионов  $O_2^+$  в F-области ионосферы как возможная причина усиления эмиссии [OI] 557.7 нм в летний период // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 35.

94. Медведева И.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Щербаков А.А. Возмущения параметров нейтральной атмосферы и ионосферы в регионе Восточной Сибири в период действия внезапного стратосферного потепления в январе 2013 г. // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 374. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

95. Мещеряков А.В., Цыганков С.С., Хамитов И.М., Еселевич М.В. Результаты наблюдений обсерваториями SWIFT и MAXI яркой вспышки рентгеновского транзиента AQUILA X-1 в июне–июле 2013 г. // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 185.

96. Миронов А.И., Лутовинов А.А., Буренин Р.А., Ревнивцев М.Г., Цыганков С.С., Павлинский М.Н., Коробцев И.В., Еселевич М.В. Определение природы жестких рентгеновских источников из обзоров всего неба обсерваториями ИНТЕГРАЛ и SWIFT // Физика. СПб: Росс. молодежная конф. по физике и астрономии. Санкт-Петербург, 23–24 октября 2013 г.: Тез. докл. СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2013. С. 5. [http://physica.spb.ru/wp-content/uploads/2013/10/physica\\_thesises2013.pdf](http://physica.spb.ru/wp-content/uploads/2013/10/physica_thesises2013.pdf)

97. Михайлов С.Я., Грозов В.П. Реконструкция немонотонного профиля плазменной частоты по данным наклонного зондирования ионосферы // XXVIII Всеросс. симпозиум «Радиолокационное исследование природных сред». 16–17 апреля 2013 г., Санкт-Петербург: Программа. 2013. [http://www.rlips.ru/files/progr\\_2013.pdf](http://www.rlips.ru/files/progr_2013.pdf)

98. Михайлова О.С. Глобальная структура УНЧ-волн, локализованных вблизи плазмопаузы, при учете наличия примеси тяжелых ионов в магнитосфере // X Конф. молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», посв. Дню космонавтики. Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.: Тез. докл. М.: ИКИ РАН, 2013. С. 84–85. CD-ROM.

99. Михайлова О.С., Климушкин Д.Ю., Магер П.Н. Система волновых уравнений для альфвеновской волны и быстрого магнитного звука в рамках МГД для горячей плазмы с примесью тяжелых ионов // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию

со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 36.

100. Михалев А.В. Среднеширотные сияния в регионе Восточной Сибири // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 36.

101. Мишин В.М., Мишин В.В., Караваев Ю.А., Лунюшкин С.Б. Энергетика суббури // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 27.

102. Мордвинов А.В., Язев С.А. Инверсия магнитного поля на полюсах Солнца и формирование корональных дыр // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 8.

103. Мосс Д., Кичатинов Л.Л., Соколов Д.Д. Обращения солнечного магнитного диполя Солнца // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 164.

104. Мышьяков И.И., Руденко Г.В. Исследование временной эволюции магнитного поля АО 11158 в процессе развития вспышки X-класса // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 8.

105. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Метод измерения высотных профилей атмосферной турбулентности по данным астрономических наблюдений // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 53.

106. Ойнац А.В., Куркин В.И., Черниговская М.А., Nishitani N. Статистический анализ перемещающихся ионосферных возмущений по данным радара upperDARN Хоккайдо // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 375. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

107. Олемской С.В., Кичатинов Л.Л. Глобальные минимумы и северо-южная асимметрия солнечной активности // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 201.

108. Олемской С.В., Кичатинов Л.Л. Случайное и закономерное в солнечном динамо // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 9.

109. Пархомов В.А., Довбня Б.В., Застенкер Г.Н., Сафаргалеев В.В., Пашинин А.Ю. Импульсные всплески геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2–5 Гц как первый сигнал о взаимодействии МУВ с магнитосферой // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 114.

110. Перевалова Н.П., Шестаков Н.В., Воейков С.В., Ишин А.Б., Ясюкевич Я.В., Быков В.Г., Герасименко М.Д., Чебров В.Н., Титков Н.Н., Pil No Park. Исследование литосферных и ионосферных возмущений, вызванных землетрясением в Японии 11 марта 2011 г. // Триггерные эффекты в геосистемах: Второй Всеросс. семинар-совещание. Москва, 18–21 июня 2013: Тез. докл. М., 2013. С. 66–67.

111. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Свидский П.М., Будников К.И., Власов С.В., Зотов А.А., Китов А.К., Лубков А.А., Лылов С.А., Скоморовский В.И. Новый телескоп для исследований крупномасштабного магнитного поля Солнца и оперативного прогноза геомагнитной активности // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 49–50.

112. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Китов А.К., Федотов В.С. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения: новая двухканальная целостная установка //

Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 50.

113. Пещеров В.С., Будников К.И., Григорьев В.М., Китов А.К., Лылов С.А. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения: матричный спектрофотометр // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 51.

114. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Свидский П.М., Лылов С.А., Мордвинов А.В., Савченко Т.Н. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения: результаты анализа первых данных // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 9.

115. Пещеров В.С., Власов С.В., Григорьев В.М., Лылов С.А., Савченко Т.Н. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения: система для координатных измерений на Солнце // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 50.

116. Пипин В.В. Статистические и динамические свойства солнечных циклов в моделях солнечного динамо // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 10.

117. Плюснина Л.А. Широтная структура вращения магнитных полей в 21–23-м циклах солнечной активности // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 20.

118. Подгорный И.М., Подгорный А.И., Мешалкина Н.С. Магнитное поле активных областей и его связь с появлением вспышек // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 216–217.

119. Полех Н.М., Ратовский К.Г., Романова Е.Б., Shi J.K., Wang X., Wang G.J. Морфологический анализ появления условия G на разных широтах в годы низкой солнечной активности // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 37.

120. Полех Н.М., Романова Е.Б., Ратовский К.Г. Исследование появления условия G на разных широтах в годы минимума солнечной активности: морфология и моделирование // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 379. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

121. Полех Н.М., Куркин В.И., Романова Е.Б., Золотухина Н.А. Ионосферные эффекты солнечных вспышек в марте 2012 года // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 378. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

122. Полякова А.С., Перевалова Н.П. Волновые возмущения полного электронного содержания над зонами мощных тропических циклонов Samba и Sandy 2012 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 37–38.

123. Полякова А.С., Черниговская М.А., Перевалова Н.П. Исследование ионосферных эффектов во время внезапного стратосферного потепления зимы 2012–2013 гг. над азиатским регионом России // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 380. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf)

124. Потапов А.С., Полюшкина Т.Н., Пуляев В.А. Поиск в солнечном ветре на орбите Земли трех- и пятиминутных колебаний // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 38.

125. Потапов А.С., Цэгмед Б., Рыжакова Л.В. Солнечно-циклические вариации потока релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе // Всеросс. конф. «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2013». Москва, ИКИ РАН, 23–26 декабря 2013 г.: Тез. докл. М., 2013. <http://hea.iki.rssi.ru/conf/hea2013/index.php>

126. Прошин В.А., Скоморовский В.И. Установка для нанесения оптических покрытий из окислов металлов // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 51.

127. Пуляев В.А., Томин В.Е., Чупин С.А., Кобанов Н.И., Колобов Д.Ю. Исследование колебаний лучевой скорости в факельных образованиях на трех уровнях высот нижней солнечной атмосферы // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 10.

128. Романова Е.Б., Полев Н.М., Золотухина Н.А., Воейков С.В., Ши Д. Особенности отклика ионосферы на геомагнитную бурю 14–17 июля 2012 г. // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 381. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

129. Русских И.В., Колобов Д.Ю. Программное обеспечение для систем управления солнечными телескопами ИСЗФ СО РАН // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 51.

130. Седых П.А. Методика расчета поля плазменного давления, плотности потока энергии высыпавшихся частиц и продольных токов // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 38.

131. Седых П.А. Фазы суббури. Двухступенчатое развитие активной фазы // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 38–39.

132. Сидоров В.И., Кичигин Г.Н., Мирошниченко Л.И. Ускорение частиц при отрыве коронального выброса во вспышке 23 июля 2002 г. // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 44.

133. Скоморовский В.И., Прошин В.А., Кушталъ Г.И. ВЕСомая оптика ИСЗФ // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 45–46.

134. Смольков Г.Я. Гравитационные эффекты солнечно-земных связей // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 234.

135. Смольков Г.Я. Из Крыма в Сибирь // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 3–4.

136. Смольков Г.Я., Баркин Ю.В. Роль и вклад гравитационного воздействия на Землю в солнечно-земные связи // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 39–40.

137. Смольков Г.Я., Базаржапов А.Д., Щепкина В.Л. Скачкообразные изменения трендов геомагнитных и температурных вариаций в 1997–1998 гг. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 39.

138. Соколов Д.Д., Мосс Д., Кичатинов Л.Л. Инверсии солнечного диполя // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 239.

139. Сорокин А.Г., Лобычева И.Ю. Результаты анализа сигналов, наблюдаемых на инфразвуковой станции ИСЗФ СО РАН // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 52.

140. Степанов А.Е., Филиппов Л.Д., Ратовский К.Г. Перемещающиеся ионосферные возмущения: кластерные измерения и расчеты // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 40.

141. Сыч Р.А., Wang R., Yan Y. Новый метод построения трехмерной структуры магнитных волноводов в солнечных пятнах // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 245–246.

142. Сыч Р.А., Кузаян К.М., Yang S., Yan Y. Обнаружение спиральности распространения волн в атмосфере солнечных пятен // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 246.

143. Теплицкая Р.Б., Скочилов В.Г., Григорьева С.А. Функции отклика интенсивностей линий Ca II на возмущения температуры. 1. Алгоритм вычислений для ядер хромосферных линий // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 11.

144. Томин В.Е., Колобов Д.Ю. Унификация программно-аппаратных средств для многоволновой спектрополяриметрии // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 52.

145. Томин В.Е., Колобов Д.Ю. Программное обеспечение современного солнечного спектрополяриметра // III Всеросс. конф. «Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях». Иркутск, 23–26 июня 2013 г.: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 56.

146. Томозов В.М. О некоторых закономерностях распределения химсостава в атмосферах звезд // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 21.

147. Трифонов В.Д., Скоморовский В.И., Чупраков С.А. Расчет элементов Большого вакуумного телескопа с адаптивной оптической системой // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 52.

148. Турова И.П. Колебания в солнечной атмосфере под корональной дырой // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 21–22.

149. Тягун Н.Ф. Лучевые и нетермические скорости во внутренней короне по наблюдениям FeX 6374 и FeXIV 5303 // ВАК-2013. Всеросс. астрон. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 257.

150. Тягун Н.Ф. Наземные оптические исследования короны на Большом коронографе Саянской обсерватории // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 22.

151. Тясто М.И., Данилова О.А., Сдобнов В.Е. Геомагнитная буря в августе 2005 г. и изменения жесткостей обрезания космических лучей // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 22.

152. Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Пичуев В.А. Определение в солнечной короне радиальных профилей величины магнитного поля вдоль направлений, близких к оси Солнце–Земля // Восьмая ежегодная конф. «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва: Сб. тез. М., 2013. С. 27.
153. Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Пичуев В.А. Определение в солнечной короне радиальных профилей величины магнитного поля вдоль направлений, близких к оси Солнце–Земля // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 22.
154. Фирстова Н.М., Поляков В.И. Исследование ударной линейной поляризации линии во вспышках на БСВТ // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 22–23.
155. Флейшман Г.Д., Гари Д.Е., Нита Дж.М., Контар Э.П., Кузнецов А.А. Измерения магнитного поля во вспышечных петлях с помощью моделирования и микроволновых наблюдений высокого разрешения // ВАК-2013. Всеросс. астроном. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 260.
156. Флейшман Г.Д., Алтынцев А.Т., Мешалкина Н.С. Обнаружение релятивистских позитронов в солнечных вспышках посредством микроволновой спектрополяриметрии // ВАК-2013. Всеросс. астроном. конф. «Многоликая Вселенная». 23–27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург: Тез. докл. СПб., 2013. С. 260.
157. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Вариации высоты перехода O+/H+ над Восточной Сибирью по данным Иркутского радара НР и ПЭС GPS // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 386. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)
158. Челпанов М.А. Связь ионосферных возмущений с параметрами солнечного ветра в апреле–июне 2003 г. // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 41.
159. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Метеорологические эффекты ионосферной возмущенности над Иркутском по данным вертикального радиозондирования // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 387. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)
160. Чупраков С.А. Зеркальный коронограф Саянской солнечной обсерватории // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 46.
161. Чупраков С.А. Юстировка двухзеркальных телескопов методом остаточного астигматизма // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 52.
162. Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Куркин В.И., Ратовский К.Г., Белинская А.Ю., Степанов А.Е., Григорьева С.А., Бычков В.В. Отклик ионосферы над азиатской частью России во время стратосферного потепления 2013 г. по данным наземного и спутникового радиозондирования // Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск: Тез. докл. Иркутск, 2013. С. 28–29.
163. Шпынев Б.Г., Панчева Д., Мухтаров П., Черниговская М.А., Ратовский К.Г., Белинская А.Ю., Степанов А.Е., Григорьева С.А., Бычков В.В. Взаимосвязь динамики средней атмосферы и ионосферы над территорией России во время стратосферного потепления 2013 г. по данным наземного и спутникового радиозондирования // Одиннадцатая Всеросс. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 ноября, ИКИ РАН, Москва: Тез. докл. М., 2013. С. 388. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=78](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78)

## 7.6. Тезисы докладов на международных конференциях

1. Afanasiev A. Proton stochastic re-acceleration in the downstream region of a coronal shock // Solar Activity and its Manifestations in the Whole Heliosphere. Symposium S1 of EWASS 2013. 8–9 July 2013, Logomo, Turku, Finland: ABSTRACTS. 2013. <http://theory.physics.helsinki.fi/~ravainio/ewass-13/>
2. Afanasiev A., Vainio R. Self-consistent Monte Carlo simulations of the re-acceleration of protons in the downstream region of a coronal shock // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: ABSTRACTS. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>
3. Altyntsev A.T., Lesovoi S.V., Meshalkina N.S., Zhdanov D., Korolkova N. Microwave coherent emissions from solar flares – a look at through a large interferometer // EGU General Assembly-2013. Vienna, Austria, 07–12 April, 2013: ABSTRACTS. Vienna, 2013. P. EGU2013-1683 (Geophysical Research Abstracts; V. 15).
4. Altyntsev A.T. Siberian solar radio telescope – results and perspectives // The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. October 24–26, 2013, Hangzhou, China: ABSTRACTS. 2013. <http://sdac.nju.edu.cn/~solar/>
5. Andryeyeva O.A., Akhtemov Z.S., Rudenko G.V., Stepanian N.N., Fainshtein V.G. Properties and dynamics of the 3D large-scale solar magnetic field over the last four solar cycles // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013, Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 8–9. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>
6. Anfinogentov S., Nistico G., Nakariakov V.M. Persistent kink oscillations in coronal loops // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 9. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>
7. Anfinogentov S., Rudenko G.V. Super-fast and quality (SFQ) azimuth disambiguation, the database of disambiguated HINODE SOT/SP magnetograms // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: ABSTRACTS. Irkutsk, 2013. P. 6.
8. Anfinogentov S., Grigoryeva I. The characteristics of small active regions located on the border of the coronal hole // Fifth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”. Nessebar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>
9. Astafyeva E.I., Yasukevich Yu.V., Aggarwal M., Demyanov V.V. GPS performance during ionospheric storms and solar radio-bursts // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>
10. Belakhovsky V.B., Pilipenko V.A., Samsonov S.N., Klimushkin D.Yu. Pg wave detected by array of satellites // 36<sup>th</sup> Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. February 28 – March 1, 2013. Apatity, Russia: ABSTRACTS. Apatity, 2013. <http://pgia.ru/seminar/Abstracts.html>
11. Berngardt O.I., Zhrebtsov G.A., Kurkin V.I., Kushnarev D.S., Abramov V.G., Martyshko P.S., Kusonski O.A. First radar in the Russian segment of the coherent decameter radar network: Experiments, results, plans // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 27–28.
12. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zhrebtsov G.A. Ionospheric effects of the meteorite “Chelyabinsk” according to the EKB Radar Data // SuperDARN Workshop 2013. Saskatchewan Univ., Canada, May 26–31, 2013: Abstracts. 2013. <https://ocs.usask.ca/conf/index.php/superdarn/superdarn2013/>
13. Chelpanov A. Height stratification of oscillations above active region magnetic structures // The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. October 24–26, 2013, Hangzhou, China: Abstracts. 2013. <http://sdac.nju.edu.cn/~solar/>
14. Churilov S.M. Weakly-nonlinear evolution of unstable disturbances in a sharply stratified shear flow with an inflection-free velocity profile // Intern. Conf. “Fluxes and Structures in Fluids”, St. Petersburg, June 25–28, 2013: Abstracts. St. Petersburg, 2013. P. 76–78.
15. Chernigovskaya M.A., Kurkin V.I., Oinats A.V., Poddelsky I.N. Tropical cyclone effect on ionosphere parameter variations in the Asian region of Russia over the period 2005–2011 // Fifth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”. Nesse-

bar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>

16. Demidov M.L. Calibration of the 6302/6301 Stokes V line ratio in terms of the 5250/5247 ratio // 7<sup>th</sup> Intern. Workshop on Solar Polarization (SWP-7). Kuaming, China. 9–14 September, 2013: Abstracts. 2013. <http://spw7.ynao.ac.cn/>

17. Demidov M.L. The Sun as a variable magnetic star: Decade-long Stokes-meter observations in different spectral lines // 7<sup>th</sup> Intern. Workshop on Solar Polarization (SWP-7). Kuaming, China. 9–14 September, 2013: Abstracts. 2013. <http://spw7.ynao.ac.cn/>

18. Demidov M.L. Ground-based observations of solar magnetic fields // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 24. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

19. Devyatova E.V., Mordvinov V.I., Plyusnina L.A., Tomozov V.M. Dynamics of the large-scale magnetic fields during solar activity cycles 21–24 // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 29.

20. Edemsky I.K. Latitudinal variations in solar terminator generated wave packets parameters recorded in total electron content variations during 2008 // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 44.

21. Edemsky I.K., Yasukevich Yu.V., Voeykov S.V., Malkova P.L. Latitudinal variations of solar terminator generated wave packets parameters, derived from 2008 year data for different regions // 20<sup>th</sup> Open Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics. April 22–27, 2013, Kyiv: Abstracts. Kyiv, 2013. P. 26.

22. Edemsky I.K., Malkova P., Kostarev D.V. Solar terminator generated wave packets and its latitudinal features, obtained from TEC variations data for 2008 // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico, August 26–31, 2013: Abstracts. 2013. Cт. J7-2p. P. 41. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>

23. Egorov Ya.I., Fainshtein V.G. A study of CME formation and propagation: New results // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 40.

24. Eselevich V.G., Eselevich M.V. On possible formation cause for the impulsive coronal mass ejections // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 27. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

25. Eselevich V.G., Eselevich M.V., Romanov D.V., Romanov K.V. Physical differences between initial phases of formation of two types of coronal mass ejections // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 28. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

26. Eselevich V.G. Physical laws for the solar wind valid at any phase of the solar cycle // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 40–41.

27. Fainshtein V.G., Egorov Ya.I. A study of the formation and the initial stage of movement of coronal mass ejections based on high temporal and spatial resolution data // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 29. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

28. Fainshtein V.G., Egorov Ya.I., Pichuev V.A. Radial magnetic field distributions in the solar corona based on fast halo CME data // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium. September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 30. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

29. Fainshtein V.G. How do fast impulsive CMEs, related to powerful solar flares and unrelated to eruptive filaments, occur and propagate? // The Sun: Active and quiet. Intern. Moscow Workshop on Solar Physics. December 16–20, 2013. Moscow, Russia: Abstracts. 2013. <http://tesis.lebedev.ru/workshop2013.html?page=6>

30. Fleishman G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Discovery of relativistic positrons in solar flares with microwave imaging and polarimetry // 2013 AAS/SPD Meeting, Bozeman, Montana, USA. July 8–11, 2013: Abstracts. 2013. P. 100.79. <http://solar.physics.montana.edu/SPD/SPD2013/>

31. Fleishman G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S. Discovery of relativistic positrons in solar flares with microwave imaging and polarimetry // CESRA Workshop 2013. 24–29 June,

- 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
32. Fleishman G.D., Kuznetsov A.A. Theory of gyroresonance and free-free emissions from non-Maxwellian quasi-steady-state distributions // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  33. Golovko A.A. Identifying emerging flux regions based on their scaling properties // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 6.
  34. Golubeva E.M. Cyclic variations in solar magnetic field ratios in the FeI 5250 Å and NaI 5896 Å lines at different strengths // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 41.
  35. Grechnev V.V., Uralov A.M., Rudenko G.V., Myshyakov I.I., Fainshtein V.G., Egorov Ya.I., Afanasiev A.N., Slemzin V., Chertok I.M., Filippov B., Belov A.V., Temmer M., Jackson B., Prestage N. Causes and lessons of the 26 November 2003 geomagnetic superstorm // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. P. 15. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  36. Grechnev V.V., Uralov A.M., Kuzmenko I.V., Kochanov A.A., Chertok I.M., Kalashnikov S.S. Development of coronal mass ejections, flares and shock waves // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. P. 25. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  37. Gusian S., Pevtsov A., Rudenko G.V., Anfinogentov S. First synoptic maps of photospheric vector magnetic field from SOLIS/VSM: Non-radial magnetic fields and hemispheric pattern of helicity // 2013 AAS/SPD Meeting, Bozeman, Montana, USA. July 8–11, 2013: Abstracts. 2013. P. 100.111. <http://solar.physics.montana.edu/SPD/SPD2013/>
  38. Heynderick D., Horne R., Meredith N., Afanasiev A., Glauert S., et. al. New data and forecasting products in the framework of the EU FP7 Project SPACECAST // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013. Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>
  39. Ivanov E., Lesovoi S.V., Gubin A.V., Zhdanov D.A. The digital receiver for the multifrequency Siberian radioheliograph // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 12.
  40. Karavaev Yu.A., Mishin V.V., Mishin V.M., Lunyushkin S.B., Bazarzhapov A.D. Testing the MIT-obtained polar cap contours by the polar satellite UV images // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 43–44.
  41. Karpachev A.T., Ratovsky K.G., Klimenko M., Klimenko V. The features in global distribution of the ionospheric plasma // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. 2013. Ct. J17-2. P. 76. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>
  42. Karpachev A.T., Klimenko M.V., Klimenko V.V., Ratovsky K.G. Morphology and dynamics of the Weddell Sea and Yakutsk anomalies from the satellite data // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 78. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)
  43. Kashapova L.K., Tokhchukova S.K., Kotrc P., Kupryukov Yu.A. Energy release processes during the 17 May 2013 M3.2 solar flare // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia, October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 10.
  44. Kashapova L.K., Meszarosova H., Tokhchukova S.K., Zhdanov D.A. On the excitation mechanism of subsecond pulses in the faint flare // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013. Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  45. Kashapova L.K., Sych R.A., Kotrc P., Kupryukov Yu.A. The relationship between sunspot oscillation and flare energy release // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013. Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  46. Khakhinov V.V. Calculating antenna characteristics within the framework of waveguide representation of HF electromagnetic field // ICATT'13. IX Intern. Conf. on Antenna The-

- ory and Techniques. September 16–20, 2013. Odessa, Ukraine: Abstracts. 2013. Cr. S031. <http://icatt.onat.edu.ua/en/index.html>
47. Klimenko M., Klimenko V., Korenkov Y.N., Bessarab F.S., Zakharenkova I.E., Chernyak Yu., Korenkova N.A., Ratovsky K.G. Global response of the thermosphere–ionosphere system to the minor and major SSW events during prolonged minimum of solar activity // EGU General Assembly-2013. Vienna, Austria. 7–12 April, 2013: Abstracts. Vienna, 2013. P. EGU2013-2351. (Geophysical Research Abstracts; V. 15).
48. Klimenko M., Klimenko V., Ratovsky K.G., Stepanov A., Kotova D. Plasmospheric and ionospheric responses to the geomagnetic storm // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. 2013. Cr. J8-13. P. 47. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>
49. Klimenko V., Karpachev A.T., Klimenko M., Ratovsky K.G. Yakutsk Anomaly (YA) according to the satellite and ionosonde network observation data and its representation using the GSM TIP model // 36<sup>th</sup> Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. February 28 – March 1, 2013. Apatity, Russia: Abstracts. Apatity, 2013. <http://pgia.ru/seminar/Abstracts.html>
50. Klimenko V.V., Klimenko M.V., Karpachev A.T., Ratovsky K.G., Zakharenkova I.E., Cherniak Iu.V., Stepanov A.E. Formation of Weddell Sea and Yakutsk anomalies in foF2 diurnal variations and there manifestation in the topside ionosphere // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 80. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)
51. Klimenko M.V., Klimenko V.V., Cherniak Iu.V., Zakharenkova I.E., Ratovsky K.G. The O<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> transition height, global protonospheric/plasmaspheric electron content at recent solar cycles during quiet and storm time periods // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 86. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)
52. Klimenko M.V., Korenkov Yu.N., Bessarab F.S., Klimenko V.V., Karpov I.V., Ratovsky K.G., Korenkova N.A., Zakharenkova I.E., Shcherbakov A.A. Global ionospheric response to SSW events during recent extended solar minima conditions // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 90. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)
53. Klimushkin D., Mager P., Kostarev D.V. Compressional high-m Pc5 ULF waves in the magnetosphere: Theoretical considerations // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. Mexico, 2013. Cr. 3/2-9. P. 203. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>
54. Klimushkin D., Mager P. Coupled drift-mirror and Alfvén modes in non-uniform space plasma // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. Mexico, 2013. Cr. 3.4-14. P. 216. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>
55. Klimushkin D., Mager P., Yeoman T.K., James M. Radar features of the high-M ULF waves and their theoretical interpretation // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 24.
56. Kochanov A.A., Anfinogentov S., Prosovetsky D.V., Rudenko G.V., Grechnev V.V. Imaging of the solar atmosphere by the Siberian Solar Radio Telescope at 5.7 GHz with an enhanced dynamic range // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 11.
57. Kosovichev A.G., Pipin V.V., Zhao J. Helioseismic constraints and paradigm shift in solar dynamo // AGU Chapman Conference. Key Largo, Florida, USA, 8–12 April, 2013: Abstracts. 2013. <http://chapman.agu.org/solarminimum/program/schedule/>
58. Kotrc P., Nishizuka N., Kupryakov Y.A., Kashapova L.K., Sebelik V., Zak J. On measurement of velocities in eruptive event on June 7, 2011 // CESRA Workshop 2013. 24–29

- June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
59. Kotova D.S., Klimenko M.V., Klimenko V.V., Zakharov V.E., Bessarab F.S., Nosikov I.A., Ratovsky K.G. Global ionospheric response to the geomagnetic storm on September 26–29, 2011 and its influence on HF radio wave propagation // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 68. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)
  60. Kutelev K.A., Berngardt O.I. Simulation of MSTID influence to the SuperDARN ground backscatter and its use for analysis of “Chelyabinsk” meteorite observations // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan. November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Cr. SS4p2-057. P. 39. [http://www.stelab.nagoya-ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)
  61. Kuznetsov A.A., Fleishman G.D. Fast gyrosynchrotron codes in the array-defined electron distributions // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  62. Kuznetsov A.A., Kontar E.P. Spatially-resolved energetic electron properties from X-ray and radio observations // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013. <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>
  63. Kuznetsov A.A., Fleishman G.D. Gyroresonance emission from non-Maxwellian electron distributions // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia, October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 16.
  64. Kuznetsov A.A. Spatially resolved energetic electron properties in May 21, 2004 flare from X-ray and radio observations // The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. October 24–26, 2013, Hangzhou, China: Abstracts. 2013. <http://sdac.nju.edu.cn/~solar/>
  65. Laryunin O.A., Kurkin V.I., Podlesny A.V. Using data from closely-spaced ionosondes for diagnostics of travelling ionospheric disturbances // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan, November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Cr. SS4p1-002. P.33. [http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)
  66. Leonovich A.S. Wave mechanism of the magnetospheric convection // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 22–23.
  67. Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Gubin A.V., Ivanov E. 96-antenna radioheliograph // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 13.
  68. Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Kashapova L.K. The 96-antenna multifrequency Siberian radioheliograph // EGU General Assembly-2013. Vienna, Austria. 7–12 April, 2013: Abstracts. Vienna, 2013. P. EGU2013-1966 (Geophysical Research Abstracts; V. 15).
  69. Lobycheva I.Yu. The effect of geomagnetic disturbances on the lower atmosphere // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico, August 26–31, 2013: Abstracts. Mexico, 2013. Cr. J7-7p. P.43. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>
  70. Mashnich G.P. Spectral observations of filament activation // IAUS 300: Nature of prominences and their role in space weather. June 10–16, 2013, Paris, France: Abstracts. CUP, 2013. P. 75/174.
  71. Mashnich G.P., Bashkirtsev V.S. The solar spots cycles predictions in the 21<sup>st</sup> century // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 33.
  72. Medvedev A.V., Ratovsky K.G., Tolstikov M.V., Alsatkin S.S. Radar observations of the internal gravity waves in upper atmosphere based on the Irkutsk Incoherent Scatter Radar and digisonde data // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 28.
  73. Meshalkina N.S. Spatial and spectral dynamics of oscillation sources in the 2012 August 18 flare: Observations and interpretation // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 29.

74. Meszarosova H., Karlicky M., Rybak J., Sych R.A., Meshalkina N.S., Jelinek P., Gomory P. Fast and slow magnetoacoustic waves in MHD numerical simulations and observations // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 13.
75. Mikhailova O.S. The spatial structure of the ULF waves localized in the plasmopause region in two-ion magnetosphere plasma // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 36.
76. Mishev A., Usoskin I.G., Afanasiev A., Vainio R., et. al. Analysis of ground level enhancements of solar cycle 23 and 24 in the frame of the SEPServer Project // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>
77. Mishin V.M., Pu Z., Lunyushkin S.B., Mishin V.V., Bazarzhapov A.D. Coherent changes of field-aligned currents and mesoscale vortices during substorms // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 43.
78. Mishin V.M., Bazarzhapov A., Sukhbaatar U., Mishin V.V., Lunyushkin S.B. Diagnosis and prediction of space weather parameters from measurements on the Earth and satellites // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 42.
79. Mishin V.M., Karavaev Yu.A., Shapovalova A., Mishin V.V. Saturation of the tail lobe magnetic flux with increase in solar wind electric field and dynamic pressure // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 43.
80. Mishin V.M., Pu Z., Lunyushkin S.B., Mishin V.V. Short-circuit in the magnetosphere-ionosphere system electric circuit // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 16.
81. Mishin V.M., Mishin V.V., Lunyushkin S.B. The 27 August 2001 magnetospheric substorm: field-aligned currents and mesoscale plasma vortices in the polar ionosphere // 36<sup>th</sup> Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. February 28 – March 1, 2013, Apatity, Russia: Abstracts. Apatity, 2013. <http://pgia.ru/seminar/Abstracts.html>
82. Mishin V.V., Mishin V.M., Karavaev Yu.A. New energy source for space weather // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 39.
83. Mishin V.V., Mishin V.M., Karavaev Yu.A., Lunyushkin S.B. On significant additional contribution of “old” tail lobes to substorm power // 36<sup>th</sup> Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. February 28 – March 1, 2013, Apatity, Russia: Abstracts. Apatity, 2013. <http://pgia.ru/seminar/Abstracts.html>
84. Moiseyev A., Baishev D.G., Zolotukhina N.A., Du A., Kiyofumo Yumoto Features of Pc5 generation in the absence of the high-speed streams and significant changes in solar wind dynamic pressure // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 22.
85. Mordvinov A.V., Grigoryev V.M., Yazev S.A., Peshcherov V.S. Evolution of magnetic activity and reversal of the Sun's polar field in the current cycle // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 4–5.
86. Mysh'yakov I.I. 3D reconstruction of solar magnetic field in active regions // Workshop and School on Radio Sun. Beijing, Inner Mongolia. October 28 – November 2, 2013: Abstracts. Beijing, 2013. P. 10.
87. Oinats A.V., Kurkin V.I., Nishitani N. A statistical study of large-scale traveling ionospheric disturbances using SuperDARN Hokkaido radar // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan. November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Cr. SS4c-6. P. 26. [http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)
88. Perevalova N.P., Voeykov S.V., Yasukevich Yu.V., Leonovich L.A., Ishin A.B., Edemsky I.K., Polyakova A.S., Astafyeva E.I. GPS monitoring of ionospheric disturbances // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop. November 4–7, 2013, Kunming, Chi-

na: Book of Abstracts. Kunming, 2013. P. 69.

89. Pipin V.V., Kosovichev A.G. Effects of double-cell meridional circulation on the solar dynamo and activity cycles // 2013 AAS/SPD Meeting, Bozeman, Montana, USA. July 8–11, 2013: Abstracts. 2013. P. 100.79. <http://solar.physics.montana.edu/SPD/SPD2013/>

90. Pipin V.V. Magnetic helicity conservation and its impact on the solar cycle // Helicity Thinkshop on Solar Physics. October 27–31, 2013, Beijing, China: Abstracts. 2013. <http://sun.bao.ac.cn/mettings/HT2013>

91. Podgorny I.M., Podgorny A.I., Meshalkina N.S. The magnetic field distribution in active regions in the quiet time and during big solar flares // Fifth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”. Nessebar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>

92. Podgorny I.M., Podgorny A.I., Meshalkina N.S. The magnetic field dynamics of large active regions in the pre-flare state and during solar flares // 36<sup>th</sup> Annual Seminar “Physics of Auroral Phenomena”. February 28 – March 1, 2013, Apatity, Russia: Abstracts. Apatity, 2013. <http://pgia.ru/seminar/Abstracts.html>

93. Ponomareva I., Sakva N., Mishin G., Katasonov A., Mishina M. Identification of debris objects and determination the nature of fragmentation based on the results of optical observations // 6<sup>th</sup> European Conference on Space Debris. Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013: Program. Darmstadt, 2013. № 1a. P-26. P. 37. <http://congrexprojects.com/docs/default-source/13a09/final-programme-for-ab.pdf?sfvrsn=2>

94. Potapov A.S. High speed stream effects in the interplanetary and on - ground ULF activity and in the geostationary electron flux // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. Mexico, 2013. Ст. 3.5-2. P. 218. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>

95. Potapov A.S., Tsegmed B. ULF wave activity in high-speed streams of the solar wind: Impact on the magnetosphere // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 23.

96. Potekhin A.P. Introduction to Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 3.

97. Prosovetsky D.V., Kudryavtseva A., Prosovetskaya N. Solar wind streams in the outer corona // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 15.

98. Rakhmatulin R.A. Substorm in pulsations – experiments on the Norilsk meridian // IAGA 2013. The XII<sup>th</sup> Scientific Assembly. Merida Yucatan, Mexico. August 26–31, 2013: Abstracts. Mexico, 2013. Ст. 5.3-10. P. 271. <http://iaga2013.org.mx/public/1/ABSTRACTvolume-IAGA2013.pdf>

99. Ratovsky K., Medvedev A., Tolstikov M. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionosphere disturbances from Irkutsk digisonde data // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”, 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 87. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)

100. Ratovsky K., Tolstikov M., Medvedev A. Statistical analysis of wave activity in ionosphere from 2003–2012 digisonde observations // Intern. Reference Ionosphere (IRI) Workshop 2013 “IRI and GNSS”. 24–28 June 2013, Olsztyn, Poland: Abstracts. 2013. P. 88. [http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri\\_workshop\\_2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=59](http://www.uwm.edu.pl/kaig/iri_workshop_2013/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=59)

101. Sdobnov V.E., Kravtsova M. 2012 May 17 ground level enhancement: Spectra of variations and anisotropy of cosmic rays // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 38.

102. Sedykh P.A. Method of the plasma pressure distribution calculation in the geomagnetosphere // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 31.

103. Sedykh P.A. Processes at the Earth's bow shock region // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 32.
104. Shcherbakov A.A. Using Irkutsk Incoherent Scatter Radar data to study midlatitude ionospheric winds // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 39–40.
105. Shi Jiankui, Tao W., Wang G., Zhrebtsov G.A., Romanova E.B., Ratovsky K.G. Properties of the ionospheric spread-F in the high latitude region // AOGS 10th Annual Meeting. June 24–28 2013, Brisbane, Australia: Abstracts. 2013. P. ST09-D5-AM1-M1-006. <http://www.asiaoceania.org/aogs2013/mars2/pubViewAbs.asp>
106. Shi Jiankui, Wang G., Wang Z., Wang X., Zhrebtsov G.A., Romanova E.B., Ratovsky K.G. Relationship between strong range SF and ionospheric scintillation in low latitude ionosphere // EGU General Assembly-2013. Vienna, Austria, 7–12 April, 2013: Abstracts. Vienna, 2013. P. EGU2013-6464 (Geophysical Research Abstracts; V. 15).
107. Shpynev B.G., Pancheva D., Muchtarov P., Kurkin V.I., Ratovsky K.G., Chernigovskaya M.A., Belinskaya A.Yu., Stepanov A.E., Meshalkina N.S. Coupling between the neutral atmosphere and the ionosphere during the major stratospheric warming in January 2009 // Fifth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”. Nessebar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>
108. Shpynev B.G., Oinats A.V., Lebedev V.P., Chernigovskaya M.A. Influence of solar/lunar tides on long period variations of geophysical parameters // Fifth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”. Nessebar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>
109. Shpynev B.G., Pancheva D., Muchtarov P., Kurkin V.I., Ratovsky K.G., Chernigovskaya M.A., Belinskaya A.Yu., Grigorieva S.A., Stepanov A.E. Coupling between the neutral atmosphere and the ionosphere during the major stratospheric warming // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan. November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Ct. SS4p2-005. P. 40. [http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)
110. Sych R.A. Analysis of relationship between sunspot oscillation and flat-share flare emission // The 2<sup>nd</sup> Asian-Pacific Solar Physics Meeting. October 24–26, 2013, Hangzhou, China: Abstracts. 2013. <http://sdac.nju.edu.cn/~solar/>
111. Sych R.A., Altyntsev A.T., Ebenezer E., Fernandes F., Sawant H. Multi-wavelength investigations of M- and C-class solar flares observed with preliminary Brazilian decimetric array and Siberian Solar Radio Telescope // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 36–37.
112. Sych R.A., Kashapova L.K., Kotrc P., Kupryuakov Yu.A. Relationship between 3-min oscillations in sunspot and flat-share emission in the 2012 June 7 solar flare // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 14–15.
113. Tlatov A.G., Illarionov E., Sokoloff D.D., Pipin V.V. Solar tilt angle data in light of solar helicity data // Helicity Thinkshop on Solar Physics. October 27–31, 2013, Beijing, China: Abstracts. 2013. <http://sun.bao.ac.cn/mettings/HT2013>
114. Tolstikov M.V., Medvedev A.V., Ratovsky K.G. Studies of temperature disturbances of lower and middle atmosphere during the 2012–2013 stratospheric warmings // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 38–39.
115. Tolstikov M.V., Medvedev A.V., Ratovsky K.G. Statistical analysis of TIDs propagation characteristics on the base of long series of electron density data // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan, November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Ct. SS4p1-007. P. 33. [http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)
116. Tolstikov M.V., Medvedev A.V., Ratovsky K.G. Studies of temperature disturbances of lower and middle atmosphere during stratospheric warmings 2008–2013 // Intern. CAWSES-II Symposium. Nagoya, Japan, November 18–22, 2013: Program. Nagoya, 2013. Ct. SS4p2-007. P.41.

[http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program\\_Book\\_CAWSESII\\_Symposium.pdf](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/cawses2013/Program_Book_CAWSESII_Symposium.pdf)

117. Tyasto M.I., Danilova O.A., Sdobnov V.E. Variations of solar wind parameters and cosmic ray cutoff rigidities during strong geomagnetic disturbances // Fifth Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere". Nessebar, Bulgaria, 3–7 June 2013: Programme. 2013. <http://ws-sozopol.stil.bas.bg>

118. Vainio R., Afanasiev A., Aran A., Battarbee M., et al. A semi-analytical foreshock model for space weather applications // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>

119. Vainio R., Afanasiev A., Agueda N., Aurass H., et al. SEPServer – a new tool for SEP research // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>

120. Vainio R., Afanasiev A., Battarbee M., Ganse U., et al. Self-consistent plasma simulations of particle acceleration and radio emission in the SEPServer project // 10<sup>th</sup> European Space Weather Week (ESWW10). November 18–22, 2013, Antwerp, Belgium: Abstracts. 2013. <http://stce.be/esww10/index.php>

121. Yasyukevich Yu.V., Astafyeva E.I., Demyanov V.V., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Smolkov G.Ya. GPS/GLONASS operation under different solar and geophysical activity // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk, June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 13.

122. Yasyukevich Yu.V. GPS/GLONASS studying the ionosphere dynamic mode // 20<sup>th</sup> Open Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics. April 22–27, 2013, Kyiv: Abstracts. Kyiv, 2013. P. 15.

123. Yasyukevich Yu.V., Perevalova N.P., Sankov V. Peculiarities of different wave propagation mode during the 11 March 2011 Tohoku earthquake // 20th Open Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics. April 22–27, 2013, Kyiv: Abstracts. Kyiv, 2013. P. 26.

124. Yasyukevich Yu.V., Ishin A.B., Kosogorov E.A., Smolkov G.Ya., Astafyeva E.I., Demyanov V.V. GPS/GLONASS operation quality deterioration caused by solar and geophysical activity // The 2<sup>nd</sup> Asia-Oceania Space Weather Alliance Workshop. November 4–7, 2013, Kunming, China: Book of Abstracts. Kunming, 2013. P. 79.

125. Zagainova Yu., Fainshtein V.G. Study of the formation and onset of motion of fast pulse halo coronal mass ejections // Cosmic magnetic fields: Legacy of A.V. Severny. Intern. Symposium September 2–6, 2013. Nauchny, Crimea: Book of Abstracts. Kiev, 2013. P. 82. <http://solar.crao.crimea.ua/symp2013/>

126. Zhdanov D., Zandanov V.G. New observations of fine structures in microwaves with the 4–8 GHz spectropolarimeter and SSRT // CESRA Workshop 2013. 24–29 June, 2013, Prague, Czech Republic: Abstracts. 2013 <http://wave.asu.cas.cz/cesra2013/>

127. Zhrebtsov G.A., Zavorin A.V., Kurkin V.I., Medvedev A.V., Potekhin A.P., Bergardt O.I., Vasiliev R.V., Kushnarev D.S., Lebedev V.P., Shpynev B.G., Khakhinov V.V. Irkutsk Incoherent Scatter Radar: History and Perspectives // Intern. Living With a Star Workshop. ILWS-2013. Russia, Irkutsk. June 24–28, 2013: Abstracts. Irkutsk, 2013. P. 25–26.

128. Zolotukhina N.A., Polekh N.M., Mager O.V., Chelpanov M. Response of outer geospheres on changes in interplanetary medium: A case study // EGU General Assembly-2013. Vienna, Austria. 7–12 April, 2013: Abstracts. Vienna, 2013. P. EGU2013-5803 (Geophysical Research Abstracts; V. 15).

129. Алсаткин С.С., Бернгардт О.И., Медведев А.В., Шпынев Б.Г., Ратовский К.Г., Воронов А.Л. Автоматический алгоритм восстановления профиля  $N_e$  для данных, полученных в годы минимума солнечной активности // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 34.

130. Алсаткин С.С., Воронов А.Л. Нерекурсивная программная реализация алгоритма Карацупы для быстрого вычисления свертки // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодей-

ствие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 81.

131. Бернгардт О.И., Жеребцов Г.А., Потехин А.П., Куркин В.И., Кутелев К.А., Гркович К.В. Система мониторинга уровня ионосферной возмущенности субавроральных и среднеширотных областей РФ // Радиотехника, электроника и связь – 2013. II Междунар. науч.-техн. конф. РЭиС-2013. Омск, 1–4 октября 2013 г.: Программа. Омск, 2013. <http://www.oniir.ru/nauka/mezhdunarodnaya-ntk-reis-2013/programma-reis-2013.php>

132. Больбасова Л.А., Лукин в.п., Носов В.В., Торгаев А.В., Ковадло П.Г. Способ определения внешнего масштаба атмосферной турбулентности из измерений дисперсии дрожания изображения внеатмосферного источника // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 41.

133. Ботыгина Н.Н., Ковадло П.Г., Копылов Е.А., Лукин В.П., Туев М.В., Шиховцев А.Ю. Оценка радиуса Фрида из оптических и метеорологических измерений в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 66–67.

134. Ботыгина Н.Н., Туев М.В., Шиховцев А.Ю., Лукин В.П., Ковадло П.Г., Копылов Е.А. Оценка качества астрономического видения в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа из оптических и метеорологических измерений // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 51.

135. Бычков В.В., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Полех Н.М. Лидарные отражения верхней атмосферы Камчатки в условиях геомагнитных возмущений = Lidar backscattering signals from the upper atmosphere at Kamchatka in geomagnetic disturbances // VI Междунар. конф. «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». 9–13 сентября, 2013. Паратунка, Камчатский край: Тезисы докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 16, 123–124.

136. Бычков В.В., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Полех Н.М., Белов А.С. Лидарные отражения верхней атмосферы Камчатки в условиях умеренных геомагнитных возмущений // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 127.

137. Васильев Р.В., Макогон Д.А., Щербаков А.А., Алсаткин С.С. Устранение импульсных помех из данных Иркутского радара некогерентного рассеяния // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 48.

138. Васильева Л.А. Пространственно-временные особенности изменения климатических характеристик тропосферы в XX – начале XI в. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 62.

139. Васильева Л.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Пространственно-временные особенности изменения теплосодержания тропосферы в период климатического сдвига // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 104.

140. Воейков С.В., Осипчук В.Н. Исследование зависимости интенсивности вариаций ПЭС от геометрии радиозондирования с помощью ГНСС = Study of the dependence of TEC variation intensity on radiosounding geometry by GNSS // VI Междунар. конф. «Солнеч-

но-земные связи и физика предвестников землетрясений». 9–13 сентября, 2013, Паратунка, Камчатский край: Тезисы докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 19.

141. Голодков Е.Ю., Просовецкий Д.В. Исследование лучевых скоростей плазмы от хромосферы до нижней короны по наблюдениям Солнца в УФ-диапазоне // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 12.

142. Горяшин В.Е., Караваев Ю.С., Мишина М.Н., Папушев П.Г. Влияние электромагнитных сил на движение космических объектов с большим отношением площади к массе на геостационарной орбите // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. <http://agora.guru.ru/display.php?conf=oza-2013&page=program&PHPSESSID=4d073a4mg09rdh9a5bkkb7iq75>

143. Гречнев В.В., Киселев В.И., Уралов А.М., Мешалкина Н.С. Эрупции и ударные волны в экстремальном солнечном событии 13 декабря 2006 г. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 19.

144. Григорьев В.М., Еселевич М.В., Тергоев В.И. Широкоугольный телескоп АЗТ-33ВМ: завершение создания и перспективы использования // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. С. 121–122.

145. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Плюснина Л.А., Томозов В.М. Динамика крупномасштабных магнитных полей Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 13–14.

146. Девятова Е.В., Мордвинов В.И., Кочеткова О.С., Руднева М.А. Сравнение крутильных колебаний в атмосфере, полученных по данным NCEP/NCAR Reanalysis I и ECWMF ERA-40 // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. СПб., 2013. С. 130. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

147. Дерес А.С., Анфиногентов С.А. Измерение высот формирования излучения в атмосфере солнечного пятна для ряда длин волн ультрафиолетового диапазона на основе анализа трехминутных колебаний // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 14.

148. Егоров Я.И., Файнштейн В.Г. Формирование и начальная стадия движения корональных выбросов массы // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 15.

149. Едемский И.К., Малькова П.Л., Ясюкевич Ю.В. Особенности генерации солнечным терминатором волновых пакетов, полученные по данным GPS в течение 2008 г. в различных широтных регионах = Features of wave packets generating by solar terminator according to GPS data from different latitude regions for 2008 // VI Междунар. конф. «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». 9–13 сентября, 2013, Паратунка, Камчатский край: Тезисы докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 24–25, 126–127.

150. Едемский И.К., Малькова П.Л., Ясюкевич Ю.В. Особенности наблюдения волновых пакетов, генерируемых солнечным терминатором, при изменении широты региона наблюдения // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 38.

151. Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Кучеров Н.В., Романов В.А., Романов Д.В.,

Романов К.В., Семенов И.В., Толстова М.В. Влияние теплового прогрева на динамику развития неустойчивости Паркера колебаний магнитных полей в верхних слоях конвективной зоны. I // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 26–27.

152. Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Кучеров Н.В., Романов В.А., Романов Д.В., Романов К.В., Семенов И.В., Толстова М.В. Влияние теплового прогрева на динамику развития неустойчивости Паркера колебаний магнитных полей в верхних слоях конвективной зоны. II // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 28.

153. Жданов Д.А., Занданов В.Г. Первые микроволновые спектральные наблюдения двух источников во время солнечной вспышки // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 15–16.

154. Загайнова Ю.С., Девятова Е.В. Атлас облаков // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 65.

155. Золотухина Н.А., Магер О.В., Полех Н.М., Челпанов М.А. Реакция магнитосферно-ионосферной системы на резкие изменения параметров солнечного ветра 4 сентября 2006 г. // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 125–126.

156. Зубкова А.В., Кобанов Н.И. Периодические вариации ширины контура линии Na 6563 А как индикатор волновых процессов в хромосфере Солнца // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 16.

157. Иванова В.А., Куркин В.И., Полех Н.М. Поддельский И.Н. Ионосферные возмущения, зарегистрированные во время магнитной бури 12–13 апреля 2011 г. По данным наклонного зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 116.

158. Ильин Н.В., Пензин М.С. Использование неквадратичной регуляризации для разделения лучей в квазистационарном радиоканале // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 57.

159. Ильин Н.В., Пензин М.С. О разделение лучей в квазистационарном радиоканале // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 112.

160. Караханян А.А. Структура поля температуры в спокойных геомагнитных условиях // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 122.

161. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И. Отклик температуры поверхности океана на геомагнитную активность // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 66.

162. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И. Проявление солнечной актив-

ности в температуре поверхности мирового океана // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 95.

163. Клибанова Ю.Ю. Спектр длиннопериодных геомагнитных пульсаций во время событий классов SI и SSC // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 40.

164. Клименко М.В., Клименко В.В., Захаренкова И.Е., Черняк Ю.В., Ратовский К.Г., Ясюкевич Ю.В., Щербаков А.А. Система ионосфера–плазмосфера в период продолжительного минимума солнечной активности и на фазе ее последующего роста // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 40–41.

165. Клунко Е.В., Еселевич М.В., Тергоев В.И., Горяшин В.Е., Хахинов В.В., Медведев А.В., Лебедев В.П., Кушнарв Д.С. Координированные наблюдения низкоорбитальных КО на радиолокационных и оптических средствах ИСЗФ СО РАН // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. С. 51–52.

166. Ковадло П.Г., Шиховцев А.Ю., Кочеткова О.С. Исследование структуры атмосферной турбулентности в широком диапазоне масштабов // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 79–80.

167. Ковадло П.Г., Шиховцев А.Ю., Кочеткова О.С. Исследование энергетических характеристик структуры крупномасштабной и мелкомасштабной атмосферной турбулентности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 114.

168. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 11.

169. Козлов Д.А., Леонович А.С. МГД-колебания в аксиально-симметричной магнитосфере с токовым слоем // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 42.

170. Командовский В.А., Васильев Р.В., Медведев А.В., Щербаков А.А. Определение температуры плазмы в верхней атмосфере на основе анализа и параметризации автокорреляционной функции сигналов некогерентного рассеяния // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 84–85.

171. Комарова Е.С. Определение высоты загорания метеоров при базисных наблюдениях // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 42.

172. Костарев Д.В., Климушкин Д.Ю., Магер П.Н. Генерация дрейфово-компрессионных волн частицами с инверсным распределением частиц по энергии в магнитосферной плазме // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 45.

173. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Анализ факторов, влияющих на

возникновение и эволюцию внезапных стратосферных потеплений // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. СПб, 2013. С. 124. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

174. Кочеткова О.С., Михалев А.В., Мордвинов В.И., Черниговская М.А. Метеорологические эффекты в страто- и мезосфере и сейсмической активности Байкальской рифтовой зоны // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

175. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Исследование связи тропосферных процессов с эпизодами внезапных стратосферных потеплений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 67–68.

176. Крупович Е.С., Воейков С.В., Осипчук В.Н. Влияние геометрии ГНСС-радиозондирования на амплитуду вариаций ПЭС // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 46.

177. Крупович Е.С., Воейков С.В. Исследование активности среднемасштабных ионосферных возмущений вблизи зоны действия землетрясения 11 марта 2011 г. в Японии по данным GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 45.

178. Кудрявцева А.В., Просовецкий Д.В. Исследование характеристик солнечного ветра по данным КА STEREO // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 20.

179. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Морфологические особенности признаков перемещающихся ионосферных неоднородностей по данным слабонаклонного зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 109.

180. Кустов А.С., Колобов Д.Ю. Наблюдение потоков плазмы в солнечных волокнах // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 20.

181. Кушнарченко Г. П., Кузнецова Г. М. Дрейф ионизации в ионосфере, рассчитанный по вариациям высоты максимума слоя F2 во время умеренных геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 116.

182. Ларюнин О.А., Куркин В.И., Подлесный А.В. Использование данных двух близко расположенных ионозондов при диагностике перемещающихся ионосферных возмущений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 46–47.

183. Леонович А.С., Мазур В.А. О резонансных свойствах магнитосферы Земли = On resonance properties of the Earth's magnetosphere // VI Междунар. конф. «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». 9–13 сентября, 2013, Паратунка, Камчатский край: Тезисы докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 29–30, 134–135.

184. Леонович Л.А., Михалев А.В., Леонович В.А. Закономерности в вариациях эмиссий атомарного кислорода [OI] 557.7 и [OI] 630 нм среднеширотной верхней атмо-

сферы во время геомагнитных бурь // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 94.

185. Лобычева И.Ю., Седых П.А., Ким А.Г. Исследование изменений геомагнитной активности и метеорологических параметров в нижней атмосфере // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 117.

186. Лобычева И.Ю. О проблеме влияния магнитосферных возмущений на вариации приземного атмосферного электрического поля // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай (г. Барнаул – Телецкое озеро): Тезисы докладов. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С.

187. Лобычева И.Ю., Седых П.А. Возмущения в околоземном космическом пространстве и метеорологические процессы в нижней атмосфере // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 69–70.

188. Лобычева И.Ю., Седых П.А. Исследование влияния магнитных бурь на тропический циклогенез // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 70.

189. Логутко Д.А., Ясюкевич Ю.В. Спектр вариаций глобального и регионального электронного содержания // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 47.

190. Максимов А.П., Ясюкевич Ю.В., Демьянов В.В. Сбои сопровождения фазы сигнала глобальных навигационных спутниковых систем в условиях максимума 24-го цикла солнечной активности // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 48–49.

191. Максимов В.П., Капустин В.Э. Микроволновое излучение одиночных пятен по данным ССРТ и НоРГ // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 18.

192. Малькова П.Л., Едемский И.К., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В. Исследование широтных и долготных особенностей волновых возмущений в ионосфере, генерируемых солнечным терминатором // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 49.

193. Марченко О.Ю., Мордвинов В.И., Кочеткова О.С., Антохин П.Н. Исследование долговременных изменений характеристик летнего Восточно-Азиатского муссона по данным FRA-40 и NCEP/NCAR REANALYSIS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 71–72.

194. Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Алсаткин С.С. Метод определения характеристик распространения атмосферных планетарных волн, наблюдавшихся во время стратосферных потеплений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 58.

195. Медведева И.В., Перминов В.И., Семенов А.И. Исследование температурного режима атмосферы на высотах области мезопаузы в Европейском и Восточно-Сибирском регионах России // Междунар. конф., посв. памяти акад. А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Москва, 13–16 мая 2013 г.: Программа. 2013. <http://www.ifaran.ru/science/conferences/Obukhov2013.html>

196. Михайлова О.С., Климушкин Д.Ю., Магер П.Н. Пространственная структура УНЧ-волн в горячей плазме с учетом примеси тяжелых ионов // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 50.
197. Михалев А.В., Белецкий А.Б., Костылева Н.В. Среднеширотные сияния и  $D_{st}$ -вариации геомагнитного поля Земли // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай Барнаул, (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 122.
198. Мишин Г.С., Копяткевич Р.М., Олейников И.И., Саква Н.В., Тергоев В.И. Методы дистанционной диагностики нештатных ситуаций космических аппаратов на основе результатов телескопических наблюдений и имитационного моделирования // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г. Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. С. 75.
199. Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В. Влияние дифференциальных кодовых задержек на определение абсолютного полного электронного содержания в ионосфере по данным ГЛОНАСС/GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 51.
200. Носов В.В., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г. Атмосферная турбулентность как совокупность когерентных структур разных размеров // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 33.
201. Носов В.В., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г. Экспериментальные результаты для турбулентных масштабов теории подобия в горном пограничном слое // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 33.
202. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов В.Е., Торгаев А.В. Когерентные составляющие турбулентности // Междунар. конф., посв. памяти акад. А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Москва, 13–16 мая 2013 г.: Тезисы докл. 2013. С. 42–44. <http://www.ifaran.ru/science/conferences/Obukhov2013.html>
203. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов В.Е., Торгаев А.В. Турбулентные масштабы теории подобия Монина–Обухова в анизотропном пограничном слое // Междунар. конф., посв. памяти акад. А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Москва, 13–16 мая 2013 г.: Тезисы докл. 2013. С. 38–42. <http://www.ifaran.ru/science/conferences/Obukhov2013.html>
204. Ойнац А.В., Куркин В.И., Nishitani N. Исследование крупномасштабных ионосферных возмущений по данным радара SuperDARN Хоккайдо // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 109.
205. Олемской С.В., Кичатинов Л.Л. Модель солнечного динамо с флуктуирующим альфа-эффектом // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 22.
206. Перевалова Н.П., Саньков В.А., Астафьева Э.И., Жупитяева А.С. Исследование влияния магнитуды землетрясения на генерацию волновых возмущений в ионосфере = Investigation of earthquake magnitude effect on generation of wave disturbances in the ionosphere // VI Междунар. конф. «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». 9–13 сентября, 2013, Паратунка, Камчатский край: Тезисы докл. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 74, 176.
207. Перевалова Н.П., Жупитяева А.С., Шестаков Н.В., Ясюкевич Ю.В., Воейков С.В.

Поведение ионосферы во время взрыва Челябинского болида // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 37–38.

208. Перевалова Н.П., Саньков В.А., Жупитяева А.С., Астафьева Э.И. Особенности поведения полного электронного содержания после землетрясений различной интенсивности // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 103.

209. Перминов В.И., Семенов А.И., Перцев Н.Н., Медведева И.В., Железнов Ю.А. Изменчивость температуры в области мезопаузы по наземным среднеширотным наблюдениям атмосферного гидроксильного излучения // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

210. Пичуев В.А., Файнштейн В.Г., Егоров Я.И. Радиальные распределения величины магнитного поля в солнечной короне, полученные по данным о быстрых корональных выбросах массы типа гало // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 24.

211. Подлесный А.В. Цветовая фотометрия ночной атмосферы Земли с использованием ПЗС-приемника // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 52.

212. Полякова А.С., Перевалова Н.П. Исследование волновых возмущений полного электронного содержания во время действия мощных тропических циклонов SANBA и SANDY // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 53.

213. Пономарева И.А., Липницкий Ю.М., Мишин Г.С., Мишина М.Н., Саква Н.В. Идентификация объектов космического мусора по результатам оптических наблюдений при разрушениях космических аппаратов // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. <http://agoga.guru.ru/display.php?conf=oza-2013&page=program&PHPSESSID=4d073a4mg09rdh9a5bkkb7iq75>

214. Пономарчук С.Н., Котович Г.В., Романова Е.Б., Тащилин А.В. Тестирование макета программных средств расчета КВ-радиотрасс // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 109.

215. Ретивых В.В., Обухов А.Г., Максимов В.П., Лубышев Б.И. Методы исследования слабоконтрастных образований на Солнце // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 26.

216. Ретивых В.В., Лесовой С.В., Кочанов А.А. Оптимизация расположения антенных элементов многоволнового радиогелиографа ССРТ // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 25.

217. Романова Е.Б., Жеребцов Г.А., Полах Н.М., Ши Д., Ванг С. Отклик ионосферы на геомагнитную бурю в разных долготных секторах // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 96.

218. Романова Е.Б., Тащилин А.В. Моделирование главного ионосферного провала и плазмопаузы во время геомагнитной бури // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы

докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 96.

219. Рубцова О.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Долговременные изменения атмосферных осадков и их связь с геомагнитной активностью // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 118.

220. Руденко Г.В. Анализ распространения низкочастотных диссипативных колебаний верхней атмосферы // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

221. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Долговременные изменения характеристик внезапных стратосферных потеплений в Северном полушарии за период 1975–2013 гг. // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

222. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Исследование долговременных параметров внезапных стратосферных потеплений в северном полушарии за период 1975–2013 гг. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 74–75.

223. Русских И.В., Томин В.Е., Колобов Д.Ю. Проблемы автоматического сканирования изображения солнечными телескопами // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 27.

224. Сетов А.Г., Просвирякова Л.В., Засенко В.Е. Практическое применение сложных сигналов с внутриимпульсной частотной манипуляцией // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 88.

225. Ташлыков В.П., Алсаткин С.С., Васильев Р.В., Щербаков А.А. Моделирование сигнала некогерентного рассеяния для Иркутского радара некогерентного рассеяния // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 91–92.

226. Тергоев В.И., Цуккер Т.Г., Мишина М.Н., Горяшин В.Е., Караваев Ю.С., Коробцев И.В. Наблюдения неидентифицированных космических объектов в Саянской обсерватории. Получение и анализ некоординатной информации // Междунар. конф. «Околоземная астрономия – 2013». 7–11 октября 2013 г., Краснодар: Тезисы докл. Краснодар, 2013. <http://agora.guru.ru/display.php?conf=oza-2013&page=program&PHPSESSID=4d073a4mg09rdh9a5bkbb7iq75>

227. Толстиков М.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г. Исследование перемещающихся ионосферных возмущений на основе длинных рядов данных вертикального зондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 107.

228. Томин В.Е., Колобов Д.Ю., Киселев А.В. Обработка данных солнечных телескопов в процессе наблюдений // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 29.

229. Хабитуев Д.С., Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода O<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> по данным Иркутского радара НР и ПЭС GPS // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 55.

230. Хабитуев Д.С. Шпынев Б.Г. Оценка электронного содержания плазмосферы и высоты перехода  $O^+/H^+$  по данным Иркутского радара HP и ПЭС GPS // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 102.

231. Хахинов В.В., Лебедев В.П., Кушнарев Д.С., Алсаткин С.С. Дистанционное зондирование ионосферных возмущений вызванных выхлопной струей космического грузовика «Прогресс» // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

232. Челпанов М.А. Связь ионосферных возмущений с параметрами солнечного ветра в апреле–июне 2003 года // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 123.

233. Челпанов А.А., Кобанов Н.И. Веерные корональные структуры и волновые процессы в солнечной атмосфере // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 31.

234. Челпанов М.А., Золотухина Н.А. Динамика магнитосферно-ионосферных токов при возмущениях среднеширотной ионосферы // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 55–56.

235. Чен-Юн-Тай А. А., Астафьева Э.И., Ясюкевич Ю.В. Пространственное распределение сбоев фазы сигнала GPS во время магнитных бурь // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 56.

236. Черниговская М.А., Сутырина Е.Н., Ратовский К.Г. Эффекты метеорологических возмущений в вариациях параметров ионосферы над Иркутском по данным вертикального радиозондирования // XIX Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 1–6 июля 2013 г., Алтай, Барнаул (Телецкое озеро): Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2013. С. 126.

237. Черниговская М.А., Куркин В.И., Кочеткова О.С., Маричев В.Н., Николашкин С.В., Бычков В.В. Лидарные и спутниковые измерения температуры во время зимних внезапных стратосферных потеплений над регионами Сибири и Дальнего Востока России в период 2008–2013 гг. // Междунар. симп. «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2013). 24–27 июня 2013 г., Санкт-Петербург: Тезисы докл. 2013. <http://onlinereg.ru/site.php?go=195&page=3965&lang=RUS>

238. Черток И.М., Гречнев В.В., Белов А.В., Абунин А.А. Новый подход к диагностике геоэффективности солнечных эрупций // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 10.

239. Шиндин А.В., Грач С.М., Клименко В.В., Насыров И.А., Сергеев Е.Н., Белецкий А.Б. Искусственное оптическое свечение на длинах волн 630 и 557.7 нм при воздействии на ионосферу на частотах вблизи 4-й гирогармоники на стенде «Сура» в сентябре 2012 г. // Междунар. Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. XIII Конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 9–14 сентября 2013 г.: Тезисы докл. Иркутск, 2013. С. 57.

240. Шиховцев А.Ю., Ковадло П.Г. Турбулентность в атмосферных вихревых течениях // Междунар. конф. «Турбулентность и волновые процессы», посв. 100-летию со дня рожд. акад. М.Д. Миллионщикова. Москва, 26–28 ноября 2013 г.: Тезисы докл. М., 2013. <http://www.dubrovinlab.msu.ru/turbulencemdm100ru/>

## 7.7. Монографии

1. Demyanov V.V., Yasukevich Yu.V., Jin S. Effects of solar radio emission and ionospheric irregularities on GPS/GLONASS performance // *Geodetic Sciences – Observations, Modeling and Applications* / Ed. Shuanggen Jin. Rijeka, Croatia: InTech, 2013. Chap. 5. P. 177–222. ISBN: 978-953-51-1144-3.
2. Ruediger G., Kitchatinov L.L., Hollerbach R. *Magnetic Processes in Astrophysics: Theory, Simulations, Experiments*. Wiley-VCH, 2013. 346 p. DOI: 10.1002/9783527648924.refs. Print ISBN: 9783527410347; On-line ISBN: 9783527648924.
3. Мордвинов В.И., Латышева И.В. Теория общей циркуляции атмосферы, изменчивость крупномасштабных движений. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 193 с.
4. Мордвинов В.И., Латышева И.В., Девятова Е.В. Теория климата: Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 179 с. ISBN: 978-5-9624.
5. Сотникова Р.Т., Файнштейн В.Г. Введение в гелиофизику: Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 256 с., ил. ISBN: 978-5-9624-0821-7.
6. Исследование радиационных характеристик аэрозоля в азиатской части России: коллективная монография / Андреев С.Ю., Афонин С.В., Тащилин М.А. и др. / Под общей ред. С.М. Сакерина. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2012. 484 с., ил. ISBN 978-5-94458-123-5.
7. Теплицкая Р.Б. Солнечно-земная физика. Часть 2: Солнечная атмосфера. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 114 с., ил.
8. Ясюкевич Ю.В., Едемский И.К., Перевалова Н.П., Полякова А.С. Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS: Монография. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 271 с. (Солнечно-земная физика. Вып. 5). ISBN 978-5-9624-0879-8.

## 7.8. Электронные публикации

1. Alissandrakis C.E., Kochanov A.A., Patsourakos S., Altyntsev A.T., Lesovoi, S.V., Lesovaya N.N. Microwave and EUV observations of an erupting filament and associated flare and CME [Preprint] Electronic data // arXiv:1309.1703. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1309.1703.pdf>
2. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zhrebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk Meteorite impact // arXiv.org. 2013. # 1308.3918. <http://arxiv.org/pdf/1308.3918.pdf>
3. Dmitrienko I. S. Fast magnetosonic modes of cylindrical magnetotail // arXiv.org. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1310.3009.pdf>
4. Grechnev V.V., Kiselev V., Uralov A.M., Meschalkina N.S., Kochanov A.A. An updated view of solar eruptive flares and development of shocks and CMES: History of the 2006 December 13 GLE-productive extreme [Preprint]. Electronic data // arXiv.org:1308.2448v2. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1308.2448.pdf>
5. Grechnev V.V., Uralov A.M., Slemzin V., Chertok I.M., Filippov B., Rudenko G.V., Temmer M. A challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. I. Unusual history of an eruptive filament [Preprint]. Electronic data // arXiv:1304.7950v1. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1304.7950.pdf>
6. Grechnev V.V., Uralov A.M., Slemzin V., Chertok I.M., Filippov B., Egorov Ya.I., Fainshtein V.G., Afanasiev A.N., Prestage N.P., Temmer M. A challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. II. CMEs, shock waves, and drifting radio bursts [Preprint]. Electronic data // arXiv:1308.3010v1. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1308.3010.pdf>
7. Grechnev V.V., Kuzmenko I.V., Uralov A.M., Chertok I.M., Kochanov A.A. Microwave negative bursts as indications of reconnection between eruptive filaments and large-scale

coronal magnetic environment [Preprint]. Electronic data // arXiv:1307.6965v2. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1307.6965.pdf>

8. Grechnev V.V., Meshalkina N.S., Chertok I.M., Kiselev V. Relation between strong high-frequency microwave bursts and proton events [Preprint]. Electronic data // arXiv:1308.2275v1. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1308.2275.pdf>

9. Khakhinov V. V. Calculating antenna characteristics within the framework of waveguide representation of HF electromagnetic field // 2013 IX International conference on “Antenna theory and techniques”. ICATT’13: proc. September 16–20, 2013. Odessa, Ukraine. 2013. P. 196–198. CD-ROM.

10. Kochanov A.A., Anfinogentov S., Prosovetsky D.V., Rudenko G.V., Grechnev V.V. Imaging of the solar atmosphere by the Siberian Solar Radio Telescope at 5.7 GHz with an enhanced dynamic range [Preprint]. Electronic data // arXiv.org:1310.4250v1. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1310.4250.pdf>

11. Polyachenko E. V., Polyachenko V. L., Shukhman I. G. Equilibrium models of radially anisotropic spherical stellar systems with softener central potentials // arXiv.org. 2013. <http://arxiv.org/pdf/1307.1453v2.pdf>

12. Potapov A.S., Tsegmed B., Polyushkina T.N., Pulyaev V.A. Observations of ULF waves from the solar atmosphere to the Earth’s surface: New facts // Materials of the Partnership Conference “Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining”, Kaluga 30 September – 3 October 2013. 2013. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012\\_Kaluga/](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012_Kaluga/) DOI: 10.2205/2013BS012

13. Rakhmatulin R. Complex of ISTP SB RAS for monitoring of geophysical fields at high and middle latitudes // Materials of the Partnership Conference “Geophysical observatories, multifunctional GIS and data mining”, Kaluga 30 September – 3 October 2013. Kaluga. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012\\_Kaluga/](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS0012_Kaluga/) DOI: 10.2205/2013BS012

## **7.9. Патенты**

1. Домышев Г.Н., Ковадло П.Г., Прошин В.А., Скоморовский В.И., Трифонов В.Д. Система разгрузки зеркала оптического телескопа: заявка на изобретение № 2012112608, опубликовано 20.10.2013 // Бюллетень изобретений. 2013. № 29.

2. Прошин В.А., Скоморовский В.И., Кушталъ Г.И., Мамченко М.С., Химич В.А. Электрооптический модулятор поляризованного излучения: патент на полезную модель № 130094 // Бюллетень изобретений. 2013. № 19.

## **7.10. Статьи, сданные в печать в 2013 г. в российские издания**

1. Ахтемов З.С., Андреева О.А., Руденко Г.В., Степанян Н.Н., Файнштейн В.Г. 3D крупномасштабное магнитное поле в атмосфере Солнца // Специальный выпуск Бюллетеня КРАО. Публикация Трудов конференции КОСПАР-2013.

2. Белецкий А.Б., Насыров И.А., Тащилин М.А. Предварительные результаты регистрации искусственного свечения ионосферы, стимулированного мощным радиоизлучением станда «Сура» в ходе эксперимента 29 августа – 1 сентября 2011 г. // Сборник научных статей «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса».

3. Бернгардт О.И., Куркин В.И., Жеребцов Г.А., Кусонский О.А., Григорьева С.А. Ионосферные эффекты в первые 2 часа после падения метеорита «Челябинск» // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

4. Боровик А.В., Мячин Д.Ю., Томозов В.М. Вспышки вне пятен: наблюдения и интерпретация. // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

5. Боровик А.В., Мячин Д.Ю., Томозов В.М. Наблюдения внепятенных солнечных

вспышек в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и их интерпретация // Сборник трудов ИГУ.

6. Вальчук Т.Е., Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г. Особенности циклических вариаций крупномасштабного магнитного поля Солнца и их связь с солнечной и геомагнитной активностью // Специальный выпуск Бюллетеня КрАО. Публикация Трудов конференции КОСПАР-2013.

7. Верецкий Р.М., Демидов М.Л. Численное моделирование профилей Стокса некоторых спектральных линий применительно к диагностике магнитных полей в солнечной атмосфере // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

8. Головкин А.А., Салахутдинова И.И. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

9. Голубева Е.М., Различия в вариациях коэффициентов редукции слабых и сильных магнитных полей Солнца в цикле активности при наблюдении в разных спектральных линиях // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

10. Ермакова Л.В. Магнитные поля активных областей // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

11. Загайнова Ю. С., Файнштейн В. Г. Возникновение и движение быстрых корональных выбросов массы типа гало, не связанных с эруптивными волокнами // Специальный выпуск Бюллетеня КрАО. Публикация Трудов конференции КОСПАР-2013.

12. Демидов М.Л., Стенфло Я.О., Бианда М., Рамелли Р. Особенности проявления тонкоструктурных магнитных элементов при сопоставлении наблюдений в зеленых (FeI 5247.0 Å, FeI 5250.2 Å) и красных (FeI 6301.5 Å FeI 6302.5 Å) линиях // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

13. Ибрагимов М.А. и др. Наблюдательная сеть Информационно-аналитического центра ИНАСАН: первый сеанс совместных наблюдений опасного астероида Апофис в январе–феврале 2013 г. // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. Издательство КубГУ.

14. Караханян А.А., Молодых С.И. Структура поля давления при прохождении Землей секторов межпланетного магнитного поля // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов.

15. Кириченко К.Е., Коваленко В.А., Молодых С.И., Проявление солнечной активности в температуре поверхности Мирового океана // Оптика атмосферы и океана.

16. Киселев А.В., Колобов Д.Ю., Григорьев В.М. и др. Измерение магнитного поля Солнца как звезды с помощью метода моментов // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

17. Клибанова Ю.Ю., Мишин В. В., Цэгмэд Б. Особенности дневных длиннопериодных пульсаций, наблюдаемых во время импульса солнечного ветра на фоне суббури 1 августа 1998 г. // Космические исследования.

18. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата // Оптика атмосферы и океана.

19. Колобов Д.Ю., Анфиногентов С.А., Чупин С.А. и др. Проблемы совместного анализа одновременных наблюдений оптических и радиоинструментов в задаче исследо-

вания распространяющихся волн в солнечной атмосфере // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

20. Коробцев И.В., Цуккер Т.Г., Мишина М.Н., Горяшин В.Е., Еселевич М.В., Клушко Е.В., Тергоев В.И. Наблюдения неидентифицированных космических объектов в Саянской солнечной обсерватории. Получение и анализ некоординатной информации // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества.

21. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Анализ факторов, влияющих на возникновение стратосферных потеплений // Оптика атмосферы и океана.

22. Криссинель Б.Б. Моделирование структуры спокойных участков атмосферы Солнца, соответствующей излучению в диапазоне волн 1–100 см // Астрономический журнал.

23. Куркин В.И., Ларюнин О.А., Подлесный А.В., Пежемская М.Д., Чистякова Л.В. Морфологические особенности признаков перемещающихся ионосферных неоднородностей по данным слабонаклонного зондирования ионосферы // Оптика атмосферы и океана.

24. Кутелев К.А., Бернгардт О.И. Моделирование сигнала ВНЗ радара SuperDARN в присутствии движущейся среднемасштабной неоднородности во время падения метеорита «Челябинск» // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

25. Ларюнин О.А., Куркин В.И., Подлесный А.В. Наблюдение перемещающихся ионосферных возмущений с использованием совместных данных вертикального и слабонаклонного зондирования // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

26. Максимов В.П., Щепкина В.Л., Капустин В.Э. Особенности микроволнового излучения активных областей на предвспышечной стадии развития // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

27. Малькова П.Л., Едемский И.К. Исследование широтных особенностей генерации волновых пакетов солнечным терминатором в долготном регионе Америки в течение 2008 года // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

28. Михалев А.В. Среднеширотные сияния в Восточной Сибири: 1991–2012 // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

29. Михалев А.В. Яркость ночного неба и собственное излучение верхней атмосферы в регионе Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

30. Мордвинов А.В., Язев С.А. Инверсия магнитного поля на полюсах Солнца и формирование корональных дыр // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

31. Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В. Определение абсолютного вертикального полного электронного содержания в ионосфере по данным ГЛОНАС/GPS // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

32. Обухов А.Г., Лубышев Б.И., Максимов В.П., Ретивых В.В. Оконтуривание слабобоконтрастных образований // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

33. Пещеров В.С., Григорьев В.М., Бевзов А.Н., Будников К.И., Власов С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Китов А.К., Лубков А., Лылов С.А., Перебейнос С.В. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения // Автометрия.

34. Плюснина Л.А. Широтная структура вращения магнитных полей в 21–23 циклах солнечной активности // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рожде-

ния чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

35. Поляков А.Р. Анализ структуры стоячих МГД-волн в магнитосфере методом корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы (КФАФ). 1. Использование метода в модельном эксперименте // Геомагнетизм и аэрономия.

36. Поляков А. Р. Анализ структуры стоячих МГД-волн в магнитосфере методом корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы (КФАФ). 2. Экспериментальное определение периода первой гармоники для некоторых одномерных стоячих МГД-волн дневной плазмосферы // Геомагнетизм и аэрономия.

37. Пуляев В.А., Томин В.Е., Чупин С.А и др. Исследование колебаний лучевой скорости в факельных образованиях на трех уровнях высот нижней солнечной атмосферы // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

38. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Долговременные изменения внезапных стратосферных потеплений // Сб. трудов Иркутского государственного университета.

39. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Долговременные изменения внезапных стратосферных потеплений // Известия ИГУ. Серия Науки о Земле.

40. Сорокин А.Г., Лобычева И.Ю., Грудинин Н. М. Анализ сигналов, наблюдаемых на инфразвуковой станции ИСЗФ «Торы» // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

41. Сорокин А.Г. Инфразвуковое излучение Челябинского метеороида // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 24.

42. Ташлыков В.П., Алсаткин С.С., Васильев Р.В., Щербаков А.А. Моделирование сигнала некогерентного рассеяния для Иркутского радара НР // Солнечно-земная физика.

43. Тащилин А.В., Романова Е.Б. Моделирование свойств плазмосферы при спокойных и возмущенных условиях // Геомагнетизм и аэрономия.

44. Турова И.П. Колебания в нижней солнечной атмосфере в основании корональной дыры // Письма в Астрономический журнал.

45. Тягун Н.Ф. Наземные оптические исследования короны на Большом внезапном коронографе Саянской солнечной обсерватории // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

46. Файнштейн В.Г., Егоров Я.И. Формирование и начальная стадия движения КВМ, связанных с эрупцией протуберанцев, и природа сопровождающих их ударных волн // Специальный выпуск Бюллетеня КрАО. Публикация Труды конференции КОСПАР-2013.

47. Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Пичуев В.А. Радиальные распределения величины магнитного поля в солнечной короне, полученные с использованием сведений о быстрых корональных выбросах массы типа гало // Специальный выпуск Бюллетеня КрАО. Публикация Трудов конференции КОСПАР-2013.

48. Фирстова Н.М., Поляков В.И. Наблюдение ударной линейной поляризации во вспышках на БСВТ // Физика Солнца и околоземного космического пространства: Труды Всеросс. конф. по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

49. Лхагважав Ч., Батмөнх Д., Улам-Оргих Д., Бат-Отгон Б., Язев С.А., Мордвинов А.В., Рыкова Е.Г., Пещеров В.С., Семенов Д.В. К вопросу об определении магнитных фокусов Солнца // Сборник, посвященный 70-летию Монгольского государственного университета. Улан-Батор, 2013.

50. Ясюкевич Ю.В., Едемский И.К., Первалова Н.П., Полякова А.С. Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS // Серия «Солнечно-земная физика». Часть 5. Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013.

### 7.11. Статьи, сданные в печать в 2013 г. в зарубежные издания

1. Anfinogentov S., Nistico G., Nakariakov V.M., Decay-less kink oscillations in coronal loops // *Astron. & Astrophys.*
2. Berngardt O.I., Kurkin V.I., Zherebtsov G.A., Kusonski O.A., Grigorieva S.A. Ionospheric effects during first 2 hours after the Chelyabinsk Meteorite impact // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*
3. Chmielewski P., Murawski K., Sych R., Nakariakov V. Magnetoacoustic-gravity waves in the solar atmosphere // *Monthly Not. Royal Astron. Soc.*
4. Churilov S.M. Weakly nonlinear stage of instability development in a sharply stratified shear flow with an inflection-free velocity profile // *Univ. J. Phys.Appl.*
5. Demidov M.L., Stenflo J.O., Bianda M., Ramelli R. Conversion of the 6302/6301 Stokes V line ratio to the 5250/5247 ratio for the diagnostics of quiet-Sun magnetic fields // *Proc. SPW7.*
6. Ding Yuan, Sych R., Reznikova V. E., Nakariakov V. M. Field line reconstruction with magnetoacoustic cut-off frequency above sunspots // *Astron. Astrophys.*
7. Grechnev V.V., Uralov A.M., Chertok I.M., Slemzin V.A., Filippov B.P., Egorov Ya.I., Fainshtein V.G., Afanasyev A.N., Prestage N.P., Temmer M. A Challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. II. CMEs, shock waves, and drifting radio bursts // *Solar Phys.*
8. Khakhinov V.V., Lebedev V.P., Kushnarev D.S., Alsatkin S.S. Remote sounding of ionospheric disturbances caused by exhaust streams of "Progress" cargo spacecraft // *Intern. J. Remote Sensing.*
9. Khakhinov V., Alsatkin S., Klunko E., Kushnarev D., Lebedev V., Papushev P. Radio and optical observations of spacecraft orbiting maneuver subsystem engine burn in the ionosphere // *Adv. Space Res.*
10. Klimushkin D. Yu., Mager P. N. Generation of Alfvén wave parallel electric field in non-uniform magnetic field due to the coupling with the compressional mode // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*
11. Kozlov D.A., Mazur N.G., Pilipenko V.A., Fedorov E.N. Dispersion equation for ballooning modes in two-component plasma // *J. Plasma Phys.*
12. Medvedeva I.V., Semenov A.I., Perminov V.I., Beletsky A.B., Tatarnikov A.V. Comparison of Ground-based OH Temperature Data Measured at Irkutsk (52° N, 103° E) and Zvenigorod (56° N, 37° E) stations with Aura MLS v3.3 // *Acta Geophysica*. DOI: 10.2478/s11600-013-0161-x.
13. Mishin V.V., Mishin V.M., Pu Z., Lunyushkin S.B., Saprionova L.A., Baishev D.G. Old Tail Lobes Effect on the Solar-Wind–Magnetosphere Energy Transport for the 2001 August 27 substorm // *J. Adv. Space Res.*
14. Mordvinov A.V., Yazev S.A. Reversals of the Sun's polar magnetic fields in relation to activity complexes and coronal holes // *Solar Phys.*
15. Polyakov A.R. The structure of one-dimensional standing MHD waves in, and at the boundary of, the dayside plasmasphere // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*
16. Potapov A.S. ULF wave activity in high-speed streams of the solar wind: Impact on the magnetosphere // *J. Geophys. Res.*
17. Potapov A.S., Tsegmed B., Ryzhakova L.V. Solar cycle variation of “killer” electrons at geosynchronous orbit and electron flux correlation with the solar wind parameters and ULF waves intensity // *Acta Astronautica*.
18. Ratovsky K.G., Shi J.K., Oinats A.V., Romanova E.B. Comparative study of highlatitude, midlatitude and lowlatitude ionosphere on basis of local empirical models // *Adv. Space Res.*
19. Ratovsky K.G., Shi J.K., Oinats A.V., Romanova E.B. Comparison of diurnal, seasonal and solar cycle variations of highlatitude, midlatitude and lowlatitude ionosphere // *Chin. J. Space Sci.*
20. Ratovsky K.G., Medvedev A.V., Tolstikov M.V. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionosphere disturbances from Irkutsk Digisonde data // *Adv. Space Res.*
21. Saka O., Hayashi K., Klimushkin D.Yu., Mager P.N. Characteristic Pc5 properties in

all-sky TV image associated with the advent of energetic ions at geosynchronous altitudes // J. Atmos. Solar-Terr. Phys.

22. Uralov A.M., Grechnev V.V., Rudenko G.V., Myshyakov I.I., Chertok I.M., Filippov B.P., Slemzin V.A. A Challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. III. Catastrophe of the eruptive filament in a magnetic null point and formation of an opposite-handedness CME // Solar Phys.

23. Zlotnik E.Y.; Zaitsev V.V.; Altyntsev A.T. On Polarization of the zebra pattern in solar radio emission // Solar Phys.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. Структура Института.....</b>                                                                                                                                  | <b>3</b>   |
| <b>2. Исследования в области физики Солнца, радиоастрофизики и космических лучей.....</b>                                                                           | <b>5</b>   |
| 2.1. Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности.....                                                                                                      | 8          |
| 2.2. Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере.....                                                                                                  | 19         |
| 2.3. Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца.....                                                                                                      | 30         |
| 2.4. Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей ..                                                                                       | 43         |
| <b>3. Исследования в области физики околоземного космического пространства</b>                                                                                      | <b>48</b>  |
| 3.1. Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства.....                    | 53         |
| 3.2. Распространение волн различных диапазонов в ионосфере Земли.....                                                                                               | 59         |
| 3.3. Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона.....      | 62         |
| 3.4. Исследование влияния солнечной активности и процессов в нижней атмосфере на изменения термодинамических характеристик атмосферы, Мирового океана и климат..... | 69         |
| 3.5. Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли.....                                                          | 80         |
| 3.6. Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве.....                                                                           | 98         |
| 3.7. Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов.....                      | 108        |
| <b>4. Развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики и геофизики.....</b>                                                                         | <b>123</b> |
| 4.1. Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства.....        | 126        |
| 4.2. Методы и инструменты астрофизического эксперимента.....                                                                                                        | 130        |
| 4.3. Восстановление изображений Солнца с повышенным динамическим диапазоном, полученных на Сибирском солнечном радиотелескопе.....                                  | 160        |
| 4.4. Радиоастрономические наблюдения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) .....                                                                      | 161        |
| 4.5. Пространственно-разнесенный комплекс геофизических инструментов.....                                                                                           | 163        |
| <b>5. Работа обсерваторий.....</b>                                                                                                                                  | <b>164</b> |

|                                                               |                 |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|
| 5.1. Байкальская астрофизическая обсерватория.....            | 16<br>4         |
| 5.2. Саянская солнечная обсерватория.....                     | 166             |
| 5.3. Радиоастрофизическая обсерватория.....                   | 17<br>0         |
| 5.4. Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория.....       | 17<br>2         |
| 5.5. Норильская комплексная магнитно-ионосферная станция..... | 17<br>6         |
| 5.6. Геофизическая обсерватория.....                          | 18<br>1         |
| 5.7. Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы.....  | 18<br>5         |
| <b>6. Научно-организационная деятельность.....</b>            | <b>18<br/>9</b> |
| 6.1. Общие сведения.....                                      | 18<br>9         |
| 6.2. Деятельность Ученого совета .....                        | 19<br>6         |
| 6.3. Международное сотрудничество.....                        | 19<br>7         |
| 6.4. Издательская деятельность.....                           | 21<br>1         |
| 6.5. Работа библиотеки.....                                   | 21<br>1         |
| 6.6. Работа с вузами.....                                     | 21<br>2         |
| 6.7. Работа Научно-образовательного центра.....               | 21<br>3         |
| 6.8. Работа музея ИСЗФ СО РАН.....                            | 21<br>4         |
| 6.9. Работа Совета научной молодежи Института.....            | 21<br>5         |
| 6.10. Проведение научных мероприятий.....                     | 21<br>5         |
| 6.11. Участие в выставках.....                                | 21<br>8         |
| 6.12. Участие в научных мероприятиях.....                     | 21<br>8         |
| <b>7. Публикации.....</b>                                     | <b>22<br/>0</b> |
| 7.1. Статьи в отечественных журналах.....                     | 22              |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
|                                                                     | 0  |
| 7.2. Статьи в зарубежных журналах.....                              | 22 |
|                                                                     | 6  |
| 7.3. Доклады в сборниках российских конференций.....                | 23 |
|                                                                     | 2  |
| 7.4. Доклады в сборниках международных конференций.....             | 23 |
|                                                                     | 4  |
| 7.5. Тезисы докладов на российских конференциях.....                | 24 |
|                                                                     | 2  |
| 7.6. Тезисы докладов на международных конференциях.....             | 25 |
|                                                                     | 6  |
| 7.7. Монографии.....                                                | 27 |
|                                                                     | 5  |
| 7.8. Электронные публикации.....                                    | 27 |
|                                                                     | 5  |
| 7.9. Патенты.....                                                   | 27 |
|                                                                     | 6  |
| 7.10. Статьи, сданные в печать в 2013 г. в российские изданиях..... | 27 |
|                                                                     | 6  |
| 7.11. Статьи, сданные в печать в 2013 г. в зарубежные изданиях..... | 28 |
|                                                                     | 0  |
| <b>Содержание.....</b>                                              | 28 |
|                                                                     | 2  |

Отв. редактор ***И.И. Салахутдинова***  
 Редакторы ***Н.О. Волкова, М.В. Никонова***  
 Технические редакторы ***Н.В. Купрякова, И.Г. Амбаева***

Отчет утвержден Ученым советом ИСЗФ СО РАН  
(протокол № 11 от 09.12.2013 г.)

\*\*\*\*\*

Сдано в набор 19.12.2013 г. Подписано к печати 09.01.2014 г.

Формат 60×90 1/8. Гарнитура *Times New Roman*.

Усл. печ. л. 36. Уч.-изд. л. 43. Тираж 50. Заказ № 150.

\*\*\*\*\*

***Отпечатано в издательском отделе ИСЗФ СО РАН,  
Иркутск, Лермонтова 126А, а/я 291,  
и в БМБШ ГОУ ВПО «ИГУ»,  
664001, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1***