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

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2014 г.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук создан 27 мая 1960 г.

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

Основные научные направления Института:

– физика Солнца: изучение строения и активности Солнца и солнечноподобных звезд; физика солнечных вспышек и корональных выбросов массы; изучение эволюции Солнца, структуры солнечных магнитных полей и корональной плазмы; гелиосейсмология; механизмы радиоизлучения и методы диагностики корональной плазмы; мониторинг активных процессов на Солнце как источников возмущений в гелиосфере, магнитосфере, ионосфере и атмосфере Земли; разработка новых методов и аппаратуры для исследования в области астрофизики и физики Солнца;

– физика околоземного космического пространства: физика магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы; изучение магнитосферно-ионосферно-атмосфернолитосферных связей; выяснение механизмов влияния гелиосферных факторов на околоземное космическое пространство и атмосферу Земли, изучение эффектов космической погоды; ионосферное распространение радиоволн и радиофизические методы дистанционного зондирования; разработка новых методов и аппаратуры для диагностики и мониторинга окружающей среды (магнитосферы, ионосферы, атмосферы, литосферы) и активного воздействия на нее;

 проблемы астероидно-кометной опасности и экологии космоса: развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно-кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства; мониторинг космического мусора и состояния космических аппаратов и станций;

– анализ и прогноз состояния климатической системы Земли: разработка и совершенствование моделей физических механизмов изменения климата с учетом солнечной активности; погодообразующие и климатообразующие факторы; влияние гелиосферных и геосферных факторов на атмосферу и стратосферно-тропосферный обмен.

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. – д.ф.-м.н. А.В. Тащилин)

• Лаборатория изучения плазменно-волновой структуры магнитосферы

(зав. лаб. – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климушкин)

• Лаборатория развития новых методов радиофизической диагностики атмосферы

(зав. лаб. – д.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. – д.ф.-м.н. А.А. Кузнецов)

• Радиоастрофизическая обсерватория (РАО) (зав. обсерваторией – С.В. Кицанов)

Отдел физики Солнца

Рук. отд. – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов

• Лаборатория экспериментальной физики Солнца и астрофизического приборостроения (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Д.Ю. Колобов)

• 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. – к.ф.-м.н. М.В. Еселевич)

• Байкальская астрофизическая обсерватория (БАО) (зав. обсерваторией – к.ф.-м.н. А.В. Боровик)

• Саянская солнечная обсерватория (ССО) (зав. обсерваторией – к.ф.-м.н. А.А. Луковникова)

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

Заместитель директора по научной работе и инновационной деятельности

Заместитель директора по общим вопросам

Заместитель директора по капитальному строительству

Ученый секретарь

Адрес: Телефон: Факс: e-mail: web: д.ф.-м.н. В.И. Куркин д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев д.ф.-м.н. М.Л. Демидов к.ф.-м.н. Р.А. Сыч

к.ф.-м.н. В.В. Хахинов

А.Ю. Куликов

В.И. Суханов

к.ф.-м.н. И.И. Салахутдинова

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 126-а (3952) 42-82-65 (3952) 51-16-75, (3952)42-55-57 uzel@iszf.irk.ru www.iszf.irk.ru

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

Научные исследования выполнялись в отделах физики Солнца и радиоастрофизики.

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.

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 – академик Г.А. Жеребцов).

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

1.2. Проект II.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца». Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Д.В. Просовецкий.

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

2.1. Проект II.16.3.1 «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности». Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.В. Мордвинов.

2.2. Проект II.16.3.2 «Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере». Руководители проекта – д.ф.-м.н. Н.И. Кобанов, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

2.3. Проект II.16.3.3 «Методы и инструменты астрофизического эксперимента». Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.Л. Демидов, к.ф.-м.н. С.В. Лесовой.

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

3.1. Проект II.16.2.4 «Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей». Руководитель проекта – к.ф.-м.н. В.Е. Сдобнов.

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.

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.

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

7. Партнерский интеграционный проект СО РАН № 13 «Магнитная активность Солнца и эруптивные процессы в его атмосфере». Руководитель проекта – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

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

9. Проект № 21.2 «Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-ЗЗИК» программы Президиума РАН № 21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной» (координатор – академик А.А. Боярчук). Руководитель проекта – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

10. 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). Руководитель проекта – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

11. Проект № 46.1 «Фундаментальные основы мониторинга и контроля околоземного космического пространства в оптическом диапазоне».

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»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

• «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.

Выполнялось 9 грантов РФФИ:

1 экспедиционный грант, 1 грант по организации всероссийских конференций и 7 инициативных грантов по отделу РФФИ физики и астрономии, 2 гранта по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями.

1. 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.

2. 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.

3.12-02-91161-ГФЕН_а «Исследования нетепловых процессов, связанных с солнечными вспышками, на основе радионаблюдений», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

4. 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.

5.13-02-00044-а «Исследование процессов переноса энергии МГД-волнами в атмосфере Солнца», научный руководитель – к.ф.-м.н. Р.А. Сыч.

6.13-02-90472 Укр_ф_а «Накопление, выделение и перенос энергии в солнечных вспышках», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

7. 14-02-91157-М «Многоволновая диагностика динамических процессов на Солнце с использованием новых радиоастрономических инструментов»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

8. 14-02-10001-к «Научный проект проведения комплексной экспедиции для сбора данных по солнечной активности»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

9. 14-02-06035 «Проект организации XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн», по священной 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова»; научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

Выполнялись:

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

• Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.

2.1. Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности

Измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца

В 2014 г. выполнены измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца и наблюдения его активных областей, комплексов активности. Пополнен архив магнитограмм Солнца и данные о солнечной активности по наблюдениям в разных спектральных диапазонах. В Саянской солнечной обсерватории Института на телескопе СТОП было проведено 105 дней наблюдений: получено 159 магнитограмм полного диска Солнца, выполнено 134 измерения общего магнитного поля. В Байкальской астрофизической обсерватории Института на телескопе СТОП-1 было проведено 47 дней наблюдений: всего получено 622 магнитограммы полного диска Солнца.

С использованием прецизионных поляриметров ZIMPOL обсерватории в г. Локарно (Швейцария) и телескопа СТОП Саянской солнечной обсерватории исследованы свойства тонкой скрытой структуры солнечного магнетизма в спокойных областях Солнца посредством сопоставления наблюдений в наиболее диагностически информативных линиях красного (FeI 630.15 нм, Fe I 630.25 нм) и зелёного мультиплетов (FeI 524.71 нм, Fe I 525.02 нм). Впервые при использовании наземных измерений с умеренным пространственным разрешением показано сосуществование двух типов мелкомасштабных элементов - с килогауссовой и малой напряженностями (соответствующими приближению слабого поля).

Данный результат следует, в частности, из рис. 1, на котором представлены гистограммы отношений V профилей Стокса для зелёной (левая панель), и красной (правая панель) пар линий. Обнаружено, что значения напряженностей магнитных определяемые красным элементов. по линиям, отягощены влиянием термодинамических факторов. Предложена эмпирическая формула для корректировки центро-лимбовых вариаций отношений напряженностей в красных линиях к физически более достоверному отношению в зелёных линиях. Данный результат имеет и важное прикладное значение, в частности, для корректировки широко используемых данных космической обсерватории Hinode.



Рис. 1. Гистограммы отношений V профилей Стокса линий FeI 524.71 нм, Fe I 525.02 нм (левая панель) и FeI 630.15 нм, Fe I 630.25 нм (правая панель). Вертикальными пунктирными линиями отмечены значения, соответствующие приближению слабого поля.

Для интерпретации векторных магнитограмм решена проблема быстрого и качественного разрешения 180-градусной неопределенности азимута поперечного поля. В связи с увеличением потока информации, развитием и появлением новых современных векторных измерений высокого разрешения, решению этой проблемы в течение последних десятилетий было посвящено большое количество научных разработок. Наш алгоритм оказался наиболее конкурентоспособным с точки зрения практического применения. В настоящее время он используется ведущей солнечной обсерватории СОЛИС для построения окончательной формы ежедневных векторных магнитограмм полного диска и векторных синоптических магнитных карт.

Основные публикации:

1. 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 // 2014. ASP Conference Series, Solar Polarization 7, V. 489, P. 21-38.

2. 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 // 2013 Astronomy and Astrophysics. V. 556, A 113, p.12.

3. Rudenko G.V., Anfinogentov S.A., Very Fast and Accurate Azimuth Disambiguation of Vector Magnetograms // Solar Physics, 2014, V. 289, Is. 1, pp.289-318.

Генерация магнитных полей Солнца и характеристики его тороидальных магнитных полей

Выполнена реконструкция эволюции осесимметричного тороидального магнитного поля Солнца в цикле по данным SOHO/MDI. На рис. 2 (слева) показано восстановленное тороидальное поле (сине-красные цвета), контурами показано радиальное магнитное поле. Используя стандартную калибровку вектор-потенциала, сделаны оценки магнитной спиральности крупномасштабного магнитного поля Солнца (рис. 2, справа). Цветом показана плотность магнитной спиральности и контурами тороидальное магнитное поле. Установлено, что магнитная спиральность для крупномасштабного магнитного поля в северном полушарии является положительной, а в южном полушарии – отрицательной. Это правило спиральности менялось на обратное вначале и в самом конце 23 цикла. Такие характеристики магнитной

спиральности для крупномасштабного магнитного поля противоположны аналогичным характеристикам для активных областей.



Рис. 2. Слева: тороидальное магнитное поле Солнца (сине-красные цвета) и радиальное магнитное поле (контуры); справа: плотность магнитной спиральности и тороидальное поле Солнца (контуры).

Изучена бароклинная неустойчивость в лучистой зоне звезды с неоднородным по радиусу вращением. Неустойчивость появляется при малой неоднородности вращения с относительной величиной около 0.1%. Имеется семейства два неустойчивых возмущений, соответствующих волнам Россби И внутренним гравитационным волнам. Неустойчивость является динамической: время ее развития составляет несколько тысяч периодов вращения, но мало по сравнению со временем эволюции звезды. Неустойчивые возмущения обладают кинетической спиральностью. Возможна генерация магнитного возникающей поля В результате развития неустойчивости турбулентностью. Такое «бароклинное динамо» может иметь отношение к происхождению реликтовых магнитных полей Солнца и звезд.

Основные публикации:

1. Pipin V.V., Pevtsov A.A., Magnetic helicity of the global field in solar cycles 23 and 24 // Astrophys. J. V. 789. N 1. 21. 2014. doi:10.1088/0004-637X/789/1/21.

2. Soon W., Victor M. Velasco Herrera, Kandasamy Selvaraj, Rita Traversi d, Ilya Usoskine, Chen-Tung Arthur Chen, Jiann-Yuh Lou, Shuh-Ji Kao, Robert M. Carter, Valery Pipin, Mirko Severi, Silvia Becagli dHuang, N.E., Wu, Z. A review of Holocene solar-linked climatic variation on centennial to millennial timescales: Physical processes, interpretative frameworks and a new multiple cross-wavelet transform algorithm // Earth-Science Reviews. 134, 1. 2014.

3. Pipin, V. V.; Kosovichev, A. G., Effects of Anisotropies in Turbulent Magnetic Diffusion in Mean-field Solar Dynamo Model, 2014, ApJ, 785, 49.

4. Pipin, V. V., Moss, D., Sokoloff, D., Hoeksema, J. T., Reversals of the solar magnetic dipole in the light of observational data and simple dynamo models, 2014, A&A, 567, A90.

5. Kitchatinov L.L. Baroclinic instability in stellar radiation zones. – Astrophys. J. 2014. V.784. 81 (9p.)

6. Kitchatinov L.L., Moss D., Sokoloff D.D. Magnetic fields in fully convective Mdwarfs: oscillatory dynamos versus bistability. – MNRAS 2014. V.442. P.L1-L4.

7. Karak B.B., Kitchatinov L.L., Choudhuri A.R. A dynamo model of magnetic activity in solar-like stars with different rotational velocities. – Astrophys. J. 2014. V.791. 59(12p.)

8. Кичатинов Л.Л., Хлыстова А.И. Северо-южная асимметрия солнечного динамо в текущем цикле активности. – Письма в АЖ. 2014. Т.40. С.729-732.

Асинхронность инверсии полярных магнитных полей Солнца в текущем цикле

Установлено, что северо-южная асимметрия пятнообразовательной активности Солнца (рис. 3 а, с) привела к значительной асинхронности инверсии магнитного поля на его полюсах. На северном полюсе Солнца магнитное поле изменило полярность к маю 2013 г. Более позднее развитие активности в южном полушарии привело к задержке инверсии магнитного поля на южном полюсе.



Puc. 3. (a, c) – изменения площадей солнечных пятен в северном и южном полушариях Солнца (A_N, A_S); (b) – широтно-временное распределение усредненных магнитных полей (в сине-красной цветовой шкале), черными пятнами показаны зоны интенсивного пятнообразования.

На рис. Зb показано широтно-временное распределение фоновых магнитных полей Солнца. Черными пятнами отмечены зоны интенсивного пятнообразования, в которых наблюдались долгоживущие комплексы активности – концентрировались сильные магнитные поля. После распада комплексов активности их остаточные магнитные поля рассеялись в фотосфере, образуя обширные униполярные магнитные области (УМО). Импульсы активности, отмеченные буквами N и S, привели к образованию УМО, которые переносились меридиональной циркуляцией к полюсам Солнца. На широтно-временной диаграмме (рис. 3b) стрелками отмечены широтные дрейфы УМО хвостовых полярностей, которые предопределили инверсию магнитных полей на полюсах и ее асинхронный ход.

1. Mordvinov A.V., Yazev S.A. Reversals of the Sun's polar magnetic fields in relation to activity complexes and coronal holes // Solar Physics V. 289. P. 1971-1981. 2014.

2.2. Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере

Современные методы и инструментарий наблюдений солнечных явлений показывают, что функция распределения излучающих частиц отличаются от обычно применяемой комбинации теплового и степенного распределений. Одним распределения методов идентификации могут являться спектральные ИЗ радионаблюдения. Аналитически получены коэффициенты излучения и поглощения для популярных в последнее время «каппа»- и N-распределений и показано, что они существенно отличаются друг от друга и от классической максвелловской плазмы. В частности, радиояркость гирослоя увеличивается с оптической глубиной для «каппа»распределения, но уменьшается в случае N-распределения. Как следствие, гирорезонансное излучение плазмы с немаксвелловскими распределениями будет заметно поляризовано даже в оптически толстом режиме, тогда как для максвелловской плазмы поляризация строго равна нулю. Это свойство можно использовать для дистанционного зондирования распределений плазмы в астрофизических источниках, включая активные области на Солние.

Основные публикации:

1. G.D. Fleishman, A.A. Kuznetsov, «Theory of gyroresonance and free-free emissions from non-Maxwellian quasi-steady-state electron distributions», Astrophysical Journal, v. 781, p. 77, 2014, arXiv: 1312.2111.

На примере вспышки 21 мая 2004 г с простой однопетельной конфигурацией проведено сравнение данных микроволновых наблюдений с модельными, рассчитанными с помощью разработанной интерактивной IDL технологии GX Simulator. Сравнительный анализ позволил определить пространственные и спектральные свойства распределения нетепловых электронов. Было показано, что излучение генерируется высокоэнергичными электронами с относительно жестким спектром, сконцентрированными вблизи вершины петли. В то же время, поток электронов с энергией более 100 кэВ вблизи оснований был слишком мал, чтобы они могли быть зарегистрированы в интегральном потоке и на изображениях RHESSI. Изображения SOHO в вакуумном ультрафиолете и особенности низкочастотной части микроволновых спектров дают основание предполагать, что вспышечная петля погружена в среду с меньшим магнитным полем. Скорее всего, распределение энергичных электронов в рассматриваемой вспышке формируется в результате локализованного ускорения/инжекции электронов в вершине петли с последующими процессами захвата и рассеяния.

Основные публикации:

1. A.A. Kuznetsov, E.P. Kontar, «Spatially-resolved Energetic Electron Properties for the 21 May 2004 Flare from Radio Observations and 3D Simulations», принято к публикации в Solar Physics, 2014, arXiv: 1403.5751.

Разработана IDL платформа, позволяющая (а) импорт фотосферных карт магнитного поля и выполнение экстраполяции магнитного поля с практически мгновенной реконструкцией 3-D моделей магнитного поля, (б) исследование магнитной топологии этих моделей по интерактивно создаваемым силовым линиям и связанными с ними магнитными трубками, (в) заполнение силовых трубок заданной

пользователем неоднородной термической плазмой и электронами с анизотропным, неоднородным и нетепловым распределением; (г) моделирование пространственных и спектральных свойств радио- и рентгеновского излучения, и (д) проведение сравнительного анализа моделей с данными наблюдений.

Основные публикации:

1. G.M. Nita, G.D. Fleishman, A.A. Kuznetsov, E.P. Kontar, D.E. Gary, «3D Radio and X-Ray Modeling and Data Analysis Software: Revealing Flare Complexity», отправлено в Astrophysical Journal, 2014, arXiv: 1409.0896.

Изучена динамика распространяющихся 3-мин волновых фронтов в атмосфере пятен. Обнаружено возникновение источников колебаний в виде спирали при усилении волновой активности. Наблюдаемая спиральность характерна для всех высот атмосферы над пятном. Показано, что форма источника является комбинацией пространственно разнесенных деталей, связанных с колебаниями с различным периодом. Сделан вывод о влиянии локальной зависимости наклона магнитного поля от полярного угла на формирование пространственной структуры волновых фронтов.

Основные публикации:

1. Sych, R.; Nakariakov, V.M. Wave dynamics in a sunspot umbra Astronomy & Astrophysics, Volume 569, id. A72, 8, pp. 2014.

Изучены пространственно-временные характеристики колебаний в окрестности головного пятна активной области NOAA 11131 8-го декабря 2010 г. что колебания интерпретироваться Сделан вывод. могут как медленные магнитозвуковые волны, распространяющиеся в стратифицированной среде вдоль наклоненного магнитного поля. Показано, что источники высокочастотных колебаний до 3 мин локализованы в тени пятна. Низкочастотные колебания образуют расширяющиеся кольцеобразные структуры вплоть до границы полутени. Наблюдаемые частоты обрезания позволили вычислить наклон магнитного поля. Первые измерения дали оценки углов на 30-40% выше ожидаемых из расчетов поля в потенциальном приближении. Предложены причины расхождений.

Основные публикации:

1. Yuan, D.; Sych, R.; Reznikova, V.E.; Nakariakov, V.M. Multi-height observations of magnetoacoustic cut-off frequency in a sunspot atmosphere Astronomy & Astrophysics, Volume 561, id.A19, 6, pp., 2014.

Изучены характеристики изгибных колебаний спокойной корональной петли в различных линиях вакуумного ультрафиолетового излучения, зарегистрированных на КА SDO/AIA. Показано, что из различий в расположении областей колебаний в диапазоне 3-15 минут в различных диапазонах излучений следует, что петля состоит из прядей с различной температурой плазмы. Иррегулярность наблюдаемых колебаний предполагает стохастичность воздействий в основании петли, приводящих к их возбуждению.

Основные публикации:

Nisticò, G.; Anfinogentov, S.; Nakariakov, V. M. Dynamics of a multi-thermal loop in the solar corona. Astronomy & Astrophysics, Volume 570, id.A84, 8 pp. 2014.

С целью поиска частотных мод, наиболее эффективно проникающих в корону Солнца из нижних слоев солнечных факелов, были исследованы спектры мощности колебаний лучевой скорости и интенсивности по данным наземного **телескопа** (линии Si I 10827Å и He I 10830Å) и данным спутникового телескопа Solar Dynamics Observatory (SDO) (линии FeI 6173, 1700Å, HeII 304Å, FeIX 171Å). Анализ пространственного распределения мощности колебаний для разных высот выявил, что веерные структуры в короне (уровень 171Å) воспроизводятся лучше в частотном диапазоне 1-1.5 мГц. Это означает, что колебания с периодами 10-15 мин преобладают в корональных петлях над факельными областями. Пятиминутные колебания, которые повсеместно доминируют в сигналах лучевой скорости, измеряемых в нижних слоях факелов, в корональных петлях заметны лишь в отдельных компактных фрагментах. В спектрах интенсивности излучения в факелах низкие частоты доминируют на всех уровнях высоты. Наибольшая амплитуда колебаний, определяемая по глубине модуляции интенсивности, наблюдается в полосе 304Å.

Основные публикации:

1. Kobanov, N. I., Chelpanov, A. A. «The relationship between coronal fan structures and oscillations above faculae regions», Astronomy Reports, 2014, Volume 58, Issue 4, pp. 272-279.

2. R. I. Kostik, N. G. Shchukina, N. I. Kobanov, V. A. Pulyaev, «Influence of magnetic field on propagation of five-minute oscillations in the sun's atmosphere: Phase shifts», Kinematics and Physics of Celestial Bodies, 2014, Volume 30, Issue 1, pp. 40-45.

Выполнен анализ колебаний ширины профиля спектральной линии На по наблюдениям хромосферы в основании солнечных корональных дыр (КД). В среднем по 10 временным сериям максимальный размах колебаний составил 64 миллиангстрема. Прямые расчеты показывают, что эта величина не может быть достигнута за счет температурных колебаний, поскольку наблюдаемые в ходе эксперимента периодические флуктуации интенсивности не превосходили 2.5%, что соответствует уширению профиля На всего на 1.5-2 миллиангстрема. Прослеживается зависимость амплитуды колебаний ширины профиля от угла зрения, под которым наблюдаются корональные дыры на солнечном диске. Максимальные амплитуды отмечаются в диапазоне углов от 40 до 55, что возможно связано с углом наклона магнитных трубок и с различными свойствами корональных дыр, которые мы наблюдаем. Авторы предполагают, что наблюдаемые вариации могут быть следствием распространения в хромосфере КД торсионных альфвеновских волн.

Основные публикации:

1. Zubkova, A. V.; Kobanov, N. I.; Sklyar, A. A.; Kostyk, R. I.; Shchukina, N. G., «Periodic variations of the H α profile width in the chromosphere of coronal holes as a possible indicator of Alfvén waves», Astronomy Letters, 2014, Volume 40, Issue 4, pp. 222-229.

Выполнено исследование контуров линии КСаII в ячейках хромосферной сетки и флоккулах в основании корональной дыры для двух временных серий наблюдений. На данном этапе работы для проведения спектрального анализа был выбран параметр I_{K_3} -интенсивность в центре линии К. Оказалось, что в ячейках хромосферной сетки на уровне образования центральной интенсивности линии К присутствуют колебания широкого диапазона частот, часто с усиленной мощностью в области низких частот. При этом форма контуров может иметь структуру почти без пиков. Во флоккуле, который находится на участке S25W17, наблюдаются очень мощные колебания с периодом 5 минут. В другом флоккуле, расположенном в области под яркой точкой в корональной дыре, преобладают низкочастотные колебания. Для обоих флоккулов характерна изменяющаяся во времени асимметрия контуров.

1. С.А. Григорьева, И.П. Турова, О.А. Ожогина «Форма контуров линии К Са II и колебания в солнечной атмосфере в основании корональной дыры» (сдана в печать).

Обнаружено различие в эквивалентной ширине резонансной линии ⁷Li I на экваториальном и полярном краях солнечного диска. Такое различие может быть связано либо с известной аномалией химического содержания лития на звездах солнечного типа, либо с особенностями фотосферных динамических процессов (анизотропия конвективных течений и неоднородности температуры), влияющих на профиль контура спектральной линии, либо с условиями переноса излучения в слабой резонансной линии элемента с низким значением потенциала ионизации. Так как похожее различие, хотя и в меньшей степени, найдено у соседних слабых линий, принадлежащих кремнию и железу, то ни одну из перечисленных возможностей нельзя исключить.

Основные публикации:

2. О.А.Ожогина, Р.Б.Теплицкая «Изменение от центра к краю диска низкочастотных колебаний яркости солнечной хромосферы по линиям CaII», Письма в Астрономический журнал, 2014, том 40, N 6, с. 404-415.

2.3. Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца

Моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области

Совместные наблюдения на радиотелескопах РАТАН-600 и ССРТ дают возможность реалистичного выбора параметров модели радиоизлучения активных областей. При восстановлении магнитного поля было показано длительное существование области квазипоперечного магнитного поля над хвостовым пятном АО 11734, что объясняет временную задержку в смене знака поляризации радиоизлучения этого пятна. Использованная модель гироциклотронного излучения активной области количественно и качественно описывает наблюдаемый спектр радиоизлучения во все дни наблюдений (рис. 4). Из условия наблюдаемой инверсии знака поляризации в QTPобласти ~ 50 тыс. км над хвостовым пятном в полосе частот 3-16 ГГц было получено верхнее ограничение на электронную концентрацию плазмы $N_{e} \approx 5 \times 107$ см⁻³. Моделирование свободно-свободного радиоизлучения электронов показало, что его вклад в поток радиоизлучения АО 11734 составляет от 3-5% для 3 ГГц и до 100% на высоких частотах, где свободно-свободное излучение является доминирующим. Из сравнения модели и наблюдений активной области для гироциклотронного и свободносвободного излучений можно заключить, что дальнейшее развитие методов моделирования радиоизлучения возможно при использовании данных 0 дифференциальной мере эмиссии, позволяющих получать информацию о 3-D распределении параметров плазмы.



Рис. 4. Спектры радиоизлучения АО 11734 для хвостового (левые панели) и головного (правые панели) пятен. Сплошная кривая – наблюдаемый спектр, штриховая – моделирование.

1. Кальтман Т.И., Кочанов А.А., Мышьяков И.И., Максимов В.П., Просовецкий Д.В, Тохчукова С.Х. Наблюдения и моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области NOAA 11734. Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014», С-Пб., Пулково, 2014, 20-24 октября, С. 185-188.

Исследования излучения короны в линиях $\lambda 5303$ и $\lambda 6374$

В корональной спектроскопии в настоящее время нет ответа на вопрос: почему взаимосвязь ширина линии – интенсивность (Δλ – W) для зелёной линии λ5303 прямая, а для красной $\lambda 6374$ - обратная? Наблюдения, использованные для статистического исследования параметров профилей λ6374 в зависимости от гелиошироты, в результате которого была получена надёжная кривая обратной взаимосвязи ширина линии интенсивность (Δλ – W) для всех широт, проанализированы заново: каждое наблюдение рассмотрено отдельно совместно с данными нижележащих слоев атмосферы Солнца. В результате выявлены случаи – фрагменты по широте, прилежащие к активным объектам: протуберанцам, волокнам, группам пятен и др.,- где проявляется прямая взаимосвязь (Δλ – W) и для красной линии (рис. 5). Это является аргументом в пользу того, что в оптически тонкой корональной плазме вид взаимосвязи (Δλ – W) наблюдаемой линии (неважно, зелёной или красной) свидетельствует о состоянии плазмы на луче зрения и, прежде всего, – о топологии магнитного поля, контролирующего структурированность на луче зрения: в открытых структурах наблюдается обратная взаимосвязь (Δλ – W), в закрытых - прямая. Красная линия «предпочитает» открытые структуры и фоновые поля.



Рис. 5. Наблюдения λ6374 с кривой щелью вдоль лимба на высоте h=15". Р^о - позиционный угол. Жирным выделены участки с прямой взаимосвязью полуширин (Δλ, пунктир) и интенсивностей (W, сплошная). Внизу указаны признаки активности . R - коэффициент корелляции.

1.Тягун Н.Ф. Ширины линий и доплеровские скорости по наблюдениям FeX λ6374 и FeXIV λ5303 на Большом коронографе Саянской солнечной обсерватории, «Геомагнетизм и Аэрономия», 2014, V.54, № 7, с.1-6.

Изучение движений в волокне до и во время его активизации

Серия спектров, полученная в Саянской солнечной обсерватории до и во время активизации спокойного волокна (E11N27) 14 июня 2012 г., позволила исследовать движения в волокне и в фотосфере под волокном. Согласно Стенфордской магнитограмме за 14 июня 2012 г., волокно и группа ярких точек, а также комплекс активности (АО 11504, АО 11507, АО 11508) в южном полушарии принадлежали к одной и той же нейтральной линии крупномасштабного магнитного поля. Из архива данных SDO (http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/aiahmi/) собраны изображения Солнца в 094Å, 171Å, 304Å каналах с временным шагом 2 минуты за 6-ти часовой интервал до начала активизации волокна и сделаны клипы. Обзор событий, сделанный по клипам, показал, что эволюция корональных петель, вспышки и появление после них поярчаний вблизи общей нейтральной линии в южном и северном полушариях, активизация волокна имеют временную корреляцию. Отмечено, что поярчания, возникающие после вспышек в активном комплексе, распространяются почти вдоль корональных петель из активного комплекса в северное полушарие в область волокна. Определенную роль в дестабилизации волокна сыграли обнаруженные нами короткопериодные вертикальные колебания волокна как целого, возникшие перед его подъемом. Современные модели глобального магнитного поля в сочетании с корональными наблюдениями в ультрафиолете доказали, что в определении топологии крупномасштабного коронального поля вспышек и корональных выбросов массы (КВМ) участвуют области, удаленные до 100°. В рамках этих представлений активизация волокна рассматривается как результат взаимодействия через глобальные магнитные структуры короны пространственно удаленных друг от друга солнечных образований.

Основные публикации:

1.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, посвященная 100-летию со дня рождения В.Е.Степанова под ред. Григорьева В.М., 2013, С. 95-98.

Скейлинговая динамика активной области

Изучена скейлинговая динамика активной области № 10488 26-28 октября 2003 г. Методом мультифрактальной сегментации определены площадки с минимальной фрактальной размерностью, ассоциируемые с новым магнитным потоком. Добавление новых фрагментов поля к периферии формирующегося пятна соответствует модели всплывающей арочной системы. Оценена степень вариабельности участков нового магнитного потока и время нахождения участка в состоянии нового, которое составляет 1-2 часа. Выявлено различие мультифрактальных спектров нового и старого магнитных потоков (рис. 6). Новый поток отличается более широким спектром, то есть большим диапазоном масштабов самоподобных структур.



Рис. 6. Мультифрактальные спектры нового (new) и старого (old) магнитных потоков.

Основные публикации:

1. Головко А.А., Салахутдинова И.И. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств. – 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. – ИСЗФ СО РАН. 2014. – С. 40-43.

Исследование линейной поляризации и интенсивности линии На в двух лентах вспышки

Проведено исследование ударной линейной поляризации линии Нα в солнечных вспышках рентгеновских классов С, М и Х (две вспышки), наблюдавшихся на Большом солнечном вакуумном телескопе. Из 32 обработанных вспышек только в 13 были обнаружены свидетельства ударной поляризации. Были проанализированы причины частого (или типичного, как указывают некоторые исследователи) отсутствия линейной поляризации хромосферных линий во вспышках. В связи с этим исследовались причины этого. Так, причиной реального отсутствия поляризации может быть изотропизация функции распределения частиц по скоростям в пучке при внедрении его в плотные слои хромосферы. Кроме того, в случае наличия поляризации во вспышках показаны причины, затрудняющие ее обнаружение из-за условий наблюдения. Одной из основных особенностей наблюдения ударной линейной поляризации является то, что наиболее результативными с точки зрении ее обнаружения ожидаются наблюдения вспышек, расположенных ближе к солнечному лимбу. Вновь полученные данные подтвердили, что величина линейных параметров Стокса в основном составляет 2-7% (рис. 7), а пространственные размеры узлов вспышки с ненулевыми значениями параметров Стокса составляют 1-2". Наибольшая величина параметров Стокса (до 15%) занимала область 6" и была получена в том случае, когда профиль интенсивности линии Нα имел самообращение в центре.



Рис. 7. Профили интенсивности линии На (вверху) и соответствующие им профили параметров Стокса (внизу) в двух лентах одной вспышки, полученные одновременно. По горизонтальной шкале отложена длина волны с 0 в центре линии.

Основные публикации:

1.Н.М.Фирстова, В.И.Поляков, А.В.Фирстова. Наблюдение ударной поляризации линии Нα в солнечных вспышках. – Письма в Астрономический журнал, 2014, Т. 40, №7, С. 498-508.

Исследования внепятенных солнечных вспышек

По наблюдениям хромосферы в линии Нα проанализированы пять солнечных вспышек вне пятен, зарегистрированных в Байкальской астрофизической обсерватории Института 16 марта 1981 г., 28 июня 2001 г. (две вспышки), 28 мая 2002 г. и 5 июня 2002 г. Установлено, что масштабы предвелышечных активизаций значительно превосходят средние размеры активных областей с солнечными пятнами. Причиной эволюционных, предвспышечных, а также вспышечных возмущений в хромосфере являются крупномасштабные изменения (перестройка) магнитного поля активной области. Об этом свидетельствуют карты магнитных полей и наблюдения хромосферы. В крупномасштабный предвспышечный процесс вовлекаются хромосферная сетка, волокна, обширные поля тонкой хромосферной структуры как в области вспышки, так и на значительном удалении от нее. Наиболее активно процесс развивается примерно за час до вспышки. Для наблюдавшихся внепятенных вспышек это выразилось: в формировании за 3-5 дней новой линии раздела полярностей (ЛРП); изменении структуры и размеров волокон; возмущении тонкой структуры хромосферы, волокон и ячеек хромосферной сетки вдоль и вблизи трассы (ЛРП); изменении интенсивности тёмных узлов в области формирования вспышечных лент (с периодом примерно 3-4 минуты); образовании перед вспышкой тёмных вихревых структур вокруг областей формирования вспышечных лент; опускании вещества в тёмных vзлах В непосредственной близости от будущих вспышечных узлов; образовании на большой площади тёмных ленточных каналов в области вспышки непосредственно перед ее началом; выброс волокна, непосредственно перед вспышкой. Между активными хромосферными структурами и их элементами обнаружены тесные пространственновременные связи. Установлена тесная связь вспышечных лент и узлов с границами хромосферной и магнитной сеток, с холмами магнитного поля. Большинство из рассмотренных вспышек возникли на фазе роста магнитного поля в магнитных холмах активной области. Магнитное поле и его топология играют определяющую роль в развитии внепятенных вспышек. Узлы и яркие части вспышки располагаются в непосредственной близости от магнитных холмов с высокими значениями поля (выше 80 Гс). Во время вспышек в них происходят существенные изменения поля (рис. 8).



Рис. 8. Изменения магнитного поля в магнитных холмах во время внепятенных вспышек 28 июня 2001 г.

Вспышки развиваются от одного магнитного холма к другому, а также вдоль тоннелей, образованных системами темных арочных структур (волокон). Ленты внепятенных вспышек могут появляться на значительном удалении от линии раздела полярности, при этом расхождения лент может не наблюдаться. Внепятенные вспышки имеют тонкую структуру. Размер узлов составляет 3-4 угл. сек. Динамика вспышечных лент и узлов, их изофотометрия указывают на существование между структурными элементами вспышек корреляционных связей. Характер изменений пространственновременных параметров вспышечных структур могут показывть причинноследственную связь между вспышкой и корональным источником.

1.А.В.Боровик, Д.Ю.Мячин, В.М.Томозов. Наблюдения внепятенных солнечных вспышек в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и их интерпретация. // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о земле. Иркутск, 2014, №.7, С. 23-45. ISSN: 2073-3402.

Исследование необычного эруптивного волокна

Анализ полного набора данных, не рассматривавшегося ранее, выявил серию эрупций, откликом на которые были всплески в жёстком рентгеновском и микроволновом излучении. Волокно в активной области АО 10501 было не пассивной частью магнитного жгута большего объёма, как обычно считается. Оно эруптировало самостоятельно и породило корональный выброс массы (КВМ). Последовательность следующей: 1) предположительная событий была эрупция В 07:29 UT. сопровождавшаяся незарегистрированной вспышкой класса М1.2, вероятно, связанная с выбросом первого, юго-восточного КВМ (КВМ1), который, скорее всего, не был ответствен за магнитную бурю; 2) локальная эрупция, не вызвавшая КВМ, в 07:41 UT (вспышка МЗ.2), дестабилизировавшая крупное волокно; 3) ускорение волокна около 07:56 UT; 4) раздвоение волокна, трансформировавшегося в большое «облако», 5) вспышка МЗ.9 в АО 10501, связанная с этой трансформацией. Трансформация эруптивного волокна могла быть вызвана его взаимодействием с магнитным полем в окрестности нулевой точки, располагавшейся на высоте около 100 Мм над комплексом, образованным активными областями 10501, 10503 и их окружением. Образовавшееся облако наблюдалось в линии 304 Å телескопом КОРОНАС-Ф/СПИРИТ как Y-образное потемнение, двигавшееся по солнечному диску от области раздвоения волокна к лимбу. Облако и волокно были близкими по массе и кинематике. Остатки волокна не были явно видны в структуре второго, юго-западного КВМ (КВМ2), ранее считавшегося источником магнитной бури 20 ноября. Эти факты не согласуются с простым сценарием, в котором межпланетное магнитное облако рассматривается как магнитный жгут, сформировавшийся из структуры, изначально связанной с предэруптивным волокном в АО 10501. Наблюдения предполагают возможную дополнительную эрупцию над областью раздвоения волокна вблизи центра солнечного диска между 08:07 и 08:17 UT, которая и могла быть причиной магнитной бури 20 ноября.

Основные публикации:

1.V.V. Grechnev, A.M. Uralov, V.A. Slemzin, I.M. Chertok, B.P. Filippov, G.V. Rudenko, M. Temmer. 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 Physics, 2014, том 289, вып. 1, стр. 289-318. DOI: 10.1007/s11207-013-0316-6.

Ударные волны и радиовсплеск в солнечном эруптивном событии

Для понимания возможного влияния на околоземное пространство наблюдавшихся 18 ноября 2003 года корональных транзиентов исследованы их свойства по приповерхностным проявлениям в крайнем ультрафиолете, изображениям коронографов LASCO в белом свете и динамическим радиоспектрам. Проявления приповерхностной активности согласованы с расширением корональным выбросов массы (КВМ) и определены их ориентации относительно направления к Земле. Кинематические измерения, динамические радиоспектры и световые кривые микроволнового и жёсткого рентгеновского излучения сведены в общую картину сложного события, подтверждающую факт дополнительной эрупции в 08:07 - 08:20 UT

вблизи центра солнечного диска. Необычные характеристики этого выброса выглядят соответствующими ожидаемым для источника экстремальной магнитной бури 20 ноября, но показывают безнадёжность попыток его обнаружения на изображениях коронографов LASCO. С другой стороны, ни один из КВМ, наблюдавшихся LASCO, не выглядит подходящим кандидатом на роль источника магнитной бури, будучи способным произвести, в лучшем случае, скользящий удар по магнитосфере Земли. Анализ подтверждает свободное распространение ударных волн, выявленных в событии, и согласует их кинематику с волнами в крайнем ультрафиолете («волнами EUV») и динамическими радиоспектрами вплоть до декаметров.

Основные публикации:

1.V.V. Grechnev, A.M. Uralov, I.M. Chertok, V.A. Slemzin, B.P. Filippov, Ya.I. Egorov, V.G. Fainshtein, A.N. Afanasyev, N.P. Prestage, M. Temmer. 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 Physics, 2014, том 289, вып. 4, стр. 1279-1312. DOI: 10.1007/s11207-013-0397-2

Формирование нулевой точки магнитного поля и ее связь со структурой КВМ

Наш анализ в статьях I и II события 18 ноября 2003, ответственного за экстремальную геомагнитную бурю 20 ноября, выявил сложную цепь эрупций. В особенности, эруптивное волокно столкнулось с топологическим разрывом, расположенным вблизи центра солнечного диска на высоте около 100 Мм, раздвоилось и трансформировалось в большое облако, которое не покинуло Солнце. В то же время дополнительный КВМ предположительно эруптировал вблизи области бифуркации. Предположения об ответственности этого компактного КВМ за супербурю и его изолированности от Солнца подтверждены, и сделан вывод о подобии его структуры сферомаку. Наши исследования подтверждают присутствие нулевой магнитной точки вблизи области бифуркации и рассматривают происхождение магнитной спиральности межпланетных магнитных облаков и их связи с Солнцем. Мы выяснили, что магнитного диполя, образованного областями ориентация димминга С противоположными магнитными полярностями вдали от области, где произошла начальная эрупция волокна, соответствовала направлению осевого поля в магнитном облаке, тогда как поле в предэруптивном волокне имело другую ориентацию. Предложена принципиально трехмерная схема, объединяющая все перечисленные факты. Согласно этой схеме, эруптивная структура, подобная сферомаку, возникла при взаимодействии изначально не связанных магнитных потоков эруптивного волокна и существовавших ранее в короне. Через цепь магнитных пересоединений их взаимная спиральность трансформировалась собственную положительная в спиральность магнитного облака, структура которого была подобна сферомаку.

Основные публикации:

1.A.M. Uralov, V.V. Grechnev, G.V. Rudenko, I.I. Myshyakov, I.M. Chertok, B.P. Filippov, V.A. Slemzin. A Challenging Solar Eruptive Event of 18 November 2003 and the Causes of the 20 November Geomagnetic Superstorm. III. Catastrophe of the Eruptive Filament at a Magnetic Null Point and Formation of an Opposite-Handedness CME. Solar Physics, 2014, том 289, вып. 10, стр. 3747-3772. DOI: 10.1007/s11207-014-0536-4.

Исследование роли всплывающих из-под фотосферы магнитных трубок (магнитных потоков) в формировании СМЕ

По результатам анализа данных инструментов AIA/SDO и EUVI/STREREO было подтверждено, что начальная фаза «постепенного» коронального выброса массы (английская аббревиатура - CME) начинается как движение из состояния покоя внешней оболочки коронального магнитного жгута, которая становится затем основой фронтальной структуры CME. Показано на примере анализа события 5 января 2013 г., что другой тип CME – «импульсный», может возникать как результат выброса с поверхности Солнца области пониженной яркости (полости) (канал 193Å), которая затем становится основой будущего CME. Анализ трехмерной структуры полости, вид которой представлен на рис. 9, ее динамики и кинематики, а также сопоставление результатов анализа с предсказаниями теории, позволяют отождествить полость с магнитной трубкой (жгутом), заполненной холодной плазмой, выброшенной с большой скоростью из конвективной зоны в атмосферу Солнца. Теоретические оценки показывают, что причиной выброса магнитной трубкой из конвективной зоны может быть развитие неустойчивости Паркера («медленной» волны).



Рис. 9. Трехмерная картина границы полости с началом координат на поверхности Солнца на лимбе для двух последовательных моментов времени: слева - ≈16:30:31, справа - ≈16:35:31. «Импульсный» СМЕ 5 января 2013г.

Основные публикации:

1. Еселевич В. Г., Еселевич М. В. Физические отличия в начальной фазе формирования двух типов корональных выбросов массы. Астрон. Журнал. Т. 91, N4, C. 320 - 331, 2014.

Быстрые КВМ типа гало

Для нескольких быстрых КВМ типа гало и связанных с ними ударных волн с использованием «Ice cream cone» модели КВМ по данным LASCO определены 3-D кинематические и геометрические характеристики тела КВМ и ударной волны на различных расстояниях R от центра Солнца. Показано, что радиальные распределения скорости тела КВМ Vb(R) и ударной волны Vsh(R) различаются. Найдены зависимости $\Delta R(R)$ =Rsh-Rb и $\Delta V(R)$ =Vsh(R)-Vb(R) (рис. 10). В среднем для рассмотренных событий угловые размеры тела КВМ оказались меньше угловых размеров связанной ударной волны. Были построены зависимости параметра $\Delta R/rb(R)$, где ΔR -расстояние между ударной

волной и границей тела КВМ на оси выброса массы, rb-радиус кривизны границы тела КВМ на его оси. Оказалось, что этот параметр с ростом R уменьшается. Полученная зависимость была сопоставлена с зависимостью $\Delta R/rb(Ma(R))$ (Ma-альфвеновское число Maxa). Сравнение $\Delta R/rb(R)$, полученных двумя способами, позволяет сделать вывод, что, по крайней мере, на расстоянии R>10Ro (Ro - радиус Солнца) ударные волны, связанные с телом КВМ, являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня.



Рис. 10. Зависимость ΔR (определенная в радиусах Солнца Rs) от расстояния до центра Солнца (в качестве такого расстояния взято положение границы тела КВМ RCME). За начало отсчета для всех событий выбран момент начала связанной с КВМ вспышки.
Имеется две группы КВМ с разным характером изменения ΔR от RCME. Первая группа точек отмечена кругами. Красная линия – линия регрессии для этих точек. Вторая группа – крестики с линией регрессии, показанной черной прямой.

Основные публикации:

1.Файнштейн В.Г., Егоров Я.И. Пространственные распределения трехмерных характеристик квм типа гало и связанных ударных волн по данным LASCO. Сборник трудов конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014», Санкт-Петербург, Пулково, 20 – 24 октября. С. 435-438.

Распространение нелинейных медленных магнитозвуковых волн в корональных плазменных структурах

Рассмотрена динамика продольных волн в корональных перьевых структурах с учетом диссипации, нелинейности, магнитной природы волн и волноводного характера их распространения (рис. 11). Выведено эволюционное уравнение типа Бюргерса, описывающее распространение слабонелинейных медленных магнитозвуковых волн в однородных тонких магнитоплазменных трубках. Получены задержка в образовании ударных фронтов в профиле трубочной волны, а также более интенсивное затухание трубочной волны в сравнении со звуковыми волнами. Оба полученных эффекта существенны для случая $\beta \sim 1$ и $\beta > 1$; напротив, при $\beta <<1$ эволюция трубочной волны слабо отличается от эволюции звуковых волн. Таким образом, для анализа продольных волн в нижней части корональных перьев и магнитных веерных структурах с температурой плазмы ~ 1 МК могут использоваться модели, развитые для слабонелинейных звуковых волн. С другой стороны, полученные эффекты важны для анализа эволюции продольных волн в горячих вспышечных петлях, магнитных веерных структурах, заполненных горячей плотной плазмой (> 6 MK), корональных перьях с $\beta \sim 1$ (выше в короне).



Рис. 11. Изменение амплитуды волны. Различные кривые соответствуют разным значениям магнитного поля в трубке, т.е. различным значениям плазменного параметра

β. Пунктирная, штриховая, штрих-пунктирная, 2-штрих-пунктирная и 3-штрихпунктирная линии соответствуют значениям альфвеновской скорости VA= 866, 433, 130, 87 и 43 км/с. Значение кинематической вязкости 2.4×1014 см2/с. Сплошная линия соответствует случаю бесконечно сильного магнитного поля, т.е. обычным звуковым волнам.

Основные публикации:

1.Afanasyev A.N., Nakariakov V.M. Nonlinear slow magnetoacoustic waves in coronal plasma structures. Astronomy and Astrophysics. 2014, accepted.

Необычное магнитное облако, вызвавшее геомагнитный шторм

Исследованы причины геомагнитной бури 20 ноября 2003 с Dst = -422 nT, одной из самых интенсивных в истории. Супербуря была вызвана умеренным солнечным эруптивным событием 18 ноября 2003, всесторонне изученным в наших предыдущих исследованиях. Был выявлен ряд необычных и чрезвычайно сложных особенностей, которые предположительно привели к формированию изолированной правовинтовой магнитной конфигурации. В последующем исследовании мы проанализировали межпланетное возмущение, ответственное за супербурю 20 ноября, сравнили некоторые его свойства с экстремальным событием 28-29 октября и установили компактный размер магнитного облака (МО) и его изолированность от Солнца. Скорее всего, МО имело конфигурацию сферомака и расширялось в узком угле ≤ 14°. Очень сильное магнитное поле в МО до 56 нТ было обусловлено необычно слабым расширением изолированного сферомака в среде повышенной плотности, образованной хвостами предшествовавших межпланетных выбросов корональной массы. Дополнительными обстоятельствами, благоприятствовавшими супербуре, были: 1) точное попадание сферомака по магнитосфере Земли и 2) почти точно южная ориентация магнитного поля, соответствовавшая начальной ориентации в области его вероятного источника вблизи центра солнечного диска.

Основные публикации:

V.V. Grechnev, A.M. Uralov, I.M. Chertok, A.V. Belov, B.P. Filippov, V.A. Slemzin, B.V. Jackson. A Challenging Solar Eruptive Event of 18 November 2003 and the Causes of

the 20 November Geomagnetic Superstorm. IV. Unusual Magnetic Cloud and Overall Scenario. Solar Physics, 2014, том 289, вып. 12, стр. 4653-4673. DOI: 10.1007/s11207-014-0596-5.

Разработка основ для ранней диагностики геоэффективности солнечных эруптивных событий

Разработан метод ранней диагностики геоэффективности корональных выбросов (CMEs) по количественным параметрам сопровождающих их УФ диммингов и аркад. Проанализированы события 23-его солнечного цикла, в которых сильные нерекуррентные геомагнитные бури (ГМБ) с Dst < -100 нТл достаточно надежно отождествлены с источниками в центральной зоне диска. По изображениям SOHO/ЕІТ в канале 195Å и магнитограммам MDI выделены существенные площадки диммингов и аркад и вычислены их суммарные магнитные потоки на уровне фотосферы. Высокая информативность этого эруптивного параметра выявлена по его отчетливой корреляции с величиной Форбуш-понижений, которая, в отличие от ГМБ, не зависит от знака Вz-компоненты и определяется глобальными характеристиками ICMEs. Обнаружена корреляция этого магнитного потока в источнике эрупции и с интенсивностью ГМБ (как первый шаг, без учета факторов, определяющих Bzкомпоненту вблизи Земли), а также с временными интервалами между солнечной эрупцией и началом и пиком ГМБ. Чем больше магнитный поток, тем интенсивнее ФП и ГМБ, и тем короче транзитное время ICMEs. Обнаруженные корреляции указывают на то, что основные количественные характеристики сильных нерекуррентных возмущений космической погоды в значительной степени определяются измеряемыми параметрами солнечных эрупций, в частности, магнитным потоком диммингов и аркад, и могут уже сейчас оцениваться с заблаговременностью от 1 до 4 суток. Для интенсивности ГМБ установленные зависимости пока позволяют оценивать вероятную величину, которую можно ожидать при условии, что Вz-компонента будет отрицательной.

Основные публикации:

1.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 Physics, 2013, 282, 175-199.

Связь между магнитным потоком КВМ и Ар индексом геомагнитной бури

Солнечные корональные выбросы (КВМ) – главные источники наиболее мощных нерекуррентных геомагнитных бурь. В крайнем ультрафиолетовом излучении КВМ сопровождаются яркими постэруптивными аркадами и тёмными диммингами. Анализ событий 23-го солнечного цикла показал, что суммарный беззнаковый магнитный поток Φ в областях аркад и диммингов на уровне фотосферы значимо связан с интенсивностью геомагнитных бурь, описываемой индексом Dst. Этот факт даёт основание для наиболее ранней диагностики геоэффективности солнечных эрупций. В настоящей статье на основе того же набора данных показано наличие значимой корреляции также между эруптивным магнитным потоком Φ и другим геомагнитным индексом Ар. При нарастании магнитного потока от нескольких десятков до ≈ 500 (в единицах 1020 Масквелл) интенсивность геомагнитной бури, измеряемая трёхчасовым Ар-индексом, увеличивается, в среднем, от Ар ≈ 50 до формального верхнего предела 400 (в единицах 2 нТ). Установленное соотношение показывает, что реальная величина

Ар-индекса не ограничена и во время наиболее сильных магнитных бурь может значительно превосходить 400.

Основные публикации:

1.I. M. Chertok, M. A. Abunina, A. A. Abunin, A. V. Belov, V. V. Grechnev. Relationship Between the Magnetic Flux of Solar Eruptions and the Ap Index of Geomagnetic Storms. Solar Physics, DOI 10.1007/s11207-014-0618-3.

Междисциплинарный подход в изучении солнечно-земных связей

Показано, что изучение причин и характера изменчивости солнечно-земных связей (определяющих состояние среды обитания и деятельности человечества, использования современных наземных и орбитальных технологий) находится на поисковой стадии. Для объяснения их механизмов, энергетики, пространственновременных особенностей их проявления необходимо учитывать все исходные (внешние) факторы - наряду с традиционно ранее учитываемыми солнечной активностью (излучение, выбросы массы и солнечного ветра) и потоков ГКЛ учитывать ещё и эндогенную активность Земли, обусловленную гравитационным воздействием на неё со стороны Солнца и планет Солнечной системы, даже воздействий на последнюю в целом извне.

Основные публикации:

1.Смольков Г.Я. О системном и мультидисциплинарном в изучении солнечноземных связей // Вопросы естествознания. Иркутск: ИрГУПС, 2014. Т. 1, № 2. С. 56–66.

2.4. Развитие оптических и радиофизических методов в области астероиднокометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства

Совершенствование методов получения и анализа траекторных и фотометрических измерений малоразмерных космических аппаратов и космического мусора

Экспериментальная отработка усовершенствованной методики траекторных измерений некаталогизированных высокоорбитальных космических объектов

Техническое и программное обеспечение звездных телескопов Саянской обсерватории на протяжении многих солнечной лет разрабатывается И совершенствуется с учетом специфики наблюдения и сопровождения околоземных космических объектов. В текущем году продолжено совершенствование методики траекторных измерений и программного обеспечения в части наблюдений некаталогизированных высокоорбитальных космических объектов. Методика состоит из: 1) обработки полученных изображений с целью определения координат и блеска космического объекта; 2) идентификации измерений с использованием каталога космических объектов; 3) получения предварительных орбитальных параметров для неидентифицированного объекта; 4) прогноза движения неидентифицированного объекта и получения дополнительных серий измерений для прогноза движения на следующие витки. В текущем году с применением разработанной методики были получены измерения по 26 некаталогизированным объектам. По всем объектам был получен набор измерений, достаточный для обнаружения на следующих витках, в том числе, и для работы по этим объектам других наблюдательных пунктов. Более 70% некаталогизированных объектов имеют блеск слабее 15 звездной величины, что указывает на их малые размеры (рис. 12).



Рис. 12. Распределение некаталогизированных объектов по блеску.

Применение усовершенствованной методики траекторных измерений данного типа космических объектов позволило эффективнее получать необходимый набор информации об их орбитах.

Создание каталога фотометрических характеристик космических аппаратов и космического мусора

Начиная с 2011 года на телескопе АЗТ-ЗЗИК Саянской солнечной обсерватории Института проводятся регулярные многоцветные фотометрические наблюдения искусственных космических объектов. Полученный за эти годы наблюдательный материал позволил начать работу над созданием каталога фотометрических характеристик, который к настоящему времени содержит фотометрические данные по 184 объектам, включая малоразмерный космический мусор, а также работающие и вышедшие из эксплуатации космические аппараты на различных орбитах, в том числе:

- геостационарные (Экспрессы, Электро-Л, Ямалы);
- средневысотные (Глонассы, Навстары);
- низкорбитальные (Вестфорды, Гонцы).

Каталог сформирован в виде электронных таблиц Excel, состоящих из нескольких уровней с использованием гиперссылок, позволяющих переходить с одного уровня на другой. Главная страница каталога содержит список всех наблюдавшихся объектов и их основные фотометрические характеристики: средний блеск по разным сериям наблюдений, показатели цвета (в случае, если объект наблюдался в разных фильтрах), переменность блеска (при наличии переменности в столбце указывается амплитуда изменений, при отсутствии – const), при наличии периодичности изменений блеска – период вращения объекта относительно центра масс.

Фрагмент главной страницы каталога для КА орбитальной группировки Глонасс представлен на рис. 13.

		Глонассы					-	
	NORAD	№ межд.	V cp	B-V	V-R	Переменность	Период	Примечание
Cosmos 2382	26987	2001-053A	12.2		Ĩ	2.5 mag	40.6 c	выведен из систе
Cosmos 2394	27617	2002-060A	12.5			2 mag	207.4 с	выведен из систе
Cosmos 2395	27619	2002-060C	12			2 mag	146.5 c	выведен из систе
Cosmos 2402	28113	2003-056B	13.2		2	3.5 mag	79.95c	выведен из систе
Cosmos 2413	28508	2004-053A	13.5			3 mag	159 c	Орбитальный ре:
Cosmos 2418	28916	2005-050B	11.5-12.5			2 mag	318 c	выведен из систе
Cosmos 2425	29670	2006-062A	11.6		8	const	нет	Используется по
Cosmos 2424	29672	2006-062C	9.6		8	const	нет	Используется по
Cosmos 2431	32277	2007-052C	13.0		36 6	const	нет	выведен из систе
Cosmos 2433	32275	2007-052A	11.8-13.2			const	нет	Используется по
Cosmos 2436	32395	2007-065C	9.5-12.5		2	const	нет	Используется по
Cosmos 2443	33379	2008-046B	12.5	0.98	0.68	const	нет	на исслед. Гл. коис
Cosmos 2447	33466	2008-067A	11.2	1.1	0.6	const	нет	на исслед. Гл. конс
Cosmos 2449	33467	2008-067B	11	1.15	0.65	const	нет	Используется по
Cosmos 2456	36111	2009-070A	10.5-13.0	1.27	0.64	const	нет	Используется по
Cosmos 2458	36113	2009-070C	12.2	-	8	const	нет	Используется по
Cosmos 2459	36400	2010-007A	10.5-12.0	0.98	0.71	const	нет	Используется по
Cosmos 2460	36402	2010-007C	11.0-13.0			const	нет	Используется по
Cosmos 2471	37372	2011-009A	13.6			const	нет	Испытания
Cosmos2485	39155	2013-019A	11.3-13.0			const	нет	Используется по

Рис. 13. Фрагмент главной страницы каталога фотометрических характеристик для КА орбитальной группировки Глонасс.

Идентификатор объекта содержит гипрессылку, по которой можно перейти к таблицам второго уровня, содержащим даты наблюдений данного объекта и режимы наблюдений (используемые фильтры, количество серий измерений, тип полученной информации – кривые блеска, фазовые кривые, показатели цвета). Отсюда осуществляется переход к таблицам, содержащим конкретную информацию по объекту за выбранную дату. На рис. 14 представлен фрагмент таблицы, содержащей позиционные характеристики (прямое восхождение, склонение, фазовый угол) и кривую блеска объекта № 90121 с большим отношением площади к массе.



Рис. 14. Фрагмент таблицы с позиционными и фотометрическими характеристиками, и кривая блеска объекта № 90121.

Со второго уровня можно также перейти на страницу, где собраны все имеющиеся кривые блеска для данного объекта, позволяющие проследить поведение объекта при различных условиях освещенности и динамику изменения основных характеристик с течением времени (рис. 15).



Рис. 15. Кривые блеска объекта № 90121 за различные даты наблюдений.

Данные, собранные в каталоге, предполагается использовать для решения ряда различных задач в области отождествления объектов, распознавании аварийных ситуаций, исследовании проблем космического мусора.

Исследование качества ночных астрономических изображений, получаемых в Саянской солнечной обсерватории, с использованием прибора ДИММ

В 2014 г. были продолжены исследования качества ночных изображений в Саянской солнечной обсерватории. Для этого были получены серии измерений с помощью прибора DIMM (differential image motion monitor) в различные периоды года. В зимне-весенний период с 4 января по 5 мая 2014 г. всего было получено 44 серии ночных измерений. На рис. 16 а-в приведены гистограммы измеренных значений seeing за разные периоды времени.





Полученные распределения свидетельствуют о том, что в 2014 году зимние месяцы не отличались хорошим качеством ночных изображений (рис. 16б), наиболее

часто встречающиеся значения seeing были вблизи 2 угл. секунд (медианное значение за 2 зимних месяца 2.1"). Весенние месяцы показали гораздо лучший результат – мода распределений находится вблизи 1 угл. секунды (рис. 16в), а медианное значение seeing за все весенние месяцы – 1.38". Наилучшее качество изображений наблюдалось в апреле 2014 г. с медианным значением seeing – 0.95".

Разработка и экспериментальная отработка методов мониторинга околоземного космического пространства в области низких орбит радио и оптическими средствами

Описание аппаратно-программного комплекса и разработанных алгоритмов взаимодействия радио- и оптических средств

В продолжение работ по мониторингу низкоорбитальных космических объектов на средствах радио - оптического комплекса, включающего Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР, обсерватория ОРДА) и оптический телескоп АЗТ-ЗЗИК (Саянская солнечная обсерватория, ССО), была разработана аппаратнопрограммная инфраструктура, состоящая из центрального комплекса управления и обработки данных (ЦУО), расположенного в ИСЗФ СО РАН, комплексов в составе каждого наблюдательного пункта (агентов взаимодействия) и линий связи (рис. 17).



Рис. 17. Структура радиооптического комплекса.

Реализованы два основных режима наблюдений космических объектов (КО):

• Работа по целеуказаниям. Для объектов с известной заданной траекторией движения пункты ОРДА и ССО производят независимые измерения на доступном для них участке орбиты КО.

• Обнаружение и сопровождение КО. ИРНР производит первичное обнаружение КО в процессе сканирования своего сектора наблюдения (30°х10°). Далее ИРНР продолжает его измерение вплоть до выхода из сектора, при этом получаемые данные о положении КО в режиме реального времени передаются в ССО для оперативного наведения оптического телескопа (рис. 18).



Рис. 18. Процесс оперативного наведения оптического телескопа АЗТ-ЗЗИК по данным ИРНР (Вид сверху. Серая тонкая линия – траектория пролета КО, серый четырехугольник – проекция сектора обзора радара на высоте КО для НП ССО, синие квадраты – данные измерений радара, красная линия – траектория движения оптического телескопа, начинающего движение от красной точки).

В каждом режиме проведены несколько сеансов наблюдений низкоорбитальных КО (с высотами 1000-2000 км). В некоторых сеансах в режиме обнаружения и сопровождения КО дополнительно проводилось оперативное определение элементов орбиты КО (по данным оптических измерений) с целью прогноза видимой траектории пролета на следующем витке. Экспериментально показано, что достигнутая точность измерений, как правило, позволяет на следующем витке успешно обнаруживать КО в поле зрения широкоугольной оптической системы телескопа АЗТ-ЗЗИК (2° x 1.5°).

Основные публикации:

1. Klunko, E., M. Eselevich, V. Tergoev, V. Goryashin, V. Khakhinov, A. Medvedev, V. Lebedev, D. Kushnarev, A. Podlesny, Coordinated observations of low Earth orbit objects with radio and optical facilities of ISTP SB RAS, 40th COSPAR Scientific Assembly 2014, 2-10 August 2014, Moscow, Space Debris - Responding to a Dynamic Environment, PEDAS.1-0042-14.

2. Горяшин В.Е., Еселевич М.В., Клунко Е.В., Кушнарев Д.С., Лебедев В.П., Медведев В.В., Тергоев В.И., Хахинов В.В. Радиооптический комплекс ИСЗФ СО РАН для мониторинга околоземного космического пространства, научно-техническая конференция ОАО «МАК «Вымпел», 30 октября 2014 г., Москва.

Экспериментальные исследования потенциально опасных объектов в солнечной системе

Проведение позиционных и фотометрических измерений астероидов, в том числе сближающихся с Землей, получение и исследования кривых блеска выбранных астероидов для определения их периода вращения, формы и двойственности этих объектов В 2014 г. в Саянской солнечной обсерватории проводились позиционные и фотометрические измерения астероидов, сближающихся с Землей. Данные наблюдений были опубликованы на сайте MPC (Центр малых планет).

Были проведены фотометрические наблюдения, потенциально опасного астероида 275677 во время его сближения с Землей. По данным измерений определен период вращения астероида вокруг его центра масс, равный 0.18503 суткам, и найдена кривая блеска астероида. По виду кривой блеска астероида была построена модель, при вращении которой переменная составляющая отраженного излучения за один оборот совпадает с переменной составляющей кривой блеска астероида. В процессе моделирования был определен диапазон возможных направлений оси вращения астероида. На рис. 19 изображены кривые блеска астероида и модели, а также форма модели астероида. Показано, что астероид представляет собой несколько искаженный эллипсоид с двумя большими кавернами.





Основные публикации:

1. Караваев Ю.С. Наблюдение и моделирование формы потенциально опасного астероида 275677 // Астрономический вестник (в печати).

Разработка и исследование специализированных узлов и систем широкоугольного телескопа A3T-33BM

Совершенствование системы прецизионного привода телескопа A3T-33BM на базе шагового двигателя

Разработан и изготовлен экспериментальный образец прецизионного шагового сервопривода для астрономического телескопа A3T-33BM. Сервопривод на базе шагового двигателя объединяет достоинства шагового двигателя и серводвигателя. Благодаря наличию обратной связи имеется возможность подобрать таблицу токов в фазах шагового двигателя учитывающих индивидуальные особенности этого двигателя. Имеется также возможность автоматической коррекции таблицы фазовых токов в процессе работы шагового двигателя в режиме микрошагов.

Возможности разработанного сервопривода:

- управление по протоколу TCP IP, по каналу Ethernet;
- реализованы режимы управления угловой позицией, скоростью, моментом;
- в базовой прошивке доступен режим плавного разгона/торможения;
- точность позиционирования лучше 20 угловых секунд на валу двигателя;
- привод имеет встроенную защиту от короткого замыкания, перегрева;

• реализована защита от потери канала связи (двигатель плавно останавливается);

• реализована функция самодиагностики, которая позволяет определить неисправность и текущую температуру силовых ключей;

• реализована адаптивная система управления фазными токами обмоток двигателя по заранее подобранной таблице для конкретного двигателя и параметров нагрузки, что позволяет оптимизировать рабочие характеристики привода для решения каждой конкретной задачи;

• в сервоприводе реализован отладочный режим, позволяющий следить за работой привода в реальном времени, получать информацию о текущих токах в обмотках двигателя, положении вала двигателя, моментах переключения фаз и т.д. Это позволяет контролировать качество работы привода, равномерность движения, эффективность обратной связи, наличие неисправностей. При помощи специального программного обеспечения диагностическая информация выводится в виде графиков на экран компьютера.

Разработанный привод имеет следующие преимущества по сравнению с имеющимися системами:

- увеличена плавность хода;
- увеличена максимальная скорость вращения;
- увеличен момент за счет повышения входного напряжения (увеличен форсаж);
- расширен рабочий диапазон скоростей.

Главное улучшение связано с повышением плавности движения в микрошаговом режиме, что является критически важным для точных астрономических измерений. На рис. 20 представлены результаты тестовых испытаний привода на телескопе АЗТ-ЗЗИК с двигателем ДШР-130. По результатам тестов новый привод дает отклонения от равномерного движения в 2-3 раза меньшие, чем имеющийся привод. Среднеквадратические значения этих отклонений не превышают 0.1 угл. секунды в пересчете к оси телескопа.



Рис. 20. Отклонения от равномерного движения привода телескопа, измеренные датчиком положения телескопа (черная кривая) и датчиком, установленным на валу двигателя (красная кривая). Отклонения в угл. секундах пересчитаны к часовой оси телескопа. Приведены данные, полученные с имеющимся приводом (слева) и с вновь разработанным (справа).

2.5. Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей

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 планстарной системы жесткостей геомагнитного обрезания в период гигантских возмущений солнечного ветра (CB) в октябре и ноябре 2003 г., которые явились причиной сильных магнитных бурь на Земле. Период с октября по ноябрь 2003 г. оказался богатым по числу и мощности событий, зарегистрированных наземными детекторами КЛ. Форбуш-понижение 29 октября и геомагнитный эффект 20 ноября 2003 г. являются самыми большими для всей истории наземных наблюдений КЛ. 29 октября Земля находилась в области с усиленной напряженностью ММП, что послужило гигантского форбуш-эффекта. Повышенные значения причиной амплитуд двунаправленной анизотропии указывают на прохождение коронального выброса массы (КВМ) с петлеобразной структурой ММП. В результате вспышек на Солнце в середине ноября в межпланетном пространстве образовалось магнитное облако в виде сферомака, не связанного с Солнцем, в которое попала Земля 20 ноября. Рассмотрено проявление таких разных структур ММП в конце октября и 20 ноября 2003 г. в поведении интенсивности КЛ на орбите Земли. В результате исследований показано:

– Наблюдаемая высокая степень анизотропии в угловом распределении КЛ в периоды форбуш-эффектов в октябре–ноябре 2003 г., изменчивость ее фазы свидетельствует, во-первых, о выносе магнитных облаков и во-вторых, о высокой степени регулярности ММП в этих структурах, а наличие двунаправленной анизотропии говорит о петлеобразной структуре ММП в период события 29 октября 2003 г.

– Спектры вариаций в событии 20-21 ноября 2003 г., когда Земля попала в магнитное облако в виде сферомака, значительно мягче спектров вариаций в период события 29 октября 2003 г. (рис. 21, таблица 1).

– Амплитуда вариаций КЛ с жесткостью 4 ГВ хорошо коррелирует с показателем (□) спектра вариаций при аппроксимации спектра степенной функцией от жесткости частиц в диапазоне жесткостей от 10 до 50 ГВ (рис. 22).

– Изменения пороговой жесткости геомагнитного обрезания 29 октября 2003 г. не коррелируют с Dst-индексом, в то время как 20-21 ноября наблюдается высокая степень корреляции между этими величинами, а максимум понижения пороговой жесткости геомагнитного обрезания произошел на 2 часа позднее максимального понижения интенсивности КЛ на орбите Земли (рис. 23).

Период	γ (жесткостной диапазон 10–50 ГВ)						
	Фаза спада	Фаза	Фаза				
		Минимума	восстановления				
29.10.2003	-0.70	-0.83	-0.72				
20.11.2003	-0.82	-0.93	-0.80				



_



Рис. 21. Спектры вариаций КЛ.



Рис. 22. Временной ход амплитуд вариаций КЛ с жесткостью 4 ГВ и показателя (□) спектра вариаций при аппроксимации спектра степенной функцией от жесткости частиц в диапазоне жесткостей от 10 до 50 ГВ.


Рис. 23. Изменения пороговой жесткости геомагнитного обрезания в пункте с пороговой жесткостью 4 ГВ.

Основные публикации:

1. Сдобнов В.Е. Особенности модуляции космических лучей в октябре – ноябре 2003 г// 33-я Всероссийская конференция по космическим лучам. 11-15 августа 2014г., Дубна. Тезисы докладов. С.26.

Рассчитаны дифференциальные жесткостные спектры и спектры вариаций КЛ в периоды GLE 11 и 15 июня 1991 г. (GLE51 и GLE52). Поведение двунаправленной анизотропии КЛ в эти периоды указывает на то, что Земля находилась внутри КВМ с петлеобразной структурой ММП. Максимальная жесткость, до которой произошло ускорение протонов, составила ~ 2.8 ГВ в 06:00 UT 11 июня 1991 г. спустя два часа после GLE. Максимальная жесткость, до которой произошло ускорение аксимальная жесткость, до которой произошло ускорение СДЕ. Максимальная жесткость, до которой произошло ускорение СДЕ. Максимальная жесткость, до которой произошло ускорение Протонов 15 июня, составила ~ 5 - 6 ГВ в 10:00 UT (рис. 24, 25).



Рис. 24. Дифференциальные жесткостные спектры КЛ в отдельные моменты времени GLE 11.06.1991, 15.06.1991 г.: сплошная кривая – результаты расчетов в указанные моменты времени, треугольники – данные наблюдений; штриховая кривая – расчетный фоновый спектр, точки – данные наблюдений.



Рис. 25. Спектры вариаций первичных КЛ 11 и 15 июня 1991 г.

Основные публикации:

1. М.В. Кравцова, В.Е. Сдобнов Спектры вариаций и анизотропия космических лучей в период GLE 11 июня 1991 г. // 33-я Всероссийская конференция по космическим лучам. 11-15 августа 2014г., Дубна. Тезисы докладов. С.59.

Рассмотрено движение протонов с энергиями до 10 ГэВ, эжектированных из сферы и в дальнейшем движущихся в спиральном магнитном поле Паркера – поле гелиосферы. Основной результат работы состоит в том, что частицы, эжектированные радиально из сферы, вне которой имеется поле Паркера, разделяются полем на две группы, которые имеют разные знаки зарядов. Одна группа частиц, удаляясь от оси симметрии поля, совершает движение в экваториальной плоскости (рис. 26), другая – представляет собой тонкий луч из частиц, перемещающихся вдоль оси симметрии поля (рис. 27). Таким образом, при эжекции частиц из сферы, вне которой имеется поле Паркера любой полярности, в итоге мы увидим вне сферы картину, состоящую из двух основных деталей: 1) два луча из частиц одного знака, которые разлетаются в разные стороны от сферы вдоль оси симметрии поля; 2) диск, перпендикулярный оси симметрии поля, образованный частицами противоположного знака, которые движутся вдоль диска, удаляясь от оси.

Можно высказать предположение о том, что эти специфические фокусирующие свойства поля Паркера могут оказаться полезными для понимания процесса формирования так называемых аккреционных дисков и релятивистских джетов, наблюдаемых в областях космической среды, в которых происходят взрывообразные явления (гамма-всплески, барстеры, квазары, активные процессы в ядрах галактик (AGN) и т.п.).



Рис. 26. Траектории протонов с энергией 5 ГэВ для положительной полярности магнитного поля, эжектированных из сферы (изображена пунктиром) с начальными расстояниями от оси вращения звезды *z* χ₀ = 0.01, 0.1, 0.3, 0.5,0.7, указанными около кривых. Частицы вылетают из сферы, затем, дрейфуя по дуге, попадают в экваториальную плоскость и далее дрейфуют вдоль этой плоскости, удаляясь от оси z. Параметр α, равный отношению радиуса гелиосферы к радиусу сферы, из которой эжектируются частицы, имеет величину 100.



Рис. 27. Траектории протонов с энергиями 1.2, 1.5 и 5 ГэВ для отрицательной полярности магнитного поля, эжектированных из сферы с начальным расстояниям от оси $z \chi_0 = 0.5$. Координаты по осям приведены в логарифмическом масштабе. Частицы вылетают из сферы, затем, дрейфуют к оси *z* и далее движутся вдоль этой оси, удаляясь

от экваториальной плоскости. Совокупность точек, принадлежащих координатам ведущих центров частиц, аппроксимирована графиком функции $z = Const r^2$, которая показана на рисунке сплошной линией. Параметр α , равный отношению радиуса гелиосферы к радиусу сферы, из которой эжектируются частицы, имеет величину 100.

Основные публикации:

1. Г.Н. Кичигин Магнитное поле Паркера и релятивистские джеты.// ЖЭТФ, 2014, том 146, вып. 10, стр. 747.

2. Г.Н. Кичигин. Фокусирующие свойства магнитного поля Паркера // 33-я Всероссийская конференция по космическим лучам. 11-15 августа 2014г., Дубна. Тезисы докладов. С.75.

Установлено, что в магнитной структуре активных областей Солнца происходит нарастание содержания примесных элементов с низким значением величины первого потенциала ионизации (FIP) (в течение суток содержание таких элементов удваивается и в конце жизни активной области может достигать $\zeta \sim 9$ -10) (Содержание high-FIP элементов остается на фотосферном уровне). В результате активных процессов (например, вспышек) магнитное поле области может приобрести открытый характер и примесные элементы будут способны выходить в солнечный ветер.

Основные публикации:

1. A.Borovik, D.Myachin, V.Tomozov Spotless solar flares: observations and comparative analysis. // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather, Inner Mongolia, China, Aug. 25-29, 2014, P.11.

Установлено, что в импульсных событиях происходит существенное увеличение содержаний ионов Ne, Mg, Si и Fe по отношению к ⁴He, C, N и O, что, несомненно, связано с FIP эффектом. По данным наблюдений на хромосферном телескопе Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН установлено, взаимодействие структурных образований различных масштабов (ячеек что супергрануляции и более крупных) перед внепятенной вспышкой 16 марта 1981 г. привело к генерации сдвиговых движений в активной области вблизи линии раздела полярности (ЛПР) и образованию вихревой структуры (рис. 28). В этом событии вихревые движения вещества в фотосфере перед вспышкой привели к локальным усилениям магнитного поля вдоль ЛРП и, как следствие, к накоплению избытка непотенциальной энергии магнитной конфигурации в нижней короне и образованию токового слоя. Изменение и усложнение магнитных полей сдвиговыми движениями вещества фотосферы вместе с системой генерируемых вихрей привели магнитную структуру в неравновесное состояние, к вспышке и выбросу волокна.



Рис. 28. Схема развития солнечной вспышки 16 марта 1981 г. (момент выброса волокна).

Основные публикации:

1. А.В. Боровик, Д.Ю. Мячин, В.М. Томозов Наблюдения внепятенных солнечных вспышек в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и их интерпретация. // Известия Иркутского государственного университета, том 7, серия: науки о Земле, 2014, С. 23-45

Данные наблюдений интенсивности космических лучей станций Саянского спектрографа представляются on-line на сайте 84.237.21.4 в виде графиков и текстовых файлов, хранятся на ftp-сервере и в базе данных в ИСЗФ СО РАН, обновляются в международной базе данных nmdb.eu, а также представлены в Мировой центр данных по солнечно-земной физике (МЦД по СЗФ).

Основные публикации:

- 1. http://cgm.iszf.irk.ru/irkt/main.htm
- 2. http://www.ysn.ru/ipm
- 3. http://193.232.24.200/nvbk/main.htm
- 4. http://cr0.izmiran.rssi.ru/common/links.htm
- 5. http://www.wdcb.ru/stp/cat4COS_r.html

3. Исследования в области физики околоземного космического пространства

Научные исследования выполнялись в отделе 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». Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Медведев.

1.1.2. Проект II.12.2.2 «Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли». Руководитель проекта – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

1.1.3. Проект II.12.2.3 «Исследование динамических процессов в магнитосфере и высокоширотной ионосфере Земли методом обратного рассеяния радиоволн коротковолнового диапазона». 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. Руководитель проекта – чл.-корр. 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). Руководитель проекта – чл.-корр. 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 – академик Е.А. Мареев). 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.

2.1. 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 – академик Г.А. Жеребцов).

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

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

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

2.1.4. Проект II.16.1.4 «Исследование и мониторинг магнитосферноионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов». Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

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

2.3. 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». Руководитель проекта – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

2.4. 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). Руководитель проекта – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев.

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

2.6. 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 – академик В.В. Адушкин). Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2.7. 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 – академик В.В. Адушкин). Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

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

2.9. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН № 11 «Литосфероионосферные взаимодействия в Байкальской рифтовой системе» (координатор – академик Г.А. Жеребцов).

2.10. Проект № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственновременных 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 – академик Н.П. Лаверов). Руководитель проекта – академик Г.А. Жеребцов.

2.11. 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 – академик В.М. Котляков, академик Г.С. Голицын, академик Ю.А. Израэль). Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.А. Коваленко.

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

2.13. 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). Руководитель проекта – академик Г.А. Жеребцов.

Также выполнялись работы по Федеральным целевым программам.

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

• «Оперативная диагностика ионосферы с использованием действующих макетов когерентного КВ радара и однопозиционного (моностатического) ЛЧМ ионозонда; апробация полуэмпирической прогностической модели ионосферы»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

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.

В 2014 г. выполнялось 22 гранта РФФИ:

1 экспедиционный грант и 21 инициативных гранта по отделу РФФИ наук о Земле, включая 1 молодежный грант, 1 грант по согласшению РФФИ с Иркутской областью и 4 гранта по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями:

1. 12-02-00031-а «Исследование источников магнитосферных МГД-колебаний в неоднородных моделях среды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.

2. 12-05-00024-а «Исследование физики и морфологии различных типов среднеширотных сияний в Азиатском регионе»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Михалев.

3. 12-05-00121-а «Пространственная структура компрессионных геомагнитных пульсаций в земной магнитосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климушкин.

4. 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.

5. 13-05-91159-ГФЕН_а «Особенности реакции ионосферы Восточно-Азиатского региона на геомагнитные возмущения»; научный руководитель – академик Г.А. Жеребцов.

6. 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.

7. 13-05-00529-а «Волновое воздействие солнечного ветра на магнитосферу Земли», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

8. 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.

9. 13-05-00292-а «Исследование механизмов генерации межсуточных вариаций параметров»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Б.Г. Шпынев.

10. 13-05-00456-а «Исследования геофизических и радиофизических эффектов работы бортового двигателя космического аппарата»; научный руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Хахинов.

11. 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.

12. 13-05-92219-Монг-а «Новые источники энергии возмущенной магнитосферы Земли и космической погоды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.

13. 14-05-10005_к «Научный проект по проведению комплексной экспедиции по исследованию ионосферных возмущений в Азиатском регионе России»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Б.Г. Шпынев.

14. 14-05-00080-а «Теоретическое и численное исследование развития локализованных возмущений в устойчиво стратифицированных течениях без точек перегиба на профиле скорости»; научный руководитель – д.ф.-м.н. С.М. Чурилов.

15. 14-05-00578-а «Анализ реакции ионосферы на возмущения нейтральной атмосферы и магнитосферы на основе модели ГСМ ТИП и комплекса радиофизических инструментов ИСЗФ СО РАН»; научный руководитель – к.ф.-м.н. К.Г. Ратовский.

16. 14-05-92002-М_2013 «Исследование динамики среднеширотной ионосферы на основе радиозатменных измерений COSMIC/FORMOSAT-3, данных радара некогерентного рассеяния, ионозондов и магнитных измерений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. К.Г. Ратовский.

17. 14-05-00514-а «Исследование ионосферных неоднородностей средних масштабов, сопровождавших падение метеорита «Челябинск»; научный руководитель – к.ф.-м.н. О.И. Бернгардт.

18. 14-05-91165-М «Электрические токи в магнитосфере и ионосфере и граница полярной шапки: сравнение результатов МГД-модели PPMRL и техники инверсии магнитограмм»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.В. Мишин.

19. 14-05-00259-а «Экспериментальное исследование возмущений в ионосфере над азиатским регионом России»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

20. 14-05-31177-мол_а «Исследования электронной концентрации выше максимума ионизации на основе анализа длинных рядов данных полученных на Иркутском радаре некогерентного рассеяния»; научный руководитель – С.С. Алстакин.

21. 14-35-50802 «Исследование вариаций полного электронного содержания по данным GPS/ГЛОНАСС»; научный руководитель – к.ф.-м.н. С.В. Воейков.

22. 14-45-04088-р_сибирь_а «Исследование пространственно-временной структуры неоднородностей электромагнитного поля Байкальской рифтовой зоны»; научный руководитель – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

Выполнялись работы:

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

• Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.

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

Наблюдение ионосферных мерцаний космических радиоисточников с высоким временным разрешением

Иркутский радар НР при проведении регулярных сеансов наблюдений ионосферы в активном режиме также регистрирует сигналы от дискретных космических радиоисточников, проходящих через ДН радара. Регулярные наблюдения ионосферы на ИРНР, как правило, эксплуатируют два основных направления разнесённых на угол ~20°. В свою очередь, в каждом основном направлении наблюдения проводятся в двух близлежащих положениях диаграммы направленности (ДН) радара, отстоящих друг от друга на один градус. Зондирование ионосферы радаром происходит с частотой 24 Гц, причём переключение между основными направлениями наблюдений производится от одного цикла зондирования к другому. Радиоисточник Лебедь-А, движущийся по небесной сфере с суточным вращением Земли, проходит через сектор сканирования только одного из основных направлений наблюдения, поэтому максимально возможное временное разрешение составляет около 80 мс. Ширина ДН радара по уровню мощности 0.1 (-10 дБ от максимума) составляет около одного градуса, поэтому интервал времени, в течение которого на радаре наблюдается радиоисточник, не превышает 30 минут в сутки. Принимаемый радиосигнал оцифровывается на интервале 8 мс с частотой 100 кГц. Оцифрованный сигнал записывается в базу данных радара в квадратурах, для последующего хранения и обработки. Для исключения влияния ионосферного сигнала в последующей обработке рассеянного ИЗ развертки исключалась часть соответствующая высотам 0-500 км, оставшаяся часть развертки использовалась для определения мощности сигнала радиоисточника.



Рис. 29. Поведение индекса мерцаний Лебедь-А в зимний (серым) и в летний (черным) периоды наблюдений. Различными символами отображены два последовательных (15 мин.) интервала наблюдений.



Рис. 30. Усредненные по всем дням наблюдений спектры мерцаний Лебедь-А в летний период. Различными цветами отображены два последовательных (15 мин.) интервала наблюдений.

С использованием описанной методики при помощи ИРНР получена картина ионосферных мерцаний с высоким (80 мс) временным разрешением, что позволяет исследовать наряду с индексом мерцаний спектральную структуру мерцаний. Диапазон периодов ионосферных мерцаний, полученный в проведённых исследованиях, составляет 10 – 100 с. Мерцания характеризуются степенным характером спада спектра, с показателем -1.5 и -1.9. Наблюдаемые мерцания представляют собой существенно нестационарный процесс, характеристики мерцаний существенно отличаются как ото дня ко дню, таки и для соседних 15-минутных интервалов (рис. 29, 30).

Очевидно, что физические явления в ионосфере, способные вызывать мерцания радиоисточников, связаны с некоторыми волновыми процессами в ионосферной плазме. Внутренние гравитационные волны (ВГВ) должны быть исключены из возможных кандидатов вызывающих мерцания, поскольку наблюдаемые периоды мерцаний существенно меньше характерных периодов ВГВ. В принципе наблюдаемые периоды соответствуют диапазону акустических волн, но с учетом того, что скорость звука на высотах ионосферы составляет величину около 900 м/с, длины акустических волн должны составлять десятки и сотни километров. Такие длины волн много больше размера зоны Френеля: $\Lambda_{Fr} = \sqrt{R \cdot \lambda}$, для радиоволн метрового диапазона, в котором работает радар ($\lambda \sim 2$ м), и высот максимума электронной концентрации ионосферы ($R \sim 250 - 300$ км), размер зоны Френеля составляет 600 – 800 м. Следовательно, неоднородности, обусловленные акустическими волнами в ионосфере, не должны приводить к наблюдаемым мерцаниям. Особенно это касается низкочастотных мерцаний (0.01 Гц), которые должны иметь длину волны порядка 100 км, что на два порядка больше зоны Френеля.

По всей видимости, наблюдаемые флуктуации обусловлены дрейфом плазмы с вмороженными неоднородностями в скрещенных полях. При характерных скоростях дрейфа порядка 100 м/с, размеры неоднородностей получаются сопоставимыми с размерами зоны Френеля.

Основные публикации:

1. Васильев Р.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г. Диагностические возможности метода ионосферных мерцаний космических радиоисточников на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. І. С. 105-108.

Наблюдение Солнца в диапазоне 154-162 МГц на Иркутском радаре некогерентного рассеяния в период 2011-2013 гг.



Рис. 31. Нормированное максимальное суточное значение мощности радиоизлучения Солнца в диапазоне 154-162 МГц, ИРНР – черным, обсерватория Nansy – серым. Разрывы в наблюдениях связаны с необходимостью выполнять сеансы активных наблюдений на радаре.

Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) работает в пассивном режиме на протяжении последних трёх лет. Большая площадь апертуры 3000 м² динамический диапазон регистрирующих устройств 70 дБ наряду с возможностью широком секторе позволили превратить осуществлять обзор В радар высокочувствительный сканирующий радиотелескоп. В настоящее время на радаре, работающем в режиме радиотелескопа, ведутся непрерывные наблюдения Солнца и ряда космических радиоисточников в диапазоне частот 154-162 МГц. Следует отметить, что ИРНР является уникальным высокочувствительным устройством, расположенным таким образом, чтобы иметь возможность охватить временной диапазон наблюдения Солнца: +6.5GMT - +11.5GMT. Особенности антенны радара, обеспечивающей отклонение главного лепестка диаграммы направленности (ДН) радара на угол 0°-30° от вертикали, не позволяют организовать обзор всей небесной сферы, поэтому наблюдения Солнца на радаре возможны только в период с мая по август.

Приведены результаты наблюдения Солнца в пассивном режиме на ИРНР на протяжении 2011-2013 гг. К настоящему моменту времени составлена база данных

космических радиоисточников, наблюдаемых на ИРНР, для которых определены некоторые статистические характеристики. Эти статистические характеристики для Солнца можно нормировать на такие же статистические характеристики для другого стабильного радиоисточника и, тем самым, получить величину, которая не будет зависеть от вариаций параметров измерительного тракта. Максимальное суточное значение мощности радиоизлучения Солнца, нормированное на максимальное суточное значение мощности радиоизлучения радиоисточника Лебедь-А, для всего периода наблюдений, приведено на рис. 31.

Во время наблюдений с мая по сентябрь 2011 были выявлены рекуррентные вариации потока солнечного радиоизлучения. Значительное увеличение потока наблюдалось в течение всего дня и не было связано с мощными солнечными вспышками. Сопоставление этих событий, зарегистрированных на Иркутском радаре, с данными, полученными радиогелиографом Нанси на частоте 150.9 МГц, показали, что наблюдавшее увеличение потока не является артефактом, а связано с появлением ярких и компактных объектов с повышенной радиояркостью в солнечной атмосфере. Наблюдения, проведенные в 2012-2013 гг., дополнили число подобных событий. Одним из возможных источников такого излучения в метровом диапазоне являются шумовые бури первого типа.

Для детального исследования этого явления был создан каталог шумовых бурь первого типа, которые наблюдались в часы работы ИРНР. Для отождествления шумовых бурь мы использовали каталог солнечных событий, предоставляемый Space Weather Prediction Center (http://www.swpc.noaa.gov/). Помимо времени наблюдения шумовой бури данный каталог предоставляет информацию о диапазоне, в котором наблюдалось данное явление. Использование информации о частотном диапазоне, в котором наблюдалось событие, позволило более точно отождествить наблюдения, полученные на ИРНР с наблюдениями шумовых бурь. Всего за период наблюдений в 2011-2013 гг. частотном диапазоне ИРНР было зафиксировано 24 шумовые бури первого типа, из них на ИРНР наблюдались 12 событий. Отсутствие совпадения связано с тем, что все не зафиксированные ИРНР события произошли в те периоды времени, когда по тем или иным причинам наблюдения на ИРНР не проводились. Помимо событий, связанных с продолжительным увеличением радиояркости Солнца и отождествленных как шумовые бури, было выявлено 22 события, которые не удалось отождествить ни с какими транзиентными явлениями. Предварительный анализ солнечной активности показал, что в эти дни наблюдалась повышенная вспышечная активность, но класс солнечных вспышек не превышал М. В этом случае наиболее вероятным объяснением для зафиксированного излучения является излучение высоких корональных петель. Но данное предположение требует дальнейшего исследования.

Основные публикации:

1. Васильев Р.В., Лебедев В.П., Кушнарёв Д.С., Медведев А.В., Кашапова Л.К., Жданов Д.А. Наблюдение Солнца в диапазоне 154–162 МГц на Иркутском радаре некогерентного рассеяния в период 2011–2013 гг. // Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. IV. С. 186-189.

Проверка дисперсионных соотношений для ВГВ и восстановление среднемесячного суточного хода меридионального и зонального нейтрального ветра в верхней атмосфер на основе статистических данных о параметрах ПИВ

На основе разработанных ранее метода определения трехмерной пространственно-временной структуры перемещающихся ионосферных возмущений и автоматического метода выделения волновых возмущений проведен анализ длинных и

непрерывных рядов данных, полученных одновременно на Иркутском радаре некогерентного рассеяния и Иркутском ионозонде. Получена представительная статистика различных характеристик ПИВ, включая полный вектор скорости. На основе полученной статистики с использованием модельных значений параметров среды проведена проверка дисперсионных соотношений Буссинеска и Хайнса. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными показало, что при учете горизонтального нейтрального ветра для большинства наблюдаемых ионосферных возмущений выполняется как уравнение Буссинеска, так и уравнение Хайнса. Однако уравнения Хайнса даёт более реалистичное распределение скоростей нейтрального ветра. Впервые на основе статистических данных о параметрах ПИВ получен среднемесячный суточный ход меридионального и зонального ветра. Величины среднемесячного зонального и меридионального ветра в момент времени t определялись как минимум функционала:

$$\sum (U_x \sin(\varphi_i) + U_y \cos(\varphi_i) - U_i)^2 \to \min$$
(1)

Здесь суммирование производится по всем ПИВ наблюдавшимся во временном окне [t-2,t+2] при скорости ветра вдоль направления распространения ПИВ меньшей 300 м/с ($|U_i| <= 300$ м/с), U_x – зональный ветер, U_y – меридиональный ветер, U_i – горизонтальный ветер вдоль направления распространения ПИВ, φ_i – азимут ПИВ (отсчитывается от направления на север по часовой стрелке).

Нахождение минимума функционала сводится к решению системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} U_x \sum \sin^2(\varphi_i) + U_y \sum \sin(\varphi_i) \cos(\varphi_i) = \sum U_i \sin(\varphi_i) \\ U_x \sum \sin(\varphi_i) \cos(\varphi_i) + U_y \sum \cos^2(\varphi_i) = \sum U_i \cos(\varphi_i) \end{cases}$$
(2)

На рис. 32 приведены результаты расчётов и сравнении с моделью HWM2007 для временного интервала с 1 по 21 января 2013 года.



Рис. 32. Среднемесячный суточный ход зонального и меридионального ветров. Жирная чёрная линия – модель HWM2007, серая линия расчёты с использованием дисперсионного соотношения Хайнса, чёрная пунктирная линия - расчёты с использованием дисперсионного соотношения Буссинеска, положительная меридиональная скорость ветра направлена на юг, положительная зональная скорость ветра направлена на восток.

Как можно видеть из рис. 32 параметры нейтрального ветра удовлетворительно согласуются с данными модели HWM2007. Этот результат особенно важен тем, что в настоящее время существует очень мало способов определения зонального ветра в верхней атмосфере

Оснвные публикации:

1.Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В. Исследование проявлений внутренних гравитационных волн в ионосфере // Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. І. С. 228-235.

2.Tolstikov M. V., Medvedev A. V., Ratovsky K. G. Case Studies of Wave-Wind Interaction in Upper Atmosphere // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium (XXXI URSI GASS), Beijing, China, August 17-23 2014. GP1.34., http://dx.doi.org/10.1109/URSIGASS.2014.6929749.

Исследование планетарных волн в нижней атмосфере, наблюдавшихся в период стратосферных потеплений

С использованием спутниковых данных по температуре атмосферы, полученных зондом MLS (Microwave Limb Sounder), установленным на борту космического аппарата EOS Aura, показано, что температурные возмущения во время стратосферных потеплений являются интерференцией как минимум двух волн. Создана двухволновая интерференционная модель стратосферных потеплений. В рамках модели определены характеристики планетарных волн для потеплений 2004-2013 годов. Периоды возмущений варьируются от 5 до 45 дней, вертикальные длины волн от 20 до 150 километров. Горизонтальные волновые числа соседних точек хорошо согласованы друг с другом и плавно меняются по пространству и времени, образуя вихреобразные структуры. Для сравнения потеплений введён новый параметр – глобальная амплитуда волны – сумма амплитуд волны по всем долготам и широтам. На рис. 33 представлены глобальные амплитуды для потеплений 2004-2013 годов.



2004-2005 2005-2006 2006-2007 2007-2008 2008-2009 2009-2010 2010-2011 2011-2012 2012-2013

Рис. 33. Глобальные амплитуды для потеплений 2004-2013 годов.

Волна с направленной вниз фазовой скоростью Волна с направленной вверх фазовой скоростью

Как можно видеть из рис. 33 доминирующей является волна с направленной вниз фазовой скоростью (соответствует групповой скорости, направленной вверх). Потепление 2008-2009 гг. является наиболее мощным, а потепления 2006-2007 гг. и 2007-2008 гг. - наиболее длительными. Проведено сравнение вариаций ионосферных параметров и характеристик планетарных волн в стратосфере во время потеплений. Обнаружены корреляции между количеством перемещающихся ионосферных возмущений и температурой на 80 км, между максимальной суточной электронной концентрацией и глобальной амплитудой волны с направленной вверх фазовой скоростью, между ионной температурой и амплитудой волны с направленной вниз фазовой скоростью над Иркутском. На основе совместных измерений ионозонда и Иркутского радара некогерентного рассеяния были получены характеристики распространения ПИВ во время зимних стратосферных потеплений.

Основные публикации:

1. Medvedeva I., Medvedev A., Ratovsky K., Shcherbakov A., Tolstikov M. Comprehensive study of disturbances of the neutral atmosphere and ionosphere parameters over Eastern Siberia during major sudden stratospheric warming // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Moscow, Russia, 2-10 August 2014: Abstr. C1.1-0113-14.

2. Medvedev A., Ratovsky K., Tolstikov M. Medvedeva I. Studies of temperature disturbances of lower and middle atmosphere during stratospheric warmings $2006-2013 // 40^{\text{th}}$ COSPAR Scientific Assembly 2014. Moscow, Russia, 2-10 August 2014: Abstr. C1.1-0136-14.

3. Tolstikov M. V., Medvedev A. V., Ratovsky K. G., Medvedeva I. V. Studies of Dynamic Characteristics of Atmospheric Planetary Waves During Stratospheric Warmings 2006-2013 // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium (XXXI URSI GASS), Beijing, China, August 17-23 2014. GP1.37., http://dx.doi.org/10.1109/URSIGASS.2014.6929752

4. Толстиков М.В., Медведев А.В., Ратовский К.Г., Медведева И.В. Сравнение характеристик планетарных волн во время потеплений 2006–2013// Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. III. С. 258-261.

5. Медведева И.В., Ратовский К.Г., Медведев А.В., Толстиков М.В. Сезонная зависимость волновой активности в вариациях параметров нейтральной верхней атмосферы и ионосферы // Сборник тезисов докладов Двенадцатой всероссийской открытой ежегодной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 10-14 ноября 2014 г.

Экспериментальное и теоретическое исследование среднеширотной ветровой динамики на высотах F2-слоя ионосферы с помощью Иркутского радара некгерентного рассеяния

В рамках экспериментального исследования динамики верхней атмосферы был проведен двухлучевой эксперимент на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР).

Известно, что дрейф плазмы на ионосферных высотах формируется тремя основными категориями сил : амбиполярной диффузией, нейтральным ветром и электрическими полями:

$$V_i = V_d + V_n + V_e \tag{3}$$

При этом в средних широтах исследователи за частую пренебрегают влиянием электрических полей, пологая, что плазма в основном движется вдоль силовых линий магнитного поля.



Рис. 34. Суточный ход скорости нейтрального меридионального ветра по данным иркутского радара НР (сплошная линия) и по данным модели HWM93 (пунктирная линия) без учета влияния электрических полей (а) и с учетом влияния электрических полей (б).

Однако, анализ экспериментальных данных (рис. 34), полученных на ИРНР показал, что без учета поперечных магнитному полю движений плазмы оценка ветровой динамики приводит к значительным разногласиям с теоретическими моделями ветров, в частности с HWM.

Поскольку ИРНР позволяет проводить наблюдения одновременно на двух частотах, к примеру, 155 и 159 МГЦ, причем конфигурация диаграммы направленности радара для каждой из частот будет отличаться, мы можем разделить влияние поперечных и продольных движений на скорость дрейфа плазмы вдоль луча зрения радара. Силы, вызывающие движения заряженных частиц, вносят разный вклад в лучевые скорости, полученные на разных частотах, из-за разного угла лучей радара с магнитным полем. Эти силы можно разложить на параллельную и перпендикулярную (в направлении север-юг) составляющую к магнитному полю:

$$V_{ll} = U_{wind} \cdot CosI + U_{dif} \cdot SinI \tag{4}$$

$$V_p = U_{E \times B} , \qquad (5)$$

где *I* - угол между центром диаграммы направленности ИРНР и магнитным полем.

В параллельную компоненту, двигающую плазму вдоль магнитного поля, входят скорости под действием амбиполярной диффузии и нейтрального меридионального ветра в перпендикулярную, толкающую заряженные частицы поперек магнитного поля, скорости под действием электрических полей. Обе эти компоненты будут входить в измеряемую нами лучевую скорость на обеих частотах, но с разными проекциями:

$$V_{159} = V_{ll} \cdot \cos\alpha_{159} + V_p \cdot \cos\beta_{159} \tag{6}$$

$$V_{155} = V_{ll} \cdot \cos\alpha_{155} + V_p \cdot \cos\beta_{155}, \qquad (7)$$

где α и β - углы между компонентами скорости и центром диаграммы направленности ИРНР на соответствующих частотах.

Расчет скорости амбиполярной диффузии производился по формуле (8) с учетом данных о характеристиках нейтральной атмосферы, взятых из модели MSISE:

$$V_{d} = -\sin I \cdot D \left[\frac{\partial n_{e}}{\partial h} \cdot \frac{1}{n_{e}} + \left(\frac{1}{T_{p}} \frac{\partial T_{p}}{\partial h} + \frac{1}{H_{p}} \right) \right]$$
(8)

Решив уравнения (6)-(7) и рассчитав скорость диффузии (8), мы получили скорость нейтрального ветра, подсчитанного уже с учетом влияния электрических полей, на скорость дрейфа плазмы. Результаты показали хорошее соответствие между суточным ходом скорости нейтрального меридионального ветра и высоты максимума ионизации F2-слоя (рис. 35), который на этих высотах согласно литературе определяется в основном ветровой динамикой.

При расчете скорости дрейфа плазмы на ИРНР используется методика анализа фазы автокорреляционной функции сигнала НР, учитывающая конструктивные Иркутского радара. Калибровка получаемой лучевой особенности скорости проверялась серии специальных экспериментов по измерению скорости В низколетящих космических аппаратов с помощью ИРНР. Тем самым была подтверждена высокая надежность и точность нашей методики. Таким образом, результаты эксперимента подтверждают необходимость учета перпендикулярных магнитному полю движений даже в среднеширотной ионосфере. Однако в полученных результатах все еще имеются расхождения в модельном и экспериментальном ветрах в утренние и дневные часы. Возможно, это связано с тем, что мы не принимаем во внимание поперечные движения в направлении запад-восток.



Рис. 35. Сравнение суточного хода высоты максимума F2 слоя (черный) и нейтрального меридионального ветра (синий) зимой 2013 года.

Основные публикации:

1. Shcherbakov A.A., Medvedev A.V., Kushnarev D.S. STUDING MIDLATITUDE IONOSPHERIC WINDS DURING THE SOLAR ACTIVITY GROWTH PERIOD. International Living With Star Workshop, Russia, Irkutsk, 2013.

2. Shcherbakov A.A., Medvedev A.V., Kushnarev D.S. Study of Ionospheric Dynamics with Irkutsk Incoherent Scatter Radar. SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium, October 12 – 18, 2014, Xi'An, Shanxi, China.

3. Medvedeva I., Medvedev A., Ratovsky K., Scherbakov A. Effect of the sudden stratospheric warming on January 2013 on the neutral upper atmosphere and ionosphere over Eastern Siberia // 6th NDMC Meeting, Grainau, Bavaria, Southern Germany, 20-22 May, 2014: Book of Abstracts. P. 10.

4.Ratovsky K., Lin C., Dmitriev A., Suvorova A., Shcherbakov A., Alsatkin S., Oinats A., Comparative study of COSMIC/FORMOSAT-3, incoherent scatter radar, ionosonde and IRI model electron density vertical profiles // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Moscow, Russia, 2-10 August 2014: Abstr. C4.1-0021-14.

5. Medvedeva I., Medvedev A., Ratovsky K., Shcherbakov A., Tolstikov M. Comprehensive study of disturbances of the neutral atmosphere and ionosphere parameters over Eastern Siberia during major sudden stratospheric warming // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Moscow, Russia, 2-10 August 2014: Abstr. C1.1-0113-14.

3.2. Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере Земли

Проведение двух сеансов активного космического эксперимента «Радар-Прогресс» с участием транспортных грузовых кораблей (ТГК) серии «Прогресс» и наземного радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН

В апреле и июле 2014 года проведены две сессии активного космического эксперимента «Радар-Прогресс». Проведены измерения при работающих и неработающих сближающе-корректирующих двигателях (СКД) транспортных грузовых кораблей (ТГК) «Прогресс М-22М» и «Прогресс М-23М»:

- координатных и отражательных характеристик ТГК и его плазменного окружения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) в диапазоне 154-162 МГц;

- параметров ионосферных возмущений в областях пролета во время работы СКД ТГК;

- параметров УКВ сигнала бортового передатчика системы телеоператорного режима управления (ТОРУ) ТГК.

Результаты анализа радиолокационных (РЛ) измерений ТГК показали (рис. 36), что влияние выхлопных струй практически не сказывается на координатных характеристиках, но оказывают заметное влияние на отражательные. Инжекция выхлопных струй СКД в направлении на ИРНР всегда приводит к появлению значимых изменений в динамике амплитуды РЛ сигнала, и наблюдается падение эффективной площади рассеяния (ЭПР) ТГК.



Рис. 36. Результаты РЛ измерений 27.07.2014 г. СКД "на РНР". 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

Результаты измерений параметров плазменного окружения и ионосферных возмущений в областях пролета ТГК во время работы СКД не обнаружили 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.

Основные публикации:

1. Корсун А.Г., Куршаков М.Ю., Кушнарев Д.С., Лебедев В.П., Твердохлебова Е.М., Хахинов В.В., Ратовский К.Г. Исследование влияния двигателей космических аппаратов на ионосферу // Научное обозрение. 2014. Т. 8, № 2. С. 563-571.

2 Khakhinov V., Alsatkin S., Kushnarev D., Lebedev V. Aspects of Remote Detection of Ionospheric Disturbances Caused by Spacecraft Engine Exhaust Jets // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium (XXXI URSI GASS), Beijing, China, August 17-23 2014. HP1.5.

3 Khakhinov V., Lebedev V., Kuhnarev D. Studying Effects of Transport Spacecraft "Progress" Engine Burning on Radar Characteristics // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium (XXXI URSI GASS), Beijing, China, August 17-23 2014. HG02.2.

Моделирование влияния нестационарных процессов в ионосфере на КВ радиосигналы в волноводе Земля - ионосфера, изучение искажений радиосигналов, вызванных нестационарностью ионосферы

Нестационарность ионосферной плазмы приводит к тому, что макроскопические уравнения Максвелла становятся интегродифференциальными, если учитывать частотную дисперсию. Стационарность среды, даже при наличии частотной дисперсии, позволяет избавиться от интеграла по времени, сведя задачу к чисто дифференциальному уравнению по пространству. В случае отсутствия так называемой дисперсии, электрическая материальной когда индукция пропорциональна напряженности электрического поля, зависимость диэлектрической проницаемости от времени приводит к дифференциальному уравнению с переменными коэффициентами. При этом нелокальная дисперсия, то есть зависимость от частоты или длины волны, вызванная геометрий задачи, может присутствовать, как, например, в нестационарной образом, при моделировании распространения радиоволн оптике. Таким В нестационарной ионосфере мы ограничены двумя факторами: дисперсия не позволяет сформировать слишком короткий сигнал, а нестационарность не позволяет анализировать слишком длинные сигналы. Однако характер нестационарности и дисперсионные свойства ионосферного радиоканала позволяют исследовать и моделировать распространение импульсов, ширина полосы которых существенно меньше полосы когерентности канала (порядка одного мегагерца), а длительность сравнима со временем распространения и существенно меньше характерного времени изменения параметров канала. Для таких импульсов искажения формы, вызванные как дисперсией, так и нестационарностью, несущественны. Но такие импульсы, во всяком случае, одиночные, не позволяют измерить скорости изменения ионосферных параметров. Характерные величины значений доплеровских (параметрических) сдвигов частоты квазимонохроматического радиосигнала в КВ диапазоне, прошедшего ионосферный радиоканал, составляют герцы и доли герца. Для измерения таких величин необходимы сигналы длительностью до десятков секунд либо когерентные последовательности импульсов. В случае когерентной последовательности импульсов возможна регистрация спектра всей последовательности, который в этом случае является линейчатым, либо регистрация амплитуды и фазы каждого отдельного импульса и их анализ. В случае, если меняются параметры среды, меняются, вообще говоря, не только фазы и амплитуды, но и задержки импульсных сигналов. Однако несложно установить, что при спектральных измерениях когерентной последовательности импульсов, только изменения фазы передаточной функции канала (которая и определяет среднюю фазу амплитудно-модулированного импульса) приводят к изменениям положения спектральных линий в линейчатом спектре. Ни изменения амплитуд, ни изменения задержек к сдвигам центральной линии не приводят. При увеличении частоты повторения импульсов расстояние между спектральными линиями увеличивается, и в случае, когда отдельные импульсы сливаются в непрерывный сигнал, в спектре остается один узкий пик, соответствующий квазимонохроматическому непрерывному сигналу. Этот факт и положен в основу моделирования прохождения непрерывных сигналов через ионосферный радиоканал с изменяющимися параметрами. Моделируется прохождение отдельных импульсов, при этом за время прохождения канал считается стационарным, а от импульса к импульсу параметры канала немного меняются. При этом в силу того, параметры моделируемого сигнала непрерывно зависят OT ЧТО параметров

дифференциального уравнения (параметров ионосферы), малость изменения параметров среды позволяет обеспечить и малость изменения параметров импульса, что позволяет строить непрерывную зависимость фазы непрерывного сигнала, являющегося суммой импульсных, от времени. Наличие нескольких лучей в ионосферном радиоканале приводит к сильной интерференции, если длительности сигналов больше разности групповых задержек. Время распространения В ионосферном радиоканале составляет порядка нескольких миллисекунд, а длительность моделируемого сигнала - до десятков секунд. Таким образом, непрерывный сигнал, являющийся суммой нескольких лучей, имеет весьма сложное поведение. Хотя фазы каждого из отдельных лучей и ведут себя вполне закономерно, в соответствии с законом изменения параметров среды, суммарный сигнал, его выглядят хаотично, демонстрируя квадратурные компоненты шумоподобное поведение. Качественно модельное поведение амплитуд квадратурных компонент непрерывного сигнала на выходе ионосферного радиоканала вполне соответствует экспериментально наблюдаемому поведению сигналов станций точного времени. количественное определение динамики характеристик ионосферного Олнако радиоканала для таких сигналов остается нерешенной задачей, поскольку требует решения задачи разделения лучей в многолучевом канале. Задача определения статистических характеристик параметров радиоканала статистическим по характеристикам непрерывного радиосигнала пока также далека от решения.

Моделирование распространения длинных радиосигналов через ионосферный радиоканал с восстановлением поведения фаз и амплитуд отдельных лучей требует многократных численных расчетов распространения импульсов через радиоканал. Разработанные на основе метода нормальных волн алгоритм и программный комплекс позволяют проводить до 1000 расчетов в секунду, что дает возможность моделировать распространение сигналов в ионосфере с параметрами нестационарности, близкими к реальным. В частности - анализировать влияние ПИВ (перемещающихся ионосферных возмущений) и различных волн на характеристики как непрерывных, так и импульсных сигналов. изучать тонкую структуру доплеровских спектров, исследовать статистические характеристики параметров сигналов.

Основные публикации:

1. Подлесный А.В., Лебедев В.П., Ильин Н.В., Хахинов В.В. Реализация метода восстановления передаточной функции ионосферного радиоканала по результатам зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом // Электромагнитные волны и электронные системы. 2014. Т. 19, №1. С. 63-70.

2. Пензин М.С., Ильин Н.В. «Использование неквадратичной регуляризации для разделения лучей в квазистационарном радиоканале» // Успехи современной радиоэлектроники. 2014. № 8. С. 38-43.

3. Подлесный А.В., Лебедев В.П., Ильин Н.В., Хахинов В.В. «Синтез корректирующего фильтра для восстановления передаточной функции ионосферного радиоканала по результатам зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом» // Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. І. С. 300-303.

Изучение свойств коэффициентов возбуждения ряда нормальных волн в волноводе Земля - ионосфера для пространственно распределенного источника поля расположенного на ионосферных высотах

Физические особенности волновода Земля-ионосфера: его многомодовый характер и достаточно плавное изменение свойств, как по вертикальным, так и по горизонтальным координатам,- позволяют построить некоторый приближенный метод решения задачи рассеяния, применимый, когда размеры рассеивателя малы по сравнению с масштабами изменения свойств регулярной среды волновода. Квазиплоская волна при падении на рассеиватель вызывает в нем индуцированный ток такой же величины, как если бы это происходило в однородном безграничном пространстве. Поскольку через индуцированный ток возможно выразить как диаграмму рассеяния в свободном пространстве, так и коэффициенты возбуждения нормальных волн, то можно установить взаимосвязь между этими коэффициентами и характеристиками рассеивателя. Теоретическое вычисление диаграммы рассеяния не намного легче, чем вычисление коэффициентов возбуждения для произвольного тока, однако для многих классов неоднородностей диаграммы рассеяния получают экспериментально путем натурных измерений.

Отражающие свойства рассеивателя можно определить, рассматривая его как антенну. Моделируя распределение индуцированного тока в такой антенне можно получить выражение для напряженности электрического поля в виде ряда нормальных волн:

$$E_{j}(\vec{r},t) = \frac{A}{y\sqrt{\sin\theta}} \operatorname{Re} \sum_{n=n_{1}}^{n_{m}} [\gamma_{n}(\theta)]^{-1/2} P_{nj}(\theta) R_{nj}(\vec{r}) \{f_{j}^{+}I_{n}^{+}(\varphi)g_{0}(t-\tau_{n}^{+}) + f_{j}^{-}I_{n}^{-}(\varphi)g_{0}(t-\tau_{n}^{-})\} \exp\{i\int_{0}^{\theta} v_{n}(\theta_{1})d\theta_{1} - i\omega t\}.$$

Здесь $R_{nj}\left\{-R_n^e, \frac{1}{ika\sqrt{\varepsilon}P_{n\theta}}\frac{dR_n^e}{dy}, R_n^m\right\}, v_n = ka\gamma_n + iv_{2n}$ и $R_n^{e,m}$ - собственные значения и

собственные функции радиальной задачи, P_{nj} - поляризационные множители, $f_j^{\pm} = \pm 1$, угловая дальность θ отсчитывается от рассеивателя до точки приема. Если поперечный размер неоднородности L много меньше ширины волновода и $R >> L^2 / \lambda$ (R - расстояние от центра рассеивателя до точки приема), то коэффициенты возбуждения через амплитуду падающего поля и диаграмму рассеяния:

$$I_n^{\pm}(\varphi) = \frac{C_n(y_0)}{ka^3 y_0} cA_i(\vec{r}_0) \sqrt{\frac{\sigma(\alpha_i, \alpha_s)}{4\pi}} e^{\pm iZ_n(r_0)}$$

Знание диаграммы рассеяния $\sigma(\alpha_i, \alpha_s)$ (теоретический расчет или экспериментальное измерение) позволяет восстановить коэффициенты возбуждения нормальных волн $I_n^{\pm}(\varphi)$ и вычислить рассеянное поле в точке приема.

Основные публикации:

1. Пономарчук С.Н., Ильин Н.В., Пензин М.С. Модель распространения радиоволн в диапазоне частот 1–10 мГц на основе метода нормальных волн // Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. 2014.Т. IV. С. 162-165.

Теоретическое и экспериментальное исследование процессов обратного рассеяния в КВ-диапазоне в однопозиционном случае на вытянутых неоднородностях с учетом рефракции и построение радиолокационного уравнения для такого описания

Исследовано влияние регулярной рефракции на результат радиолокации радаром СуперДАРН локализованных неоднородностей плазмы в полярной области в районе 0.5 скачка. Проведено сравнение полученных теоретических моделей с результатами, получаемыми на радаре EKB SuperDARN

Создано программное обеспечение на языке FORTRAN, на основе вычислительного кластера «Блэкфорд» ИНЦ СО РАН и стандарта параллельных вычислений OpenMPI, позволяющее в рамках трехмерно-неоднородной изотропной ионосферы рассчитывать области ортогональности при обратном рассеянии КВ-радиосигнала в одно- и двухпозиционной постановке задачи радиолокации. Основой программного обеспечения являлась многоэтапная схема расчетов трехмерно-неоднородной задачи:



Рис.37. Результаты применения разработанной программы к интерпретации Сибирско-Украинского эксперимента по двухпозиционной диагностике магнитоориентированных неоднородностей.

19.6

19.5 UT

19.

19.7

- На первом этапе строится сглаженная модель ионосферы на основе международной ссылочной модели IRI с возможностью корректировки по данным ионозонда (foF2). Точность калибровки ионосферной модели контролируется по данным однопозиционных измерений сигнала возвратно-наклонного зондирования на радаре EKB(ground scatter);

- На втором этапе для каждой пробной точки пространства проводится пристрелка траектории из пробной точки отдельно на приемник и источник зондирующего сигнала, в плоскости пробная точка-приемник (источник), как решение в двумерно-неоднородной задачи вдоль дуги большого круга.

- На третьем этапе по результатам пристрелки выбираются пары траекторий, для которых выполняется условие пространственного синхронизма (вектор рассеяния в соответствии с условием Вульфа-Брэгга перпендикулярен магнитному полю Земли).

Реализация программного обеспечения по параллельной схеме позволяет проводить расчеты на вычислительном кластере «Блэкфорд» в автоматическом режиме, что позволяет использовать метод как в режиме обработки отдельных событий. При переходе на более мощный вычислительный кластер, например «Академик Матросов» ИНЦ СО РАН, метод может использоваться и в режиме, близком к реальному времени.

области эффективного рассеяния использовались Рассчитанные ЛЛЯ однопозиционных интерпретации ДВУХ-И экспериментов, В частности для Сибирско-Украинских экспериментов интерпретации 2013-2014 года по двухпозиционной диагностике ионосферных неоднородностей радаром ЕКВ И радиотелескопом УТР-2.

На рис. 37 приведены результаты работы программы – определение по характеристикам рассеянного сигнала (задержка рассеянного сигнала относительно сигнала прямого прохождения) высоты расположения рассеивающих неоднородностей.

Основные публикации

1. Кутелев К. А., Бернгардт О. И., Моделирование сигнала ВНЗ радара SuperDARN в присутствии движущейся среднемасштабной ионосферной неоднородности большой амплитуды, сопровождавшей падение метеорита «Челябинск»//Солнечно-земная физика, No 24, 2013 (отправлен в печать).

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

Модернизация зондирующей последовательности радара ЕКВ с целью улучшения его спектрального разрешения

Основной задачей радаров SuperDARN является исследование спектральных характеристик ионосферных неоднородностей, вытянутых вдоль магнитного поля, позволяющее изучить динамику ионосферных электрических полей в высоких широтах (рис. 38). Сигнал, рассеянный на магнитоориентированных неоднородностях, можно разделить на 4 основных типа, причем разделение ведется по деталям их спектральных характеристик. Однако, исследование динамики этих неоднородностей практически невозможно без детального анализа спектральной структуры рассеянного сигнала. В настоящее время на радарах SuperDARN используются два типа импульсов: 7-И 8-импульсная последовательности. Использование подобных последовательностей для детального исследования спектральных характеристик практически поскольку спектральное разрешение, обеспечиваемое невозможно, такими последовательностями, слишком плохое. Оно эквивалентно порядка 100-200м/с по скорости. В настоящее время, на радарах SuperDARN проблема низкого спектрального разрешения решается сложными методами, позволяющими оценить среднее спектральное смещение и среднюю спектральную ширину сигнала без получения спектра, на основе анализа корреляционной функции и ее фазовой структуры, а также на основе модельных предположений. Очевидно, что в части случаев модельные представления о рассеянном сигнале не согласуются с экспериментом, и в этом случае возникают существенные ошибки в оценке параметров.



Рис. 38. Сектор обзора радара ЕКВ и расположение основных близлежащих ионосферномагнитосферных обсерваторий.

Невозможность расчета спектров при обработке данных SuperDARN приводит к усложнениям методов восстановления спектральных параметров неоднородностей. Таким образом, задача использования оптимальных зондирующих сигналов имеет в методе **SuperDARN** одно определяющих значений. Особенностью ИЗ функционирования радаров SuperDARN является требование, чтобы произведение спектрального разрешения и пространственного разрешения было значительно меньше скорости света в вакууме. Это означает, что использование простых импульсных сигналов (для которых это произведение равно скорости света) в данной задаче невозможно. И требуется использование специальных сигналов совместно с приближениями относительно рассеяния. дополнительными характера Последовательности и методы обработки, реализующие такие специальные сигналы, достаточно хорошо изучены в методе некогерентного рассеяния: это многоимпульсные последовательности, случайные фазовые коды, чередующиеся последовательности (включая полифазные и метод эффективного вычитания). Однако, в методе SuperDARN произведение требуемого спектрального разрешения и разрешения по дальности настолько велико, что эффективно можно использовать только многоимпульсные последовательности. В этом случае прием сигнала ведется между передачей коротких зондирующих импульсов, из которых составлена зондирующая последовательность. Поэтому, в настоящее время на радарах SuperDARN используются только две основные импульсные последовательности, обладающие необходимыми характеристиками 7импульсная и 8-импульсная, реализующие принцип, описанный в, а также 13импульсная последовательность на основе прямой и обратной линеек Голомба. Из

анализа формы весового объема видно, что требование минимальности пространственного разрешения во всех точках соответствует требованию уникальности межимпульсных интервалов в последовательности импульсов. Такое требование соответствует хорошо исследованному в математике объекту - линейкам Голомба. Как показал анализ, сформулированный нами критерий оптимальности зондирующего сигнала SuperDARN (максимальное число значимых задержек в весовом объеме) соответствует критерию оптимальности линеек Голомба (максимальное число измеримых чисел), а задача поиска оптимального сигнала, таким образом, сводится к известной и развиваемой сейчас задаче поиска оптимальных линеек Голомба.

Для линеек Голомба на настоящее время численно найдены оптимальные последовательности вплоть до 27, и в настоящее время ведется доказательство оптимальных последовательностей мощности 28 в рамках сетевого вычислительного проекта OGR-28. Оптимальные линейки Голомба широко используются в различных практических задачах. Почти оптимальные последовательности Голомба отличаются от оптимальных последовательностей слегка увеличенной длиной, и могут быть также использованы в качестве основы для зондирующих сигналов.

Далее мы будем называть квазиоптимальными последовательности, построенные из условия максимальной задержки первого плохого лага в классе оптимальных и почти оптимальных последовательностей Голомба (dL<10%). Оптимальными последовательностями мы будем называть те из них, которые соответствуют оптимальным последовательностям Голомба. Квазиоптимальные последовательности обеспечивают максимум первой плохой задержки, но не всегда обладают минимальной возможной длиной. Оптимальные последовательности реализуют одновременно и максимум первой плохой задержки, и минимум длины.

В таблице 2 приведены найденные нами квазиоптимальные последовательности для N<26. Звездочкой отмечены последовательности, являющеся оптимальными. При этом, для значений 21-23 и 25,27 квазиоптимальные последовательности не указаны в связи с отсутствием доступных данных.

Из таблицы 2 видно, что стандартный 7-импульсный сигнал SuperDARN является квазиоптимальным 7-импульсным сигналом в рамках этого подхода, а 8-импульсный сигнал katscan SuperDARN, квазиоптимальным сигналом не является. Если не обращать внимание на относительное количество хороших лагов в корреляционной функции, а только на дальность первого плохого лага, любую из квазиоптимальных последовательностей (таблица 2) можно использовать для спектральных измерений.

Как видно из вышесказанного, из оптимальных и почти оптимальных линеек Голомба можно выбрать квазиоптимальные зондирующие сигналы SuperDARN. Среди квазиоптимальных сигналов можно выбрать необходимый исследователю сигнал исходя из соображений необходимого временного разрешения и энергетического потенциала радара. Для сравнения, 12-импульсную последовательность надо копить в 3 раза дольше по сравнению со стандартным сигналом SuperDARN, с учетом возросшей в 3 раза длины. Для 10-импульсной последовательности время накопления увеличивается в 2 раза.

Как показал предварительный анализ, с точки зрения спектральных измерений оптимальными зондирующими последовательностями SuperDARN (обеспечивающими одновременно максимальное относительное количество хороших лагов И максимальный первый плохой лаг) кажутся 10,12,14,18,20,24 и 26-элементная последовательности Голомба. Однако с увеличением мощности последовательности существенно увеличивается требуемое время накопления, поэтому экспериментальная проверка проводилась нами только для относительно коротких 8, 9, 10 и 12-импульсных зондирующих последовательностей. Первые из них - квазиоптимальны, последние две оптимальны. По сравнению со стандартным режимом накопления радара ЕКВ (4 секунды), время накопления было увеличено в 2 раза (до 8 секунд) для компенсации

увеличенной длительности импульса.

Количество импульсов	Количество значащих задержек	Максимальная задержка	Положение импульсов	Эффективность	Первая 'плохая' задержка	Относительное положение первой плохой задержки
7	21	27	0 9 12 20 22 26 27	0.77	16	0.59
8	28	35	0 4 5 17 19 25 28 35	0.8	22	0.62
9	36	45	0 2 10 24 25 29 36 42 45	0.8	28	0.62
10*	45	55	0 1 6 10 23 26 34 41 53 55	0.82	36*	0.65
11	55	83	0 4 5 16 22 24 31 45 70 73 83	0.66	30	0.36
12*	66	85	0 2 6 24 29 40 43 55 68 75 76 85	0.78	48*	0.56
13	78	113	0 3 13 25 33 39 54 85 86 102 104 109 113	0.69	34	0.3
14*	91	127	0 4 6 20 35 52 59 77 78 86 89 99 122 127	0.72	56*	0.44
15	105	156	0 2 15 33 49 56 68 104 118 126 129 146 150 155 156	0.67	39	0.25
16	120	184	0 11 32 33 60 68 75 77 80 106 131 147 161 165 171 184	0.65	39	0.21
17	136	201	0 5 15 34 35 42 73 75 86 89 98 134 151 155 177 183 201	0.67	72	0.35
18*	153	216	0 2 10 22 53 56 82 83 89 98 130 148 153 167 188 192 205 216	0.7	91*	0.42
19	171	294	0 3 7 13 28 39 47 48 98 121 167 184 198 200 222 227 264 276 294	0.58	52	0.17
20*	190	283	0 1 8 11 68 77 94 116 121 156 158 179 194 208 212 228 240 253 259 283	0.67	98*	0.34
24*	276	425	0 9 33 37 38 97 122 129 140 142 152 191 205 208 252 278 286 326 332 353 368 384 403 425	0.65	128*	0.3
26*	325	492	0 1 33 83 104 110 124 163 185 200 203 249 251 258 314 318 343 356 386 430 440 456 464 475 487 492	0.66	159*	0.32

|--|

На основе оптимальных и почти оптимальных последовательностей Голомба построены квазиоптимальные зондирующие последовательности, удовлетворяющие сформулированному принципу, для количества элементарных импульсов 7-20,24,26 (таблица 2). Показано, что в рамках этого подхода стандартный 7-импульсный сигнал SuperDARN является квазиоптимальным сигналом, а 8-импульсный сигнал katscan SuperDARN – нет. Показано, что оптимальными (для которых все требуемые условия выполняются, а длина последовательности становится минимально возможной) с этой точки зрения будут 10-,12-,14-,18-,20-, а также возможно 24- и 26-импульсная оптимальные последовательности Голомба (таблица 2).

Проведены эксперименты по зондированию 8, 9, 10 и 12-импульсными квазиоптимальными последовательностями на радаре ЕКВ и показана преемственность получаемых ими данных по сравнению со стандартно используемой 7-и импульсной последовательностью. Получено ожидаемое улучшение спектрального разрешения. В настоящее время радар ЕКВ переведен в режим зондирования 10-импульсной зондирующей последовательностью.

Основные публикации:

1.O.I.Berngardt, A.L.Voronov, K.V.Grkovich, Optimal signals for spectral measurements at EKB SuperDARN radar: Theory and Experiment// arXiv:1409.6053 [physics.geo-ph] (http://arxiv.org/abs/1409.6053).

Алгоритм работы радара ЕКВ, позволяющий определять параметры мелкомасштабных волновых колебаний магнитного поля и проведена апробация метода обработки получаемых данных

Сектор обзора радара и расположение основных ионосферно-магнитосферных обсерваторий во время специального магнитосферного эксперимента приведены на рис. 38, 39. Основой разработанного алгоритма является работа двух каналов радара в следующих режимах:

- первый канал работает в стандартном режиме радара в секторе обзора по азимуту 50 градусов (с 0 по 15 лучи на рис. 39) с временным разрешением 1-2 минуты и пространственным разрешением 45 км;

- второй канал работает с высоким временным разрешением (от 12 до 18 секунд) в секторе сканирования 9 градусов (с 0 по 2 лучи на рис. 39) с пространственным разрешением 45 км.

Подобный алгоритм работы позволяет первым каналом проводить стандартную диагностику ионосферной конвекции в секторе обзора радара. Второй канал при этом позволяет изучать ионосферную конвекцию с повышенным временным разрешением, сосредоточившись на волновых процессах, центром которых является геомагнитный полюс.

Режим запущен в сентябре 2013 года и работает на радаре ЕКВ уже в течение 1 года. В настоящее время накоплена годовая база данных по диагностике ULF - колебаний. В настоящее время проводится анализ полученных данных. С сентября 2014 года измерения ведутся новыми сигналами с повышенным спектральным разрешением (разрешением по доплеровским скоростям).



Рис. 39. Сектор обзора радара ЕКВ и расположение основных близлежащих ионосферномагнитосферных обсерваторий во время специального магнитосферного эксперимента.

Список анализируемых дней в период сентябрь 2013-апрель 2014 с наблюдениями рассеянного ионосферой сигнала приведен в таблице 3.

Дата	Время (UT)						
2013/09/04	19-22	2013/11/14	21-23	2014/01/25	18-24	2014/02/19	00-04
2013/09/23	20-22	2013/11/29	19-22	2014/01/26	19-21	2014/02/20	20-23
2013/09/25	17-19	2013/12/04	21-23	2014/01/28	18-23	2014/02/21	00-02
2013/09/27	18-22	2013/12/08	01-04	2014/01/29	19-21	2014/02/21	18-23
2013/09/29	01-03	2013/12/08	21-23	2014/02/01	20-24	2014/02/22	00-02
2013/09/29	19-21	2013/12/14	16-23	2014/02/02	22-23	2014/02/22	18-24
2013/09/30	18-20	2013/12/16	17-19	2014/02/06	17-24	2014/02/23	00-01
2013/10/03	00-01	2013/12/17	19-23	2014/02/07	19-21	2014/02/23	17-22
2013/10/12	21-23	2013/12/18	19-23	2014/02/08	17-24	2014/02/24	19-22
2013/10/14	16-19	2013/12/19	16-21	2014/02/09	17-24	2014/02/25	21-23
2013/10/16	01-03	2013/12/20	21-24	2014/02/10	00-01	2014/02/27	18-21
2013/10/16	19-20	2013/12/25	17-20	2014/02/10	18-24	2014/02/28	00-03
2013/10/17	20-23	2014/01/01	16-19	2014/02/11	00-02	2014/03/01	20-24
2013/10/22	18-22	2014/01/02	19-23	2014/02/11	20-24	2014/03/04	19-22
2013/10/27	20-23	2014/01/03	18-21	2014/02/12	00-01	2014/03/08	18-21
2013/10/29	21-23	2014/01/06	20-24	2014/02/12	18-24	2014/03/11	19-22
2013/10/30	17-20	2014/01/07	00-02	2014/02/14	18-22	2014/03/12	19-20
2013/10/31	22-24	2014/01/07	17-24	2014/02/15	19-24	2014/03/13	00-02
2013/11/03	20-23	2014/01/12	21-24	2014/02/16	00-02	2014/03/29	00-01
2013/11/04	18-22	2014/01/14	17-24	2014/02/16	17-22	2014/04/04	20-22
2013/11/08	00-02	2014/01/17	20-24	2014/02/17	21-24	2014/04/13	20-23
2013/11/10	19-21	2014/01/21	19-21	2014/02/18	00-01	2014/04/14	20-24
2013/11/11	00-03	2014/01/22	20-23	2014/02/18	17-24	2014/04/21	00-01

Таблица 3. Дни в период сентябрь 2013-апрель 2014 с наблюдениями рассеянного ионосферой сигнала.

Основные публикации:

Pavel N. Mager, Oleg I. Berngardt, Dmitri Yu. Klimushkin, Nina A. Zolotukhina, and Olga V. Mager, First results of EKB radar magnetospheric ULF wave experiment //SuperDARN 2014 workshop.

Статистические характеристики сигналов, рассеянных на ориентированных неоднородностях естественного происхождения, на базе данных первого российского когерентного радара

Мы провели первый совместный анализ данных радара ЕКВ и данных станций Амдерма и Диксон (рис. 38.). Амдерма (координаты 69.6N, 60.2E) и Диксон (координаты 73.5N, 80.7E) принадлежат ААНИИ РосГидроМета (http://www.aari.ru/) и оснащены риометрами и магнитометрами. Данные указанных станций были получены из сайта http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cdaweb/istp_public/.

Риометрические и магнитные данные были использованы нами для изучения влияния геомагнитных возмущений на характеристики неоднородностей Е- и F-слоя, наблюдаемых ЕКВ радаром на 4 и 8 лучах (направлениях). Выбор этих лучей позволяет провести совместный анализ близких пространственных областей различными диагностическими инструментами.

Рис. 40 показывает статистическую зависимость рассеянных характеристик сигнала (мощность и доплеровский сдвиг) по индексу авроральный электроджета А.Е., который отражает уровень нарушения полярной ионосферы. На рис. 40 показано, что доплеровский сдвиг слабо зависит от АЕ, в то время как максимальная мощность рассеянного сигнала возрастает с АЕ.

Частота появлений высокоскоростных эхо максимальна в районе местной полуночи, и это хорошо согласуется с более ранними исследованиями и хорошо коррелирует с динамикой полярной овала.



AN AURORAL BELT AT DIFFERENT DEGREES OF GEOMAGNETIC ACTIVITY. (according to [Feldstein and Starkov, 1967]

Рис. 40. Статистические характеристики сигнала, рассеянного на ориентированных ионосферных неоднородностях, сверху вниз: скорость дрейфа и мощность, как функции АЕ индекса, частота появления высокоскоростных неоднородностей (>100м/с) и динамика полярного овала.



Puc. 41. Изменения индексов геомагнитных возмущений Кр, Dst, AU and AL. Данные Мирового центра данных в Киото (http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/mdplt/index.html). Изменения в давлении солнечного ветра (Psw, black line) b его радиальной скорости (Vsw, blue line); Компоненты межплантного магнитного поля Ву и Вz; напряженность поля магнитосферной конвекции. Данные получены со спутника ACE (http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cdaweb/istp_public/).

Нами были изучены события 14 декабря 2013 и января 2-3, 2014. На рис. 41 эти дни отмечены голубыми прямоугольниками. Они характеризуются умеренным уровнем геомагнитных возмущений, связанным с изменениями в динамическом давлении солнечного ветра (PSW), а также интенсивности и ориентации межпланетного магнитного поля (ММП).

На рис. 42 продемонстрировано сравнение особенностей отраженных радиосигналов радара ЕКВ, полученных на луче 4 данных радара, риометра и магнитометра в ближайший к лучу 4 станции Амдерма. На рис. 43 то же самое показано для луча 8 и ближайшей к нему станции Диксон.



Рис. 42. Для 14 декабря 2013 (слева), 2 января, 2014 (посередине) and 3 января 2014 (справа) показаны (сверху вниз): риметрические данные ст. Амдерма, магнитные данные ст. Амдерма, мощность и скорость дрейфа ионосферных неоднородностей на 4 луче радара ЕКВ.

Радиолокационные измерения показывают дневное и ночное усиление отраженных сигналов. На ночных данных наблюдаются отражения от неоднородностей F-слоя ионосферы на больших дальностях от радара и, кроме того, 3 декабря на луче 4 наблюдались отражения от неоднородностей Е-слоя на малых дальностях.

Судя по информации, отображаемой на правой части рис. 42 и 43, в течение ночи на 3 января суббури отсутствовали. Мы полагаем, что динамика отраженных сигналов связана с пространственной структурой магнитосферы - ионосферных токов. Более детальная информация о ночных рассеяниях 14 декабря и 2 января приведена на рис. 44.



Рис. 43. Для 14 декабря 2013 (слева), 2 января, 2014 (посередине) and 3 января 2014 (справа) показаны (сверху вниз): риметрические данные ст. Диксон, магнитные данные ст. Диксон, мощность и скорость дрейфа ионосферных неоднородностей на 8 луче радара ЕКВ.



Рис. 44. Сверху вниз показаны: рассеянная мощность на лучах 8 и 4 (красная горизонтальная линия показывает положение станций Диксон (DIK) и Амдерма(AMD); колубые линии соответсвуют данным риометров); изменения северной (Bn), западной (Be) апd вертикальной (Bz) компонет геомагнитного поля (красная, синяя и зеленая линия соответсвенно), наблюдаемых на станциях Диксон, Амдерма и Арти (X,Y компоненты поля). Красные прямоугольники обозначают возмущения, соответствующие рассеяниям от неоднородностей Е-слоя ионосферы; темносиние стрелки соответсуют рассеянию от неоднородностей F-слоя. Красные и темносиние числа обозначают широты рассеивающих областей.

На левой панели рис. 44 показано, что 14 декабря отражения от области Е согласованы с фазой развития суббури, чьи признаки (отрицательные бухты в Вп и риометрическом поглащении в Амдерме и положительная по X на станции Арти (56.4N, 58.6E)). Следовательно, в этом случае токовый клин суббури находился в секторе обзора радара. Судя по положительным Вz, во время суббури центр западного электроджета был расположен к экватору от станции Амдерма. Заметим, что отражения в F-области появились и начали развиваться в сторону экватора в начале фазы роста суббури. Это соответствует хорошо известной тенденции экваторильного расширения диффузных высыпаний во время этой фазы, вызванное усилением магнитосферной конвекции. Во время фазы восстановления суббури дальности до отражений от F-области квазистабильны. Наиболее вероятным спусковым миханизмом этой суббури была инверсия Bz компоненты межпланетного магнитного поля, которая была отрицательной до начала суббури и положительной после неё.

На правой панели рис. 44 аналогичные графики показаны для события 2 января. В отличие от 14 декабря, отражения от области Е согласованы с отрицательными бухтами в Вп и риометрическом поглащении на станции Диксон, расположенной на 4 градуса к северу и 20 градусов к востоку от Амдерма. Другие различия во множественном начале

события 2 января, в сильных колебаниях Ве составляющей геомагнитного поля, хорошо заметной на станции Диксон, и в отсутствии положительной бухты в X компоненте на станции Арти. Все вместе упомянутые особенности показывают, что 2 января радар наблюдал западную часть неоднократной активизации суббуревого токового клина, чей западный электроджет находился между станциями Диксон и Амдерма.

В этом случае нерегулярные отражения от F-области возникали и перемещались к экватору во время фазы развития суббури, которая характеризовалась распространением области диффузных высыпаний к экватору, вызванным усилением магнитосферной конвекции. Из-за нерегулярных изменений в ММП и давлении солнечного ветра мы не можем однозначно определить внешние причины каждой интенсификации суббури. Как и в предыдущем случае, радарные дальности до отражений от F области были квази-стабильными в течение фазы восстановления суббури.

Нами получены первые результаты статистического анализа частоты появления и характеристик мелкомасштабных ионосферных неоднородностей, наблюдаемых в спокойных и возмущенных условиях на ЕКВ радаре в 2013-2014 гг. Статистика показывает, что максимальная мощность рассеянных сигналов возрастает с ростом возмущенности. Частота появления высокоскоростных эхо (> 100 м/с) максимальна вблизи местной полуночи и минимальна вблизи местного полудня. Это хорошо согласуется с более ранними исследованиями и хорошо коррелирует с динамикой полярного овала.

На основании данных радара ЕКВ были изучены 3 события (14/12/2013, 2/ 01/2014 и 3/ 01/2014). Мы выполнили совместный анализ характеристик рассеянного сигнала (дальность, мощность, доплеровская скорость), а также риометрических и геомагнитных данных, полученных в секторе обзора радара. Показано, что возмущения подобные суббурям, связаны с экваториальным движением мелкомасштабных ионосферных неоднородностей F-слоя, наблюдаемых радаром ЕКВ.

Мы полагаем, что интенсивное рассеяние в F-слое наблюдается в области ионосферы, которая сопряжена с внутренним краем плазменного слоя. Этот район характеризуется диффузными высыпаниями частиц, которые вносят дополнительный вклад в ионизацию ионосферы на разных высотах.

Экваториальный дрейф области диффузных высыпаний в течение фазы роста суббури вызывает дополнительную ионизацию высыпающимися частицами, а также приводит к эффекту расширения зоны отражений и к более раннему появлению отражений от F-области.

Основным предположением радаров SuperDARN является отношение наблюдаемой скорости неоднородностей с напряженностью поля конвекции. Наиболее четко эта связь проявляется в событии 14 декабря. Самые быстрые доплеровские скорости наблюдались во время фазы роста суббури, когда электрическое поле конвекции было в 2 раза сильнее, чем в суббуре 2-3 января. Показательно, что резкое снижение доплеровской скорости (с 16:30 до 18: 00UT) совпадает с фазой роста суббури индуцированной переориентацией компонента Вz ММП и резкого ослабления поля магнитосферной конвекции. Последующее усиление поля магнитосферной конвекции. Последующее усиление поля магнитосферной повышение доплеровской скорости (на рис.41 и 42 с 18:30 до 20: 00UT).

Более высокоширотное расположение области, в которой происходит рассеяние в F-слое (большие радиолокационные дальности) и более низкий уровень электрического поля, необходимого для роста соответствующих неоднородностей приводит к более раннему появлению рассеяния в F-слое по сравнению с рассеянием в E-слое.

Показано, что при увеличении геомагнитных возмущений, описываемых индексом аврорального электроджета АЕ, в среднем наблюдается рост мощности
сигнала, рассеянного от ионосферных неоднородностей. Это позволяет соотнести рост амплитуды полярных неоднородностей с повышенным током в области рассеяния (рис. 40).

Одновременные наблюдения рассеяния в Е-слое радаром ЕКВ и возмущения Вп компоненты на станции Амдерма показывают, что во время усиления авроральных токов наблюдается согласованное усиление рассеивающих неоднородностей Е-слоя (рис. 42). Рассеяние в F-слое, по-видимому, не имеет схожей динамики.

Аналогичный эффект роста интенсивности неоднородностей Е-слоя в полярном электроджете наблюдалось при сравнении данных радара ЕКВ с данными станции Диксон, но неоднородности наблюдались на радаре с задержкой относительно станции Диксон. Это связано с его более северным положением и движением аврорального электроджета к экватору (рис. 43).

Статистические результаты (рис. 40) и изучение нескольких событий можно интерпретировать в терминах хорошо известного эффекта, наблюдаемого в УКВрадиодиапазоне: зависимость интенсивности ионосферных неоднородностей Е-слоя от фонового электрического поля или от тока в области рассеяния.

Основные публикации

1. Berngardt, O. I., N. A. Zolotukhina, and A.V.Oinats, Observations of field-aligned ionospheric irregularities during quiet and disturbed conditions with EKB radar: first results//The 12 International Conference on Substorms (ICS-12), November 10-14, Ise, Japan, P-THU21.

Сравнение по данным суббури 26.02.2008 двух моделей распределения электрического потенциала в полярной ионосфере: модели на основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ) и модели на основе сети радаров Super DARN

результатов измерения электрического потенциала Выполнен анализ В возмущённой полярной ионосфере в ходе магнитосферной суббури 26.02.2008. Измерения проводились двумя методами: на сети радаров SuperDARN и на сети наземных магнитометров. Вычислены временные ряды карт распределения потенциала в ионосфере. Получены графики изменения в ходе возмущений параметра Upc (разности потенциалов на границе северной полярной шапки) и ряда ключевых интегральных характеристик распределения потенциала. Найдено, что карты радаров описывают в основном регулярный, а карты магнитометров – также иррегулярный компонент пространственного распределения потенциала. Сравнение показало, что оба рассмотренных метода необходимы, как дополнения друг друга. Отмечены новые возможности определения на названных картах границы полярной шапки и «линии нулевого потенциала». Описана ранее неизвестная система мезомасштабных ячеек, определяющих иррегулярный компонент.

Мы вычислили упомянутые карты по данным двух методов измерений: на сети радаров SuperDARN и на сети наземных магнитометров в полярной области северного полушария. Главное различие двух методов связано с тем, что радары представляют прямые измерения в реальном времени только в отдельных областях, доступных каждому радару (рис. 38). На остальной рассматриваемой площади каждой карты значения потенциала U получены на основе осреднения многолетних измерений и последующей пространственной экстраполяции средних значений. Эти операции не препятствует определению регулярного компонента, но сглаживают иррегулярный компонент скорости плазмы, хотя он может быть основным во время суббурь. Последнее надёжно установлено, например, по данным радаров SuperDARN.

Сеть магнитометров позволяет получить карты потенциала для заданного момента без осреднения, но эти результаты содержат существенные погрешности модели ТИМ.

В целом, мы можем ожидать согласованность двух типов распределений только на качественном уровне. Вместе с тем, очевидно, что карты ТИМ содержат полезную информацию об иррегулярном компоненте электрического поля, потерянную на картах of SuperDARN.

На рис. 45 показаны два вида карт, полученных для стабильного периода режима суббури. Оба метода дали, как обычно в подобных случаях, ожидаемые двухвихревые системы конвекции с близкими значениями разности потенциалов ~ (42-46) кВ.

На рис. 46 показаны две карты начала основной активной фазы той же суббури 26.02.2008. Можно видеть, что даже во время этой крайне слабой суббури наблюдается иррегулярный компонент порядка 20 кВ, вполне сравнимый с вкладом регулярного компонента.



Рис. 45. Карты распределения потенциала, полученные для стабильного периода режима суббури 26.02.2008 по данным сети радаров SuperDARN (сверху) и модели ТИМ (снизу).



Рис. 46. Карты распределения потенциала, полученные для начала основной активной фазы той же суббури 26.02.2008 по данным сети радаров SuperDARN (сверху) и модели ТИМ (снизу).



Рис. 47. Изменения разности потенциалов Upc на границе полярной шапки: по данным радаров (синяя линия) и ТИМ (красная линия).

На рис. 47 показаны изменения разности потенциалов Upc на границе полярной шапки: по данным радаров и ТИМ. Оба графика отражают подобные тренды роста и спада Upc. Амплитуды изменений сравнимы, но расхождения двух ломанных кривых, т.е. суммарные погрешности двух кривых, велики.

Первые результаты сравнения показали, что два рассмотренных метода необходимы как дополнения друг друга. Отмечены новые возможности определения на картах границы полярной шапки.

Основные публикации:

1. Mishin et al., Dynamics of the ionospheric electric potential and three-dimensional currents in the course of 20.11.2003 substorm (Earth, Planets, and Space, in preparation).

Проведение экспериментов по регистрации сигналов, рассеянных на вытянутых неоднородностях, вызываемых работой нагревных стендов

Неоднократные эксперименты проводились с 2012 по 2014 годы, в том числе с использованием импульсов с повышенным спектральным разрешением.

В результате проведенных измерений можно заключить, что рассеяние на вытянутых неоднородностях, вызываемых работой нагревного стенда СУРА, не обнаружено вследствие существенной малости рассеянного сигнала в направлении нагревного стенда. В дальнейшем планируется установка специальной направленной приемной антенны с основным лепестком диаграммы направленности в направлении нагревного стенда СУРА.

Программный комплекс для определения характеристик ПИВ различных масштабов и их источников по данным ВНЗ на радарах SuperDARN и данных НЗ с использованием

многопозиционного ЛЧМ ионозонда

В приближении плоского волнового фронта фаза возмущения является функцией радиус-вектора \vec{r} и времени t и определяется выражением

$$\phi(\vec{r},t) = \vec{k}\vec{r} - \omega t + \phi_0$$

(9)

где \vec{k} и ω - волновой вектор и циклическая частота ПИВ, ϕ_0 - начальная фаза. Если считать, что горизонтальная составляющая волнового вектора отсутствует, т.е. возмущение распространяется горизонтально, то $\vec{k} = \{k_r, k_\theta, k_\phi\} = \{0, k \cos \Phi, k \sin \Phi\}, k = |\vec{k}| = 2\pi / \lambda, \omega = 2\pi v / \lambda = k v, где v u \Phi$ – горизонтальная кажущаяся фазовая скорость и азимут (отсчитываемый от направления на север по часовой стрелке) возмущения. Тогда в момент времени t фаза возмущения будет определяться выражением

$$\phi(\theta, \varphi, t) = kr_0 [(\varphi - \varphi')\cos\theta\sin\Phi + (\theta - \theta')\cos\Phi] - \omega t + \phi_0,$$

(10)

Здесь (θ', ϕ') - широта и долгота места расположения радара, r_0 - радиус Земли.

Тогда задержка между вариациями, регистрируемыми на двух лучах радара, будет определяться выражением

$$\Delta t_{ji}(\Phi, \upsilon) = \frac{r_0}{\upsilon} \Big[((\varphi_j - \varphi') \cos \theta_j - (\varphi_i - \varphi') \cos \theta_i) \sin \Phi + (\theta_j - \theta_i) \cos \Phi \Big],$$
(11)

где (θ_i, φ_i) и (θ_j, φ_j) координаты областей отражения радиоволн от ионосферы на i - м и j -м лучах. Для определения параметров ПИВ достаточно иметь измерения на трех лучах. Однако в реальных условиях всегда имеются погрешности в исходных данных: при выделении и фильтрации вариаций минимального группового пути из данных радара и при определении координат отражающих областей ионосферы. Кроме того реальный волновой фронт возмущения может отличаться от плоского. Поэтому для получения оценок параметров возмущения, наиболее близко соответствующих всем измеренным задержкам между вариациями на разных лучах оптимальным является использование методов оптимизации, например, метода наименьших квадратов. В этом случае можно составить невязку между измеренными и теоретически рассчитанными по формуле (10) моментами времени на всех лучах

$$\delta(\Phi,\upsilon) = \sum_{j,i=0,\,j\neq i}^{15} (\Delta t'_{ji} - \Delta t_{ji}(\Phi,\upsilon))^2$$

(12)

где $\Delta t'_{ji}$ – измеренные задержки между вариациями на разных лучах. Минимизируя (12) можно получить оценки для $\Phi_{ii} v_{j}$.

Основные публикации:

1. Oinats A.V., Nishitani N., Berngardt O.I., Kurkin V.I. and Ratovsky K.G. Statistical study of MSTIDs parameters using SuperDARN ground backscatter data // The Fifth Symposium on Polar Science 2014, Tokyo, Japan, 2-5 December 2014 (abstract, oral).

Предварительное сравнение данных радара EKB с данными других радаров SuperDARN

На основе вышеописанной методики был разработан автоматизированный программный комплекс для восстановления параметров ПИВ из данных радаров СуперДАРН и произведена обработка данных радаров в Екатеринбурге (за 2013 год) и Хоккайдо (с 2006 по 2013). Задержки между вариациями на разных лучах определялись на основе кросскорреляционного анализа.

Анализ распределений волновых параметров СМПИВ (кажущаяся горизонтальная скорость, период и горизонтальная длина волны), приведенный на рис. 48, показал отсутствие явной суточной и сезонной зависимости. Наиболее вероятная скорость - 130 м/с и 110 м/с для радаров Хоккайдо и Арти, соответственно. Период анализируемых ПИВ от 60 до 100 минут. Горизонтальные длины волн 400-850 км и 200-750 км для радаров Хоккайдо и Арти, соответственно.

На рис. 48 вверху показано распределение частоты наблюдения азимута среднемасштабных ПИВ по данным радара СуперДАРН Хоккайдо в зависимости от времени суток (LT=UT+9) и сезона года (зима: ноябрь-февраль; лето: май-август; равноденствие: март, апрель, сентябрь, октябрь). Частота наблюдения показана оттенками серого (чем темнее цвет, тем выше частота появления).

Имеется четыре превалирующих направления распространения ПИВ, которые проявляются по разному в разное время суток (показаны красными стрелками):

- в дневное время превалирует юго-восточное направление (~120°);
- в ночное время юго-западное (~210°);
- на рассвете северо-восточное (\sim 35 °);
- на закате северо-западное (290°).



Рис. 48. Распределение частоты наблюдения кажущейся горизонтальной скорости, периода и длины волны СМПИВ для всего периода наблюдений. Вверху: по данным радара Хоккайдо; внизу: по данным радара ЕКВ в п. Арти.

В разные сезоны года соотношение в частоте появления для указанных превалирующих направлений также разное:

- дневные юго-восточные ПИВ более характерны для зимних месяцев;

- рассветные и ночные ПИВ – для лета и сезона равноденствия;

- в зимнее время отсутствие рассветных и ночных ПИВ в статистике объясняется тем, что в эти времена суток, как правило, отсутствует регулярный сигнал ВНЗ.

- летом в течение всего дня статистика показывает северо-западное направление – этот след вероятнее всего связан с недостатками обработки данных. Дело в том, что в летнее дневное время присутствуют сильный Е-слой, а в годы низкой солнечной активностью - и F1-слой, которые вместе могут затенять отражение от F2-слоя. Сейчас проводится работа по более аккуратному разделению сигналов от разных слоев ионосферы.

Аналогичные распределения, рассчитанные для радара в пос. Арти для 2013 года (LT=UT+4) показаны на рис. 49. Зелеными и красными стрелками показаны положения центра «темных пятен» для радара Екатеринбург и Хоккайдо, соответственно. Как хорошо видно из рисунка, имеется заметное сходство распределений для обоих радаров. Но есть и отличия:

- имеется сдвижка по времени примерно на 1 час, которая, скорее всего, связана с тем, что зона регистрации радара Хоккайдо находится в следующем часовом поясе относительно Японского локального времени, т.е. более правильно будет сдвинуть временную шкалу для Хоккайдо на один час влево (LT=UT+10).

- есть также некоторая сдвижка по азимутам, особенно отчетливо проявляющаяся в дневное время.

Среди серьезных отличий между распределениями для двух радаров можно также отметить отсутствие северо-западного «пятна» летом в дневное время, что связано с

меньшей конкуренцией сигналов ВНЗ отражающихся от F2 и E слоев для радара в пос. Арти.



Рис. 49. Распределение частоты наблюдения азимутов СМПИВ в зависимости от времени суток и сезона года. Вверху: по данным радара Хоккайдо; внизу: по данным радара в п. Арти.

Основные публикации:

1. Oinats A.V., Nishitani N., Berngardt O.I., Kurkin V.I. and Ratovsky K.G. Statistical study of MSTIDs parameters using SuperDARN ground backscatter data // The Fifth Symposium on Polar Science 2014, Tokyo, Japan, 2-5 December 2014 (abstract, oral).

2. Oinats A.V., Kurkin V.I., Nishitani N. and Berngardt O.I. Statistical study of TIDs using HF radar ground backscatter data // AOGS 11th Annual Meeting, Sapporo, Japan, 2014.7.28-2014.8.1 (ST20-A027, abstract, invited oral).

Разработка моделей на основе метода геометрической оптики, позволяющей интерпретировать сигнал возвратно-наклонного зондирования в присутствии радиально-распространяющейся неоднородности на примере эффектов метеорита «Челябинск»

В данной задаче была предпринята попытка интерпретации явления, наблюдавшегося на радаре SuperDARN EKB 15/02/2013 после взрыва и падения метеорита «Челябинск». Взрыв произошёл в 200 км южнее радара. Сравнение с соседними магнитоспокойными днями показало, что после падения (03:20 UT) в ВНЗ

сигнале радара появляются компоненты, говорящие о наличии дополнительных перемещающихся зон фокусировки сигнала (рис.50).



Рис. 50. Отклонение мощности 15/02/2013 от референтного значения за 09,10,11,12,18/02/2013, усредненное по азимутам и распределение и оценка скоростей треков на первом и втором скачке.

Для объяснения данного явления была разработана методика моделирования зон фокусировки сигнала BH3 для радара SuperDARN. Методика основана на приближении геометрической оптики для холодной изотропной плазмы. Метод заключается в решении траекторной задачи с помощью системы характеристических уравнений с последующим подсчётом количества лучей с близкими групповыми путями от радара до возвращения на земную поверхность. Данная методика позволяет проводить только качественную оценку амплитуды сигнала BH3, так как не учитывает такие факторы как геометрическая расходимость, поглощение радиосигнала в ионосфере, многолучевое распространение обратно-рассеянного сигнала и детальные особенности фокусировок. Однако методика достаточна для обнаружения зон фокусировки сигнала и исследования их динамики.

Результаты, получаемые методикой, хорошо согласуются с экспериментальными данными о суточном ходе главного максимума сигнала ВНЗ вблизи минимального группового пути. Для большего соответствия реальным условиям учитывалась диаграмма направленности антенной решётки радара. В качестве фоновой ионосферы использовалась модель IRI-2007 с коррекцией по данным ионозонда Арти. Для моделирования экспериментальных результатов была выбрана следующая схема. В качестве модели фоновой ионосферы была выбрана модель IRI-2007 на дату 15/02/2013, скорректированная по критическим частотам слоя F2, измеренным в обсерватории Арти. Данные ионозонда служили входными параметрами для IRI. При анализе рассматривались две модели возмущения электронной концентрации в виде уединённых волн - гауссов импульс и импульс N-типа. Предполагалось, что причиной возникновения многочисленных треков обратно-рассеянного сигнала на диаграмме время-дальность-интенсивность является одна или несколько перемещающихся ионосферных неоднородностей, распространяющихся радиально от места взрыва. В качестве модели неоднородности были приняты уединённая гауссова волна и волна Nтипа, как более точно описывающая эффекты на фронте ударной волны.

Гауссов импульс, распространяющийся радиально от места взрыва имел вид:

(13)
$$\Delta N(d, t) = \delta \exp\left[-\frac{(d - vt)^2}{2H^2}\right]$$

где δ – относительная амплитуда возмущения, d - расстояние вдоль земли от места взрыва, v - фазовая скорость возмущения, H - пространственный размер.

Использование такой модели позволяет оценить влияние каждого из параметров волны на получаемые данные Импульс N-типа, наиболее типичный для ударных волн в ионосфере, наблюдаемых, например, после землетрясений, имел, вид:

$$\Delta N(d, t) = \delta \left[\frac{(d - vt)}{H\sqrt{e}} \exp \left[-\frac{(d - vt)^2}{2H^2} \right] \right]$$
(14)

где d - расстояние вдоль земли от места взрыва, v - фазовая скорость возмущения, H - пространственный размер.

В рамках задачи проводится моделирование зависимости мощности сигнала ВНЗ от времени и дальности в присутствии подобной неоднородности, распространяющейся от места расположения радара радиально. Моделирование проведено в рамках метода геометрической оптики посредством решения системы лучевых уравнений.

Первоначально для моделирования были выбраны следующие параметры неоднородности: δ=0.44; v=400 м/с; H=100 км, рабочая частота радара 10 МГц. Зондирующий сигнал радара SuperDARN является последовательностью импульсов специального вида. Длительность импульса в данном эксперименте 400 мкс. Это соответствует разрешению по дальности и групповому пути в 60 км.

Расчёт зон фокусировки сигнала ВНЗ радара SuperDARN производился в приближении геометрической оптики для холодной изотропной плазмы. Вследствие центральной симметрии задачи рассматривалась двухмерная постановка задачи в изотропной ионосфере, предполагающая также отсутствие азимутальной рефракции. В этом случае, уравнение траектории имеет вид:

(15)

$$\frac{\partial R}{\partial \tau} = p_R$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} = \frac{1}{R}p$$

$$\frac{\partial p_R}{\partial \tau} = -\frac{f_e}{f^2}\frac{\partial f_e}{\partial R} + \frac{1}{R}p^2$$

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} = \frac{1}{R}\left(\frac{f_e}{f^2}\frac{\partial f_e}{\partial r} - p_rp\right)$$

где R и φ - полярные координаты, τ - групповой путь луча, f_e - плазменная частота в данной точке, f - частота передатчика, P_R и P_{φ} - компоненты направляющего импульса. Плазменная частота вычисляется по распределению электронной концентрации в модели IRI в приближении холодной изотропной плазмы.

Радар SuperDARN имеет в вертикальной плоскости широкую диаграмму направленности. Рабочим можно считать диапазон углов излучения от 5°-45°. В данном интервале рассчитывался набор лучей с шагом по углу излучения 0.01°. Для получения зависимости группового пути ВНЗ-сигнала от угла излучения в приближении первого скачка, строилась траектория каждого луча до момента возврата на землю.

Зондирующий сигнал радара SuperDARN является последовательностью импульсов специального вида. Длительность элементарного импульса радара на момент падения метеорита составляла 400 мкс. Это соответствует разрешению по дальности и групповому пути в 60 км. Диаграмма мощности получалась суммированием лучей попадающих в 60-ти километровые интервалы по групповому пути с учетом их веса. Вес луча зависел от угла излучения. Эта зависимость задавалась диаграммой направленности приёмно-передающей антенны. Необходимо отметить, что

подобная методика позволяет качественно рассматривать поведение зон фокусировок, но не позволяет получать количественную оценку мощности сигнала.

Моделирование диаграммы время-дальность-интенсивность ВНЗ сигнала при наличии перемещающегося возмущения показало, что даже одна неоднородность может проявляться в виде набора треков с различными кажущимися скоростями, отличными от скорости ПИВ.

Из результатов моделирования видно, что первый по времени трек формируется за счёт фокусировки в Е-слое на восходящей части траектории. Второй и третий треки формируются за счёт фокусировки в F-слое на участках с наибольшим градиентом электронной плотности в задней и передней частях неоднородности, соответственно. Самый поздний трек формируется за счет фокусировки в Е-слое на нисходящем участке траектории.

Знание механизма формирования треков позволяет нам качественно объяснить результаты моделирования, полученные выше. Фокусировка происходит в областях наибольшего градиента электронной плотности, следовательно, амплитуда неоднородности и её геометрический размер являются ключевыми параметрами для генерации треков (рис. 51.). Фокусировка может происходить и на переднем и на заднем градиенте электронной плотности, поэтому всего может быть шесть треков — два от F-слоя и четыре от E-слоя, так как E-слой луч пересекает два раза. Ослабление крайних треков при возрастании рабочей частоты радара объясняется более низкой диэлектрической проницаемостью в E-слое.

С помощью простой геометрической модели в работе получены выражения связывающие скорости различных треков со скоростью порождающей их неоднородности. Полученные выражения объясняют ряд особенностей в динамике треков. В частности, они объясняют, почему скорости некоторых треков соотносятся, как целые числа. Полученные выражения основаны на теореме Брейта-Тьюва для плоскослоистой ионосферы, и на больших групповых путях некорректны. Кроме того, они не учитывают динамики изменения ионосферных параметров со временем.

Моделирование прохождения N-волны в целом подтвердило предыдущие выводы. Однако диаграммы мощности при наличии такого возмущения обладают одной особенностью — значительной интенсивностью одного из треков. Трассировка показала, что данная особенность вызвана двойной фокусировкой радиосигнала, являющейся основным качественным признаком присутствия N-волны.



Рис. 51. Лучи, формирующие различные треки при прохождении гауссовой неоднородности (δ=0.44, v=400 м/с, H=100 км): А) Фокусировка в Е-слое на восходящей части траектории; В)
 Фокусировка в F-слое на восходящей части траектории; С) Фокусировка в F-слое на нисходящей части траектории; D) Фокусировка в Е-слое на нисходящей части траектории.

В рамках проведённого моделирования показано, что 7 дополнительных перемещающихся зон фокусировки могут интерпретироваться, как распространение двух радиальных неоднородностей типа N-волны.

Результаты моделирования позволяют предположить, что первая неоднородность имела скорость около 400 м/с, характерный масштаб около 150 км. Вторая неоднородность двигалась со скоростью 220 м/с с характерным размером 100-150 км., что относительно неплохо согласуется с данными GPS.

Основные публикации:

1. К. А. Кутелев, О. И. Бернгардт, Среднемасштабные волновые возмущения в Fслое ионосферы в течение двух часов после падения метеорита Челябинск по наблюдениям радара EKB//Метеорит Челябинск - год на Земле, Материалы Всероссийской научной конференции, Челябинск, 2014, с.171-181 (частично).

2. K. A. Kutelev, O. I. Berngardt, Interpretation of moving groundscatter areas in EKB radar data during Chelyabinsk meteorite fall//SuperDARN workshop, 2014.

Апробация программного обеспечения для численного моделирования формирования мелкомасштабных неоднородностей в ионосферной плазме методом крупных частиц в присутствии внешнего электрического и магнитного полей

Одной из востребованных в настоящее время областей изучения физических процессов в ионосфере является моделирование динамики ионосферной плазмы и образования в ней неоднородностей. Моделирование образования неустойчивостей и неоднородностей является важным дополнением к экспериментальному и аналитическому изучению данной проблемы.

Часто, в связи с высокой степенью нелинейности и вычислительной сложностью задачи, исследование динамики плазменных структур основывается на моделировании плазмы методом частиц в ячейках (Particle-in-Cell, PIC). Основной смысл метода заключается в том, что вместо попарного взаимодействие частиц рассматривается взаимодействие каждой частицы с коллективным электромагнитным полем, рассчитанным на пространственной сетке и интерполированным на интересующее нас пространство, что позволяет значительно сократить вычислительные затраты. Применение метола лля решения данной залачи требует использования суперкомпьютерных технологий: требуется промоделировать динамику ~10⁸ и более частиц в пространстве, представленном $\sim 10^7$ ячеек.

Моделирование плазмы методом частиц в ячейках основано на математической модели, в рамках которой плазма представляется ансамблем отрицательно заряженных электронов и положительно заряженных ионов, двигающихся под действием электромагнитных полей. Движение заряженных частиц описывается в рамках классических уравнений движения.

(16)
$$\frac{\partial \vec{p}}{\partial t} = q \left(\vec{E}(\vec{r}) + \frac{1}{c} \left(\vec{v} \times \vec{B}(\vec{r}) \right) \right)$$
$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial t} = \vec{v}$$

Эволюция электромагнитного поля описывается в рамках уравнений Максвелла, в которые входит внешнее и коллективное поле плазмы. Используется классическая схема метода частиц в ячейках, каждая итерация вычислительного цикла состоит из 4 этапов: взвешивание частиц, интегрирование уравнений поля, интерполяция полей, интегрирование уравнений движения частиц, и соответствует одному шагу по времени (рис. 52).

Взвешивание частиц состоит в определении сеточных значений плотности заряда по известным положениям частиц. Каждая частица вносит вклад в значение плотности заряда только в ближайших к ней узлах сетки (8 узлов при линейном взвешивании, 64 при квадратичном и т.д.). Далее выполняется шаг численного интегрирования уравнений Максвелла по времени, определяются новые сеточные значения электрического поля. Фактически, решается уравнение Пуассона на сеточных функциях. Для этого используется преобразование Фурье и манипуляции с пространственным спектром электронной плотности для получения пространственного спектра электростатического потенциала. Обратное преобразование Фурье позволяет получить сеточное распределение потенциала.

Вычислительный цикл*



Рис. 52. Блок-схема вычислительного цикла в методе РІС

На следующем этапе производится линейная интерполяция сеточных значений электрического поля для точек нахождения частиц и решение задачи механического перемещения частиц (16).



Рис. 53. Фазовый портрет движения частицы

Как было сказано ранее, данная задача требует значительных вычислительных затрат. Для её решения целесообразно применять суперкомпьютерный кластер. В данной работе использовался кластер ИНЦ СО РАН «Blackford». Распараллеливанию

подлежали самые затратные процедуры: вычисление сетки плотности заряда, решение уравнения Пуассона и перемещение частиц. Распараллеливание происходило по частицам, то есть за каждым ядром закреплялся набор частиц. Результаты моделирования показаны на рис. 53 и 54.

На рис. 53 показано движение одной из частиц в фазовой плоскости. Наблюдаются характерные для гармонического осциллятора траектории при малых скоростях. Порядок скоростей характерен для электронов при заданной в моделировании температуре (1000К).



Рис. 54. Спектр колебаний электронной плотности.

На рис. 54 представлен спектр колебаний электронной плотности в одном из узлов решётки, частота измеряется в единицах обратных полному времени работы программы. Узкий пик в районе 100 соответствует частоте плазменных колебаний электронов. Так же наблюдаются последующие гармоники данного пика. Самый первый пик (в районе 1.5) примерно соответствует частоте колебаний ионов, однако в низкочастотной области спектр сильно зашумлен.

В результате работы программы выявлены следующие недостатки алгоритма:

1) Технология MPI поддерживает только раздельную память у каждого процесса. Распараллеливание по частицам приводит к значительному росту объёма данных пересылаемых между процессами, поэтому большая часть времени уходит на пересылку и синхронизацию данных, что критически снижает эффективность распараллеливания.

2) Недостаточное время работы программы (из-за плохой производительности параллельного кода) позволяет исследовать только собственные колебания электронов. Для работы с ионными колебаниями и для отслеживания динамики плазменных неустойчивостей необходимо более длительный процесс интегрирования.

Для решения данных проблем предполагается сделать следующее:

1) Шаг по времени при интегрировании для разных сортов частиц сделать разным: для ионов он может быть в 10-50 раз больше чем для электронов.

2) Распараллеливание вести не по частицам, а по областям пространства, согласовывая э/м поля между ними и, при необходимости, осуществляя переброску частиц из одной области в другую. Это позволит значительно сократить объём пересылаемых данных и повысит эффективность параллельной программы.

Разработка алгоритма работы радара ЕКВ, позволяющий уточнять параметры фоновой ионосферы и проведена апробация метода обработки получаемых данных

Задача оперативной диагностики состояния ионосферы по данным зондирования радара SuperDARN является актуальной, так как её решение позволит отслеживать изменения основных характеристик ионосферы в большой пространственной области с хорошим разрешением по времени. Данную задачу предполагалось решать на основе аналитических выражений для минимального группового пути радиосигнала в квазипараболической модели ионосферы. Для неё разработан рекурсивный алгоритм оценки параметров реальной ионосферы по трём измерениям минимального группового пути на трёх частотах. Моделирование показало, что сдвиг между частотами должен превышать 300 кГц.

Одной из особенностей радаров сети SuperDARN является большая зона покрытия (52 градуса по азимуту и свыше 3000 км по дальности) и хорошее разрешение по времени (2 минуты в стандартном режиме работы). Использование данных радара для оценки основных ионосферных параметров позволило бы проводить оперативный мониторинг состояния ионосферы в зоне видимости радара, что само по себе является важной задачей. Так же это позволило бы точнее интерпретировать данные радара, проводя более точную привязку по географическим координатам.

Решение данной задачи необходимо проводить в рамках простой модели ионосферного слоя отвечающей данным требованиям:

1) Небольшое количество параметров слоя, что позволит использовать небольшой объём входных данных и уменьшит время накопления.

2) Учет сферичности Земли.

3) Наличие аналитических выражений для связи измеряемых радаром данных и параметров модели.

Этим требованиям вполне удовлетворяет квазипараболическая модель ионосферы.

$$N(r) = \begin{cases} N_m \left[1 - (r_m - r/y_n)^2 (r_m/r)^2 \right], & r_0 \le r \le r_m, \\ 0, & r < r_0 = r_m^2 / (r_m + y_n); \end{cases}$$

(17)

где Nm — максимальное значение электронной концентрации, r_m — высота её максимума (от центра Земли), r_0 — высота начала слоя, y_m — полутолщина слоя.

Для решения этой задачи из всех данных, получаемых при анализе автокорреляционной функции принимаемого сигнала, использовалась зависимость мощности сигнала ВНЗ (рассеянного поверхностью Земли) от радиолокационной дальности (группового пути).

Из теории известна аналитическая зависимость группового пути в квазипараболической ионосфере:

(18)
$$P' = 2(1 - F^2/A)r_b \sin \gamma - 2r_b \sin \beta - (BF/2A^{3/2}) \ln (U/V^2)$$

где *A*, *B*, *F*, *U*, *V* - характеристики, зависящие от параметров слоя и частоты радара, r_0 - радиус Земли, β и γ - угол излучения и связанный с ним угол входа луча в ионосферу. Отсутствие данных об углах прихода сигнала не позволяет в полной мере раскрыть потенциал данного выражения в восстановлении параметров слоя. Выходом является работа с минимальным групповым путём, выражение для которого находится из условия минимизации по углу:

(19)
$$\frac{\partial P'/\partial \beta}{\partial P'} = 2(1 - F^2/A + BF^2/AV)r_0 \sin\beta \cot\gamma$$
$$- 2(1 - 2BF^3r_0 \sin\beta/A^{1/2}U)r_0 \cos\beta = 0$$

Это уравнение может быть решено численно с помощью итерационных методов (например, методом Ньютона) если известны параметры слоя.

В нашем случае постановка задачи обратная: по данным нескольких измерений минимального группового пути (P) для разных частот (f) восстановить параметры слоя. В упомянутой выше работе показано, что для этого необходимы три набора измерений (P, f).

Точность установки (дискрет) частоты в радарах SuperDARN составляет 1 кГц при рабочих частотах 8-20 МГц. Точность измерения группового пути составляет 15-60 км (в зависимости от режима), а типичная дальность первого скачка ВНЗ-сигнала составляет 500-1000 км. Такая разница в относительных погрешностях измерений ставит задачу определения минимального сдвига по частоте, приводящего к наблюдаемому сдвигу по групповому пути. Моделирование подобного сдвига для радара ЕКВ на различных частотах и при различных геофизических условиях показало, что сдвиг по частоте должен быть не меньше 300 кГц (рис. 55).



Рис. 55. Зависимость минимального группового пути ВНЗ-сигнала радара ЕКВ от времени для разных частот

Был реализован итеративный алгоритм оценки параметров квазипараболического слоя. Входными данными являются начальные приближения

параметров слоя и три измеренных точки (*P*, *f*). Для каждой частоты вычисляется модельный минимальный групповой путь. Для этого численно решается уравнение на угол излучения соответствующий минимальному пути (19). Далее вычисляется разность между измеренным и модельным групповым путем. На основе этих данных вычисляются корректоры для параметров модели:

$$(20) \qquad \begin{pmatrix} \Delta \mathbf{f}_{c} \\ \Delta \mathbf{y}_{m} \\ \Delta \mathbf{r}_{m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial f_{c}} \end{pmatrix}_{f1,\beta1} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial y_{m}} \end{pmatrix}_{f1,\beta1} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial r_{m}} \end{pmatrix}_{f1,\beta1} \\ \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial f_{c}} \end{pmatrix}_{f2,\beta2} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial y_{m}} \end{pmatrix}_{f2,\beta2} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial r_{m}} \end{pmatrix}_{f2,\beta2} \\ \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial f_{c}} \end{pmatrix}_{f3,\beta3} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial y_{m}} \end{pmatrix}_{f3,\beta3} & \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial r_{m}} \end{pmatrix}_{f3,\beta3} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \Delta P_{1} \\ \Delta P_{2} \\ \Delta P_{3} \end{pmatrix}$$

где f_c – критическая частота слоя, P – минимальный групповой путь, β – угол излучения. Частные производные также приведены в работе.

Параметры модели корректируются, и цикл повторяется снова до достижения заданной точности. Схема алгоритма представлена на рис. 56.



Рис. 56. Схема итеративного алгоритма

Начальные параметры извлекаются из модели IRI. Для данного места и времени генерируется профиль электронной концентрации. Анализ профиля дает параметры Е и F слоев. Использование модели IRI позволяет уже в начальных условиях учитывать географические и временные особенности регулярной ионосферы.

К сожалению, апробирование алгоритма на реальных данных выявило ряд критических недостатков. Итеративное решение вкупе с погрешностью измерения группового пути приводят к значительным расхождениям в определении критической частоты слоя. Сдвиги по групповому пути ± 20 км (это даже меньше стандартного гейта) в исходных данных приводят к сдвигам в критической частоте вплоть до 1 МГц, что не может являться удовлетворительной погрешностью.

Для преодоления возникших трудностей предлагаются следующие меры:

1) Уменьшение дискрета по дальности. Конструкция радара ЕКВ допускает уменьшение размеров гейта до 15 км. Однако это приведёт к уменьшению соотношения сигнал/шум.

2) Установка предусмотренного конструкцией или расширенного набора интерферометрических антенн. Это позволит напрямую измерять угол прихода и использовать весь профиль мощности.

3) Создание простой модели суточного хода минимального группового пути ВНЗсигнала радара и её использование для фитирования реального хода. Данный метод может пригодиться при последующей обработке данных, однако он непригоден для оперативной оценки состояния ионосферы.

Применение данного алгоритма к реальным данным показало, что ошибка измерения группового пути в 45 км, характерная для стандартного режима работы радара SuperDARN, приводит к значительным погрешностям определения основных характеристик ионосферы с помощью рекурсивного алгоритма. Для устранения данной погрешности необходимы либо интерферометрические измерения угла прихода ВНЗ-сигнала, либо простая модель суточного хода минимума группового пути сигнала для данного радара.

Работа незавершена, в настоящее время ведется модернизация программноаппаратного обеспечения радара и проведение специальных экспериментов с улучшенным пространственным разрешением.

Анализ процессов генерации и динамики среднемасштабных ионосферных неоднородностей, вызванных падением метеорита «Челябинск» с использованием данных радара ЕКВ и сети GPS-приемников

Задачей работы являлось получение индекса среднемасштабных вариаций электронной концентрации в ионосфере, определяемого вблизи местоположения приёмника GPS/ГЛОНАСС по данным одиночного приёмника без привлечения дополнительных данных.

Нами введён непрерывный 30-секундный индекс квазивертикальных вариаций ТЕС (Wtec) по данным одиночной двухчастотной приёмной станции GPS/ГЛОНАСС.

Методика (21) основана на оригинальном удалении тренда из данных GPS на основе разложения по обратным степеням синуса угла места, что соответсвует удалению влияния сферически-слоистой ионосферы и последующем приведении вариаций полного электронного содержания от наклонных к вертикальным.

Последующее взвешанное усреднение по спутникам с гладким временным окном S позволяет единообразно ввести индекс *W*_{tec}.

$$I_{mod}(t) = B_0 + \sum A_n \sin^{-2n-1}(\theta_s(t))$$

$$\Delta I(t) = (I(t) - I_{mod}(t)) \sin(\theta_s(t))$$

$$W_{tec}(t) = \sqrt{\sum \Delta I_i(t)^2 \times S_i(t)}$$

$$W_{tec}(t) = \sqrt{\sum S_i(t)}$$
(21)

Проведено сравнение 28-дневных медианных значений индекса W_{tec} по данным Иркутской станции IRKJ со значениями максимальной электронной концентрации NmF2 по данным Иркутского дигизонда. Показана положительная корреляция индекса W_{tec} и модуля производной электронной концентрации NmF2 по времени, превышающая шумовой уровень и обладающая сезонной динамикой. Сделан вывод о возможной связи индекса W_{tec} с изменениями электронной концентрации в зоне наблюдения.

Как показал анализ, наиболее хорошо в данных дигизонда и W_{tec} коррелируют вариации с периодами, превышающими 3 часа, поэтому при использовании W_{tec} для оценки уровня вариаций NmF2 оправдано использовать усреднённые за 3 часа значения W_{tec} . Сравнение спектральных характеристик вариаций, рассчитанных по данным DPS4 и индекса W_{tec} без медианной обработки показало, что одинаковые спектральные всплески наблюдаются с периодами больше, чем 3 часа, более быстрые вариации слабо коррелируют. Причиной плохой корреляции на периодах менее 3-х часов является, повидимому, движение созвездия спутников GPS/ГЛОНАСС, влияние которых существенно проявляется на диаграмме «день года - час суток» в появлении характерных «полос» с периодом порядка 1-1.5 часа, наклон которых определяется рассогласованием периода вращения спутников и вращения Земли.

Для анализа более быстрых временных вариаций необходимо более корректно учитывать положения спутников или интерпретировать быстрые (менее 1 часа) и медленные вариации (более 2-3 часов) W_{tec} раздельно.

Задача незавершена, в настоящее время ведется анализ индексов в приложении к данным, полученным во время пролета Челябинского метеорита.

Основные публикации:

1. Berngardt O.I., Voyeykov S.A., Ratovsky K.G., Using a single GPS/GLONASS receiver for estimating the level of ionospheric disturbance//COSPAR 2014.

2. Бернгардт О.И., Воейков С.В., Ратовский К.Г. Использование данных одиночного приемника GPS/ГЛОНАСС для оценки локального уровня ионосферной возмущенности //XXIV Всероссийская научная конференция «Распространение Радиоволн», 29 июня-5 июля 2014 г., Иркутск.

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

Региональный отклик солнечной активности в температуре поверхности океана

Основными физическими компонентами климатической системы являются – океан, атмосфера, суша и криосфера. Их взаимодействие определяет главные особенности климатического режима на планете. Океаны играют важную роль в климатической системе, так как являются аккумулятором солнечной радиации и активно участвуют в глобальном перераспределении тепла между тропическими и полярными районами. Обладая огромной теплоемкостью, океаны оказывают стабилизирующее влияние на атмосферу. Тепловые потоки через поверхность океана и их временная изменчивость являются определяющим фактором в процессе крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы. Изменение теплосодержания земной климатической системы, подавляющая часть которого определяется океаном, приводит к изменению глобального климата.

В соответствии с основными положениями разрабатываемой в ИСЗФ СО РАН модели влияния солнечной активности на тропосферу был проведен анализ связи долговременных изменений температуры поверхности океана (ТПО) и геомагнитной активности (ГА) (аа-индекс) на основе данных наблюдений. Ранее было установлено, что климатический отклик характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью и носит региональный характер. Особенностью этих распределений является наличие областей как положительной, так и отрицательной корреляции. Исключением является климатическая эпоха (1910-1940 гг.), в которую отклик на

геомагнитную активность в ТПО был положительным практически во всех регионах, т.е. носил глобальный характер. Эта эпоха характеризуется значительным трендом возрастания уровня геомагнитной активности за весь рассмотренный временной интервал (1868-2014 гг.). Установлено, что областям наибольших возрастаний температур для периода 1910-1944 гг. соответствуют области максимальных положительных значений коэффициентов корреляции между ТПО и аа-индексом (рис. 57).

В результате анализа пространственно-временного отклика солнечной активности (СА) в ТПО были обнаружены регионы, в которых долговременные изменения температуры определяются в основном вариациями СА (рис. 58). Оценки связи выполнены для значений ТПО и аа-индекса: годовых и сглаженных по различным периодам. Результаты расчетов корреляции между ними, представлены в таблице 4.



1.00 -0.80 -0.71 -0.57 -0.43 -0.29 -0.14 0.00 0.14 0.29 0.43 0.57 0.71 0.98 1.00

Рис. 57. Карта корреляций ТПО и аа-индекса (5-летние скользящие средние) за период [1910-1944] (а) Разность среднегодовых значений ТПО между периодом высокой (1938-1942) и самой низкой (1908-1912) геомагнитной активности (б).



Рис. 58. Среднегодовые сглаженные по пяти годам значения ТПО в областях максимального проявления ГА, аа-индекс геомагнитной активности (красная линия), стрелкой указан 1964 год.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями ТП	Оиаа–
индексом за различные периоды сглаживания.	

Географическая область	Годовые	Сглаженные по количеству лет			
		3	5	11	21
40-50°S; 30-60°E (Индийский	0,66	0,78	0,85	0,95	0,99
30-40°N; 60-70°W (Север	0,44	0,54	0,60	0,70	0,75
20-50°S; 0-30°W (Юг Атлантики)	0,53	0,63	0,68	0,75	0,83

В ходе изучения степени связи изменений ТПО с вариациями геомагнитной активности было выявлено, что отклик существенно зависит от временного масштаба. При увеличении периода сглаживания коэффициент корреляции г значительно возрастает от 0.45 до 0.95. Наблюдаемая зависимость от временного масштаба обусловлена тем, что большая часть вариаций с временным масштабом меньше пяти лет обусловлена процессами, не связанными с геомагнитной активностью (квазидвухлетние вариации, Эль-Ниньо, Ла-Ниньо, вулканы). Так же при определении г были исключены данные с 1995 по 2013 гг., в этот период существенное влияние на изменения ТПО оказывало уменьшение площади льда в Арктическом бассейне.

Установлено, что отклик геомагнитной активности в ТПО является устойчивым по времени для Индийского океана на широтах 30-60° ю.ш., долготах 15-120° в.д. При

этом в отдельные климатические эпохи, данная область изменяется по широте или смещается по долготе в восточном направлении. Область в Индийском океане является уникальной с точки зрения отклика геомагнитной активности из-за особенностей физико-географического расположения. Данная область характеризуется максимальным циклогенезом в Южном полушарии на протяжении всего года (рис. 59).



Рис. 59. Регионы циклогенеза в Южном полушарии: Ноябрь-Апрель (а); Май-Октябрь (б).

В изменениях ТПО Южного полушария наблюдаются колебания с характерным периодом времени квази-22 года, при этом в Индийском океане эти колебания начались раньше, чем в Атлантике - с 1883 по 1925 гг., а для Атлантического океана - с 1911 по 1964 гг.

Для всех трех регионов наблюдается непрерывное увеличение температуры с 1910 по 1950-ые годы, которое сменилось значительным понижением температуры в 1960-ые годы. Наблюдаемые изменения температуры соответствуют долговременному росту уровня геомагнитной активности в период 1900-1960 годов и резкому его понижению в1964 году.

Данные области (рис. 50) примыкают к изолированной структуре замкнутых поверхностных течений в океане и характеризуются тем, что естественная изменчивость глобальной климатической системы в этих регионах выражена наименьшим образом (эффективность теплообмена океан-атмосфера–суша, явление Эль-Ниньо, площадь морского льда). Тем самым это позволяет достоверно выявить вклад СА в изменения температуры.

При анализе связи СА и ТПО была неожиданно выявлена область в Мировом океане, в изменениях поверхностной температуры которой наблюдаются колебания с характерным временным масштабом квази-11 лет (рис. 60). Несмотря на то, что океан обладает большой инерционностью по сравнению с атмосферой, область Северной Атлантики, как и в Индийском океане, является «изолированной», т.е. в наименьшей степени подвержена глобальным изменениям климатической системы, что способствует проявлению «чистого» сигнала СА.



Рис. 60. Среднегодовые изменения значений ТПО в Северной Атлантике и аа-индекса.

Насколько изменения температуры в Индийском океане связаны с уровнем геомагнитной активности, может быть установлено из диаграммы рассеивания (рис. 61). Как видно имеется сильная линейная зависимость (коэффициент корреляции равен 0.95). Положительный наклон линии тренда указывает на положительную связь между ТПО и аа-индексом, т.е. рост и понижение температуры определяются ростом и спадом геомагнитной активности. На диаграмме выделен период (1995-2013 гг.), в течение которого изменения ТПО в Индийском океане были обусловлены естественной изменчивостью климатической системы, т.е. уменьшением площади льда в Арктическом бассейне и изменением общей циркуляции атмосферы. Это ещё раз указывает на то, что степень связи отклика ТПО на геомагнитную активность существенно зависит от процессов, природа которых не имеет прямого отношения к солнечной активности.



Рис. 61. Диаграмма рассеивания для области Индийского океана (40°S-50°S; 30°E - 40°E) (сглаживание по 11-ти годам), линейный тренд и коэффициент корреляции (R).

Основные публикации:

1. Kirichenko K.E, Kovalenko V.A. Influence of solar activity on climate change // 40th Scientific Assembly COSPAR, Russia, Moscow, 1-10 August 2014, AbstractCD_COSPAR-14. A2.1-0054-14.

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. № 02. С. 154–157.

3. Кириченко К.Е., Коваленко В.А. Региональный отклик геомагнитной активности в температуре поверхности мирового океана // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XX Международного симпозиума [Электронный ресурс].-Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2014 – 1 CD-ROM.

Долговременные изменения внезапных стратосферных потеплений

Исследование внезапных стратосферных потеплений (ВСП) имеет важное значение. ВСП влияют на погодные процессы в тропосфере, состояние и динамику мезосферы, общее содержание озона, вариации озона в тропосфере. Долговременные изменения ВСП являются, с одной стороны, индикатором глобальных климатических изменений, с другой стороны, влияют на эти изменения. По нашим данным, в целом, за период с 1975 по 2013 гг. устойчивый тренд в температуре или значениях геопотенциала во время ВСП отсутствовал, однако с середины 90-х годов интенсивность и пространственный масштаб стратосферных потеплений снижались.

Для объяснения ВСП в 1971 г. Мацумо предложил механизм взаимодействия планетарных волн (зональные волновые числа m=1,2) со средним потоком. Согласно Мацумо увеличение амплитуды вертикально распространяющихся из тропосферы планетарных волн приводит к ослаблению западного или появлению восточного потока, формированию антициклона в стратосфере и разрушению Полярного вихря.

По нашему мнению, «волновой подход» к анализу ВСП не адекватен реальной ситуации. Крупномасштабные течения имеют большую амплитуду и сложную пространственную структуру, лишь с большой долей условности их можно аппроксимировать суперпозицией длинных планетарных волн и зональносимметричного среднего потока. Из-за ограниченности «волнового» приближения не удается объяснить возникновение некоторых ВСП.

По нашему мнению, развитие ВСП обусловлено комплексным действием нескольких факторов: разрушением блокингов, усилением орографических стационарных волн, распространением из тропиков бегущих возмущений. По крайней мере, в отдельные годы источником таких возмущений, а, возможно, и причиной других факторов ВСП является Madden–Julian Oscillation (MJO) – периодически усиливающаяся крупномасштабная конвекция в тропиках. Конвективные ячейки наиболее интенсивны в районе Индийского океана, Индонезии, западной части Тихого океана. Кроме генерации волн Россби МЈО могут изменять среднюю структуру течения, обуславливая адвективный перенос тепла в стратосферу умеренных и высоких широт.

Сопоставление температурного режима в стратосфере с особенностями циркуляции в тропо- и стратосфере в зимние периоды 2008-2009 и 2012-2013 гг. показало, что за 15-20 суток до начала ВСП в тропосфере происходит разрушение блокирующих антициклонов. В этот же период возрастает амплитуда орографических стационарных волн. На рис. 62 приведены вариации температуры в стратосфере и вариации индекса орографического возбуждения в нижней тропосфере.



Рис. 62. Вариации температуры и индекса орографического возбуждения для зим 2008-2009 гг. (вверху) и 2012-2013 гг. (внизу).

Вариации температуры рассчитывались над Атлантическим и Канадским секторами и сопоставлялись с индексом орографического возбуждения над Скалистыми горами с ноября по март 2008-2009 г. (верхний график). Изменения температуры над Азиатским и Тихоокеанским секторами сопоставлялись с изменениями индекса над Тибетом зимой 2012-2013 гг. (нижний график). Перед началом ВСП в 2008 и 2012-2013 годах хорошо видны вариации индекса орографического возбуждения. Во всех случаях за 15-18 суток до начала ВСП наблюдалось разрушение блокирующих антициклонов. Скорее всего, разрушение блокингов было первым звеном в цепочке событий, результатом которых было развитие ВСП. Разрушение блокингов означает усиление зональных потоков в тропосфере и, как следствие, усиление орографического возбуждения стационарных волн.

Развитию ВСП способствует также распространение возмущений в стратосфере из низкоширотной области. Эти возмущения хорошо выявляются с помощью техники «крутильных колебаний» - способа выделения крупномасштабных низкочастотных возмущений, перемещающихся в меридиональном направлении. На рис. 63 приведен пример крутильных колебаний, показывающих в координатах широта-время изменения различных метеорологических характеристик стратосферы на уровне 10 гПа, усредненных вдоль широтных кругов в диапазоне долгот 60-150° в.д. На диаграммы нанесены вариации температуры в полярной области 60-75° с.ш., а также в тропической

области 15° ю.ш.-15° с.ш. Ряды данных предварительно отфильтрованы в диапазоне 5-20 суток.



Рис. 63. Изменения со временем геопотенциала, температуры, зональной компоненты скорости на уровне 10 гПа (~32 км), усредненных вдоль широтных кругов в диапазоне долгот 60-150° в.д. На диаграммы нанесены вариации средней температуры в полярной области 60-75° с.ш., а также в тропиках 15°ю.ш.-15°с.ш. Ряды данных предварительно отфильтрованы в диапазоне 5-20 суток.

Хорошо видна связь между вариациями температуры в тропической области, бегущими из этой зоны в сторону полюса возмущениями (крутильные колебания) и вариациями температуры в полярной области стратосферы (ВСП).

Рис. 64 иллюстрирует связь между МЈО и ВСП зимой 1997/1998гг. Графики температуры в полярной области на уровне 10 гПа приведены в левой части диаграмм, справа нанесены изменения со временем индексов МЈО.



Madden Julian oscillation index, winter 1997-1998

Рис. 64. Изменения со временем пространственной структуры и интенсивности Madden–JulianOscillation. На диаграмму МЈО нанесен график вариаций средней температуры в полярной области на уровне 10 гПа. По оси х отложены долготы, по оси у – даты

Видно, что каждому импульсу MJO соответствует потепление в полярной стратосфере. Видимо, наибольшее значение имеет MJO в интервале долгот 60-150° в.д., т.к. примерно в этом интервале долгот развивается потепление и в полярной области.

Основные публикации:

1. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Анализ факторов, влияющих на возникновение стратосферных потеплений // Оптика атмосферы и океана. Т. 27, №8 2014. С.719-727.

2. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Долговременные изменения внезапных стратосферных потеплений, Известия Иркутского государственного университета, сер. Науки о земле, 2013 - №2. - С. 148-156.

3. Кочеткова О.С., Девятова Е.В., Татарников А.В., Мордвинов В.И., Щеглова Е.С. Сравнение полей температуры по данным спутникового зондирования и архива ERA-Interim на уровне 10 гПа в зимний период над Сибирью // Мат. межд. конф. Enviromis-2014, Томск, С. 74-76.

4. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Связь внезапных стратосферных потеплений с возмущениями, распространяющимися из тропиков // Мат. межд. конф. Enviromis-2014, Томск, С. 91-93.

Исследование воздействия процессов в магнитосфере и нижней атмосфере на характеристики изменчивости ионосферных параметров по данным вертикального и наклонного зондирования в годы минимума и роста солнечной активности По данным наклонного зондирования на трассе Магадан-Иркутск выполнены оценки изменчивости максимально применимых частот (МПЧ) для разных сезонов и уровней солнечной активности в спокойных геомагнитных условиях. Получено, что среднеквадратичные отклонения (СКО) текущих величин от их медианных значений в 2 раза (и более) выше ночью (12.1%), чем днем (5.82%). Летом СКО больше, чем зимой; для осенних и весенних месяцев величины СКО примерно одинаковы. В дневные часы СКО обусловлены колебаниями с временными масштабами менее 2 часов. В ночные часы основной вклад в изменчивость МПЧ вносят колебания с периодами более 2 часов. На рис. 65 приведены вариации МНЧ, зарегистрированные 21-25 января 2010 г., иллюстрирующие вариации МНЧ относительно медианных величин. Видно, что ночные значения СКО 21 января превышают среднемесячные почти в 2 раза. Подобные вариации в эти дни обнаружены в данных вертикального зондирования в Иркутске. Они могут быть связаны с проявлением внезапных стратосферных потеплений.



Рис. 65. Вариации МНЧ на трассе Магадан-Иркутск в период 21-25 января 2010 г.



Рис. 66. Годовое распределение относительной частоты появления условия G (отношение числа регистрации условия G к полному количеству сеансов зондирования в данном месяце) для 2006-2009 гг. на станциях Норильск, Иркутск, Хайнань. Цифры на столбцах гистограмм указывают на усредненное значение Ар-индекса по

интервалам, во время которых регистрировалось появление условия G.

В отчетный период было продолжено исследование поведения ионосферы в годы крайне низкого уровня солнечной активности. На предыдущем этапе работ по данным дигизонда DPS-4 в Иркутске выявлено, что условие G (foF2<foF1, hmax<200 км) регистрировалось в спокойных геомагнитных условиях в 2008-2009 гг. В 2014 г. проведен расширенный анализ данного явления за 2006-2009 гг. (годы низкой солнечной активности) с использованием данных вертикального зондирования на разных широтах: Норильск (69.4°N, 88.1°E), Иркутск (52.5°N, 104°E), Хайнань (18.3°N, 109.3°E). Рис. 66 иллюстрирует относительную частоту появления условия G на всех станциях в течение всех рассмотренных лет.

Морфологический анализ и результаты моделирования позволили сделать вывод о том, что изменения термосферных параметров, произошедшие в годы крайне низкого уровня солнечной активности, привели к созданию благоприятных условий для формирования условия G в геомагнитно спокойных условиях, особенно в высоких широтах. Это свидетельствует о значительном уменьшении концентрации электронов в F2 области при относительно слабом изменении концентрации электронов слоя F1.

Основные публикации:

1. Kurkin V.I., Polekh N.M., Ivanova V.A., Dumbrava Z.F., Podelsky I.N. Statistical characteristics of ionospheric variability using oblique sounding data // 40th Scientific Assembly COSPAR, Russia, Moscow, 1-10 August 2014, AbstractCD_COSPAR-14. C1.1-0130-14.

2. Polekh N.M., Romanova E.B., Ratovsky K.G.1, Shi J.K., Wang X., Wang G.J. Studying the G condition occurrence in different latitudes under solar minimum: observation and modeling // J. Atmos. Solar Terr. Phys. (направлено в печать).

Физическая интерпретация региональных особенностей ионосферы над Восточной Сибирью, выявленных на основе эмпирического моделирования

Одной их характерных особенностей поведения ионосферы над Восточной Сибирью является летняя вечерняя аномалия, которая заключается в том, что в летние месяцы (май-август) значение максимума электронной концентрации (NmF2) в вечерние часы заметно превышает значение NmF2 в полдень. Причиной аномалии является смена направления нейтрального меридионального ветра с полярного на экваториальное. Это приводит к подъему ионосферного слоя в область с более низкой скоростью рекомбинации, что ведет к росту электронной концентрации, несмотря на уменьшение зенитного угла Солнца. В ходе выполнения проекта проведено исследование летней вечерней аномалии над Иркутском на основе данных Иркутского дигизонда. С этой целью рассчитывались скользящие 27-дневные медианные NmF2m(LT,D), где LT – местное время, D – день года. После чего рассчитывалось отношение NmF2m его значению полдень: к В R(LT,D)NmF2m(LT,D)/NmF2m(LT=12,D). Отношение R(LT,D) использовалось в качестве индикатора развития летней вечерней аномалии. В таблице 5 представлены результаты статистического анализа суточно-сезонных вариаций R(LT,D) в период 2003-2013 гг.: максимальное значение R, наблюдаемое в году (Rmax); местное время (LT) и день года (D), соответствующие Rmax; сезонные границы наблюдения аномалии по уровню R≥1.3 (в днях года); количество часов в году по уровню R≥1.3.

Год	Rmax	LT	D	Сезонные границы R≥1.3	Число часов R≥1.3
2003	1.46	21	188	173-198	39.75
2004	1.39	21.25	162	151-191	52
2005	1.32	21.25	181	166-184	5
2006	1.35	21.5	185	178-197	14.25
2007	1.34	21.25	155	148-179	23.75
2008	1.33	21.25	158	156-175	4.75
2009	1.37	21.5	184	165-191	24
2010	1.33	21.25	159	156-184	12.25
2011	1.42	21.5	186	158-203	54.5
2012	1.33	21.5	178	155-194	13
2013	1.29	21.25	188		0
Среднее	1.36	21.3	175	161-190	22.1

Таблица 5. Результаты статистического анализа суточно-сезонных вариаций R(LT,D) для 2003-2013 гг.

Установлено, что наиболее сильно аномалия развивалась в 2003, 2004, 2011 г. (выделены жирным курсивом в таблице 5), а наиболее слабо – в 2005, 2008, 2013 гг. (выделены курсивом в Таблице 2). Пик аномалии наблюдался с 21:00 (2003 г.) до 21:30 (2006, 2009, 2011, 2012 гг.). Как правило, пик аномалии регистрировался в интервале ±20 дней от летнего солнцестояния: с 04 июня (155 день года) по 07 июля (188 день года). Величина пика аномалии варьировалась от 1.46 (2003 г.) до 1.29 (2013 г.). Особенности наблюдения аномалии обусловлены, вероятно, различными условиями

космической погоды в конкретном году. Показано, что солнечная и геомагнитная активность не могут рассматриваться в качестве основных факторов, определяющих уровень развития аномалии. Наиболее вероятным фактором, влияющим на степень развития аномалии, является метеорологическая активность. Поиск метеорологических факторов, влияющих на проявление летней вечерней аномалии, является ближайшей перспективой проводимых исследований.

Основные публикации

1. Ratovsky K.G., Medvedev, A.V., Tolstikov M.V. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionospheric variability from Irkutsk Digisonde data // Advances in Space Research. 2014. DOI:10.1016/j.asr.2014.08.001.

2. 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 // Advances in Space Research 2014. V. 54(3). P. 509-516.

Анализ сезонных и суточных вариаций вертикального дрейфа ионов, полученных по данным Иркутского дигизонда, для разных геофизических условий, оценка на их основе состояния термосферы в период минимума солнечной активности

По данным Иркутского дигизонда с помощью методики, разработанной в ИСЗФ СО РАН, исследованы сезонные изменения отношений основных газовых составляющих $[O]/[N_2]$ и $[O_2]/[O]$ для периода длительного (2007-2009 гг.) минимума солнечной активности (СА) в высотном интервале ниже 200 км. Для исследования были выбраны дни с возмущенными и слабо возмущенными геомагнитными условиями (Ap<48), а также спокойные дни (Ap<10).

Во все сезоны трех лет минимума СА, за исключением осени, среднее отношение $[O]/[N_2]$ принимает наибольшие значения в 2007 г. Величина $[O]/[N_2]$ максимальна зимой и минимальна летом. Изменение $[O]/[N_2]$ от лета к осени увеличивается от 11% в 2007 г. до 50% в 2009 г., как в спокойных, так и в возмущенных условиях. Отношение $[O]/[N_2]$ в осенний период значительно увеличивается (до 23% в спокойных и до 30% в возмущенных условиях) при движении от 2007 к 2009 гг., в то время как в остальные сезоны это отношение меняется слабо, уменьшаясь зимой и весной от 5 до 10% (рис. 67 слева). Возможной причиной этого является сезонная перестройка циркуляции термосферного ветра в равноденственный осенний период, что влечет изменение в нейтральном составе атмосферы на рассматриваемых высотах.

Наибольшие значения отношения $[O_2]/[O]$ наблюдаются в летние сезоны всех трех лет и в спокойных и в возмущенных условиях, минимальные – осенью. Уменьшение $[O_2]/[O]$ от лета к осени в спокойный период составляет до 23%, в возмущенный – до 26%. Отношение $[O_2]/[O]$ в осенний период почти не меняется в период 2007-2008 гг., но в 2008-2009 гг. уменьшается на 22% в спокойных и на 25% в возмущенных условиях (рис. 67 справа). В другие сезоны величины $[O_2]/[O]$ меняются мало, лишь летом отношение в спокойных условиях ниже значения в 2007 г. на 10%.



Рис. 67. Сезонные изменения отношений [O]/[N2] (слева) и [O2]/[O] (справа) в минимуме солнечной активности (2007-2009гг.) во время спокойных геомагнитных условий (пунктирные линии) и во время возмущений (сплошные линии). Сезоны обозначены цифрами: 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.

Основные публикации

1. Кушнаренко Г.П., Кузнецова Г.М. Контроль за состоянием среднеширотной термосферы на высотах 120-200 км по ионосферным измерениям в Иркутске // XXIV Всероссийская научная конференция «Распространение радиоволн», Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г., Труды конференции. Т. І. 2014. С. 216-219.

2. Кушнаренко Г.П., Кузнецова Г.М., Яковлева О.Е. Среднеширотная термосфера ниже 200 км по ионосферным измерениям в Иркутске // XX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 23-27 июня 2014 г., Новосибирск. Тезисы докладов. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2014. с. 135.

3. Яковлева О.Е., Кушнаренко Г.П., Кузнецова Г.М. Изменения отношений основных газовых составляющих термосферы в годы минимума 23/24 цикла солнечной активности // XI Международная Школа молодых ученых «Физика окружающей среды», Томск, 15-19 сентября 2014 г.

Исследование отклика глобального электронного содержания на сильные магнитные бури

Проведен анализ поведения глобального электронного содержания (ГЭС) во время ряда сильных магнитных бурь 2001-2006 гг. (рис. 68). Для всех исследуемых бурь выявлена характерная картина: сначала ГЭС резко возрастает, затем наблюдается быстрый спад ионизации, после чего либо происходит ее восстановление до невозмущенного уровня, либо ГЭС останется на пониженном уровне. Наибольшее падение ГЭС (20 ТЕСU) зарегистрировано во время бури 6 ноября 2001 г., которая была не самой мощной из рассматриваемых. Супербури 30 октября и 20 ноября 2003 г. вызвали уменьшение ГЭС на 12 и 10 ТЕСU, соответственно. Таким образом, величина перепада существенно зависит не от мощности бури, а от общего уровня ионизации ионосферы. После бури 15 декабря 2006 г. (рис. 68 г) ГЭС не вернулось в исходное состояние. Уменьшение ГЭС произошло в среднем на величину ~2 ТЕСU. Подобная картина наблюдалась для бури 17 апреля 2002 г. (рис. 68 б). Общее уменьшение ГЭС для этой бури составило ~8 ТЕСU.



Рис. 68. Изменение ГЭС во время сильных магнитных бурь 06.11.2001. (a), 17.04.2002 (б), 15.12.2006 (г), а также в период супербурь в октябре-ноябре 2003 г. (в).

В результате анализа глобального распределения срывов сопровождения фазы навигационного сигнала GPS для супербури 20 ноября 2003 г. и мощной магнитной бури 15 мая 2005 г. установлено, что во время главной фазы магнитной бури возникает область с повышенным уровнем срывов сопровождения фазы навигационного сигнала, имеющая форму кольца (рис. 69 а). Эта область подобна по форме границе аврорального овала (рис. 69 б) и смещается при смещении границы овала.

15 мая 2005 г., 06:00 UT



Рис. 69. Пространственное распределение плотности срывов сопровождения фазы на вспомогательной частоте GPS L2 (а) и положение границы аврорального овала (б).

Основные публикации:

1. Astafyeva E., Yasyukevich Y., Maksikov A., Zhivetiev I. Geomagnetic storms, superstorms, and their impacts on GPS-based navigation systems // Space Weather, 2014. V. 12(7). P. 508-525.

2. Ясюкевич Ю.В., Максиков А.П., Астафьева Э.И., Живетьев И.В. Сбои сопровождения фазы GPS и сбои полного электронного содержания во время супербурь 7 сентября 2002 и 20 ноября 2003 г. // XXIV Всероссийская научная конференция «Распространение радиоволн» PPB-24. Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. Труды конференции. 2014. Т. П. С. 72-75.

Исследование межгодовых вариаций собственного излучения верхней атмосферы

Исследования последних десятилетий указывают, что атмосферный аэрозоль и его вариации, наряду с парниковыми газами и облачностью, являются одними из основных климатообразующих факторов. В работах Gorkavyi et al., Rieger et al. опубликованы данные наблюдений, указывающие на дополнительное аэрозольное наполнение атмосферы северного полушария в течение первых месяцев после падения Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. Дополнительное аэрозольное наполнение наблюдалось на высотах между 25 и 45 км вдоль широт 50-70°.

В связи с этим по данным Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН (http://atmos.iszf.irk.ru/ru/data/color) проведен анализ вариаций яркости ночного неба на больших временных масштабах, который может являться индикатором поведения аэрозоля в атмосфере. На рис. 70 а представлены средние за ночь яркости ночного неба в цветовом канале R за 2010-2013 гг. в период с 30-го по 100-й день года. Для сравнения показан также усредненный ход интенсивности сплошного спектра на длине волны 605 нм (нижний график), полученный по многолетним данным среднеширотной станции Абастумани. Сопоставление анализируемых данных с данными сплошного спектра свечения ночного неба вызвано тем, что при больших спектральных

интервалах регистрации (~100–150 нм) сплошной спектр становится основным компонентом в свечении ночной атмосферы и в большой степени обуславливает излучение, регистрируемое в R, G и B-каналах цветной ССD-камеры. Согласно данным станции Абастумани типичным является снижение интенсивности сплошного спектра в начале года (рис. 70 а). Аналогичная тенденция отмечается и для яркости ночного неба по данным ГФО ИСЗФ СО РАН в 2010-2012 гг. В 2013 г. эта тенденция нарушается: наблюдается увеличение яркости ночного неба на интервале с 40-го по 80-й день. Более наглядно это демонстрирует рис. 70 б, на котором показано поведение яркости ночного неба в R-канале цветной ССD камеры при 15-дневном усреднении в 2013 г. и в период 2010-2012 гг. Аналогичная тенденция наблюдается и для цветовых каналов G и B.

Таким образом, данные наблюдений яркости ночного неба в ГФО ИСЗФ СО РАН в 2013 г. указывают на ее увеличение во второй половине февраля - марте по сравнению с данными в январе - начале февраля. Увеличение яркости ночного неба в отмеченный интервал времени может быть обусловлено дополнительным увеличением аэрозоля в атмосфере и, соответственно, увеличением доли рассеянного на нем света в регистрируемой интегральной яркости. Отмеченное увеличение яркости ночного неба не наблюдалось в предшествующие годы и не является типичным для сезонного хода интенсивности сплошного спектра свечения ночного неба.



Рис. 70. Средние за ночь яркости ночного неба в цветовом канале R за 2010-2013 гг., зарегистрированные в ГФО ИСЗФ СО РАН и интенсивность сплошного спектра на длине волны 605 нм (нижний график) по данным среднеширотной станции Абастумани (а). Поведение яркости ночного неба в R-канале цветной ССD камеры при усреднении за 15 дней для 2013 г. и для периода 2010-2012 гг. (б).

Основные публикации:

1. Mikhalev A.V., Kostyleva N.V., Komarova E.S., Podlesny S.V., Stoeva P.V. Night sky brightness in Eastern Siberia after the Chelyabinsk meteor fall // 40th Scientific Assembly COSPAR, Russia, Moscow, 1-10 August 2014, AbstractCD_COSPAR-14. C2.3-0035-14.

2. Михалев А.В., Подлесный С.В., Стоева П.В. Оптические характеристики ночного неба в Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита. І. Яркость ночного неба // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 12 (принято в печать).

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

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

Ионосферные вариации над зоной развития зимней стратосферной циркуляции



Рис. 71. Среднедневные вариации foF2 со стандартными отклонениями для цепи ионозондов в декабре 2012 г. – январе 2013 г. (а); структура стратосферного циркумполярного вихря на высоте 10 мб для 30 декабря 2012 г. (сверху) и 5 января 2013 г. (снизу) по данным архива реанализа NCEP/NCAR (б). Стрелки показывают направление стратосферного струйного течения, цвета – величину скорости атмосферного газа. Точками показаны положения ионозондов, перекрывающих разные зоны стратосферной циркуляции.

Проведены исследования ионосферных вариаций над зоной развития зимней стратосферной циркуляции, являющейся причиной внезапных стратосферных потеплений (ВСП). Для исследований были использованы данные пяти российских
ионозондов в Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Якутске и Паратунке, образующих уникальную среднеширотную цепь для исследования структуры ионосферы.

Впервые обнаружены долготные вариации критической частоты и высоты максимума ионизации, заключающиеся в том, что над зоной стратосферного циклона образуется локальный максимум ионизации и уменьшение высоты слоя F2, а над зоной взаимодействия стратосферных циклонов и антициклонов, где циркуляция направлена к полюсу, образуется область низкой концентрации и значительное увеличение высоты максимума ионизации (рис. 70). Эти эффекты обусловлены всасыванием молекулярного газа в область нижней термосферы во втором.

Основные публикации:

1. Шпынев Б.Г., Д. Панчева, П. Мухтаров, В.И. Куркин, К.Г. Ратовский, М.А. Черниговская, А.Ю. Белинская, А.Е. Степанов, Аэрономические эффекты внезапного стратосферного потепления в январе 2009 г. и их влияние на ионосферу // Исследования Земли из космоса, 2014, №2, С. 1-11.

2. Shpynev B.G., V.I. Kurkin, K.G. Ratovsky, M.A. Chernigovskaya, A.Yu. Belinskaya, S.A. Grigorieva, A.E. Stepanov, V.V. Bychkov, D. Pancheva and P. Mukhtarov High-midlatitude ionosphere response to major stratospheric warmings //Earth, Planet and Space, 2014, 66, (in press).

Вариации ПЭС в периоды внезапных стратосферных потеплений

В результате анализа вариаций ПЭС для зим 2008-2009 и 2012-2013 гг., выполненного на основе данных глобальных карт вертикального полного электронного содержания (ПЭС), установлено, что в периоды сильных внезапных стратосферных потеплений в азиатском регионе России наблюдались значительные изменения в суточном ходе ПЭС (рис. 72). При этом наибольшие отклонения ПЭС от фонового уровня зарегистрированы в околополуденные часы местного времени и выражены сильнее в пунктах, расположенных ближе к области наибольшего потепления в стратосфере (рис. 63 б, в). В период фазы развития потепления в дневное время зарегистрированы существенные отрицательные (до -5 ТЕСU) отклонения ПЭС относительно фонового уровня. После максимума ВСП, напротив, отмечено значительное повышение ПЭС относительно фоновых значений.



Рис. 72. Суточная динамика отклонений ПЭС от фонового уровня (dIv) в период ВСП зимы 2012-2013 гг. Вертикальным пунктиром отмечен максимум ВСП.

Основные публикации:

1. Polyakova A.S., M.A. Chernigovskaya, N.P. Perevalova. Ionospheric Effects of Sudden Stratospheric Warmings in Eastern Siberia Region // J. Atm. Solar-Terr. Phys. 2014. V. 120. P. 15-23. doi: 10.1016/j.jastp.2014.08.011.

2. Полякова А.С., Черниговская М.А., Перевалова Н.П. Ионосферные эффекты внезапных стратосферных потеплений в Восточносибирском регионе России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 10. № 1. С. 85-96.

Исследование температурного и динамического режимов внетропической атмосферы северного полушария в период внезапного стратосферного потепления зимой 2012-2013 гг.



Рис. 73. Временные вариации отклонений температуры от ее сезонного хода, характеризующих активность планетарных волн, в стратосфере и МНТ по спутниковым данным MLS Aura (a-d) и наземным измерениям вращательной температуры ОН (е). Сезонный тренд исключался с помощью гармонического анализа аппроксимацией тремя годовыми гармониками (12-, 6- и 4-месячной).

Проведено комплексное исследование температурного и динамического режимов внетропической атмосферы Северного полушария в период Главного («major») внезапного стратосферного потепления (ВСП) зимой 2012-2013 гг. с использованием данных реанализа, данных спектрометрических измерений параметров эмиссий области мезопаузы и верхней атмосферы (МНТ), а также спутниковых данных MLS Aura. Установлено, что ВСП в январе 2013 г. привело к росту температуры стратосферы (от ~40 К в нижней и до ~60 К в верхней стратосфере), изменению направления зонального ветра с западного на восточное и разделению полярного вихря на две части. В конце декабря наблюдалось ослабление амплитуды планетарной волны k=1 (на 30 гПа с ~700 гпм 23 декабря до ~200 гпм 10 января), которое сопровождалось усиление потока волновой активности из тропосферы в стратосферу наблюдалось над Восточной Сибирью – северо-востоком Китая.

Обнаружено усиление активности планетарных волн во 2-й половине ноября – декабре 2012 г. (рис. 73). В ходе развития ВСП повышение температуры стратосферы сопровождалось охлаждением мезосферы, наблюдавшемся в достаточно узком слое. В

конце декабря - начале января отмечался рост интенсивностей возникающих на высотах МНТ эмиссий молекул ОН и O₂ в 2-2,5 раза относительно невозмущенных условий, который может быть обусловлен повышением концентрации кислорода на высотах свечения указанных эмиссий из-за усиления его вертикального переноса из нижних слоев атмосферы в результате вызванного ВСП нарушения атмосферной циркуляции.

Основные публикации:

1. Pavel Vargin, Irina Medvedeva. Studying temperature and dynamical variations in the extratropical boreal atmosphere in the 2012-2013 winter // 40th COSPAR Scientic Assembly, Moscow, Russia, 2–10 August 2014, Abstract. COSPAR2014-C2.2-0077-14.

2. Варгин П. Н., Медведева И.В. Исследование температурного и динамического режимов внетропической атмосферы северного полушария в период внезапного стратосферного потепления зимой 2012-2013 гг. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2015. Т.51, №1 (в печати).

Анализ факторов, влияющих на возникновение стратосферных потеплений

Исследование факторов, вызывающих внезапные стратосферные потепления. В настоящее время большинство специалистов придерживаются точки зрения Т.Мацуно, предложившего в 1971 году механизм взаимодействия планетарных волн (зональные волновые числа m=1,2) со средним потоком. Согласно Мацуно увеличение амплитуды вертикально распространяющихся из тропосферы планетарных волн приводит к ослаблению западного или появлению восточного потока, формированию антициклона в стратосфере и разрушению Полярного вихря. Наши исследования показали, что «волновой подход» к анализу ВСП не адекватен реальной ситуации. Подтверждена связь ВСП с возбуждением орографических стационарных волн, блокингами в атмосфере. Множественные корреляции ВСП с различными событиями в тропосфере указывают на то, что ВСП скорее всего являются лишь частью глобальных динамических процессов в тропосфере, стратосфере и мезосфере, которые трудно трактовать только с позиции взаимодействия длинных планетарных волн со средним потоком. Наиболее важное значение имеет установленная нами связь ВСП с динамическими процессами в тропиках. Инструментом для выделения этой связи была техника расчета «крутильных колебаний» - низкочастотных крупномасштабных колебаний, распространяющихся в меридиональном направлении. На рис. 74 приведен пример крутильных колебаний, показывающих в координатах широта-время изменения различных метеорологических характеристик стратосферы на уровне 10 гПа, усредненных вдоль широтных кругов в диапазоне долгот 60-150° в.д. На диаграммы нанесены вариации температуры в полярной области 60-75° с.ш., а также в тропической области 15°ю.ш.-15°с.ш.. Ряды данных предварительно отфильтрованы в диапазоне 5-20 суток.



Рис. 74. Вариации геопотенциала, температуры, зональной компоненты скорости ветра на уровне 10 гПа (~32 км), усредненных вдоль широтных кругов в диапазоне долгот 60-150° в.д.

Хорошо видна связь между вариациями температуры в тропической области, бегущими из этой зоны в сторону полюса возмущениями (крутильные колебания) и вариациями температуры в полярной области стратосферы (ВСП).

Наиболее вероятной причиной «крутильных колебаний» и последующих возмущений в полярной стратосфере является так называемая Madden–Julian Oscillation (MJO) – периодически усиливающаяся крупномасштабная конвекция в тропиках. Конвективные ячейки наиболее интенсивны в районе Индийского океана, Индонезии, западной части Тихого океана. Кроме генерации волн Россби МЈО могут изменять среднюю структуру течения, обуславливая адвективный перенос тепла в стратосферу умеренных и высоких широт. Кроме того, крупномасштабные динамические возмущения в тропиках могут быть причиной блокингов, усилений орографических стационарных волн и увеличений амплитуды длинных планетарных волн в умеренных широтах, рассматриваемых в рамках «волновой гипотезы» Мацуно, как основная причина ВСП.



Madden Julian oscillation index, winter 1997-1998

Puc. 75. Изменения со временем пространственной структуры и интенсивности Madden–Julian Oscillation. На диаграмму MJO нанесен график вариаций средней температуры в полярной области на уровне 10 гПа.

Рис. 75 иллюстрирует возможную связь между МЈО и ВСП зимой 1997/1998 гг. Графики температуры в полярной области на уровне 10 гПа наложены на изменения со временем индексов МЈО.

В настоящее время предложенная гипотеза проверяется по данным расчетов в модели общей циркуляции атмосферы РГГМУ г. Санкт-Петербурга.

Основне публикации:

1. Кочеткова О.С., Мордвинов В.И., Руднева М.А. Анализ факторов, влияющих на возникновение стратосферных потеплений // «Оптика атмосферы и океана». Т. 27. №8 2014. С.719-72.

2. Кочеткова О.С., Девятова Е.В., Татарников А.В., Мордвинов В.И., Щеглова Е.С. Сравнение полей температуры по данным спутникового зондирования и архива ERA-Interim на уровне 10 гПа в зимний период над Сибирью // Мат. межд. конф. Enviromis-2014, Томск, С. 74-76.

3. Руднева М.А., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И. Связь внезапных стратосферных потеплений с возмущениями, распространяющимися из тропиков // Мат. межд. конф. Enviromis-2014, Томск, С. 91-93.

Изменчивость температуры в области мезопаузы по наблюдениям гидроксильного излучения

Проведен статистический анализ температуры атмосферы на высотах мезопаузы и ее межгодовой изменчивости по данным спектрометрических наблюдений гидроксильного излучения, полоса (6,2) 834.0 нм, в Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН (Торы, (52N, 103E)) и Звенигородской научной станции ИФА РАН (56N, 37E) за период 2008-2012 гг. (таблица 6). Обнаружено, что среднегодовая температура и характеристики годовой и полугодовой гармоник для двух регионов наблюдения имеют близкие значения, тогда как амплитуда третьей годовой гармоники отличается более чем в два раза.

Таблица 6. Характеристики сезонных вариаций температуры области мезопаузы по наблюдениям на станциях Торы и Звенигород за период 2008-2012 гг.

		Годовая гармоника		Полугодовая		Третья	годовая
Обсерватория	Средняя			гармоника		гармоника	
	темпера- тура, К	Ампли-	Фаза мак-	Ампли-	Фаза	Ампли-	Фаза
		туда, К	симума,	туда, К	максиму	туда, К	максимум
			день года		ма, день		а, день
					года		года
Торы (2008-2012 гг.)	191.9±0.4	22.6±0.6	350.8±1.4	5.5±0.6	75.7±3.1 258.3±3.1	3.7±0.6	3.2±2.9 124.9±2.9 246.7±2.9
Звенигород (2008-2012 гг.)	191.3±0.3	23.7±0.5	354.5±1.0	8.0±0.4	73.0±1.5 255.6±1.5	1.7±0.4	3.4±8.0 125.1±8.0 246.9±8.0

Проведенный анализ межгодовых вариаций температуры области мезопаузы по данным измерений на двух среднеширотных станциях выявил ее более выраженную изменчивость для региона Восточной Сибири (рис. 76).



Рис. 76. Межгодовые вариации температуры области мезопаузы по данным наблюдений на ст. Торы (белые значки) и Звенигород (черные). Вертикальные линии – стандартные ошибки среднего.

Проведено исследование ночной вариативности температуры мезопаузы на основе спектральных наблюдений гидроксильного излучения на ст. Торы и Звенигород в 2008-2012 гг. Для анализа использовались рассчитанные ночные дисперсии температуры, отображающие активность приливных гармоник и внутренних гравитационых волн (ВГВ) на высотах мезопаузы.



Рис. 77. Сезонный ход относительных ночных дисперсий температуры области мезопаузы, вызванных геофизическими возмущениями (а), только приливами (b), только ВГВ (c) по наблюдениям на ст. Торы (белые значки) и Звенигород (черные значки).

Анализ ночных вариаций температуры для двух регионов наблюдения (рис. 77) выявил их хорошо выраженную сезонную зависимость, а также повышенные значения изменчивости температуры мезопаузы для региона Восточной Сибири. Данные

отличия могут свидетельствовать о возможном влиянии на температурный режим мезопаузы долготного и орографического эффектов, а также высокой сейсмической активностью, характерной для региона расположения ГФО ИСЗФ.

Основные публикации:

1. Perminov V.I., Semenov A.I., Medvedeva I.V., Zheleznov Yu.A. Variability of mesopause temperature from the hydroxyl airglow observations over midlatitudinal sites, Zvenigorod and Tory, Russia. J. Adv. Space Res. (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2014.01.027.

2. Перминов В. И., Семенов А. И., Медведева И. В., Перцев Н. Н. Изменчивость температуры в области мезопаузы по наблюдениям гидроксильного излучения на средних широтах // Геомагнетизм и аэрономия. Том: 54, №: 2. 2014. С. 246-256. DOI: 10.7868/S0016794014020151.

3. Медведева И.В., Перминов В.И., Семенов А.И. Исследование температурного режима атмосферы на высотах области мезопаузы в Европейском и Восточно-Сибирском регионах России // Турбулентность, динамика атмосферы и климата. Труды международной конференции памяти академика А.М. Обухова, Москва, Издательство ГЕОС, 560 с. 2014. С. 393-398.

Проявление метеорной активности потока в излучении верхней атмосферы Земли

Выполнен анализ вариаций интенсивностей эмиссий верхней атмосферы Земли (OI 557.7 нм, OH, Na), связанных с проявлением метеорной активности потока Леониды. В работе использовались данные наблюдений свечения верхней атмосферы в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. По данным наблюдений эмиссии атомарного кислорода OI 557.7 нм выявлено существенное увеличение интенсивности этой эмиссии (до 20-60%) в период прохождения метеорного потока Леониды в 1999 и 2001 гг., когда наблюдались явления метеорных дождей (рис. 78). В остальные годы, когда активность потока была на уровне среднего, возможное увеличение интенсивности эмиссии OI 557.7 нм было сопоставимо с естественными межсуточными вариациями средних ночных интенсивностей этой эмиссии.

Предварительный анализ вариаций интенсивности гидроксила ОН в 2009 и 2011 гг. и эмиссии Na в 2011 г позволяет отметить тенденцию увеличения интенсивностей этих эмиссий в период близкий к максимуму метеорного потока с последующим их снижением в следующие дни, что согласуется с результатами некоторых работ.



Рис. 78. Вариации средних нормированных ночных интенсивностей эмиссии OI 557.7 нм (I_{557.7}) в 1998 и 2001 годах. Толстая кривая - средние значения за анализируемые годы. Вертикальными линиями указаны стандартные отклонения.

Усиление эмиссии 557.7 нм может происходить несколькими путями. Прежде всего, следует отметить, что количество кислорода в химическом составе метеоритов (в процентах по весу) может достигать до 29%, и какая-то его часть в результате ионизации метеорного вещества может поступать в атмосферу. На это косвенно указывает и наличие этой эмиссионной линии в спектрах излучения метеорных следов. Кроме того, наличие так называемых вторичных частиц метеорного происхождения может существенно изменить скорости протекания процессов образования эмиссии 557.7 нм. В литературе обсуждаются и другие возможные механизмы возмущения эмиссии 557.7 нм метеорными потоками. Так, например, в работе (Копнин и Попель, 2007) приводится оригинальный механизм усиления эмиссии 557.7 нм во время вторжения метеорных потоков, связанный с возникновением акустико-гравитационных вихревых структур в области пылевых возмущений во время метеорных потоков, приводящих к усилению относительной интенсивности эмиссии 557.7 на величину порядка десяти процентов.

Основные публикации:

1. Комарова Е.С., Михалев А.В. Проявление метеорной активности потока Леониды в излучении верхней атмосферы Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 2. С. 277-287.

Оптические эффекты работы бортового двигателя космического аппарата

Оптические эффекты работы бортового двигателя космического аппарата «Прогресс М-17М» на высотах термосферы. Выполнен анализ результатов оптических наблюдений в активном космическом эксперименте «Радар-Прогресс» 17 апреля 2013 г. после включения сближающе-корректирующего двигателя транспортного грузового корабля «Прогресс М-17М» на высотах термосферы (412 км) (рис. 79). Во время работы двигателя зарегистрирована область свечения повышенной интенсивности, предположительно связанная с рассеянием сумеречного солнечного излучения на продуктах работы двигателя на орбите грузового корабля и, возможно, появлением дополнительного свечения в эмиссии атомарного кислорода [OI] 630 нм.

Максимальные наблюдаемые размеры области свечения составили ~350 км вдоль орбиты и ~250 км поперек. Скорость расширения области свечения в первые моменты времени после начала работы двигателя вдоль орбиты составила ~7 км/с, поперек ~3,5 км/с. Максимальная интенсивность области возмущения оценивается величиной, эквивалентной ~40-60 Рл в спектральной полосе 2 нм.



Рис. 79. Последовательность обработанных кадров изображений ПЗС-камеры в эмиссии 630 нм. Время работы СКД 13:24:38 - 13:24:47.

Оптического проявления в естественных эмиссионных линиях [OI] 557.7 и 630.0 нм в дальней зоне от места инжекции продуктов работы двигателя, превышающего естественные вариации яркости ночного неба и связанного с возможной крупномасштабной модификацией ионосферы, отмечено не было.

Основные публикации

1. A. Mikhalev, V. Khakhinov, A. Beletsky, V. Lebedev. Observations of airglow during injections of exhaust streams of "Progress" orbital maneuvering subsystem. 40th COSPAR Scientific Assembly. 2 - 10 August 2014, Moscow, Russia. Abstract COSPAR C5.1-0028-14.

2. Михалев А. В., Хахинов В. В., Белецкий А. Б., Лебедев В. П. Оптические эффекты работы бортового двигателя космического аппарата "Прогресс М-17М" на высотах термосферы // Космические исследования (в печати).

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

Проведение регулярных измерений, организация банков данных GPS/ГЛОНАСС, спутниковых, оптических измерений в Азиатском регионе России

Оптические измерения

В 2014 г. продолжались регулярные оптические наблюдения собственного свечения верхней атмосферы Земли в двух пунктах наблюдений ИСЗФ СО РАН: в

Геофизической обсерватории (ГФО «Торы», п. Торы, республика Бурятия) и на полигоне «Исток» (Комплексная магнитно-ионосферная станция, г. Норильск). Измерения проводились в основных эмиссионных линиях атомарного кислорода 557.7 и 630 нм в спектральных диапазонах 400-700 нм и 820-870 нм с помощью следующих оптических приборов: широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц, широкоапертурная оптическая система ФИЛИН-1Ч, патрульный спектрометр САТИ-1М, спектрограф ИКС-1 для измерения вращательной температуры нейтральной атмосферы на высотах 80-100 км. солнечный фотометр CIMEL-CE-318. широкоугольная оптическая система KEO Sentinel. Обработаны данные оптических наблюдений для инструментов: ФИЛИН-1Ц – 307, ФИЛИН-1Ч – 37, САТИ-1М – 304, ИКС-1 – 300, КЕО Sentinel – 156 дней измерений. Данные оптических наблюдений за 2014 г. пополнили существующие банки данных.

Проведена оценка характеристик (время обнаружения, характерное направление и скорость распространения) полярных сияний, зарегистрированных с помощью оптической системы ФИЛИН-1Ч в январь 2014 г. на полигоне «Исток». Примеры зарегистрированных полярных сияний приведены на рис. 80.



Рис. 80. Полярные сияния, зарегистрированные 1 января 2014 г. (а) и 3 января 2014 г. (б).

Характеристики полярных сияний представлены в таблице 7.

	37				
Гаолина /	Характерист	ики зарегис	трированных	полярных	сиянии
таолица /.	rupuntepner	men superne	1 pripobalilibilit	nomprin	CHIMIN

Дата	Время	Направление и скорость распространения			
регистрации регистрации		(где N – север, S – юг, W – запад, E – восток)			
01.01.2014	13:20-13:45	NS, ~90 м/с			
	15:54-16:20	Без характерного направления			
	16:35-17:15	NS, ~50 м/с			
	17:40-17:50	NW-SE, ~90 м/с			
	18:39-18:50	Без характерного направления			
	21:33-21:45	SE-NW, 120 м/с			
03.01.2014	17:12-17:21	SN, ~180 м/с			
	18:08-18:30	SN, ~120 м/с			
	19:20-19:49	19:20 - NS, ~40 м/с; 19:26 - SN			
07.01.2014	19:10-19:20	EW, ~ 0 м/с			
11.01.2014	19:18-19:26	NW-SE, ~100 м/с			
21.01.2014	18:13-19:34	18:13 - SN, 160 м/с; 18:56 – NS, ~120 м/с			

Оптическое оборудование ГФО «Торы» использовалось для регистрации эффектов при проведении эксперимента «Радар-Прогресс». В ходе данного эксперимента летом 2014 г. с помощью оптической системы КЕО Sentinel удалось наблюдать распространение области свечения эмиссии 630 нм после выключения двигательной установки. По предварительным оценкам скорость движения в первые 60 с после начала работы корректирующего двигателя вдоль орбиты космического корабля составила ~6 км/с, поперек ~3 км/с. Максимальные наблюдаемые размеры области зарегистрированы через 120-150 с после включения двигателя и составили ~330 км вдоль орбиты, ~270 км поперек нее.

Спутниковая информации о параметрах атмосферы

В 2014 г. регулярно пополнялся архив спутниковой информации о параметрах атмосферы по данным станции приема спутниковых снимков Алиса-СК, установленной в ИСЗФ СО РАН, а также по данным сети Интернет. Аппаратнопрограммный комплекс Алиса-СК предназначен для приема и обработки информации, передаваемой с полярно-орбитальных ИСЗ в диапазоне 1.7 ГГц. Комплекс обеспечивает прием и обработку информации со следующих ИСЗ: NOAA (POES); MetOp; FengYun; NPOESS (запуск в 2013 г.). В настоящее время на сайте ИСЗФ СО РАН доступен архив телеметрии NOAA и карты распределения облачного покрова. Архив телеметрии NOAA пополняется непосредственно после окончания приема данных со спутника и расположен по адресу http://atmos.iszf.irk.ru/ru/sputnik/noaa. Кроме технических данных о пролете существует возможность просмотра обзорного изображения пролета. В течение месяца на сайте доступен также и сам файл телеметрии. Карты распределения облачного покрова создаются непосредственно после приема данных со спутника в автоматическом режиме и расположены по адресу http://atmos.iszf.irk.ru/ru/sputnik/clouds. На странице http://atmos.iszf.irk.ru/ru/sputnik/mls представлено пространственное распределение температуры на высотах от 56 гПа до 0.001 гПа по данным микроволнового радиометра MLS (Microwave Limb Sounder), установленного на борту спутника «Aura» и предназначенного для измерения температуры и концентрации газовых примесей в различных слоях атмосферы. Исходные данные радиометра MLS получены по сети Интернет.

Измерения на сети приемников GPS/ГЛОНАСС

В течение 2014 г. поддерживались измерения в постоянном режиме на сети наземных приемников GPS/ГЛОНАСС, развернутой ИСЗФ СО РАН в Байкальском регионе (пункты TORY, USOL, LIST, ISTP, MOND). Введены в действие пункты постоянных GPS/ГЛОНАСС измерений UZUR в Байкальской магнитотеллурической обсерватории ИСЗФ СО РАН в п. Узур., SARM на полигоне ИСЗФ СО РАН в п. Сарма. Приемники GPS/ГЛОНАСС выполняют групповые, фазовые, амплитудные измерения с частотой 1 Гц (стандартный режим). Данные пунктов TORY, LIST, UZUR, ISTP передаются в ИСЗФ СО РАН ежедневно в автоматическом режиме. Данные с остальных пунктов передаются курьером раз в один-два месяца. Данные измерений сети GPS/ГЛОНАСС приемников ИСЗФ СО РАН хранятся в специализированном банке данных в трех форматах: исходный бинарный формат приемника (разрешение 1 с), стандартный формат RINEX (разрешение 1 с), стандартный формат RINEX (разрешение 30 с). Помимо данных, полученных на приемных пунктах ИСЗФ СО РАН, банк регулярно пополняется данными мировых сетей станций GPS (IGS, GSI/GEONET и др.); файлами с навигационными сообщениями ГЛОНАСС и GPS; мировыми картами полного электронного содержания IONEX ведущих научных групп (CODG, JPLG, UPCG, IGSG, EMRG, ESAG).

Совершенствование методов обработки и анализа данных

При определении абсолютного полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере с использованием одновременно кодовых и фазовых измерений по данным GPS/ГЛОНАСС, возникает систематическая ошибка, связанная с различием времени прохождения сигналов двух частотных диапазонов в каналах приемника и спутника. Ошибка носит название «дифференциальные кодовые задержки» (ДКЗ) и может достигать 24 нс, что приводит к ошибке определения абсолютного ПЭС ~70 TECU. В ходе выполнения проекта разработан и реализован алгоритм определения абсолютного вертикального ПЭС с учетом ДКЗ по данным одного приемника GPS/ГЛОНАСС. Алгоритм основан на модели измерений ПЭС, параметрами которой являются вертикальное ПЭС, погрешность ПЭС, обусловленная абсолютное ЛКЗ. пространственные градиенты ПЭС, временная производная ПЭС. Тестирование алгоритма показало, что на точность определения абсолютного вертикального ПЭС временные производные и пространственные градиенты влияют несущественно. На точность определения пространственных градиентов и ДКЗ значительное влияние оказывает временная производная ПЭС. Рассчитанные на основе разработанного алгоритма значения абсолютного вертикального ПЭС и ДКЗ качественно и количественно согласуются со значениями, которые публикуются лабораторией CODG на основе анализа данных мировой сети станций GPS/ГЛОНАСС (рис. 81).





Абсолютное расхождение в среднем составляет ~3 ТЕСИ при определении ПЭС и до 5 ТЕСИ при определении погрешности ПЭС, обусловленной ДКЗ. Для улучшения точности определения абсолютного вертикального ПЭС по данным отдельного приемника необходимо использовать данные за несколько временных интервалов.

Основные публикации:

1. Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В., Демьянов В.В. Определение абсолютного вертикального полного электронного содержания в ионосфере по данным ГЛОНАСС/GPS // Солнечно-земная физика. 2014. Вып. 24 С. 70-77.

2. Иванов В.А., Куркин В.И., Иванов Д.В., Рябова Н.В., Ясюкевич Ю.В., Рябова М.И., Живетьев И.В., Мыльникова А.А. Современные подходы к обработке сигналов наклонного и трансионосферного зондирования. // XXIV Всероссийская научная конференция «Распространение радиоволн» РРВ-24. Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г. Труды конференции. 2014. Т. IV. С. 9-14.

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

Исследование отклика ионосферы на геомагнитную бурю 7-11 марта 2012 г.

На основе данных станций вертикального зондирования, расположенных на территории Сибири и Дальнего Востока продолжено исследование отклика ионосферных параметров на геомагнитные бури. Рассмотрены эффекты солнечных вспышек 4-9 марта 2012 года, сопровождавшихся усилением потока электромагнитного и корпускулярного излучения Солнца и пятью выбросами корональной массы. Всплески рентгеновского излучения и усиление потока солнечных космических лучей вызвали рост ионосферного поглощения, проявившийся в росте минимальной частоты до 4-6 МГц в дневные часы и исчезновения отражений в высоких широтах. Воздействие на магнитосферу выбросов корональной массы вызвало умеренную и большую магнитные бури. Рассмотрены основные эффекты в ионосфере, обусловленные этими бурями.



Рис. 82. Вариации критической частоты во время магнитных бурь 7-11 марта 2012 г.

Установлено, что совместное воздействие смещения границ магнитосферной конвекции, усиление скорости меридиональных ветров и изменение состава

термосферы привели к формированию протяженной области низких значений электронной концентрации, в результате чего экваториальная граница главного ионосферного провала могла сместиться до широты Петропавловска (рис. 82).

Основные публикации:

1. Polekh N.M., Zherebtsov G.A., Zolotukhina N.A., Romanova E.B., Shi J., Wang X., Wang G. Ionospheric disturbances in the East Asia region in March 2012 // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather, August 25-29, 2014, Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China, P.25.

2. Romanova E.B., Polekh N.M., Zolotukhina N.A., Kurkin V.I. Prompt and delayed effects of solar disturbances in magnetosphere-ionosphere system on March, 4-7, 2012 // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Absracts. –Moscow.-2014.-C1.3.0053-14.pdf.

3. Romanova E.B., Zherebtsov G.A. Polekh N.M., Zolotukhina N.A. Shi J., Wang X. Ionospheric response to magnetic storm on July, 14-17, 2012 in East Asia // 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Absracts. –Moscow.-2014.-C1.3.0041-14.pdf.

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 свойств плазмосферы при спокойных и возмущенных условиях

На основе численной модели ионосферы и плазмосферы исследована зависимость распределения ионов ионосферного происхождения в плазмосфере и структуры плазмопаузы от вида распределения электрического поля магнитосферной конвекции для двух сезонов (весна и зима) при низкой и высокой геомагнитной активности.

На основе выполненных модельных расчетов исследованы форма и размеры плазмопаузы при возрастании и спаде геомагнитной активности, и показано, что размер плазмосферы зависит, главным образом, от сектора MLT и уровня геомагнитной активности, а наибольшая зависимость от UT проявляется в равноденствие; плазмосфера асимметрична в направлениях полдень – полночь и утро – вечер. Выполнен анализ суточных и сезонных вариаций ионного состава в плазмосфере Земли при умеренной солнечной активности. На рис. 83 приведены распределения ионов O⁺ и H⁺ в меридиональной плоскости полдень – полночь для условий зимнего солнцестояния, момента 04 UT и двух уровней геомагнитной активности (Кр = 2 и 5).



Рис. 83. Распределения концентрации ионов О⁺ и H⁺ в сечении плазмосферы Земли полдень – полночь в зимних условиях при низкой и высокой геомагнитной активности.

Установлено, что основная особенность ионного состава в зимний период проявляется в увеличении концентраций ионов H⁺ и He⁺, что вероятно обусловлено увеличением плотности экзосферы при переходе от лета к зиме. Полученные результаты хорошо согласуются со спутниковыми наблюдениями, что свидетельствует о возможности использования модели для исследования плазмосферы в различных геофизических условиях.

Основные публикации:

1. Тащилин А.В., Романова Е.Б. Моделирование свойств плазмосферы при спокойных и возмущенных условиях // Геомагнетизм и аэрономия, 2014, Т. 54, № 1, С.13-22.

Энергетика суббури. Новый канал переноса энергии в ионосферу

Полярная шапка (ПШ) в спокойное время пассивна, т.е. в нее не переносится поток магнитной энергии из солнечного ветра. Во время суббурь ПШ расширяется. Обычно считается, что поток магнитной энергии (поток Пойтинга) ε переносится в ПШ во время суббури только через новую, расширенную часть полярной шапки. На основе разработанного в ИСЗФ СОРАН метода техники инверсии магнитограмм мировой сети наземных станций показано, что перенесенная в ионосферу энергия в течение суббури 27.08.2001 оказалась почти вдвое больше. Это увеличение происходит за счет вовлечения в энергоперенос той части ПШ, которая была пассивной до суббури

и активизируется после ее начала, и тем самым обеспечивает дополнительный весьма эффективный, канал переноса энергии в магнитосферу.



Puc. 84. Суббуря (0220-0600)UT, 27.08.2001. Пунктирная кривая - изменения индекса авроральной активности AE, его резкий рост показывает начало активной фазы в 0408UT. *É* - мощность магнитной энергии, переносимой через новую, расширенную часть полярной шапки (ПШ). *É* + δ*É* – мощность магнитной энергии, переносимой через всю ПШ с учетом вклада переноса через активизированную часть «старой» ПШ, которая до начала суббури в переносе энергии не участвовала.

Как видно на рис. 84, степень активизации старой ПШ пропорциональна разнице высот между синей и черной кривыми и максимальна в начале активной фазы суббури (04008-04120)UT. Отношение величин перенесенной в течение суббури энергии - площадей под черной (с учетом активизации старой ПШ) и синей кривыми (без учета активизации) равно 1.85.

Основные публикации

1. Mishin V.V., Mishin V.M., Pu Z., Lunyushkin S.B. Sapronova L.A., Sukhbaatar U., Baishev D.G. Od tail lobes effect on the solar-wind - magnetosphere energy transport for the 27 August 2001 Sbstorm // Advances in Space Research, 2014. V. 54, P. 2540-2548 DOI: 10.1016/J.ASR.2014.09.013.

Мишин В.М, Мишин В.В., Караваев Ю.А., Лунюшкин С.Б., Базаржапов А.Д., Сухбаатар У. Энергетика суббури: новые источники // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики, 20 сентября- 3 октября, Улан-Батор, Монголия. Иркутск, изд-во ИСЗФ СОРАН, 2014 (в печати).

Энергетика суббури. Влияние эффекта электромагнитной индукции на скорость энергообмена во время суббури

По данным суббури 27.08.2001 показано, что существенное увеличение скорости накопления энергии в хвосте магнитосферы перед началом взрывной фазы и скорости выделения энергии после ее начала вносит эффект электромагнитной индукции, который обычно не учитывается. Этот эффект дает возможность объяснить следующие необычные явления: ослабления электрического поля и токов в полярной ионосфере в конце подготовительной фазы и их резкий рост в начале взрывной фазы.

Основные публикации:

1. Mishin V.V., Mishin V.M., Lunyushkin S.B. Powerful induction effects during the August 27, 2001 substorm // J. Geophys. Res., 2014, представлена в печать.

Влияние суббуревой активности на свойства длиннопериодных геомагнитных пульсаций, возбуждаемых фронтом мгновенного начала бури

По данным наземных станций, находившихся в авроральной зоне вблизи местного полудня (канадская сеть *CANOPUS*) и на ночной стороне в Якутии и сети *IMAGE*, а также данным внемагнитосферных спутников Интербол - 1, *ACE*, *WIND*, *GOES* 8 исследуются геомагнитные пульсации в диапазоне частот (1.7 – 6.7) мГц в интервале 18.25-18.48 UT 01.VIII.1998.

на фоне активизации суббуревой активности, обусловленные несколькими последовательными резкими изменениями динамического давления солнечного ветра.

Свойства пульсаций до развития суббури соответствуют механизму их возбуждения ударом по магнитопаузе фронтом неоднородности в магнитоспокойное время: пульсации распространяются от точки касания на ночную сторону с нарастанием амплитуды и с противоположенным направлением поляризации. Усиление суббуревой активности приводит к смене направления распространения и более сложному поведению амплитуды и поляризации пульсаций на дневной стороне (рис. 85).

Основные публикации:

1. Клибанова Ю.Ю., Мишин В.В., Цэгмэд Б. Особенности дневных длиннопериодных пульсаций, наблюдаемых во время импульса солнечного ветра на фоне суббури 1 августа 1998 года // Космические исследования, 2014. Т. 52, №6. С. 459-467.

2. Клибанова Ю.Ю., Мишин В.В., Цэгмэд Б. Свойства длиннопериодных пульсаций, возбуждаемых импульсами давления солнечного ветра // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики, 20сентября- 3 октября, Улан-Батор, Монголия. Иркутск, изд-во ИСЗФ СОРАН, 2014 (в печати).



Рис. 85. Направления в плоскости (*x*,*y*) фронта импульса (жирная линия), вектор ММП (пунктирная стрелка), и направление распространения геомагнитных пульсаций (сплошные стрелки): а) от полудня на ночную сторону -до активизации ночной суббуревой активности (18.25 – 18.32 *UT*); б) с ночной стороны к полудню -после активизации (18.39 – 18.48 *UT*).

3.6. Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве

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

Вариации потоков релятивистских электронов на геосинхронной орбите и их корреляция с параметрами солнечного ветра и интенсивностью УНЧ волн

Для построения моделей. способных прогнозировать неблагоприятное воздействие заряженных частиц радиационных поясов на спутниковую электронику необходимо знать поведение во времени потоков этих частиц. Мы проанализировали 11-летние вариации потока релятивистских электронов с энергией более 2 МэВ на геостационарной орбите с помощью измерений, сделанных на спутниках GOES за 1999-2006 гг. Считается, что усиления потока электронов связаны с высокоскоростными потоками солнечного ветра и УНЧ или/и ОНЧ активностью в магнитосфере. Мы изучали также изменения в солнечном цикле взаимной корреляции потока электронов внешнего радиационного со скоростью солнечного ветра и

интенсивности УНЧ-волн в межпланетной среде и на земле. Использовались данные магнитометров и датчиков плазмы на борту космических аппаратов ACE и WIND, а также магнитных измерений на двух среднеширотных диаметрально расположенных обсерваторий сети INTERMAGNET.

Полученные результаты показывают, что среднее значение потока релятивистских электронов на фазе спада и минимума солнечной активности на порядок выше, чем поток во время максимальной солнечной активности. Из всех параметров солнечного ветра, только вариации скорости ветра имеет значительную корреляцию с изменениями потока релятивистских электронов, с опережением последних на 2 суток. Вариации УНЧ амплитуды опережают изменения в потоке электронов на 3 суток. Результаты исследования могут представлять интерес для разработки прогностических алгоритмов.

Излучения ионосферного альвеновского резонатора и параметры ионосферы

Проанализированы непрерывные магнитные наблюдения излучения ионосферного альвеновского резонатора (ИАР) на среднеширотной обсерватории Монды, проводившиеся с помощью индукционного магнитометра LEMI-30 в период с марта 2010 г. по май 2011 г.



Рис. 86. Сезонная вариация продолжительности излучения ИАР: изменение времени начала (крестики) и конца (кружки) излучения в зависимости от сезона (а); сопоставление сезонной вариации среднемесячной длительности излучения за сутки с

продолжительностью затенения ионосферных слоев над обсерваторией Монды (б). Результаты сопоставляются с данными одновременных зондирований ионосферы. Исследована морфология излучения ИАР, проанализированы его связи с другими явлениями и ионосферными параметрами. Большой объем наблюдательного материала позволил проследить суточные и сезонные вариации этих связей, недостаточно исследованные ранее. Выявлен основной фактор, влияющий на продолжительность излучения - это длительность затенения нижней ионосферы. Мы показываем хорошую корреляцию суточных и сезонных вариаций частоты излучения ИАР с изменениями критической частоты f_0F_2 ионосферы. Предпринята попытка моделирования суточных вариаций частоты ИАР путем вычисления ожидаемых частот излучения с помощью международной модели ионосферы IRI-2012. Результаты показывают хорошее согласие с измерениями, но содержат случайные и систематические погрешности. Обсуждаются источники погрешностей (рис. 86).

Основные публикации

1. Potapov A.S., B. Tsegmed, L.V. Ryzhakova. Solar cycle variation of "killer" electrons at geosynchronous orbit and electron flux correlation with the solar wind parameters and ULF waves intensity//Acta Astronautica, V. 93(1), 2014, 55–63. Doi:10.1016/j.actaastro.2013.07.004.

2. Potapov A.S., Polyushkina T.N., Dovbnya B.V., Tsegmed B., Rakhmatulin R.A. Emissions of ionospheric Alfvén resonator and ionospheric conditions // J. Atmosph. Solar Terr. Phys., V. 119, P. 91–101, 2014. DOI: 10.1016/j.jastp.2014.07.001.

Анализ структуры стоячих МГД волн в магнитосфере методом корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы

Разработанный нами принципиально новый, не имеющий аналогов, метод обработки сигналов впервые использован для изучения вклада стоячих МГД волн в возмущение геомагнитного поля высокочастотной части диапазона КПК (от 0.5 до 1Гц). Этот метод основан на анализе корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы сигнала и позволяет измерять период первой гармоники T_1 одномерной стоячей волны, по любому временному участку записи колебаний.



Рис. 87. Записи С – Ю – компоненты возмущения геомагнитного поля на ст. Борок (L=2.9) и ст. Монды (L=2.2) в течение одного часа от 9до 10 UT 10.04.2000 и определение периода T_1 .

Для анализа были выбраны записи С-Ю – компоненты возмущения геомагнитного

поля на ст. Борок (L=2.9) и ст. Монды (L=2.2) в течение одного часа от 9до 10 UT 10.04.2000. Конечным продуктом обработки этих записей являются функции распределения периода T_1 , представленные на рис. 87.

Каждый максимум этих распределений соответствует отдельной одномерной БМЗ или альвеновской стоячей волне в плазмосфере. Для пика 2 это продольная стоячая альвеновская волна, запертая между максимумами скорости на высоте 800 км в сопряженных ионосферах. Для пика 3 это волна между максимумом скорости и проводящем слоем в сопряженной ионосфере. Для пика 4 волна заперта между проводящими ионосферными слоями, расположенными по краям силовой линии.

Очевидно, что пики 1 и 5 соответствуют стоячим волнам БМЗ типа, которые, как известно, имеют место в БМЗ канале под сводом плазмосферы. Для пика 1 это волна вдоль радиального направления с периодом $T_1 = 10$ с. Для пика 5 это волна вдоль направления магнитного поля с периодом $T_1 = 27$ с.

Все низкочастотные пики 6,7,8,9,10 и 11 обусловлены только одной стоячей волной, а именно радиальной альвеновской волной в резонаторе на плазмопаузе в окрестности максимума скорости.

Основные публикации:

1. Поляков А.Р. Анализ структуры стоячих МГД волн в магнитосфере методом корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы// Геомагнетизм и аэрономия. 2014. т. 54. № 6. 1-12.

2. Polyakov A.R. The structure of one-dimensional standing MHD waves in, and at the boundary of, the dayside plasmasphere.// J. of Atmosph. and Solar-Terrestrial Phys. 119 (2014), 193–202.

Аналитическая линейная теория развития локализованных возмущений в линейно стратифицированном течении с линейным профилем скорости

Развита аналитическая линейная теория, описывающая эволюцию малых трехмерно локализованных возмущений завихренности И температуры В горизонтальных сдвиговых течениях жидкости или газа, которые вертикально стратифицированы по плотности (и температуре). Стратификация предполагается устойчивой. На основе предлагаемого метода решена задача об эволюции вихря, порожденного начальным компактным сферически симметричным возмущением температуры в потоке с конечной вязкостью и теплопроводностью. Получены аналитические выражения, описывающие динамику во времени интегральных характеристик вихря (полной энстрофии и циркуляции), а также его геометрические характеристики. Показано, что характер эволюции (монотонный рост параметров во времени или рост, сопровождаемый осцилляциями) определяются конкуренцией двух факторов – сдвигом профиля скорости (широм) и величиной стратификации.



Рис. 88. Линейная эволюция энстрофии вихря в частном случае, когда сдвиг скорости отсутствует.

На рис. 88 показаны изолинии плотности энстрофии (то есть величины ω^2 (*x*), где ω = rot v - завихренность) в произвольном вертикальном сечении (в случае, когда нет сдвига скорости имеет место азимутальная симметрия относительно вертикальной оси, проходящей через центр начального возмущения). Предполагается, что начальное возмущение представляет из себя сферически симметричную область повышенной или пониженной (по отношению к фону) температуры, а начальное возмущение завихренности отсутствует. Параметр τ – безразмерное время, отсчитываемое с

момента начала эволюции, цифры в правом углу каждого рисунка обозначают максимальное для данного момента времени значение безразмерной локальной энстрофии $\omega^2(x)$.

В любом случае нарастание интенсивности вихря является транзиентным (то есть, временным), так как диссипативные факторы (вязкость и теплопроводность) в конце концов приводят к затуханию возмущений.

Видно, что рост интенсивности вихря от нулевого значения до максимума, происходит примерно до τ=2, а затем начинается ослабление вихря. (Время измеряется в единицах обратно частоты Бранта-Вяйсяля.)

Однако включение нелинейных эффектов на стадии роста возмущений может послужить триггером для дальнейшего роста и перехода к турбулентности.

Основные публикации

1. Shukhman I. G., Cohen J, Tewner S. «Vortical Disturbances in a Linearly Stratified Linear Shear Flow. I. Linear Theory», Physics of Fluids, 2014 (статья представлена к публикации).

2. Поляченко В. Л., Поляченко Е. В., Шухман И. Г., «Два сценария неустойчивости радиальных орбит в сферически-симметричных бесстолкновительных звездных системах», Письма в Астрон. ж., 2014 (статья принята к печати).

Гидродинамическая неустойчивость сдвигового течения без точек перегиба на профиле скорости при наличии двух скачков плотности

Рассмотрена устойчивость стратифицированных течений несжимаемой среды с монотонно растущим профилем скорости $V_x = U(z)$ без точек перегиба и двумя скачками плотности на высотах z_1 и z_2 ($0 < z_1 < z_2$). Квадрат частоты Брента-Вяйсяля имеет вид $N^2(z) = J[p_1\delta(z-z_1) + p_2\delta(z-z_2)]$, где число Ричардсона J характеризует уровень стратификации, а положительные p_1 и p_2 – относительную величину скачков плотности ($p_1 + p_2 = 1$). На данном этапе исследован вклад в неустойчивость нерезонансного механизма, для чего профиль скорости взят кусочно-линейным: $U(z) = \{z, 0 < z < 1; 1, z > 1\}$. Показано, что в таком течении есть три неустойчивых моды колебаний (рис. 89), две быстрые, имеющие фазовые скорости c, превышающие $U_2 = U(z_2)$, и медленная, с $U_1 = U(z_1) \le c < U_2$. В коротковолновом пределе фазовые скорость волн стремятся к максимальной скорости течения ($c \rightarrow 1$), а фазовая скорость медленной – к $c_* = (\sqrt{p_1}U_2 + \sqrt{p_2}U_1)/(\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2})$. Дана интерпретация неустойчивости и завихренности.



Рис. 89. Области неустойчивости колебаний (а) и фазовые скорости марджинальных мод (b); $z_1 = 0.3$, $z_2 = 0.6$, $p_1 = 0.75$.

Сцепленные альфвеновские и ММЗ-волны в магнитных хвостах

Решена задача о структуре сцепленных азимутально-мелкомасштабных альфвеновских и медленных магнитозвуковых (ММЗ) волн в аксиально-симметричной



Рис. 90. Аксиально-симметричная модель магнитосферы с токовым слоем. модели геомагнитного

хвоста с токовым слоем (рис. 90). Показано, что в токовом слое на вытянутых в хвост силовых линиях геомагнитного поля происходит линейная трансформация этих волн. От ионосферы до токового слоя эти моды линейно независимы. Из-за высокой проводимости ионосферы структура сцепленных мод вдоль силовых линий геомагнитного поля представляет собой стоячие волны, которые на разных участках

силовой линии имеют сильно различающиеся характерные масштабы. На большей части силовой линии их структура определяется структурой крупномасштабных альфвеновских волн. Вблизи ионосферы и в токовом слое, где доминирует поле мелкомасштабных ММЗ-волн, сцепленные моды становятся мелкомасштабными. На силовых линиях, не проходящих через токовый слой, рассматриваемые моды нейтрально устойчивы, а на силовых линиях, пересекающих токовый слой, они переходят в режим баллонной неустойчивости. Для генерации таких мод необходим внешний источник, в качестве которого в настоящей работе рассматриваются сторонние токи в ионосфере. В направлении поперек магнитных оболочек сцепленные моды представляют собой волны, убегающие от магнитной оболочки, где произошла их генерация.

Основные публикации:

1. Leonovich, A.S. and Kozlov D.A. Coupled guided modes in the magnetotails: spatial structure and ballooning instability, Astrophysics and Space Science, 353, 9-23, 2014.

Исследование распространения колебаний в азимутально-неоднородном МГД - волноводе во внешней магнитосфере

Неоднородность геомагнитного поля и плазмы во внешней приэкваториальной части магнитосферы обеспечивают существование канала низких значений скорости Альфвена, протянувшегося от лобовой области до далеких флангов, как в утреннем, так и в вечернем секторах. Этот канал играет роль волновода для быстрых магнитозвуковых волн (рис. 91). При распространении собственной моды вдоль волновода (т.е. в азимутальном направлении) она претерпевает определенную эволюцию. Меняются свойства волновода, под которые «подстраивается» собственная мода. В силу изменения сдвиговой скорости солнечного ветра вдоль магнитопаузы меняются условия развития неустойчивости Кельвина-Гельмгольца. По той же причине меняются условия проникновения гидромагнитных волн из солнечного ветра в магнитосферу. В частности, на флангах процесс проникновения переходит в режим сверхотражения, что резко увеличивает мощность накачки магнитосферного волновода. Распространению БМЗ-моды вдоль волновода сопутствует наличие связанного с ней альфвеновского резонанса в глубине магнитосферы, в окрестности которого происходит диссипация энергии колебания. Вдоль силовых линий альфвеновский резонанс представляет собой стоячую альфвеновскую волну и поэтому достигает ионосферы и земной поверхности, в то время как БМЗ-моды волновода, запертые в упомянутом канале низких значений скорости Альфвена, не могут наблюдаться на Земле.



Рис. 91. МГД-волновод во внешней магнитосфере.

В результатае исследований аналитически и численно исследуется эволюция колебаний в волноводе при их распространении от лобовой области до дальнего хвоста, с учетом всех вышеуказанных факторов. Определяются спектральный состав колебаний и их пространственная структура. Теория позволяет описать свойства колебаний Рс3 и Рс5 - важнейших гидромагнитных колебаний магнитосферы. В частности, из нее следует, что колебания Рс3 локализованы в дневной части магнитосферы, а колебания Рс5 – на флангах – в полном соответствии с наблюдаемой картиной.

Основные публикации:

1. Mazur V. A., D. A. Chuiko // Influence of the outer-magnetospheric magnetohydrodynamic waveguide on the reflection of hydromagnetic waves from a shear flow at the magnetopause. Plasma Physics Reports, December 2013, Volume 39, Issue 12, pp 959-975.

Исследование генерации продольного поля альфвеновских волн

Предложен двухэтапный механизм генерации продольного электрического поля альфвеновской волны. На первом этапе, у альфвеновской волны возникает продольное магнитное поле благодаря сцеплению с дрейфово-компрессионной модой за счет кривизны силовых линий и конечного давления плазмы. На втором этапе возникает сцепление между компрессионой и электростатической модами, требуемое условием квазинейтральности плазмы. В результате у альфвеновской волны возникает продольное электрическое поле, значительно превышающее то, что имеется в однородной плазме.

Основные публикации:

1. Klimushkin D. Yu., P.N. Mager, The Alfvén wave parallel electric field in nonuniform space plasmas, Astrophysics and Space Science, V. 350, Issue 2, pp 579-583, DOI:10.1007/s10509-013-1774-x, 2014.

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

Организация регулярных наблюдений полярных сияний на базе Норильской КМИС

В 2014 году в марте месяце на Норильскую КМИС был доставлен и запущен в работу модуль с дизель – генераторной станцией АД 12-Т400-1Р (рис.92) (мощность 12 кВт, напряжение - 380 В, 50Гц, 1 (ручной пуск), контейнерное исполнение) для обеспечения бесперебойного электропитания оборудования и зарядки аккумуляторных батарей.



Рис. 92. Доставка модуля с дизель – генераторной станцией АД 12-Т400-1Р.

Для обеспечения регулярных рейсов между НорКМИС и пунктом наблюдения полярных сияний (доставка грузов, сотрудников) в любое время года приобретен снегоболотоход на шинах низкого давления Lada– Бронто 1922-54 Марш-комби (рис. 93).



Рис. 93. Снегоболотоход на шинах низкого давления Lada-Бронто 1922-54 Маршкомби.

Организация спутникового канала интернет между ИСЗФ и пунктом наблюдения геофизических явлений в высоких широтах (север Красноярского края)

Для оперативной передачи данных наблюдений на сервер Института в пункте наблюдения геофизических явлений в высоких широтах организован спутниковый канал Интернета.



Рис. 94. В пункте наблюдения геофизических явлений в высоких широтах организован спутниковый канал Интернета.

Оператор предоставления услуг связи является ОАО «КБ Искра» г. Красноярск, тарифный план безлимитный «Триумф» с максимальной скоростью передачи до 2500 кБит/с., гарантированный объем при непрерывном скачивании на максимально возможной скорости 432 МБ. По этому же каналу организована телефонная связь с возможностью совершения звонков на стационарные городские телефонные номера г. Норильска (бесплатно) и на телефонные номера операторов сотовой связи, а также междугородние звонки.

Синхронная регистрация вариаций ПЭС, геомагнитных вариаций и атмосферного электричества

В 2012-2014 гг. дополнительно на БМТО «Узур» были задействованы новые приборы для мониторинга ряда параметров ближнего космоса в экспериментальном режиме. Это приемник GPS – приемник сигналов с геостационарных спутников, при помощи данных которых можно оценивать полное электронное содержание (ПЭС),

Необходимо отметить следующее. Этот стационар 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, в настоящее время ИСЗФ в кооперации с рядом академических институтов Сибирского отделения установил комплексы аппаратуры для всестороннего исследования электромагнитных откликов от землетрясений в зоне Байкальских рифтов.

Наращивая аппаратурный потенциал этой обсерватории, в 2013 г. были установлены новые приборы для работы в тестовом режиме. Это:

- приемник сигналов с навигационных спутников GPS/GLONAS для определения ПЭС (полного электронного содержания) в ионосфере и магнитосфере (рис. 95);

- электростатический флюксметр для измерения вертикального градиента потенциала электрического поля атмосферы (рис. 96).





Puc. 95.

Puc.96.

В настоящее время получены первые результаты наблюдения на этих приборах. Материалы, полученные в дальнейшем на этой обсерватории, будут использоваться для решения целого ряда важных фундаментальных и прикладных научных задач, в том числе:

- 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 макропроцессами 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 на БМТО «Узур» свидетельствует о новом современном витке в развитии экспериментальной базы электромагнитных наблюдений, не только для ИСЗФ, но и для многих заинтересованных академических институтов и других ведомств.

На рис. 97 приводится пример синхронной записи вышеперечисленных приборов в период развития SSC в 13.20 UT 15 февраля 2014 года.



 Рис. 97. Синхронная регистрация параметров магнитного поля (трехкомпонентный феррозонд, трехкомпонентный индукционный магнитометр - магнитное поле, установка земных токов), GPS- приемника, электростатического флюксметра после развития SSC в 13.20 UT

 15 февраля 2014 года.

Модернизация магнитометрического комплекса на Норильской КМИС ИСЗФ СО РАН

В прошедшем 2014 г. на станции Норильск был установлен комплекс аппаратуры по регистрации вариаций геомагнитного поля Земли в диапазоне частот 0-30 Гц.

Состав аппаратуры включает следующие компоненты:

- индукционный нанотесламетр Lemi-30 (датчики и блок управления);

- персональный компьютер ноутбук для регистрации данных;

- система передачи данных по WI-FI от аппаратуры наблюдения до сервера Норильской станции связи с центральным сервером ИСЗФ.



Рис. 98. Комплекс аппаратуры для регистрации геомагнитнывх пульсаций базе индукционного нанотесламетра Lemi-30. а – датчики, б – блок регистрации с компьютером и ABC.

Комплект этой аппаратуры был установлен на Норильской станции по временной схеме в тестовом режиме. После проведения тестовых испытаний комплект аналогичной аппаратуры будет установлен на выносной точке Исток для постоянных, наблюдений за геомагнитными пульсациями. круглосуточных После проведения планируется выработать требования испытаний к параметрам прибора, устанавливаемого на Истоке (верхний частотный диапазон, уровень регистрируемых амплитуд).



Рис. 99. Возбуждение геомагнитных пульсаций в период развития магнитной суббури 02.11.2014: а - динамический спектр колебаний Рі2; б - аналоговая запись геомагнитных пульсаций (воспроизведено с ПК); в - вариации полного вектора магнитного поля Земли на ст. Норильск; г - спектр колебаний магнитного поля Земли за 2 ноября 2014 г.

На рис. 99 приводится пример регистрации установленной аппаратурой геомагнитных пульсаций (б) в период развития магнитного возмущения (в), динамический спектр зарегистрированного сигнала(а) и спектральный состав колебаний за весь день (г).

Развитие базы данных магнитосферно - ионосферного комплекса ИСЗФ СО РАН

В магнитной обсерватории «Иркутск» с июля 2013 г. осуществляется оперативная передача магнитных данных каждый час, а с марта 2014 г. - каждые 15 минут. Для этого была создана система обработки аналоговых данных с кварцевых магнитовариационных станций, параллельная существующей для стандарта Intermagnet. В дальнейшем возможно сократить интервал передачи до 5 минут.

Архитектура комплекса оперативной передачи магнитных данных

Для реализации 15-минутной передачи минутных данных D, H, Z компонент магнитного поля из обсерватории Патроны на FTP-сайт Института был реализован программно-аппаратный комплекс из двух компьютеров с дополнительным оборудованием и ряда программ под управлением OC MS Windows 7:

1) На регистрирующем компьютере установлен 8-канальный АЦП типа ADAM 4017, ICP CON 7017 или аналогичный. АЦП подключается к компьютеру по интерфейсу RS-485 через преобразователь интерфейсов RS-485 <-> RS-232 или RS-485 <-> USB эмулятор COM порта. К аналоговым входам АЦП подключены сигналы с датчиков D, H, Z компонент магнитного поля и температуры с двух кварцевых магнитометров, основного и резервного. Основной магнитометр имеет обозначение MVS, резервный магнитометр имеет обозначение Quartz. Для обеспечения точности секундных данных используется GPS-приёмник точного времени. Синхронизация времени от GPS-приёмника осуществляется при помощи программы «GPS Cockpit» вручную или при помощи скрипта для планировщика заданий nnCron.

Непрерывная регистрация и оперативная визуализации односекундных значений геомагнитного поля ведётся при помощи программы GEOMAG. Программа каждые 15 минут формирует файл данных, содержащих данные с основного и резервного магнитометра. Файл имеет текстовый формат программы GEOMAG.

2) На обрабатывающем компьютере, часовые секундные файлы при помощи скрипта SecToMin в системе MatLab проверяются на пропуски и сглаживаются одноминутным фильтром Гаусса. В результате образуются файлы одноминутных значений. Файлы одноминутных значений выгружаются на FTP-сервер института при помощи программы FTP_Copy. Управление запуском скриптов MatLab и программ на регистрирующем и обрабатывающем компьютере, а также выполнение некоторых процедур диагностики и восстановления работоспособности, выполняется при помощи скриптов для планировщика заданий nnCron. Организация доступа в Интернет реализована при помощи сотового модема MTC и программы «Коннект Менеджер».

Для контроля работы обрабатывающего компьютера и оперативного внесения изменений в программное обеспечение используется терминал удалённого доступа и управления TeamViewer. Один терминал установлен на обрабатывающий компьютер, что позволяет его администрировать при работающем сотовом модеме МТС. В случае потери соединения возможно «транзитное» администрирование по локальной сети через терминал, установленный на компьютере наблюдателей, который подключен к интернету через другой сотовый модем БВК.

Схема передачи данных

Секундные данные в 15-ти минутных файлах накапливаются на регистрирующем компьютере в папке D:\ DataMagHour\. Эта папка имеет разделенный доступ по локальной сети и на обрабатывающем компьютере выглядит как \\MAG-REG-OP\DataMagHour\.

Имя файла при его создании и заполнении образуется по следующей маске: YYYYMMDDHHMMSS.TXT.

Например, D:\ DataMagHour\20140902021500_R.TXT.

Каждые 15 минут происходит переименование файла сразу после его закрытия и создания следующего файла.

К имени файла добавляется хвостик типа «_R.TXT», что означает, что файл завершён и может копироваться и обрабатываться скриптами Матлаба.

С точки зрения обрабатывающего компьютера готовый к обработке файл выглядит так:

\\MAG-REG-OP\DataMagHour\20140902021500_R.TXT

Далее файл обрабатывается скриптом Матлаба SecToMin.m.

В случае успешной обработки исходный секундный файл дополнительно помечается суффиксом «_Т». С точки зрения обрабатывающего компьютера успешно обработанный файл выглядит так:

\\MAG-REG-OP\DataMagHour\20140902021500_R_T.TXT

В случае ошибки обработки (ошибка интерполяции секундных пропусков) файл дополнительно помечается суффиксом «_Е».

\\MAG-REG-OP\DataMagHour\20140902021500_R_E.TXT

Эти обработанные или ошибочные файлы в дальнейшем уже игнорируются скриптом, и подлежат периодической архивации или удалению в ручном режиме.

В результате работы скрипта SecToMin.m на обрабатывающем компьютере в папке D:\Soft\SecToMin\New\ образуются два файла сглаженных минутных значений:

- файл минутных вариаций MVS.

D:\Soft\SecToMin\New\MV_MVS_20140902021500_R.TXT.

- файл минутных вариаций Quartz.

D:\Soft\SecToMin\New\MV_Quartz_20140902021500_R.TXT.

Далее, раз в 15 минут эти файлы копируются в папку ftp://iszf.irk.ru:21/magnit/Patrony/Hour/ на FTP-сервере института при помощи программы FTP-Copy. При успешном копировании на FTP-сервер программа FTP-Copy перемещает минутные файлы в папку D:\Soft\SecToMin\Perenos\. Перемещённые файлы подлежат периодической архивации или удалению в ручном режиме.

Формат записи данных в файлах на FTP-сервере:

Год месяц день час минута D угл. мин. Н нТл Z нТл F нТл Пример файла данных для станции MBC

*VAR MVS: Минутные вариации

1 1 11	141 4 6	J . 19111	II y I II DIC I	мрпацп		
2014	9 30	1 45	-3.09	-9.98	-0.27	9.98
2014	9 30	1 46	-3.05	-9.97	-0.26	9.97
2014	9 30	1 47	-3.06	-9.95	-0.25	9.95
2014	9 30	1 48	-3.04	-9.87	-0.24	9.87
2014	9 30	1 49	-3.01	-9.75	-0.23	9.75
2014	9 30	1 50	-2.97	-9.67	-0.22	9.68
2014	9 30	1 51	-2.99	-9.71	-0.21	9.71
2014	9 30	1 52	-2.98	-9.62	-0.20	9.62
2014	9 30	1 53	-2.93	-9.55	-0.19	9.55
2014	9 30	1 54	-2.89	-9.54	-0.18	9.54
2014	9 30	1 55	-2.90	-9.55	-0.18	9.55

2014	9 30	1 56	-2.91	-9.61	-0.19	9.62
2014	9 30	1 57	-2.91	-9.49	-0.17	9.49
2014	9 30	1 58	-2.89	-9.47	-0.16	9.47
2014	9 30	1 59	-2.83	-9.57	-0.17	9.57

Управляющие скрипты планировщика заданий

Управление запуском скриптов MatLab и программ на регистрирующем и обрабатывающем компьютере, а также выполнение некоторых процедур диагностики и восстановления работоспособности, выполняется при помощи скриптов для планировщика заданий nnCron. Планировщик заданий nnCron обладает гораздо большими возможностями по сравнению со стандартным планировщиком Windows и бесплатен для некоммерческого использования.

На обрабатывающем компьютере используется следующий алгоритм управления:

На второй минуте каждого часа планировщик nnCron запускает систему MatLab, которая в свою очередь запускает свой m-файл SecToMin. Этот m-файл производит обработку секундных файлов с регистрирующего компьютера, как описано в разделе «Схема передачи данных». Обработка производится сразу после запуска m-файла, и далее каждые 15 минут. Предполагалось, что один раз запущенный m-файл будет работать непрерывно, но в режиме опытной эксплуатации выяснилось, что система MatLab не может стабильно работать несколько суток непрерывно. Поэтому, на 59 минуте каждого часа планировщик nnCron принудительно выгружает систему MatLab.

После успешной обработки секундных данных образуются минутные файлы, который необходимо передать на FTP-сервер института. Передача данных производится программой FTP-Сору, которая запускается планировщиком nnCron на 8,12,23,27,38,42,53,57 минутах каждого часа. В течении каждой пятнадцати-минутки делаются две попытки передачи данных.

Для синхронизации времени на регистрирующем компьютере используется GPSнавигатор и программа «GPS Cockpit» вручную или при помощи скрипта для планировщика заданий nnCron. Скрипт запускается каждый час, и имитирует в программе «GPS Cockpit» действия оператора по синхронизации времени. На обрабатывающем компьютере есть скрипт следящий за появлением ошибок синхронизации времени на регистрирующем компьютере.

Организация пункта приема сигналов GPS/Глонасс –спутников в ССО «Монды» и на БМТО «Узур»

Развертывание приемного пункта в п. Узур

Пункт размещён на территории Байкальской магнитотеллурической обсерватории ИСЗФ СО РАН (БМТО «Узур»). Обсерватория расположена на севере острова Ольхон на оз. Байкал в 350 км от Иркутска. Вблизи обсерватории отсутствуют стационарные электрические сети, в связи с чем электрическое обеспечение БМТО «Узур» осуществляется от электростанции на солнечных батареях и ветрогенератора.


Рис. 100. Байкальская магнитотеллурическая обсерватория «Узур» ИСЗФ СО РАН и размещенное там приемно-регистрирующее оборудование.

Это накладывает ограничение на потребляемую мощность электрооборудования. Приемник Javad Delta-G3T и компактный управляющий компьютер Nettop Intel D525MW удовлетворяют предъявляемым требованиям по энергопотреблению.

Невысокие горы, окружающие БМТО «Узур» ограничивают возможность приема спутниковых сигналов на южном и северном направлениях до углов места ~20°-30° (рис. 100). В то же время, обсерватория «Узур» находится в зоне Байкало-Хубсугульского разлома, размещение в ней приемника GPS/ГЛОНАСС представляется достаточно важным для изучения литосферно-ионосферных связей.

Для стационарной установки антенны в обсерватории «Узур» был оборудован геодезический бетонный постамент, закрепленный на скальном основании на территории обсерватории. Высота постамента составляет 80 см. Для установки антенны в горизонтальном положении постамент оборудован специальной двухплатинной конструкцией. После закрепления антенны конструкция закрывается листовым железом, поверх укрепляется антенный кабель. Этапы установки постамента и размещения на нем приемной антенны представлены на рис. 101.

Расстояние от места установки антенны до регистрирующей аппаратуры составляет порядка 80 м. При длинах кабеля свыше 30 м величина затухания возрастает существенно для качества принимаемых сигналов, поэтому к данной антенне подведен кабель, составленный из трех 30 м сегментов, соединенных специальными усилителями.



Рис. 101. Этапы установка бетонной тумбы на скальном основании

Система регистрации функционирует под управлением ОС Ubuntu 11.10 (рис. 2) и основана на специально разработанном в ИСЗФ СО РАН пакете программ. На текущий момент в системе реализована ежедневная автоматическая передача данных в ИСЗФ по имеющемуся каналу связи. В силу ограничений на ширину канала передачи данные невозможно передавать в «сыром» виде. Реализованная система предварительной обработки переводит данные в стандартный формат CompactRINEX, снижая скважность измерений до 30 сек, после чего архивирует и передает в систему отправки. Последняя формирует специальное сообщение, содержащее готовый архив с данными и передает на сервер в ИСЗФ СО РАН. Исходные данные забираются курьером по мере заполнения жесткого диска регистрирующего компьютера и также доставляются в ИСЗФ СО РАН. Планируемое расширение канала связи в будущем позволит передавать данные более высокого разрешения, а, возможно, и вовсе – исходные данные.

Организация пункта приема сигналов GPS/ГЛОНАСС спутников mond в ССО

Пункт MOND (п. Монды)

Координаты: 51.62°N; 100.92°E. Расположен в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН. Для организации постоянного пункта GPS/ГЛОНАСС были выбраны находящиеся в обсерватории бетонные реперы, установленные на коренных породах (рис. 102).



Рис. 102. Антенна GPS-ГЛОНАСС приемника в ССО ИСЗФ СО РАН. Бетонные реперы установлены на коренные породы.

Данные реперы обеспечивают надежную установку антенны, исключающую погодные и сезонные сдвиги. Однако, реперы находились на удалении 150 м от ближайшего строения обсерватории. Поэтому для размещения приемника и управляющего компьютера рядом с репером (на расстоянии 15 м) был установлен специально изготовленный павильон (рис. 103). К павильону была проложена линия электропитания 220 в. Павильон оборудован вентилятором для обеспечения проветривания и исключения перегрева аппаратуры. Так же, павильон оборудован масляным обогревателем для поддержания плюсовой температуры в зимнее время года.

В пункте установлен двухчастотный приемник Javad Delta-G3T, модифицированный для проведения амплитудных измерений. Приемник работает в

комбинации с антенной RingAnt-G3T (комплект идентичен установленному в пункте USOL, LIST). Для монтажа антенны в горизонтальном положении используется специальная двухпластинная конструкция, аналогичная установленной в пункте USOL. Антенна укомплектована снегозащитным радиопрозрачным колпаком конусообразной формы (рис. 102).



Рис. 103. Павильон для размещения приемника GPS/ГЛОНАСС, установленный в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН.

Приемник обеспечивает кодовые, фазовые и амплитудные измерения на частотах L1 и L2 одновременно по всем находящимся в зоне видимости спутникам GPS, ГЛОНАСС, GALILEO.

Приемник не имеет встроенной памяти, данные измерений приемника поступают непосредственно в управляющий компьютер, где производится их запись и временное хранение. В качестве управляющего компьютера используется компактная модель Nettop Intel D525MW, идентичная установленной в пунктах TORY, LIST, PATR. Связь с управляющим компьютером осуществляется по интерфейсу USB. На управляющем компьютере установлена ОС Linux Ubuntu 11.10. Для управления работой приемника, получения данных с приемника и записи их на жесткий диск управляющего компьютера используется разработанный комплекс Linux-программ, аналогичный применяемому в пунктах LIST, PATR. Передача данных из управляющего компьютера в центр сбора данных в ИСЗФ СО РАН производится с курьером.

Организация регистрации вертикальной компоненты земных токов на БМТО «Узур»

На БМТО в 2014 году проводились непрерывные круглосуточные круглогодичные наблюдения низкочастотных горизонтальных электромагнитных полей на универсальной многокомпонентной станции Lemi-418:

- 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,

В конце 2013 начале 2014 гг. на БМТО «Узур», в дополнение к существующим горизонтальным линиям земных токов Есю- и Ев-з, была задействована вертикальная линия земных токов. Эта линия была подключена к своболному каналу многокомпонетной станции Lemi-418. Частота опроса этого канала стандартная для обсерваторских наблюдений, установленных на Lemi-418 – 40 Гц.

Нижний электрод размещен на глубине 48 метров, а верхний – на станции глубине 4 метров. В настоящее время БМТО «Узур» является единственной станцией в России, где проволятся трехкомпонентьные измерения земных токов.

На приведенном ниже рис. 104 представлены динамические спектры колебаний электромагнитного поля Земли, зарегистрированные методом земных токов (Ес-ю, Евз, Е верт) и индукционным методом (индукционный нанотесламетр) в частотном диапазоне 0-10 Гц. Ниже приведены магнитограммы авроральной станции «Диксон» и среднеширотной станции «Иркутск». Появление магнитосферных возмущений, зарегистрированных в высоких и средних широтах, характеризуется генерацией пульсаций в диапазоне периодов 35-50 сек, что отчетливо прослеживается в динамических спектрах электромагнитного поля Земли.

Следует отметить, что спектр вертикальной компоненты индукционного нанотесламетра (М верт) отличен от других компонент. Такое отличие вызвано влиянием микросейсм на стабилизацию вертикального датчика длиной 1.4 м.



Рис.104. Динамические спектры 3-х компонент земных токов (Ес-ю, Ев-з, Е верт) и 3-х компонент индукционного нанотесламетра (Мс-ю, Мв-з, Мверт) в период развития магнитных возмущений в выс оких (Диксон) и средних (Иркутск) широтах.

Результаты исследований по своей тематике, с предоставлением текста с рисунками по проблеме, и публикаций в отечественных и международных журналах, докладах на конференциях.

Физическая интерпретация региональных особенностей ионосферы над Восточной Сибирью, выявленных на основе эмпирического моделирования

Явление летней вечерней аномалии заключается в том, что летние месяцы (~ майавгуст) значение максимума электронной концентрации (NmF2) в вечерние часы заметно превышает значения NmF2 в полдень. Причиной летней вечерней аномалии является то, что нейтральный меридиональный ветер меняет свое направление с полярного на экваториальное в часы, когда ионосфера еще освещена Солнцем. Смена ветра приводит к подъему ионосферного слоя в область более низкой скорости рекомбинации, что ведет к росту электронной концентрации, несмотря на уменьшение косинуса зенитного угла Солнца. Степень развития аномалии носит ярко выраженный региональный характер. Исследования показали, что летняя вечерняя аномалия сильнее всего развивается на широтах 50-60° в долготном секторе моря Уэдделла в южном полушарии и в восточно-сибирском долготном секторе в северном полушарии. Таким образом, детальное исследование летней вечерней аномалии над Иркутском актуально для интерпретации этого явления.

Исследование летней вечерней аномалии над Иркутском проводилось следующим образом. На основе значений NmF2(LT,D), полученых на Иркутском дигизонде, рассчитывались скользящие 27-дневные медианные NmF2m(LT,D), где LT – меснтое время, D – день года. После чего рассчитывалось отношение NmF2m к его значению в полдень, т.е. R(LT,D) = NmF2m(LT,D)/NmF2m(LT=12,D). Отношение R использовалось в качестве индикатора развития летней вечерней аномалии. Исследовались суточно-сезонные вариации R(LT,D) (пример для 2009 г. приведен рис. 105) и их изменения в цикле солнечной активности. В таблице 8 представлены результаты статистического анализа для 2003-2013 гг.



Рис. 105. Суточно-сезонные вариации NmF2m(LT,D)/NmF2m(LT=12,D) для 2009 г.

Таблица 8. Резч	ультаты статистического анализа	для 2003-2013 гг
-----------------	---------------------------------	------------------

Гал	Dmor	LT→	$D \rightarrow$	Сезонные границы	Число часов
тод кmax		Rmax	Rmax R≥1.3		R≥1.3
2003	1.46	21	188	173-198	39.75
2004	1.39	21.25	162	151-191	52
2005	1.32	21.25	181	166-184	5
2006	1.35	21.5	185	178- 197	14.25
2007	1.34	21.25	155	148- 179	23.75
2008	1.33	21.25	158	156- 175	4.75
2009	1.37	21.5	184	165-191	24

2010	1.33	21.25	159	156-184	12.25
2011	1.42	21.5	186	158- 203	54.5
2012	1.33	21.5	178	155-194	13
2013	1.29	21.25	188		0
	1.36	21.3	175	161-190	22.1

В таблице 8 представлены следующие характеристики: максимальное значение R, наблюдаемое в году (Rmax); местное время (LT→Rmax) и день года (D→Rmax), соответствующие Rmax; сезонные границы аномалии по уровню R≥1.3 и количество часов в году по уровню R≥1.3. Степень развития аномалии характеризуется значением Rmax и количеством часов в году по уровню R≥1.3 (площадь оранжевого пятна на рис. 105). Из таблицы 8 видно, что наиболее сильно аномалия развивалась в 2003, 2004 и 2011 гг. (выделены красным в таблице), а наиболее слабо – в 2005, 2008 и 2013 гг. (выделены красным в таблице). Пик аномалии наблюдается с 21:00 (2003 г.) до 21:30 (2006, 2009, 2011, 2012 гг.), т.е. в интервале 21:30±15 мин. Пик аномалии может наблюдаться со 155-го (2007 г.) по 188-й день (2003 и 2013 гг.), т.е. с 04.06 по 07.07, т.е. 33-дневном интервале. В 4-х годах из 11 пик аномалии наблюдается до летнего солнцестояния, а в 7-и годах – после. Таким образом, можно сделать вывод, о том, что пик аномалии следует ожидать в интервале приблизительно ±20 дней от летнего солнцестояния. По всей видимости, в этом интервале световые условия примерно одинаковы для реализации вечерней аномалии, а конкретная реализация аномалии для данного года зависит от условий космической погоды в этот период. Из таблицы видно, что начло наблюдения аномалии по уровню R≥1.3 может варьироваться со 148-го (2007 г.) по 178-й день (2006 г.), т.е. с 28.05 по 27.06, т.е. 30-дневном интервале. Конец наблюдения аномалии по уровню R≥1.3 может варьироваться со 175-го (2008 г.) по 203-й день (2011 г.), т.е. с 24.06 по 22.07, т.е. 28-дневном интервале. Сезонный интервал наблюдения аномалии по уровню R≥1.3 включает в себя летнее солнцестояние за исключением 2006 г. (27.06 – 16.07).

Характеристики аномалии заметно меняются от года к году. Пик аномалии может превышать 1.4 (2003 и 2011 гг.), а может быть меньше 1.3 (2013 г.). Аномалия по уровню R≥1.3 может наблюдаться в течение 54.5 часов в году (2011 гг.), а может не (2013 г.). Пики аномалий в 2003 и 2011 гг. близки друг к другу, наблюдаться вовсе но сезонная продолжительность аномалий по уровню R≥1.3 существенно разная: 26 дней в 2003 г. и 45 дней в 2011 г. В 4-х годах из 11 пик аномалии наблюдается до летнего солнцестояния, а в 7-и годах – после. Разница между наиболее поздним и наиболее ранним пиком составляет 33 дня. По всей видимости, указанные вариации обусловлены различными условиями космической погоды в летние месяцы для каждого конкретного года. Вопрос заключается в том, чем определяются эти условия космической погоды? Рассмотренные годы можно разделить на годы средней солнечной активности (2003-2005 и 2011-2013 гг.) и годы низкой солнечной активности (2006-2010 гг.). Из таблицы видно, что в 3-х из 6-и годов средней солнечной активности аномалия была выражена сильно (2003, 2004, 2011 гг.), а в 3-х из 6-и годов средней солнечной активности аномалия была выражена слабо (2005, 2012, 2013 гг.). Таким образом, солнечная активность не может рассматриваться в качестве основного фактора, определяющего степени развития аномалии. По всей видимости, и геомагнитная активность, не может рассматриваться в качестве основного фактора. Таким образом, наиболее вероятным фактором, влияющим на степень развития аномалии, является метеорологическая активность. Поиск метеорологических факторов, влияющих на проявление летней вечерней аномалии, является ближайшей перспективой проводимых исследований.

Параметры возмущений ПЭС в системе локального времени СТ по данным станций сети ИСЗФ СО РАН

Согласно предыдущим наблюдениям, прохождение СТ вызывает генерацию волновых возмущений различных масштабов в ПЭС. Отдельный интерес представляют возмущения среднего масштаба, время регистрации которых имеет выраженный сезонный ход и демонстрирует хорошее согласование со временем прохождения СТ в магнитосопряженных областях. На основании данных наблюдения была предложена гипотеза МГД природы регистрируемых возмущений, получившая хорошее согласование с наблюдениями по данным станций сетей Японии и США. Станции сети ИСЗФ СО РАН размещены в более высоких магнитных широтах, поэтому наблюдение эффектов СТ по этим данным представляет интерес.

На начало 2013 г. находящаяся в ведении ИСЗФ СО РАН сеть приемников GPS включала пять полнофункциональных станций: в г. Иркутск (ISTP), п. Листвянка (LIST), п. Усолье-Сибирское (ORDA), п. Торы (TORY) и в п. Монды (MOND). В последнем случае, приемник был размещен на временных условиях на территории измерительного полигона ИСЗФ, однако позволял проводить полноценную регистрацию сигналов ГНСС. Работы по полноценному развертыванию данного пункта были запланированы на 2014 г.

Накопление данных за полный год позволило построить сезонный ход параметров среднемасштабных волновых пакетов (ВП) в системе локального времени терминатора (ЛВТ). Этот метод позволяет статистически достоверно выделять эффекты СТ на фоне прочих возмущений. На рис. 106 представлены распределения числа ВП в системе утреннего (справа) и вечернего СТ (слева). Цветом отмечены распределения, полученные для заданной высоты появления СТ над пунктом наблюдения: 100 км (синим) и 300 км (зеленым). В предыдущих исследованиях выбиралась высота 300 км, как предполагаемая высота области ионосферы, дающей наибольший вклад в величину ПЭС. Для широт расположения станций ИСЗФ в отдельные дни года возможна ситуация отсутствия СТ на данной высоте, поэтому расчеты проведены также для высоты 100 км. Цифры на панелях справа указывают число ВП, зарегистрированных в каждый сезон. В случае отсутствия СТ в какой-либо день соответствующие данные не включались в график – этим объясняются различия в цифрах. Можно видеть также, что наибольшее различие имеет место в летний период. Волновые пакеты выделялись из вариаций ПЭС после фильтрации окном 10-20 мин.



Рис. 106. Распределение числа волновых пакетов в системе локального времени утреннего (слева) и вечернего (справа) СТ по данным за различные сезоны 2013 г. Линия отмечает время прохождения СТ в магнитосопряженной области.

Подобно тому, как это наблюдалось по данным сети США, наиболее сильный отклик во все сезоны, кроме летнего, наблюдается после прохождения утреннего СТ. В летний период число волновых пакетов вблизи утреннего СТ сравнимо с числом около вечернего. Красной линией на рисунке отмечено время прохождения СТ в области магнитного сопряжения (МС). Расчет производился для середины рассматриваемых периодов: 75 день (весна), 165 день (лето), 255 день (осень) и 345 (зима). Время рассчитывалось для высоты 300 км везде, кроме летнего периода – в это время СТ на 300 км над Иркутском нет, поэтому расчет выполнен для 100 км.

Более-менее хорошее согласование начала роста числа ВП с прохождением СТ в МС области можно видеть только для утреннего терминатора зимой. На момент прохождения МССТ в распределении наблюдается наибольший рост числа ВП, после чего их количество сохраняется практически постоянным в течение примерно 6 ч. В зимний период регистрируется наибольшее число ВП.

Следует отметить, что общая картина согласуется с результатами полученными ранее для региона США: в зимнее время эффект вечернего СТ практически отсутствует, в то время как влияние утреннего прослеживается хорошо. Периоды межсезонья отмечены переходным видом распределений, близким по форме к зимним. В летний период наблюдается вклад прохождения вечернего СТ, однако влияние утреннего прослеживается по-прежнему достаточно хорошо.

Разработка и тестирование алгоритмов для выявления динамики интенсивности колебаний ПЭС в выбранном диапазоне периодов по данным приемника GPS/ГЛОНАСС . Использование данных одиночного приемника GPS/ГЛОНАСС для оценки локального уровня ионосферной возмущенности В рамках проекта введён непрерывный индекс квазивертикальных вариаций ПЭС (W_{tec}) по данным *одиночной* двухчастотной приемной станции GPS/ГЛОНАСС. Сформулирован алгоритм его получения. Проведено сравнение 27-дневных медианных значений индекса W_{tec} по данным Иркутской станции IRKJ со значениями максимальной электронной концентрации по данным Иркутского дигизонда. Показана положительная корреляция индекса W_{tec} и модуля производной электронной концентрации по времени |dNmF2/dt|, превышающая шумовой уровень (рис. 107). Уровень корреляция наблюдается для вариаций Wtec и |dNmF2/dt| с периодами более 3 часов. То есть, чтобы использовать данные Wtec для оценки уровня вариаций NmF2, данные Wtec необходимо предварительно усреднить с окном в 3 часа.



Рис. 107. Ряд индекса квазивертикальных вариаций ПЭС W_{tec} (t) по данным станции GPS/ГЛОНАСС IRKJ (красная линия) и ряд модуля производной электронной концентрации по времени |dNmF2/dt| по данным Иркутского дигизонда (черная линия) за 2012 год.

Анализ структуры атмосферных инфразвуковых колебаний и поиск связи с возмущениями ионосферных параметров

Анализ структуры инфразвуковых сигналов по данным регистрации инфразвуковой станции ГФО ИСЗФ «Торы».

Происхождение ионосферных возмущений в Е-слое ионосферы может быть связано как с внешними условиями, так и с внутренними причинами. Если внешние причины обусловлены, в основном, гелигеофизическими явлениями, то внутренние связаны с подионосферными источниками и часто имеют сейсмогенную природу, которые зачастую дают эффект соизмеримый с внешними источниками. Это дает возможность, путем мониторинга, выделить ряд источников сейсмической природы, оценить их роль в формировании ионосферных возмущений в Е-слое и выработать некоторые принципы для диагностики сильных землетрясений. Известно, что Байкальский регион является сейсмически активным районом, и контроль за акустическим проявлением сейсмических процессов является весьма актуальным как для понимания механизма очага землетрясения, так и воздействия его на ионосферу. С этой целью в Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН ведется мониторинг инфразвуковых сигналов имеющих как естественную, так и техногенную природу. Регистрация инфразвуковых сигналов ведется с помощью 3-х позиционной станции, оснащенной микробарографами ИСЗФ. Разработанные в ИСЗФ микробарографы позволяют выделить когерентные инфразвуковые сигналы как от удаленных

источников (микробаромы, болиды), так и сигналы местной техногенной природы. Это дает возможность оценить региональный инфраакустический фон, его интенсивность и режим работы источников.

За отчетный период квазинепрерывный мониторинг инфразвуковых сигналов позволил оценить уровень естественного атмосферного фона и выделить 5 основных типов инфразвуковых сигналов, отмеченных по данным регистрации на инфразвуковой станции ИСЗФ, расположенной на территории ГФО п. Торы (Бурятия). Представим их вид и дадим краткое описание параметров (рис. 108-117).



Инфразвуковые сигналы, связанные с взаимодействием ветрового потока с горами





Рис. 109. Динамически спектр сигнала 5.01.2013 (максимум спектральной мощности на T~200-240 сек).

Инфразвуковые волны, зарегистрированные 5.01 и 7.01 2013г., связанны с близко расположенными горным массивом Восточные Саяны. Подобные волны описаны в монографии (Госсард и Хук, 1978г., с. 352), которые связаны со специфическим расположение источника в горной местности и приурочены к зимнему времени. Предлагается 4 возможных источника генерации. Это: а) сильная турбулентность, возникающая из-за обтекания неровной гористой поверхности ветровым потоком; б)

разрушение горных подветренных волн; в) генерация звука за счет эолового «тона»; г) сильный вертикальный сдвиг скорости потока при обтекании препятствия.

Инфразвуковые волны, обусловленные сейсмическими процессами в земной коре



Рис. 110. Вид сигнала, вероятно, связанного с сейсмическим процессом (скорость распространения около 5 км/с) (Азимут не определен из-за малой апертуры станции).





(максимум спектральной плотности на Т~20-25 сек).

Хорошо известно, что инфразвуковое излучение часто сопутствует сильным сейсмическим событиям (Аляска, 1964; Индонезия – Суматра, 2004; Япония – Tahoku, 2011). Такие инфразвуковые сигналы, обусловленные распространяющимися поверхностными сейсмическими волнами. Подобные сигналы имеют обычно высокую скорость распространения, которая оказывается значительно выше звуковой. Эта скорость по оценки кросскорреляционных временных сдвигов, в нашем случае

5.01.2013 и 14.02.2013, составляет около 5000 м/с. Такую скорость распространения могут иметь продольные сейсмические волн Р – типа, и иногда поверхностные волны Релея, возбуждаемые при землетрясениях.





Рис. 112. Вид инфразвука техногенной природы 5.01.2013 (удар от реактивного самолета: азимут = 354.31; угол падения = 39.095; скорость следа = 497.212 м/с; Т⁰С воздуха =



Рис. 113. Динамический спектр техногенного инфразвука (максимум спектра на T ~1-3 сек).

Инфразвуковые волны техногенного характера наполняют атмосферу сигналами с характерными параметрами. Они обычно имею достаточно короткий период и амплитуду в несколько микробар, а в районе Тункинской долины обычно связаны с пролетами реактивной авиации. Часто такие сигналы, отождествлялись визуально с пролетом реактивных самолетов, например, 10.01.2013г. и 06.09.2013г., полетная трасса, которых проходила вдоль горного хребта Восточного Саяна, недалеко от расположения инфразвуковой станции. Механизм генерации хорошо известен, и связан с образованием сильного хлопка от ударной волны, возникающей при превышении движущимся объектом звукового барьера.



Инфразвук от штормовых областей морей и океанов (микробаромы)





Рис. 115. Динамический спектр микробаромов (максимальная мощность на T~4-7 сек).

Микробаромы -это естественный квазисинусоидальный инфразвуковой фон генерируемый штормами в северной Атлантике и северо-западе Тихого океана. Здесь представлен пример регистрации за 24.01.2013 года Обычно наибольшая активность микробаромов проявляется в зимнее время, поскольку атмосферных шумов в этот период значительно меньше, чем летом, а главное активность штормовых циклонов, которые отвечают за генерацию океанического инфразвука существенно выше. На стации инфразвуковой станции «Торы» средняя амплитуда микробаром составляет около 1-.1,5 микробара со средним периодом колебании около 5 сек. Инфразвук, связанный с вхождением в атмосферу Земли крупного космического тела (Челябинский метеороид, 15.02.2013)



Рис. 116. Вид инфразвукового сигнала от взрыва Челябинского метеороида 14:51 Ирк. 15.02.2013. Амплитуда (пик-пик) - 1,5 ПА, азимут прихода сигнала=298 -318; угол падения = 60.517; скорость следа =371.663 м/с; T⁰C=259



Рис. 117. Динамический спектр 1-го цуга сигнала Челябинского метеороида (максимум спектральной плотности T~16 - 32 сек).

Инфразвуковой сигнал от взрыва метеороида наблюдался в 14.51 Иркутского времени (05:51 UT) 15.02.2013 на инфразвуковой станции ИСЗФ «Торы» на расстоянии 2780 км к востоку от места взрыва. Характерное время задержки относительно момента взрыва составило 2.5 ч, что соответствует распространению зарегистрированного сигнала со звуковой скоростью. Амплитуда инфразвукового сигнала более чем на порядок превышала уровень атмосферного фона. В сигнале наблюдалось три группы цуговых колебаний, из которых наиболее продолжительной и мощной являлась первая (длительность 650 с, амплитуда 15 микробар).

Основные публикации:

1. Сорокин А.Г. Инфразвуковое излучение Челябинского метеороида. Солнечно земная физика вып 24. с.58-63

2. Сорокин А.Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида. Труды Всероссийской конференции по распространению радиоволн, 29 июня- 3 июля 2014г.

3. Сорокин А.Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида. Труды 1-й Акустической конференции Российского акустического общества, Москва, 6-10 октября 2014г.

Результаты исследования светимости ночного неба в средних и авроральнывх широтах в связи с развитием возмущений



Рис. 118. Примеры зарегистрированных полярных сияний.

В 2013-2014 гг. проводились регулярные (октябрь-апрель) наблюдения и пространственного распределения интенсивности излучения ночного неба на базе Норильской КМИС с помощью широкоугольных ПЗС-камер (рис. 118, таблица 9).

Дата	Время	Характеристики сияний, SN – с юга на север
	14:56-15:17	15:01 SN, ~160 м/с;
16 11 2012	16:08-17:44	16:16 NS, ~50 м/с
10.11.2015	18:45-19:35	18:44 SN, ~40 м/с
	19:08-19:15	19:09 NE, ~190 м/с
09 12 2012	15:55-20:30	15:56, EW, ~ 130 м/с
08.12.2015	16:00-16:25	16:11, EW, ~ 60 м/с
	14:20-14:32	14:24, NE, ~ 120 м/с
00 12 2012	15:22-15:35	15:22, SN, ~ 90 м/с
09.12.2015	16:24 - 16:33	16:25, NS, -
	16:51-17:01	16:56, EW, ~ 200 м/с
	13:20-13:45	13:21, NS, ~ 90 м/с
	15:54-16:20	Без характерного направления
01 01 2014	16:35-17:15	16:35, NS, ~ 50 м/с
01.01.2014	17:40-17:50	17:41, NW-SE, ~ 90 м/с
	18:39-18:50	Без характерного направления
	21:33-21:45	21:33, SE, 120 м/с
	17:12-17:21	17:11, SN, ~ 180 м/с
03.01.2014	18:08-18:30	18:09, SN, ~ 120 м/с
	19:20-19:49	19:20, NS, ~ 40 м/с; 19:26 - SN
07.01.2014	19:10-19:20	19:10, EW, ~ 90 м/с
11.01.2014	19:18-19:26	19:21, NW-SE, ~ 100 м/с
21.01.2014	18:13-19:34	18:13, SN, 160 м/с; 18:56 – NS ~ 120 м/с

Таблица 9. Характеристики зарегистрированных полярных сияний.

Исследование геофизических явлений в период прохождения челябинского метеороида через магнитосферу Земли

15 февраля 2013 года суперболид диаметром около 17 метров и массой порядка 17 тыс. тонн вошёл в атмосферу Земли на скорости около 18 км/с. и в 03:20:33 UT. взорвался над Челябинском на высоте 22 км. Судя по продолжительности атмосферного полёта, вход в атмосферу произошёл под очень острым углом. [1]. Этот метеорит относится к классу обыкновенных хондритов, с общим содержанием железа 19-22 %.

В таблице 10 представлены параметры метеоритов, наблюдавшихся и упавших на территории СССР - РФ в 20-21 веках.

Название события	Тунгусский метеороид	Сихоте- Алинский метеороид	Куня-Ургенч метеорит	Витимский болид	Метеорит «Челябинск»
Дата и	17(30).06 1908	12.02.1947	20.06.1998	24.09.2002	15.02.2013
время, UT	0:14,5	0:38	12:25	16: 50	3:20
Высота взрыва, км	7-10	25	10-15	30	15-25
Координаты	60°54′07″ N	46° 9'36"N	42°15' N	58°16'16"N	58°48' N
взрыва	101°54′16″ E	134° 39'12"E	59°10' E	113° 27'13"E	61°06' E
Масса, т	Неустановл.	100	3	160	17000
Состав	не определен	94% железо	хондрит	не определен	хондрит
Энергия, мегатонн ТНТ	50	0,01	0.01	0,2	до 0,5
Траектория	Не определен	север-юг	юв-сз	Ю.3С.В.	В-З

Таблица 10. Характеристики некоторых крупных метеоритов, наблюдавшихся на территории СССР-РФ в 20-21вв.

Как видно из таблицы, после падения Тунгусского космического тела (ТКТ) 30 июня 1908 года, Челябинский болид - это второе по величине вторжение небесного тела в атмосферу Земли за прошедшие 100 с лишним лет.

И если предположить, что полет этого небесного тела в магнитосфере Земли был геоэффективен, то полезный сигнал надо отслеживать после вторжения его в магнитосферу Земли и до взрыва в атмосфере. И вполне естественно предположить, что такой, скорее всего очень слабый по интенсивности сигнал в вариациях магнитного поля Земли, может быть обнаружен только на очень спокойном и невозмущенном магнитном фоне. Приблизительная оценка времени нахождения болида в магнитном поле Земли может составлять - при размерах магнитосферы в 10-14 радиусов Земли (6500 км х10-14 =65000-90 000км) и скорости болида 18 км/сек – от 60 до 80 мин до момента взрыва.

Фоновые условия наблюдений

Анализ спутниковых данных показал, что в период времени, предшествующий вхождению болида в плазмосферу вплоть до достижения им плотных слоев атмосферы, условия в солнечном ветре были очень спокойными.

Анализ данных о вариациях магнитного поля по авроральным станциям также продемонстрировал, что время прохождения болида через плазмосферу Земли приходится на очень магнитоспокойный период, о чем свидетельствуют данные авроральных AU,AL,AE и AO индексов, приведенные на рис. 120.

Анализ магнитограмм длиннопериодных вариаций обсерваторий «Иркутск» (п. Патроны) и Арти (Свердловск) не выявил каких-либо заметных, хорошо отождествляемых изменений в магнитном поле Земли на очень спокойном магнитном фоне, как это видно из нижеприведенного рисунка с изображением вариаций Н-компонент этих станций.

Анализ материалов магнитных обсерваторий для оценки возможной геоэффективности метеороида



Рис. 119. Траектория движения метеороида относительно поверхности Земли и обсерваторий, производящих мониторинг окружающего космического пространства.

Учитывая, что сам болид двигался с востока на запад, мы провели анализ данных сети магнитных станций ИСЗФ СО РАН и ИКИР ДВО РАН, которые располагались недалеко от проекции на поверхность Земли траектории пролета болида, как это видно из рис. 119.

Как мы уже отметили, в длиннопериодных вариациях магнитного поля Земли заметных эффектов не отмечено. В связи с этим далее мы провели анализ данных высокочувствительных индукционных магнитометров, которые проводили регистрацию геомагнитных вариаций в диапазоне частот 0-30 Гц и с максимальной чувствительностью на обсерваториях ИСЗФСО РАН и ИКИР ДВО РАН: Монды, Норильск, Петрапавловск – Камчатский (таблица 11). Все эти обсерватории были оснащены индукционными нанатесламатрами с идентичными параметрами. производящими регистрацию геомагнитных пульсаций в диапазоне частот 0-30 Гц, с амплитудами от тысячных долей нанотесел до десятков и сотен нанотесел. В Мондах и Норильске функционировал магнитометр Lemi-30 [http://www.isr.lviv.ua/products.htm].

На первом этапе исследований мы использовали данные обсерваторий ИСЗФ СО РАН Монды и Норильск. Анализ записи индукционного магнитометра в обсерватории Монды (φ = 51.4°, λ = 100.5°) показал наличие шумового всплеска по обеим горизонтальным компонентам магнитного поля (С-Ю и В-З), что хорошо видно из представленного ниже динамического спектра на рис.5., на котором отчётливо прослеживается шумовой всплеск геомагнитных пульсаций до 03:20:33 UT по обеим компонентам в диапазоне частот 0-4 Гц.

Для контроля магнитной ситуации в нижней части рисунка приведена Нкомпонента магнитограммы ст. Норильск, из которой также видно, что эти шумовые всплески появляются на абсолютно спокойном геомагнитном фоне в высоких широтах. Так же можно заметить, что возрастание магнитной активности в высоких широтах с 6-7 часов мирового времени проявилось в появлении возмущения в геомагнитных пульсациях в полосе частот около 0.5 Гц.





Для выяснения более детальной картины этого события были сделаны динамические спектры программой спектрально-временного *анализа* (*CBAH*) по данным станций Монды, Петропавловск-Камчатский и Норильск.

Следует отметить, что регистрация геомагнитных пульсаций на этих обсерваториях велась идентичными индукционными нанатесламетрами в полосе частот 0-30Гц, На рис. 121 приведены динамические спектры зарегистрированных пульсаций.



Рис. 121. Динамические спектры геомагнитных пульсаций по данным обсерваторий Монды и Норильск, рассчитанные по программе СВАН.

Анализ записи индукционных магнитометров в среднеширотных обсерваториях и П.Камчатский показал наличие шумового всплеска в вариациях Монды, геомагнитного поля в диапазоне частот 0.2-5 Гц в интервале 02:45-02:58 UT, т.е. за 35 мин. до взрыва метеороида. По данным обсерватории Монды всплески наблюдаются по обоим компонентам, в то время как по данным обсерватории Петропавловска-Камчатского явно прослеживается слабый шумовой сигнал только по D-компоненте, так как Н-компонента в этот момент времени зарегистрировала очень интенсивную помеху (что хорошо видно на спектре Н-компоненты этой станции после 2 час 55мин 10 сек). По данным обс. Норильск не обнаружено сколько-нибудь заметного сигнала. Причиной возникновения шумового всплеска на среднеширотных обсерваториях на спокойном геомагнитном фоне может являться взаимодействие метеороида с плазмосферой Земли. В спокойных условиях граница плазмосферы располагается на 5-6 радиусах 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. Эта оценка согласуется с наблюдением шумового всплеска за 35 минут до взрыва метеороида. Отсутствие эффекта в Норильске может быть обусловлено тем, что в этот момент времени проекция плазмопаузы на поверхность Земли находилась южнее Норильска.

Таким образом, можно сделать заключение, что в расчетное время, определяемое вхождением болида в плазмосферу Земли на очень спокойном магнитном фоне наблюдался шумовой всплеск в диапазоне частот 0-4 Гц.

ОБСЕРВАТОРИЯ	ГЕОГРАФИЧЕС	СКИЕ	ГЕОМАГНИТНЫЕ			
	КООРДИНАТЫ		КООРДИНАТЫ			
	Φ	λ	Φ	Λ		
	(град)	(град)	(град)	(град)		
МОНДЫ	51.4	100.5	48,2	175,2		
НОРИЛЬСК	69.3	88.2	64.2	160.4		
П.КАМЧАТСКИЙ	53.1	158.4	46.6	222.5		
АРТИ	56.42	58.52	52.1	131.7		
ИРКУТСК	52.46	104.04				

Таблица 11. Координаты станций, данные которых использовались в эксперименте.

Интерпретация полученных данных

Как было отмечено выше, в спокойных условиях граница плазмосферы располагается на 5-6 радиусах Земли. Время, которое необходимо метеороиду, чтобы достичь поверхности Земли после входа в плазмосферу, может составлять 25-40 мин при скорости 18 км/с. Эта оценка согласуется с наблюдением шумового всплеска за 35 минут до взрыва метеороида. Скорость распространения возмущения в магнитосфере составляет порядка 500 – 4000 км/сек, и дает лишь малые поправки к этой задержке. При этом практически не имеет большого значения траектория пролета метеороида в магнитном поле Земли. На расстоянии 6-8 радиусов земли нет большой принципиальной разницы, как падал метеороид на поверхность Земли – под какимлибо углом, либо вертикально. Отсутствие эффекта в Норильске может быть обусловлено тем, что в этот момент времени проекция плазмопаузы на поверхность Земли находилась южнее Норильска.

Таким образом, время возникновения шумового всплеска в диапазоне частот 0.2-5 Гц на среднеширотных обсерваториях на спокойном геомагнитном фоне соответствует времени вхождения метеороида в плазмосферу Земли. А сам всплеск может являться результатом взаимодействия метеороида с плазмосферой.

При прохождении метеороида через магнитосферу могла образоваться газоплазменная оболочка вокруг него, либо могли возникнуть эффекты электризации самого космического тела. Что в итоге могло стимулировать возбуждение слабых шумовых сигналов в электромагнитном поле Земли, которые и были зарегистрированы

4. Развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики и геофизики

Научные исследования выполнялись в отделах физики Солнца и радиоастрофизики.

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.

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 – академик Г.А. Жеребцов).

1.1. Проект II.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.

4.1. Методы и инструменты астрофизического эксперимента

Разработка и создание перспективных проблемно-ориентированных телескопов и приборов

Солнечные телескопы оперативных прогнозов

Три телескопа СТОП разработаны и изготовлены ИСЗФ СО РАН и Институтом автоматики и электрометрии СО РАН и установлены в трех обсерваториях России. Телескопы предназначены для получения ежедневных данных о крупномасштабных магнитных полях на диске Солнца (рис. 122). Информативность и точность измерений напряженности магнитного поля являются лучшими для подобных систем в мире. Первые регулярные наблюдения позволили зарегистрировать переполюсовку магнитного поля Солнца, завершившуюся в сентябре 2014 года.



Рис. 122. Пример карт измеренных магнитных полей Солнца за 13 октября 2014г., полученных почти одновременно в ГАС ГАО (СТОП-3) и Байкальской астрофизической обсерватории (СТОП-1).

Телескопы является частью воссоздаваемой национальной Службы Солнца, предназначенной для непрерывных наблюдений и анализа солнечной активности, прогноза космической погоды и оценки влияния солнечной активности на солнечноземные связи. Это позволит проводить комплексные регулярные наблюдения солнечной активности на всех высотах солнечной атмосферы от фотосферы до солнечной короны. Данные сети Службы Солнца являются критически важными для освоения космического пространства, систем навигации, дальней и мобильной радиосвязи, безопасности распределенных технологических систем и других технологий.

Разработка аванпроекта крупного солнечного телескопа с диаметром зеркала 3 м

Солнечный телескоп-коронограф (КСТ-3) должен быть создан в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН как подсистема Национального гелиогеофизического комплекса Российской академии наук. Одна из основных задач по разработке аванпроекта КСТ-3 состояла в выборе оптической схемы телескопа с диаметром главного зеркала 3 метра. Размеры телескопа предполагают альтазимутальную конструкцию монтировки и стационарное размещение спектрального и фильтрового оборудования в фокальных плоскостях с разными фокусными расстояниями – вращающейся платформе азимутальной оси и платформе оси высот.

Критичной величиной при изготовлении и эксплуатации солнечного телескопа является относительное отверстие главного зеркала М1. Желательно уменьшение светосилы для упрощения процесса изготовления и смягчения требований к точности юстировки оптических элементов при эксплуатации. Диаметр вторичного зеркала М2 также является критичной величиной для изготовления – 420 мм, его увеличение является нежелательным.

Научные задачи КСТ-3 определяют требования к его инструментам – спектральному и фильтровому оборудованию. Рабочее поле зрения телескопа должно быть не менее 2 угловых минут. Основные инструменты КСТ-3 включают в себя Спектрограф с модулем интегрального поля, Компактный спектрограф-спектрополяриметр, Спектрограф Литтрова в фокусе Нэсмита, Узкополосный фильтрограф на основе эталонов Фабри-Перо, Широкополосный фильтрограф. Для этих приборов требуется обеспечить следующие фокусные расстояния: 80 м и 40 м для платформы куде и 21 м для платформы Несмита. Также должно быть выполнено условие телецентричности.

Главная задача состоит в получении пространственного разрешения 0.1 секунды дуги, для чего телескоп снабжается адаптивной оптической системой (AOC). Опыт создания адаптивных систем показывает, что достижение дифракционного предела нуждается в коррекции высоких порядков атмосферных аберраций (не менее 40, лучше 100). Для коррекции оптических неоднородностей на высотах 3, 10, 12 и 16 км над уровнем моря целесообразна разработка мультисопряженной адаптивной системы. АОС для КСТ-3 должна создаваться как независимый модуль, который может быть введен и убран из оптической системы телескопа. Предварительные расчеты показывают, что при диаметре входного зрачка 3 м и поле зрения 2', а также радиусе когерентности $r0 \sim 5$ см, основные параметры АОС могут быть следующими. Углы наклона tip-tilt зеркала: 0.04-30'' (в эквиваленте к разрешению телескопа), частота работы зеркала 0-200 Гц (цель – 1 кГц). Количество суб-апертур в датчике Шака-Гартмана: 3600 (60х60). Сопряжение с разными высотами обеспечивается параметрами деформируемых зеркал. Диаметры этих зеркал могут быть порядка 100 мм.

телескопа на соответствующих высотах (а также плоскости входного отверстия телескопа).

Комплексный анализ всех требований приводит к следующим вариантам оптических схем КСТ-3. Предлагаемые схемы являются пятизеркальными с афокальным ходом лучей между третьим зеркалом МЗ и зеркалом М9 в схемах куде (М5 в схеме Нэсмита). Для платформы куде фокусное расстояние 80 м может быть обеспечено центрированной системой кассегреновского типа. При этом обеспечивается телецентрический ход лучей, необходимый для научного оборудования и удобное расположение рабочей фокальной плоскости. Параметры оптической схемы приведены в таблице 12 и на рис. 123. Децентрированная оптическая система брахит кассегреновского типа с внутренним положением фокальной плоскости может быть использована для обеспечения фокусного расстояния 40 м на платформе куде. Система такого же типа предлагается для фокуса 21 м на платформе Нэсмита, где для удобства расположения рабочей фокальной плоскости после зеркала М6 может быть добавлено вспомогательное ломающее плоское зеркало М7.

Nº	Номер на рис. <mark>1</mark>	Радиус кривизны, мм	Расстояние, 1 мм	Коническая константа
1	M1	-12000	-6800	-1
2	M2	1390.17	7800	-0.5442
3	M3	-5000	24763^{-2}	-1
4	M9	-2006.62	-800	-1.0201
5	M10	-507.9	1019.61	-2.4380

Таблица 12. Параметры оптической схемы куде, фокусное расстояние 80 м.

 $^1\mathrm{Pacctoяния}$ без учета положения плоских ломающих зеркал.

 $^2 \mathrm{Pacctos}$ ние зависит от положения помещения для установки спектрального оборудования фокуса куде.



Рис. 123. Вариант оптической схемы куде с фокусным расстоянием 80 м (слева) и точечная диаграмма (справа).

Таким образом, в аванпроекте представлены варианты оптических схем КСТ-3, которые могут являться базовыми для разработки решений, удовлетворяющих требованиям технического задания и исходным геометрическим параметрам трехзеркальной системы с малым диаметром зеркала М2, и относительным отверстием зеркала М1 1:2. Внеосевые зеркала перестраивающей системы изготавливаются по

отработанным в настоящее время технологиям как российскими, так и зарубежными производителями. Качество коррекции аберраций в поле зрения, заданном техническим заданием, является дифракционным и допускает возможность упрощения оптической схемы, в частности, замену зеркала МЗ на параболическое. При этом для перехода к различным фокусным расстояниям его замена не потребуется, что упрощает процесс эксплуатации.

Магнитограф СОЛСИТ для измерения полного вектора магнитных полей Солнца

В 2014 году были проведены работы по созданию Солнечного синоптического телескопа (СОЛСИТ). По заказу ИСЗФ СО РАН в ОАО ЛОМО изготовлена оптика телескопа, а силами ИСЗФ СО РАН – монтировка и магнитограф. Телескоп предназначен для мониторинга векторных магнитных полей, движений плазмы и структуры хромосферы. Завершающий этап проходит на ОАО ЛОМО (рис. 124), где осуществляется сборка всех узлов телескопа. Первые результаты испытаний магнитографа СОЛСИТ представлены на рис. 125 в виде карты распределения круговой поляризации для одной из активных областей на Солнце (линия железа 525 нм). Для сравнения приводятся аналогичные данные прибора HMI на борту орбитальной станции SDO (линия железа 617.3 нм).

СОЛСИТ будет использоваться для выполнения наблюдений в создаваемой Системе мониторинга геофизической обстановки. Единственный аналог инструмента расположен в США. Последним определяется важность результата для диагностики и прогноза геоэффективных явлений над территорией Российской Федерации.



Рис. 124. Процесс сборки телескопа СОЛСИТ на ОАО ЛОМО.



Рис. 125. Карта распределения круговой поляризации (V параметр Стокса), полученной на магнитографе СОЛСИТ (слева) и SDO/HMI (справа).

Теоретическое и экспериментальное исследование оптических характеристик объектива СОЛСИТ

Важной частью оптической системы СОЛСИТ является объектив апохромат (рис. 126), строящий из параллельного пучка света, исходящего из вторичного зеркала, изображение Солнца на входной щели спектрографа. Объектив исправлен в широком диапазоне длин волн, что позволяет работать без перефокусировки в широком диапазоне длин волн, от основной рабочей длины 525 нм до 1085 нм (промежуточные рабочие спектральные линии находятся на 630 нм и 850 нм). Он компенсирует аберрации при работе с протяженным источником.

Основные геометрические параметры объектива-апохромата приведены в таблице 13. Были выполнены расчеты частотно-контрастной характеристики апохромата и среднеквадратичных отклонений волнового фронта. Аберрационные вычисления выполнены для следующих рабочих длин волн (мкм): 0.4861; 0.5250; 0.5461; 0.5500; 0.5876; 0.5893; 0.6328 (основная рабочая длина волны, рис. 126); 0.6563; 0.8500; 1.0850.

Экспериментальные исследования характеристик объектива-апохромата были выполнены на специальном испытательном стенде (рис. 127). Полученная на нём интерферограмма, использованная в последующем для анализа, показана на рис. 128. Результаты анализа в графическом виде представлены на рис. 129. Из них следует, что качество изготовления оптических элементов апохромата и их юстировки весьма высокое.

Фокусное расстояние, мм	342.12
Относительное отверстие F/D	7.6000
Диаметр входного зрачка, мм	45.0156
Диаметр выходного зрачка, мм	65.5857
Положение выходного зрачка, мм	498.3827

Таблица 13. Основные параметры объектива – апохромата телескопа СОЛСИТ.



Рис. 126. Объектив-апохромат СОЛСИТа. Левая панель – фотография изделия, правая – волновые аберрации объектива.



Рис. 127. Схема контроля апохромата: 1-интерферометр, 2-апохромат, 3дополнительная насадка интерферометра.



Рис. 128. Исходная интерферограмма испытаний апохромата СОЛСИТ.



Рис. 129. Результаты интерферометрического контроля искажений волнового фронта объектива апохромата. Верхняя панель – изолинии контурного графика и деформации волнового фронта. Нижняя панель – 3-х мерная карта среднеквадратичных отклонений волнового фронта.

Разработка, создание и испытание приводов монтировки СОЛСИТ

Для телескопа СОЛСИТ в ИСЗФ СО РАН была разработана и изготовлена параллактическая вилочная монтировка. Она должна обеспечивать необходимую плавность часового ведения и работу с различными скоростями в режиме сканирования. Сканирование осуществляется поворотом всего телескопа вокруг оси склонений (входная щель спектрографа расположена параллельно экваториальной плоскости), на фоне равномерного непрерывного часового ведения. Для перевода телескопа из состояния «парковки» в заданное положение для наблюдений предусмотрено ускоренное движение по обеим координатам. Быстрое перемещение телескопа в «парковочное» состояние необходимо также для экстренного закрытия купола (например, из-за погодных условий). Поэтому требования к приводам часового ведения о и склонения обеспечивать склонения.

3D модель разработанной монтировки и фотография изделия показана на рис. 130. На рис. 131 показаны чертежи видов сбоку и сверху. Фотография привода склонений, вместе с шаговым двигателем, приведена на рис. 132. Шаговый двигатель той же модели используется и в приводе часового ведения, 3-х мерная модель которого, а также фотография готового изделия, показаны на рис. 133. Механизм поворота часовой оси состоит из двигателя MDrive 34 Plus и червячной передачи с передаточным отношением 1:324. Регулировка положения червяка относительно червячного колеса осуществляется путем перемещения корпуса с червяком по плите с помощью винтов регулировки червячной передачи, после чего корпус с червяком фиксируется на плите с помощью болтов. При сборке плита устанавливается на фланец корпуса часовой оси и жестко фиксируется с помощью винтов и штифтов. Червячное колесо кроме зубчатого венца имеет в верхней части тормозной диск, предназначенный для связи через дисковый тормоз с вилкой.

Для испытания приводов монтировки был использован макет системы управления СОЛСИТ, в частности подсистем, отвечающих за часовое ведение и сканирование. Необходимая точность часового ведения и сканирования солнечного изображения должна составлять 1". Для оценки точности сопоставлялось количество микрошагов, сделанных валом двигателя, с измеренным углом поворота монтировки. При указанной точности допустимое отклонение в приращении шагов от расчетного не должно превосходить 10 за время получения магнитограммы (30 минут). Проведенные испытания приводов часового ведения и ведения по оси склонений показали, что движение телескопа по обеим координатам соответствует требуемой точности наведения и сопровождения. Время перехода телескопа из состояния «парковки» в рабочее положение и обратно не превышает 5 минут, что удовлетворяет практическим потребностям.



Рис. 130. 3-х мерная модель монтировки СОЛСИТ (слева) в сборе с приводами и ее фотография в цехе ИСЗФ СО РАН (справа).



Рис. 131. Чертёж монтировки СОЛСИТ с указанием основных размеров, вид сбоку (слева) и вид сверху (справа).



Рис. 132. Фотография привода склонений без кожуха. Отличительной особенностью данного привода является использование не полного зубчатого колеса, а лишь его сегмента, достаточного для покрытия годового диапазона значений склонений Солнца.



Рис. 133. 3-х мерная модель привода часового ведения (левая панель) и фотография изготовленного привода (правая панель).

Исследование оптико-физических характеристик узкополосных монохроматических фильтров для солнечных телескопов

Были разработаны схемы для проверки качества узкополосных монохроматических фильтров. С использованием этих схем определены локальные и интегральные характеристики фильтров и зарегистрированы изображения фильтров в свете, рассеянном оптической стопой. Измерения выполнялись на спектрографе автоколлимационного типа с диаметром зеркала 300 мм фокусным расстоянием бм. Дифракционная решетка – 600 штр/мм, размеры заштрихованной части 250 х 200 мм. Источники света в спектрографе – лампы накаливания, Солнце, эмиссионные спектральные лампы, генератор дуги и искры.

Для трех отдельных фильтров и двух турелей с фильтрами DayStar (DS) Company выполнены измерения интегральной центральной длины волны $\lambda_{\rm q}$ и полуширины полосы пропускания; локальных изменений $\lambda_{\rm q}$ и полуширины полосы пропускания фильтров; построены 2D и 3D карты распределения $\lambda_{\rm q}$ и полуширины; исследована оптическая однородность и рассеяние оптической стопы фильтров.

Измерение интегральных характеристик – это измерение λ_{μ} и полуширины полосы пропускания как суммарного значения для всей поверхности оптической стопы фильтров диаметром 32-40 мм. На рис. 134 а) показана схема измерений. DS освещается практически параллельным пучком от 1 мм диафрагмы (угловая апертура 1:210). Изображение диафрагмы строится на входной щели спектрографа (~ с 5^x увеличением) длиннофокусным объективом O₃ (F=1000 мм). При таком фокусном расстоянии вся поверхность фильтра проецируется на коллиматор спектрографа (угловая апертура 1:30). Спектры пропускания регистрируются в фокальной плоскости спектрографа с помощью ПЗС-камеры (рис. 134, б).



a)

Рис. 134. Схема для измерения интегральных характеристик фильтров (а) и полоса пропускания фильтра 6563Å при комнатной температуре (б).

В схеме измерений локальных $\lambda_{\rm q}$ и полуширины полосы пропускания DS освещается практически параллельным пучком (1:300), а на входной щели спектрографа строится изображение слюдяного фильтра (рис. 1.4.2). В щель спектрографа попадает свет от 12 мм участка фильтра. Для построения полной карты локальных параметров DS сканировался с шагом 12 мм вдоль щели и 5 мм в перпендикулярном направлении. На рис. 135 а) приведена спектрограмма одного участка λ 6173Å фильтра. Скачок и наклон полосы более 0.5 полуширины! А на рис. 135 б) приведена картина 3D-распределения центральной длины волны для всей поверхности На фильтра из турели.



Рис. 135. Схема локальных измерений полуширины полосы пропускания и λ_{μ} (a), а также карта распределения λ_{μ} фильтра Н α 6562.9 Å (б).

Для исследования оптической однородности и рассеяния оптической стопы DayStar фильтр освещается параллельным пучком солнечного света от целостата (рис. 136). Установленный за фильтром объектив О₂ в своем 300 мм фокусе строит 3 мм изображение Солнца. Яркое изображение Солнца перекрывается луной. Все поверхности оптической стопы, освещенные Солнцем, рассеивают свет параллельного пучка. Изображение стопы в рассеянном свете, прошедшем мимо луны, регистрируется

камерой Nikon D70. На рис. 137 приведены изображения оптической стопы трех, разных по однородности и рассеянию, DS – фильтров.

Локальные и интегральные характеристики, полученные для двух турелей SSFWTT010613 и SSFWTT020613 с фильтрами на линии Hα 6562.9 Å, He D3 5875.7 Å, Na D 5896.0 Å, Ca II K 3933.4 Å и для трех отдельных фильтров Quantum Hα 6562.9 Å, Fe I 6172.9 Å, G 4305.0 Å приведены в таблице 14. Данные для турели SSFWTT010613 оказались неполными из-за выхода турели из строя.



Рис. 136. Исследование однородности и рассеяния оптической стопы фильтров.



Рис. 137. Изображения оптической стопы фильтров: На 6562.9 Å, Na D 5895.7 Å, He D3 5875.7 Å.

фильтр Параметр	Турель SSFWTT010613			Турель SSFWTT020613			QUANTUM PE, отдельные фильтры				
λ_{u}	6562.9	5895.7	5875.8	3933.4	6562.9	5895.7	5875.8	3933.4	6562.9	6172.9	4305.1
Интегральная полуширина					0.63	0.78	0.84	1.74	0.95	0.93	2.2
Локальная полуширина									0.5	0.64	
неоднородности λц	0.6				0.5	0.7	0.8		0.6	0.8	
Рассеяние и однородность оптической стопы	удовл	плохо	удовл	хор	хор	плохо	плохо	хор	удовл	удовл	удовл

Таблица 14. Измеренные характеристики фильтровых систем.

В результате работ были сделаны следующие выводы. Разработанные схемы и устройства позволяют с высокой точностью и по нескольким важным параметрам провести исследования монохроматических фильтров. На основании исследований можно оценить пригодность фильтров для солнечных наблюдений и выработать

рекомендации по их использованию. Полосы пропускания некоторых исследованных фильтров имеют скачки центральной длины волны по полю зрения и полуширину большую, чем указано в спецификациях. Оптическая стопа некоторых фильтров (многослойные покрытия) неоднородна, имеет кристаллитную структуру, свили, возможно, расклейки и высокое рассеяние. Турель фильтров SSFWTT010613 при повторном включении перестала работать: не происходит замены фильтров, фильтры не устанавливается по центру окна и не работает термостатирование. В адрес фирмы DayStar отправлена рекламация с требованием замены одной турели и отдельных фильтров в соответствие со спецификациями, указанными в контракте.

Исследование и измерение оптико-физических характеристик оптики и фильтра Фабри Перо солнечного гида-телескопа полного диска в линии На для СОЛСИТ

В отчетном году была изготовлена оптика Нα-гида для солнечного телескопа СОЛСИТ. Телеобъектив телескопа состоит из положительной и отрицательной линзы. Обе линзы изготовлены из стекла Ф1. Линза поля изготовлена из стекла К8. В связи с высокими требованиями к качеству оптического стекла заготовки линз были предварительно отшлифованы и отполированы с высокой точностью и затем проверены и отобраны по качеству волнового фронта (оптическая однородность) на кривизны интерферометре Майкельсона. Радиусы поверхностей ЛИНЗ контролировались с помощью РПС (рабочих пробных стекол), номиналы которых находятся в распоряжении лаборатории. Окончательный контроль и аттестация оптики телескопа будут выполнены в штатных оправах после изготовления корпуса телескопа в конце 2014 – начале 2015 гг.

В качестве монохроматора будет использован фильтр DayStar, серийный номер HaQPE050613. Паспортные параметры фильтра: центральная длина волны 6562.9 Å, полуширина полосы пропускания 0.38Å. Нα-фильтр DayStar серии Quantum представляет собой твердотельный интерферометр – эталон Фабри Перо. Сердце фильтра – тонкая кристаллическая пластина из природной слюды (мусковит) с многослойными зеркальными покрытиями. Фильтр также содержит стеклянные и интерференционные фильтры предварительной монохроматизации и циркулярные поляризаторы. Последние применяются в оптической стопе для уменьшения бликов от зеркальных поверхностей фильтров и выделения только одной полосы пропускания кристаллической пластины эталона, в обыкновенном или необыкновенном луче.

Для получения монохроматического изображения Солнца с однородным спектральным составом для всех его участков фильтр устанавливается на телескопе в телецентрическом пучке. При этом все точки изображения формируются подобным световым пучком, конусом, раствор которого зависит от апертуры телескопа. Однако световые конусы пучков различных точек изображения проходят различные участки слюдяного эталона фильтра, и спектральный состав пучков зависит, в основном, от однородности показателя преломления и от локальной толщины слюдяной кристаллической пластинки эталона (от однородности оптической толщины). Оптикофизические характеристики фильтров зависят от указанных параметров. Пластинки должны быть правильно отобраны, приняты или забракованы, уже на первом этапе изготовления фильтров. На следующих этапах изготовления элементов фильтра и при сборке оптической стопы дефекты в многослойных покрытиях, просветляющих слоях, пленочных поляризаторах, в иммерсии и склейках могут также ухудшить характеристики фильтров.

Для измерения спектральной однородности полосы пропуская по полю фильтра был применен принцип спектрального сканирования полосы фильтра относительно узкой эмиссионной линии спектральной лампы для визуализации и нахождения
положения максимума полосы пропуская одновременно в каждой точки всей поверхности фильтра. Сканирование полосы пропускания фильтра осуществляется изменением его температуры. Для промежутка эталона из слюды увеличение температуры на 1°С смещает пик полосы пропускания в красную область спектра на ~0.1Å, а уменьшение – в синюю. Рабочая температура На-фильтра DayStar по паспорту 155°F (68°C). На дисплее фильтра смещение полосы пропускания фильтра путем изменения его температуры сразу указывается в Å. Терморегулятор указанного фильтра допускает диапазон сканирования полосы ± 1 Å от номинального значения 6562.9Å.



Рис. 138. Установка для исследования полосы пропускания во всех участках фильтра.

На рис. 138 представлена разработанная схема визуализации и исследования полосы пропускания по всей поверхности фильтра. Нα-фильтр освещается коллиматором с F=1000 мм от Гейслеровской Нα-трубки. Угловая апертура светящегося тела трубки устанавливается в пределах 1:30, что считается приемлемым при использовании фильтра: принимается допустимое смещение полосы 0.2 Å для угла падения 1°. Изображение поверхности фильтра диаметром 15 мм строится объективом с F=210 мм на матрице с размером 15х24 мм камеры Nicon. Все оптические элементы схемы юстируются (центрируются и выставляются в автоколлимацию) на оптической скамье с помощью пучка от лазера (на схеме не показан).

В правом верхнем углу рисунка приведены для сравнения контур полосы локального пропускания фильтра и контур эмиссионной линии спектральной лампы. Данные получены при спектральных исследованиях фильтра. Внизу показаны несколько изображений поверхности фильтра для разных положений полосы пропускания (для разных температур фильтра). Хорошо видны скачки максимума пропускания фильтра, вызванные скачками толщины слюды из-за плохого расщепления по спайности, а также свилями и неоднородностями показателя преломления, появление которых связано, скорее всего, с нарушениями стабильности окружающих природных условий при росте кристалла слюды. На рис. 139 приведено

изменение пропускания для семи характерных участков слюдяного эталона (участки показаны квадратиками на изображении фильтра) в зависимости от положения полосы пропускания относительно Нα-спектральной линии лампы.





Рис. 139. Контуры полосы пропускания отдельных участков фильтра.

Размер измеряемого участка на изображении фильтра 50х50 пикселей (1 пиксель=7.6 мкм), а на самом фильтре это соответствует размеру около 1х1 мм. Среднее значение положения полосы максимума пропускания для семи точек поверхности фильтра находится ближе к значению (на дисплее фильтра) 6563.2 Å, а не к номинальному 6562.9 Å, указанному на корпусе фильтра; полуширина полосы пропускания (без исправления за контур линии лампы) близка к значению 0.8 Å. По нашим измерениям локальная полуширина полосы составляет ~0.5 Å, а интегральная ширина полосы 0.95 Å, вместо декларируемого компанией значения 0.38 Å.

Самое главное, разброс положения максимума полосы пропускания по поверхности фильтра составляет около 0.6 Å, а для некоторых участков поверхности отклонение более 1Å. На участке №1 контур полосы имеет два максимума, которых, в принципе, не должно быть, так как контур полосы в приближении описывается функцией Гаусса. Объяснение этому – в исследуемое место попали участки с большим сдвигом максимумов пропускания. На рис. 140 приведены кривые пропускания для двух близких участков этого же места на фильтре.



Рис. 140. Кривые пропускания двух близких участков фильтра.

В качестве вывода можно отметить, что фильтр Нα имеет большие неоднородности полосы пропускания по рабочей апертуре. Он может быть использован для установки на гиде телескопа СОЛСИТ, но для достижения контрастного изображения может потребоваться разработка и изготовление дополнительных монохроматических ступеней, например, поляризационных ступеней ИПФ.

Отработка технологии ионно-лучевого напыления для получения однородных и стабильных интерференционных фильтров

Для отработки технологии нанесения интерференционных фильтров была выбрана конструкция фильтра, которая описывается формулой: (BH)4 2B (HB)4, где В и Н плёнки с оптической толщиной в четверть длины волны (525 нм) соответственно с высоким и низким показателями преломления. В качестве плёнки с высоким показателем используется окись ниобия (Nb₂O₅), а с низким – окись кремния (SiO₂). Выбранная конструкция фильтра позволяет оценить суммарные потери в слоях и неоднородность плёнок по толщине при минимальном количестве слоёв, что сокращает общее время нанесения фильтра.

В ходе экспериментов появилась необходимость в уменьшении размеров как источника ионного ассистирования (ИИА), так и компенсатора (трубка полого катода ТПК). Это связано с ограниченным рабочим пространством вакуумной камеры, которое не позволяло разместить эти устройства без затенения молекулярного потока от распыляемой мишени и светового пучка контрольного устройства. В результате конструкторской проработки размеры сократились в 1.2-2 раза, при этом повысилась эффективность устройств. На рис. 141 показано устройство компенсатора.

Компенсатор позволяет сформировать пучок низкоэнергетических электронов (около 10 эВ.) при токе до 5 А. Схематическое устройство ИИА показано на рис. 142. Благодаря вставке, расположенной между двумя керамическими изоляторами и

находящейся под плавающим потенциалом, увеличивается эффективность ионизации газа и, вследствие этого, увеличивается плотность ионного тока. Конструктивно в этой вставке находится газораспределитель, находящийся также под плавающим потенциалом. Такое решение позволяет исключить обратную утечку ионов в сторону корпусного потенциала, что увеличивает полезный ионный ток и снижает тепловую нагрузку устройства. Разрядный ток ИИА до 5 А при напряжении до 100 В.



Рис. 141. Компенсатор пространственного заряда (источник электронов).



Рис.142. Ионный источник ассистирования.



Рис. 143. Схема расположения мишень – подложка.



Рис. 144. Контуры полосы пропускания фильтра в центре (пунктир) и на расстоянии 20 мм от центра в обе стороны при X=40 мм (а) и на расстояниях 20 и 10 мм от центра в обе стороны при X=22 мм.

Контроль равномерности толщины слоёв покрытий осуществлялся следующим образом. Слои фильтра наносились на стеклянную подложку Ø65 мм и толщиной 6 мм. Схема расположения ионного источника распыления (ИИР), распыляемой мишени и подложки показана на рис. 143. ИИР совместно с мишенью может перемещаться относительно подложки в направлении Х. Это перемещение вызывает изменение распределения осаждаемого материала по поверхности подложки. На рис. 144 а) показаны контуры пропускания фильтра, измеренные в центре подложки (пунктир) и на расстоянии 20 мм от центра в обе стороны.

Видно, что длина волны максимального пропускания (а значит и толщина плёнок) в центре больше чем по краям. Это происходит когда расстояние X велико (X=40мм). Уменьшение этого расстояния на 18 мм привело к получению однородного покрытия (рис. 144 б)). На этом рисунке показаны пять измерений контура пропускания фильтра: в центре (пунктир) и на расстояниях 20 и 10 мм от центра в обе стороны. Дальнейшее уменьшение X приводит к увеличению толщины плёнок на краях относительно центра.

Технологический процесс нанесения тонких оптических плёнок с помощью ионного распыления и ассистирования ионами кислорода (или смеси аргона с кислородом) зависит от большого количества параметров: расход газа в ИИР; напряжение на аноде и ток разряда ИИР; расход и состав газа в ИИА; напряжение на аноде и ток разряда В ТПК; напряжение на катоде и ток разряда ТПК; общее давление в вакуумной камере, обусловленное скоростью откачки основного вакуумного насоса и общим расходом газа. Все эти параметры взаимосвязаны и влияют

на такие свойства плёнок как показатель преломления, потери на поглощение и рассеивания света.

Параметр	ИИА	ТПК	ИИР						
Расход газа	4 н.мл/мин	5 н.мл/мин	25 н.мл/мин						
	60% кислорода	аргон	аргон						
	40% аргона								
Разрядный ток	4.1 A	3.49 A	0.14 A						
-	U анод = 158 В	U катод = 43 В	U анод = 2000 В						
Время нанесения			от 12 мин 30 сек						
четвертьволновой			до13 мин 20 сек						
плёнки Nb ₂ O ₅ ,									
n=2.22									
Время нанесения			8 мин						
четвертьволновой									
плёнки SiO ₂									
Пропускание в			79.3%						
максимуме фильтра			при полуширине 5,7						

Таблица 15. Экспериментально определенные значения параметров технологического процесса нанесения тонких пленок.

На основе анализа проведенных экспериментов были определены оптимальные параметры – они представлены в таблице 15. Следует отметить, что приведённая схема нуждается в дальнейших корректировках и не является окончательной.

Все изготовленные фильтры показали высокую абразивную устойчивость и нечувствительность к воздействию атмосферной влаги. Фильтры можно промывать в любых органических растворителях, а также в воде. На этом этапе работы показано, что в данной конфигурации вакуумной установки возможно получение однородных характеристик по всей поверхности фильтров, а также их высокой износоустойчивости и стабильности характеристик при работе в открытой атмосфере. Направление дальнейших работ видится в подборе технологических режимов, обеспечивающих минимальные световые потери в слоях.

Адаптация 360 мм зеркального коронографа для установки двухполосного интерференционно-поляризационного фильтра

Двухполосный интерференционно-поляризационный фильтр (ИПФ) на линии 10830 Å и 6563 Å имеет существенно большие габариты, чем фильтр на красную корональную линию 6374 Å. Длина корпуса фильтра составляет 640 мм, диаметр — 180 мм без учета юстировочных опор и узла сканирования линии. В основном это касается конструктивного диаметра, т.к. даже вдвое большая длина (640 мм) не имеет принципиального значения как при компоновке, так и из за вносимых аберраций (последняя проблема легко решается введением дополнительной оптической системы с теми же аберрациями обратного знака).

Принципиально, компоновка оптической системы с двухполосным фильтром такая же, как и для фильтра на красную корональную линию. Вблизи входного окна необходимо установить коллектив, который строит выходной зрачок на вторичной перестраивающей системе, устанавливаемой неподалеку от выходного окна фильтра (рис. 145). Таким образом решается проблема виньетирования по полю зрения. Как показали расчеты, двухполосный фильтр способен, как и в случае с фильтром на красную корональную линию, полностью охватить сектор лимба 60° по позиционному углу. Однако, для предотвращения виньетирования, необходимо использование «перископической системы» из двух диагональных ломающих плоских зеркал поперечником 35×50 мм, установленных друг от друга на расстоянии 50 мм. Такая система может быть собрана в отдельный узел, механически связанный с оправой коллектива.

В остальном, что касается ориентации оси фильтра, коллектива и вторичной перестраивающей системы параллельно второму главному лучу, компоновка ничем не отличается от фильтра на 6374 Å. Для того, чтобы узел санирования линии не виньетировал пучок лучей, отраженный от главного зеркала, фильтр необходимо развернуть на 90° вокруг оси в любую сторону.



Рис. 145. Компоновка 360 мм зеркального коронографа с двухполосным ИПФ на линии 10830 Å и 6563 Å с помощью «перископической» системы. Габариты ломающих плоских зеркал 50×35 мм, расстояние между поверхностями по центру пучка — 50 мм. Коллектив и вторичная перестраивающая система условно показаны в виде тонких компонентов.

Установка на БСВТ двухканальной оптической системы

Некоторые наблюдения солнечной атмосферы могут быть сделаны на солнечном телескопе с использованием скамьи с широкополосным фильтрографом (рис. 146). Главный компонент широкополосного фильтрографа – монохроматический фильтр с шириной полосы 3-10 Å. Даже при такой ширине полосы изображения интегрируют определенный диапазон температур в солнечной фотосфере и хромосфере. Эти изображения, представленные в виде фильма, нужны для изучения динамики магнитных структур в солнечной фотосфере. Кроме того, широкополосный фильтрограф важен для выбора последующих наблюдений с узкополосным фильтрографом и для измерения вектора магнитного поля. Первостепенный интерес представляют диагностические каналы, указанные в таблице 16 и рис. 146. С их помощью возможно получить данные для томографии солнечной атмосферы, делая выборку на разных высотах солнечной атмосферы.

G-полоса – это темная структура в спектре, названная Фраунгофером G, заполнена CH- линиями. Она усиливается в магнитных элементах, вероятно, благодаря увеличению видимости разогретых стенок из-за диссоциации молекул. Это делает возможным находить и отслеживать небольшие межгранульные магнитные элементы. Континуум в синей области: вместе с G-изображениями дает возможность «распутать» грануляцию и магнитные яркие точки. Картографирование в линии К CaII: дает изображения хромосферной сетки и сеточных колебательных элементов. Изображения в лини H-альфа дают структуру низко-расположенных корональных дуг. Красный континуум: интересен как пример низкой фотосферы, как регистратор протяженного поглощения в крыле линии H-альфа на диске при больших допплеровских скоростях или для вне лимбовых структур, например протуберанцев. Широкая полоса

пропускания фильтров дает большое количество светового потока, которое может быть полезно для изучения осцилляций. Так как при этом каденция будет очень высокая, можно использовать методику спекл-реконструкции для получения высокого контраста.

Двухканальная система предназначена для одновременной регистрации изображений в различных (или тех же самых!) участках спектра. Она позволит вести наблюдения (картографирование) одновременно в хромосфере и фотосфере. Кроме спекл-интерферометрического метода восстановления изображений, в двухканальной системе может быть применена реконструкция волнового фронта по изображениям второго канала, полученным строго одновременно с первым каналом. Это могут быть наблюдения во втором канале соседнего континуума или слегка расфокусированного изображения, регистрируемого в первом канале. На рис. 147 показаны результаты пробных наблюдений, подвергнутых спекл-реконструкции с помощью «быстрого» алгоритма (машинное время обработки 2 дня). В частности заметно, что кроме тонкой структуры солнечной атмосферы также проявляются некоторые дефекты ПЗС-чипа, а также грязь на входном окне фотокамеры. В дальнейшем потребуется разработка специализированных алгоритмов для более качественной коррекции за плоское поле.

Практическое использование разработанной конструкции установило необходимость автоматизированного вращение колеса фильтров для оперативного перехода в разные длины волн. Оперативность особенно важна для получения серии кадров плоского поля, для чего, вероятно, потребуется специальная насадка с матовым стеклом.

Спектральная	Слой солнечной	Назначение
полоса	атмосферы	
Ca II K 3934 Å	Низкая	Динамика хромосферы, морфология,
	хромосфера	разогрев и т.д.,
G-полоса 4305 Å	Фотосфера	Морфология магнитных элементов,
		ЭВОЛЮЦИЯ И Т.Д.
Синий континуум	Фотосфера	Контраст грануляции и динамика
4500 Å		фотосферы и т.д.
Красный	Фотосфера	Контраст грануляции, динамика фотосферы
континуум 6600 Å		и для регистрации (восстановления)
		изображений
Hα 6563 Å	Хромосфера	Динамика и морфологии хромосферы

Таблица 16. Спектральные каналы широкополосного фильтрографа.



Рис. 146. Чертеж 2-х канального фильтрографа (а) и фотографии конструкции (б).



Рис. 147. Изображения солнечной поверхности в G-полосе (а) и в линии H-альфа (б), полученные с помощью фильтрографа.

Основные публикации:

1. О.А. Волков, С.А. Денисенко, М.Л. Демидов, В.М. Григорьев, Л.Б. Ретюнский. «Телескоп солнечный синоптический» // Патент на промышленный образец RU 90737 МКПО 16-06.

2. Скоморовский В.И., Кушталь Г. И., Мамченко М.С., Прошин В.А., Химич В.А. Способ компенсации температурного смещения полосы интерференционно-поляризационного фильтра // Решение о выдаче патента на изобретение от 20.11.2014. Бюл. изобр. №32.

3. Тлатов А.Г., Дормидонтов Д.В., Шрамко А.Д., Кирпичев Р.В., Пащенко М.П., Пещеров В.С., Григорьев В.М., Демидов М.Л., Свидский П.М. «Первые результаты наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе-магнитографе СТОП на Горной станции ГАО РАН», сб. трудов Всероссийской ежегодной конференции с международным участием «Солнечная и солнечно-земная физика-2014», 2014. 4. М.Л. Демидов, В.М. Григорьев, Л.Б. Ретюнский, В.И. Скоморовский, С.А. Денисенко, Ю.Д. Пименов, Н.А. Липин, М.Н. Сокольский, В.Ф. Гусаров. «СОЛСИТ – солнечный синоптический телескоп – новый российский проект для исследований магнетизма Солнца» // Труды всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова», Иркутск 2013, С. 232.

5. В.С. Пещеров, В.М. Григорьев, П.М. Свидский, А.Н. Бевзов, К.И. Будников, С.В. Власов, А.А. Зотов, В.Н. Котов, А.К. Китов, А.А. Лубков, С.А. Лылов, С.В. Перебейнос «Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения» // Автометрия, 2013, №6, С.62-69.

Разработка и создание приборов для исследования солнечных магнитных полей на основе новых технологий в оптоэлектронике и вычислительной технике

Разработка автоматизированной системы управления БСВТ

В рамках работ по модернизации автоматизированной системы управления (АСУ) БСВТ Байкальской астрофизической обсерватории (БАО) были разработаны, изготовлены и смонтированы приводы для управления различными узлами телескопа. Было принято решение использовать модели двигателей, хорошо зарекомендовавших себя в работе АСУ Автоматизированного солнечного телескопа (АСТ) Саянской солнечной обсерватории. Двигатели имеют стандартизированные национальной ассоциацией производителей оборудования (NEMA) посадочные размеры в дюймах: 1.7 (NEMA 17), 2.3 (NEMA 23), 3.4 (NEMA 34). Шаговые двигатели выбраны согласно требованиям к крутящему моменту и частоте вращения (таблицу 17).

Наиболее важным являлось разработка приводов сидеростата. Последний главным образом включает в себя монтировку, вилку и корзину. Вилка вращается вокруг оси, направленной на Полюс Мира и установлена образующей дугой вверх, в середине которой стоит вал, вставляющийся в подшипник качения монтировки. Вал проходит через монтировку и выходит наружу, где на него крепится датчик абсолютного положения сидеростата и рычаг для нажатия на концевые выключатели. В ногах вилки установлены валы, на которые крепится корзина зеркала сидеростата. Валы образуют ось вращения, перпендикулярную оси вращения вилки. Один из валов проходит сквозь вилку и выходит наружу, где на него установлен привод сканирования и привод грубого наведения по оси дельта. Так же как и на выходе вала вращения вилки, здесь установлен датчик абсолютного положения зеркала, по которому определяется угол наклона зеркала.

Привод часового ведения сидеростата разработан и изготовлен в соответствии с основными параметрами, указанными в таблице 13. Основными задачами привода являются быстрая (<9 минут от одного концевого положения до другого) установка зеркала в нужное положение и компенсация суточного вращения Земли для слежения за Солнцем. Редуктор состоит из нескольких ступеней и имеет общие передаточные числа: 21600 для двигателя перекладки и 86400 для двигателя часового ведения. Редукция двигателя перекладки обеспечивает достаточно быстрый перевод зеркала в нужное положение и при этом не требует установки мощного двигателя. Коэффициент редукции для часового ведения равен количеству секунд в сутках и позволяет использовать шаговый двигатель, который может вращаться со скоростью 1 об/сек и погрешностью не более 1/60 оборота за суткию. Привод сканирования по оси альфа представляет собой цилиндр со штоком и шарико-винтовым механизмом. Цилиндр установлен на вилке сидеростата, а шток крепится к ведомой шестерне последней ступени редуктора часового ведения. Ход штока в цилиндре возможен до 15 мм, что в пересчёте на угол составляет примерно 3 градуса (порядка 5 диаметров солнечного

диска). Этого достаточно, чтобы обеспечить наведение и сопровождение любой области на диске Солнца. Двигатель привода сканирования имеет встроенный датчик положения вала с разрешением 2048 шагов на оборот и диапазоном значений от -2^{31} до 2^{31} , чем обеспечивается точное позиционирование зеркала. Привод грубого наклона зеркала имеет практически те же характеристики и механизм крепления и передачи вращающего момента, что и привод часового ведения. Отличие заключается в том, что здесь ведомая шестерня последней ступени редуктора представляет собой сектор углом 120 градусов.

В вакуумной трубе за входным иллюминатором расположен главный объектив, который строит изображение Солнца на щели спектрографа и других приборах. Подстройка фокуса осуществляется перемещением объектива, ход которого составляет 1 метр. Конструктивно привод объектива представляет собой систему тросов, на одном конце которых подвешен на направляющих объектив, а на другом бетонное кольцо по массе сравнимое с массой объектива. Тем самым обеспечивается разгрузка системы перемещения объектива и уменьшение усилий для его удержания. Средняя часть тросов намотана на вращающуюся катушку, которая через редуктор приводится в движение двигателем MDI4MRQ34A2-EQ (таблица 17). Для привода объектива перемещения объектива подобрано таким образом, что на 1 см перемещения объектива приходится 270 оборотов двигателя.

Внизу вакуумной трубы напротив выходных иллюминаторов установлено диагональное зеркало, которое проецирует сфокусированный пучок либо на щель спектрографа и оптическую скамью, либо на стол оптической лаборатории. Приводы для поворота и наклона зеркала имеют одинаковые характеристики и конструктивно отличаются только формой кронштейнов крепления к монтировке зеркала. Подвижки диагонального зеркала используются только при юстировке телескопа. Их назначение обеспечить совпадение луча «щель спектрографа – диагональное зеркало – центр объектива» и луча «центр вращения координатометра – центр объектива». Передаточное число редукторов составляет 360, а разрешение датчика положения двигателя 2048 шагов на оборот, что вкупе обеспечивает точное позиционирование светового пучка на щели спектрографа и координатометре. Координатометр БСВТ имеет 3 привода: движение каретки в направлениях Х и У, и вращение каретки в направлении часового ведения Z. Разработанные привода обеспечивают быстрое сканирование областей на диске со скоростью порядка 15" в секунду, медленное сканирование со скоростью 1" в секунду, а также сопровождение различных дифференциально вращающихся объектов солнечной атмосферы со скоростями 0.0012" и выше.

Привод	Модель и марка используемого двигателя	Основные технические характеристики	Назначение
Сидеростат			I
Часового ведения	MDI4MRQ34A2-EQ	Редукция: 21600 Крутящий момент: 2.1 Нм	Перекладка (быстрый поворот) зеркала по оси альфа
сидеростата	MDI4MRQ23A7	Редукция: 86400 Крутящий момент: 0.53 Нм	Часовое ведение
Грубого наклона зеркала	MDI4MRQ34A2-EQ	Редукция: 21600 Крутящий момент: 2.1 Нм	Перекладка зеркала по оси дельта
Сканирования по альфа	MDI4MRQ23A7-EQ	Редукция: 21600 Крутящий момент: 0.53	Точное позиционирование зеркала по оси альфа, в

Таблица 17. Основные характеристики приводов АСУ БСВТ.

	Нм		том числе по сигналу от датчиков				
			координатометра				
			Точное позиционирование				
Сканирования		Редукция: 21600	зеркала по оси дельта, в				
Скапирования	MDI4MRQ23A7-EQ	Крутящий момент: 0.53	том числе по сигналу от				
по дельта		Нм	датчиков				
			координатометра				
Вакуумная труба	l						
Фокульторка		Редукция: 270 об на 1 см	Позиционирование				
ФОКУСИРОВКА	MDI4MRQ34A2-EQ	фокуса	объектива для настройки				
объектива		Крутящий момент: 2.1 Нм	фокуса телескопа				
			Направление пучка света				
Поворот	MDI1FRD17B4-EQ - N	Редукция: 360	на спектрограф и				
диагонального		Крутящий момент: 0.35	оптическую скамью, либо				
зеркала		Нм	в оптическую				
1			лабораторию.				
Наклон		Редукция: 360					
диагональ-ного	MDIIFKDI/B4-EQ -	Крутящий момент: 0.35	Юстировка положения				
зеркала	IN	Нм	пучка				
Координатометр							
Π		Редукция: 12.5 об на 1 см	П				
перемещения	MDIIFKDI/B4-EQ-	Крутящий момент: 0.35	Перемещение палетки с				
палетки по оси Х	IN	Нм	датчиками по оси Х				
п		Редукция: 12.5 об на 1 см	п				
перемещения	MDIIFKDI/B4-EQ-	Крутящий момент: 0.35	Перемещение палетки с				
палетки по оси Ү	IN	Нм	датчиками по оси Ү				
		Domining: 21600	Вращение				
Часовое ведение	MDI1FRD17B4-EQ- N	Гедукция: 21000	координатометра вокруг				
координатометра		кругящии момент: 0.35	его оси для учёта вращения изображения				
no oppiniaronio ipa		ПМ					

Разработка системы обработки данных реального времени АСТ

С развитием цифровых автоматизированных систем управления появляется возможность повысить эффективность работы солнечных телескопов. Эффективность главным образом заключается в получении большего количества данных, пригодных для научных исследований. Традиционный подход состоит в том, что опытный наблюдатель дает качественную визуальную оценку исходным спектрограммам или фильтрограммам и соответствующим образом изменяет параметры эксперимента. Последующая обработка полученных таким образом данных позволяет получить объективную оценку принятых наблюдателем решений. Надежным было бы выполнение такой обработки прямо в ходе эксперимента и предоставление результата наблюдателю, что позволило бы должным образом контролировать параметры эксперимента в масштабе реального времени. В силу ряда причин, обработка данных солнечных телескопов занимает значительное время. Во-первых, поток данных, особенно данных о поляризации излучения, весьма высок и может достигать сотен гигабайт в час. Во-вторых, анализ данных солнечных телескопов сильно зависит от оптической схемы как самого телескопа, так и оборудования для спектрального анализа. Работы текущего этапа главным образом заключались в создании программных средств и алгоритмов для решения задачи обработки данных спектрополяриметра видимого диапазона АСТ.

Графический интерфейс специализированной подпрограммы для вычисления профилей Стокса и построения карт параметров Стокса представлен на рис. 148. В левой части экрана расположены спектры-профили Стокса, справа карты распределения параметров Стокса. Предусмотрен выбор положения и ширины «электронной щели» для построения карт и горизонтальных разрезов для просмотра отдельных профилей. Стало возможным осуществить получение и запись данных на одном ЭВМ и их одновременную независимую обработку на других ЭВМ. Наблюдатель может получить объективную оценку качества данных (рис. 148) и изменить параметры эксперимента. На данном этапе изменения производятся непосредственно наблюдателем, в будущем эту функцию сможет выполнять АСУ.

В ходе наблюдательного сезона 2014 г. разработанная система была протестирована при юстировке спектрополяриметра видимого диапазона, а также во время проведения эксперимента. На рис. 149 показаны графики с помощью которых в реальном времени выполняется задание управляющего напряжения кристалла DKDP. На верхней панели рис. 149 изображено изменение глубины модуляции со временем, на нижней – текущий уровень напряжения. При увеличении напряжения глубина модуляции до некоторого значения растет, затем начинает падать. Напряжение, соответствующее наибольшей глубине модуляции, устанавливается для проведения эксперимента.

Основные публикации:

1. N. Kobanov, D. Kolobov & A. Chelpanov / Oscillations Above Sunspots and Faculae: Height Stratification and Relation to Coronal Fan Structure // Solar Physics, online first, 2014 /// DOI:10.1007/s11207-014-0623-6

2. Скоморовский В.И., Прошин В.А. Кушталь Г.И. ВЕСомая оптика ИСЗФ // 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, Иркутск, 16-21 сентября 2013г. С.277-285.



Рис. 148. Графический интерфейс подпрограммы АСУ для построения профилей и карт параметров Стокса.



Рис. 149. Графический интерфейс подпрограммы для юстировки оптической схемы спектрополяриметра. Верхняя панель – глубина модуляции сигнала (проценты), нижняя – величина управляющего напряжения (Вольты).

Создание многоволнового радиогелиографа на основе модернизации Сибирского солнечного телескопа (ССРТ) и увеличение функциональных возможностей спектрополяриметров полного потока

Калибровка 96-антенного радиогелиографа по наблюдениям Солнца, геостационарных спутников, Луны, Крабовидной туманности

Калибровка коэффициентов передачи антенн радиогелиографа по сигналу от Солнца подразумевает избыточность интерференционных баз. В этом случае можно составить переопределенную систему линейных уравнений и решить ее методом наименьших квадратов. Такой способ калибровки проверялся на 48-антенном сегменте радиогелиографа, запущенном в наблюдения. 48-антенная решетка это Т-образный эквидистантный массив, содержащий в каждом плече Запад, Восток, Юг по 16 антенн с шагом 4.9 м. Для построения изображения используются 512 интерференционных баз, полученных корреляцией каждой из антенн плеча Юг с каждой антенной плеча Запад-Восток. В южном плече используются 15 интерференционных баз, сигнал от которых, должен быть одинаков. Аналогично, для плеча Запад-Восток используется 31 база. Для дополнительной информации об амплитудах коэффициентов передачи используются многобитовые автокорреляции, получаемые цифровыми приемниками и сохраняемые независимо от данных коррелятора (рис. 150).



Рис. 150. Коррекция данных радиогелиографа с использованием калибровки коэффициентов передачи антенн по сигналу от Солнца. Слева показаны исходные данные, справа — после применения коррекции. Фазовая коррекция получена по избыточным базам, амплитудная по независимому измерению амплитуд цифровыми приемниками.

Один из широко распространенных методов калибровки инструментальных задержек в радиоастрономии: наблюдение естественных дискретных источников. Однако для солнечных радиотелескопов такой метод применять затруднительно вследствие малых размеров антенн. В свою очередь, малые размеры антенн обусловлены требованием к ширине диаграммы направленности: она должна быть больше углового размера Солнца. Поэтому для калибровки солнечных

радиотелескопов, в частности — радиоинтерферометров, можно использовать геостационарные спутники.

Основное требование для источника излучения, используемого в качестве калибратора, это нахождение его в дальней зоне: $R >> 2 b2/\lambda$, где R — расстояние до источника, b — база интерферометра, λ — рабочая длина волны. Для максимальной базы 10-антенного макета радиогелиографа в ~440 м и рабочей длины волны в 7.5 см (попадающей в C диапазон) расстояние до геостационарных спутников (порядка 36000 км) не удовлетворяет требованию дальней зоны. Точнее говоря, выполняется условие $R > 2 b2/\lambda$, вместо $R >> 2 b2/\lambda$. Вычисления показывают, что максимальное отклонение фазы сигнала спутника от случая, соответствующего дальней зоне, составляет примерно 4°. Учитывая, что промежуточная частота 10-антенного макета 22 МГц и шаг линий задержек 0.1 нс, получаем, что максимальная точность измерения фазы составляет те же 4°. В этом случае мы можем пренебречь, нарушением требования дальней зоны.

Калибровки макета радиогелиографа были проведены с помощью спутника Ямал 201 на частоте близкой к 4 ГГц (λ близка к 4.5 см). Измерения задержек проводились относительно антенны 129 — самой южной антенны ССРТ, первой принимающей сигнал от спутника Ямал 201. Результаты, полученные с интервалом в 4 часа, представлены в таблице 18. Разница в значениях задержек объясняется как влиянием шумов, так и нестабильностью положения геостационарного спутника, которая может достигать значения 0.1° в течение дня. Наибольшие разница относительных задержек антенн 1 и 2 по сравнению с задержками остальных антенн вызвана использованием других типов оптических кабелей.

Антенна	τ _g	τ i1	τ i2			Δτ
1	629,76	556,32	560,65	73,45	69,11	71,28
2	633,53	552,83	560,97	80,7	72,57	76,63
3	637,3	688,47	693,44	-51,17	-56,13	-53,65
126	1101,04	1166,76	1165,86	-65,72	-64,82	-65,27
127	1104,81	1176,09	1174,59	-71,28	-69,78	-70,53
128	1108,58	1181,85	1179,65	-73,27	-71,07	-72,17
130	13,69	59,09	56,88	-45,4	-43,2	-44,3
131	27,38	90,88	91,23	-63,5	-63,85	-63,68

Таблица 18. Инструментальные задержки, полученные на антеннах макета относительно антенны 129. Спутник Ямал 201, частота 4 ГГц.

Результаты получены путем аппроксимации отклика от каждой пары антенн на изменение инструментальной задержки гауссовой функцией. Точность измерений около 2 нс достаточна для измерения задержек, но недостаточна для измерения фазовых ошибок. Поэтому планируется дальнейшее развитие калибровок с помощью геостационарных спутников, например: по измерению отклика на девиацию частоты в очень узкой полосе.

Абсолютная калибровка спектрополяриметра 2-24 Ггц и спектрополяриметра 4-8 ГГц

Наиболее простым и доступным способом калибровки данных остается использование сторонних наблюдений на смежных частотах с последующей

аппроксимацией величины радиопотока на интересующую частоту. В качестве сторонних наблюдений в период с августа 2010 по август 2014 для вычисления величин радиопотока от Солнца в абсолютных единицах использовались наблюдения поляриметров Нобеяма (Япония). Данные поляриметров представляют собой набор интегральных потоков для двух круговых поляризаций на фиксированных частотах (1, 2, 3.75, 9, 17 и 34 ГГц) (рис. 151). Возможные нелинейные процессы на спектрополяриметре во время радио вспышек могут быть своевременно обнаружены, поскольку между наблюдениями существует хорошее временное перекрытие, от семи часов в день зимой до восьми часов в летний период (80% наблюдений).

При использовании данного метода делается допущение, что коэффициент передачи приемника стабилен на протяжении некоторого периода времени (недели, месяца). В этот период времени выбирается опорный день, чаще всего выбирается такой день, когда солнечная активность была минимальной. Для каждой частоты вычисляется разность в отсчетах между средними значениями на выходе приемника в момент, когда антенна наведена на Солнце Y_c и, в момент, когда антенна наведена на небо $Y_{\rm H}$. Эта разность в отсчетах $Y_c - Y_{\rm H}$ сопоставляется радиопотоку на той же частоте, найденному при интерполяции данных поляриметров.

Также использование хорошо известных и стабильных естественных источников радиоизлучения, таких как Луна или точечные источники (например, Cas.A.), дает хорошие результаты при калибровке звездных инструментов. Однако, в случае солнечных антенн, где размер не превышает пары метров, а ширина диаграммы несколько градусов, слабая чувствительность не позволяет применять этот метод.

Опыт показывает, на примере поляриметров Нобеямы, что использование рупора дает хорошие результаты калибровки, поскольку пирамидальный рупор может быть выполнен с точностью до 1%. Измеряя поток от Солнца с помощью рупора, можно определить коэффициент усиления обычной параболической антенны. Однажды, вычислив коэффициент усиления, он может использоваться для дальнейших калибровок, поскольку геометрия системы антенна-облучатель мало изменяется со временем у небольших антенн.

Для того чтобы узнать коэффициент усиления наших антенн мы использовали данные поляриметров Нобеяма. Далее мы проводим процедуру калибровки следующим образом. Три раза в день мы включаем генератор шума (ГШ) для контроля коэффициента усиления системы. Когда наблюдения заканчиваются, приемники продолжают работать и пишут сигнал от неба, пока антенны движутся на восток. Эта запись используется в дальнейшем для калибровки.



Рис. 151. Пример данных спектрополяриметра диапазона частот 4-8 ГГц. Показаны моменты включения ГШ для абсолютной калибровки приемного тракта.

В общем случае мы получаем 4 уровня: Ys (антенна наведен на Солнце), Yo (ступенька включения ГШ), Yb (уровень «неба» в той точке на небесной сфере, где был измерен уровень Ys), Yz – антенна в центральном меридиане.

$$\frac{T_s}{T_o - T_z} = \frac{R_s - R_b}{R_o - R_z}$$

Продолжение многолетнего ряда наблюдений на ССРТ и спектрополяриметрах 2-24, 4-8 ГГц с обеспечением открытого доступа к данным

В настоящее время антенные решетки ССРТ и многочастотного радиогелиографа совмещены. Центр решетки отведен под радиогелиограф. Поэтому данные ССРТ не содержат диска спокойного Солнца. Компактные источники микроволнового излучения регистрируются ССРТ в обычном режиме, все данные сохраняются. Использование этих данных наиболее целесообразно совместно с данным УФ диапазона. В этом случае есть возможность, путем совмещения изображений микроволновых источников с активностью в УФ получить абсолютную привязку к координатам. Ранее привязка к координатам производилась относительно диска спокойного Солнца.

На сегодняшний день обработка радиоастрономических данных ведется с помощью таких средств как IDL и Python. Оба языка являются интерпретаторами с большими графическими и математическими возможностями. Хотя выбор между IDL и Python И обсуждается (например, http://www.astrobetter.com/wiki/tikiindex.php?page=idl vs python), определяется BO многом ОН предпочтениями разработчика программного обеспечения. Для обработки текущих данных комплекса инструментов радиоастрофизческой обсерватории (ССРТ, спектрополяриметры, макет

радиогелиографа, радиогелиограф) используются оба языка. Для интерактивной обработки в большей степени используется IDL, для автоматизации (создания сценариев) в большей степени Рython. Примеры автоматической подготовки данных и публикация их в Интернет показаны на рис. 152 и 153. Данные макета радиогелиографа 4-8 ГГц и спектрополяриметра 2-24 ГГц автоматически, в реальном времени, обрабатываются сценариями, написанными на Python. Затем данные перемещаются по заданному маршруту shell сценариями. Наконец, данные публикуются с помощью PHP-сценариев на сайте обсерватории.



Рис. 152. Данные спектрополяриметра 2-24 ГГц, автоматически подготовленные и опубликованные в Интернет в реальном времени.

Siberian radiohelograph prototype, 2014 October 22, 4-20, 4-90, 5-70, 6-70, 7-90 GHz



Рис. 153. Данные макета радиогелиографа 4-8 ГГц, автоматически подготовленные и опубликованные в Интернет в реальном времени.

Основные публикации:

1. Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Gubin, A.V. A 96-antenna radioheliograph // Research in Astronomy and Astrophysics. 2014. V. 14. Issue 7, p. 864-868.

2. S. Lesovoi, et al. Multifrequency 96-antenna radioheliograph // 12th Sino-Russia Workshop of space Weather, 2014-08-25—2014-08-29, Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia of China.

3. Zhdanov D.A., Zandanov V.G. Observations of Microwave Fine Structures by the Badary Broadband Microwave Spectropolarimeter and the Siberian Solar Radio Telescope // Solar Physics, Online First, June 2014.

4. Zhdanov D.A. and Lesovoi S.V. Calibration of phase for a multi-frequency 96antanna radioheliograph // XIIIth Hvar Astrophysical Colloquium. 2014.

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 нестабильности атмосферы на заданных пунктах

Для оценки фоновых астроклиматических характеристик разработан метод расчета оптической нестабильности земной атмосферы по справочным (архивным) сетевым метеорологическим данным. Метод основан на параметризации турбулентных мелкомасштабных неоднородностей и характеристик колебаний в заданном диапазоне энергетического спектра и дальнейшем расчете астроклиматических характеристик для свободной атмосферы и атмосферного пограничного слоя. Особенности функциональной зависимости турбулентной энергии атмосферных неоднородностей плотности исследованы в широком диапазоне масштабов при различной турбулизации воздушного потока, в том числе при ясном небе.

Результаты исследований показали, что в свободной атмосфере форма спектра описывается двумя закономерностями: $E(k) \sim k^{-3}$ – в синоптическом диапазоне спектра и $E(k) \sim k^{-5/3}$ – в мезометеорологическом и микрометеорологическом диапазонах, где *Е* – спектральная плотность удельной энергии, *k* – волновое число. При этом в слое скоростях ветра форма энергетического трения при небольших спектра крупномасштабных (2500 км – 800 км) неоднородностей скорости может отличаться от формы, предсказываемой квазигеострофической моделью турбулентности $E(k) \sim k^{-3}$. В пограничном слое в энергетическом спектре неоднородностей мелкомасштабных течений образуется «ступенька»: показатель степени волнового числа изменяется в пределах $-\frac{5}{2} \le \gamma_i \le +1$. По результатам исследований также была усовершенствована не только методика расчета, но и повышена точность расчета оценок характеристик оптической нестабильности атмосферы.



Рис. 154. Распределение по территории земного шара значений радиуса атмосферной когерентности (см).

Верификация метода расчет радиуса атмосферной когерентности выполнена для территории всего земного шара и проведено сравнение с наблюденными данными, опубликованными в открытом доступе ведущих обсерваторий мира. Астроклиматическое районирование значений радиуса атмосферной когерентности получено для различных слоев свободной атмосферы по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis за период с 1981 по 2010 г. На рис. 154 показано распределение по территории земного шара значений радиуса атмосферной когерентности в см для длины световой волны 0.5 мкм в слое атмосферы 850 гПа – 100 гПа. Линии равных значений радиуса атмосферной когерентности проведены через 1 см, значения показаны на изолиниях. Цветными точками отмечены основные астрономические обсерватории.

Сравнение расчетных значений радиуса атмосферной когерентности показало, что отклонения средних годовых значений радиуса, полученных расчетным методом и прямыми оптическими наблюдениями не превышают 0.2 угловой секунды.

Исследование оптической нестабильности атмосферы южных областей Восточно-Сибирского региона для 9 пунктов, имеющих высокую продолжительность солнечного сияния выполнено на основании показанного выше расчетного метода по справочным сетевым радиозондовым наблюдениям. Результаты астроклиматического районирования территории представлены в таблице 19, где в первой колонке показаны наименования пунктов, во второй – абсолютная высота расположения пункта в метрах, в третей – средняя годовая продолжительность солнцесияния в часах, в четвертой – средние годовые значения рассеянного света в %, в пятой – средние годовые значения радиуса атмосферной когерентности в сантиметрах. Вероятность повторяемости наибольших значений радиуса атмосферной когерентности имеет место на пунктах Алдан, Мангут, Букукун.

Название пункта	Абсолютная высота, м	Продолжительно сть солнечного сияния, ч	Коэффициент рассеянного света, %	Радиус атмосферной когерентности, см
Цакир	985	2480	10,3	3,72
Менза	936	2205	10,1	3,68
Хапчеранга	1115	2571	9,6	3,70
Кыра	908	2535	9,2	3,60
Кяхта	797	2695	10,4	3,73
Ново-Селингинск	556	2537	10,6	3,70
Букукун	1137	2386	9,3	3,74
Мангут	808	2592	9	3,75
Алдан	680	1800	8,8	3,78

Таблица 19. Пункты с низким уровнем оптической нестабильности атмосферы.

Основные публикации:

1. Ковадло П.Г., Кочеткова О.С., Шиховцев А.Ю., Язев С.А. Астроклимат Сибири // Труды Всероссийской конференции по солнечно-земной физики, посвященной 100летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова «Физика Солнца и околоземного космического пространства» 16 – 21 сентября 2013 г., 2013, С. 243 – 248.

2. Botygina N.N.,Kovadlo P.G., Kopylov E.A., Lukin V.P., Tuev M.V., Shikhovtsev A.Yu. Estimation of the astronomical seeing at the Large solar vacuum telescope site from optical and meteorological measurements / Optics of stochastically-heterogeneous media, 2014. - P. 142 - 146.

3. Ковадло П. Г., Шиховцев А. Ю. Энергетическая структура оптической атмосферной турбулентности при различных параметрах воздушного потока // Известия Иркутского государственного университета. – 2014. Т.8. – С.42 – 55

4. Shikhovtsev A. Yu., Kovadlo P.G. Optical turbulence and different parameters of airflow // SPIE Proceedings 20th International Symposium on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics. – 2014. V. 9292. – doi: 10.1117/12.2074609

5. Shikhovtsev A. Yu., Kovadlo P.G. Calculation of the profile of turbulent inhomogeneities of the air refractive index // SPIE Proceedings 20th International Symposium on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics. – 2014. V. 9292. – doi: 10.1117/12.2075062

Разработка и создание специализированных систем наблюдения для решения широкого круга задач фундаментальной астрономии и прикладных задач контроля околоземного космического пространства

Разработка системы управления куполом широкоугольного телескопа АЗТ-ЗЗВМ

Система управления создана для обеспечения работы телескопа АЗТ-33ВМ. К ней предъявляются следующие требования: удаленное управление с рабочего места наблюдателя, открытие и закрытие шторок, синхронное вращение купола и телескопа АЗТ-ЗЗВМ. Для обеспечения этих требований было использовано современное промышленное оборудование: логический контроллер фирмы Siemens И преобразователь частоты фирмы ABB. Для логического контроллера была написана программа управления, на языке LAD и STL, позволяющая максимально автоматизировать работу системы. Принципиальная схема была разработана в ООО «ПИК «Астрон»» и поставлена в виде двух шкафов с электрооборудованием (рис. 155). Нижний шкаф расположен на втором этаже башни купола и подключен к локальной сети обсерватории. Верхний шкаф закреплен на подвижной части купола. К нему подсоединены электропривода нижней и верхней шторок, концевые выключатели, а так же вентиляторы системы вентиляции купола. Связь между шкафами осуществляется через радиомодем. Силовое питание на подвижную часть купола подается через троллеи. Разработанная система позволяет: открывать/закрывать шторки купола вручную с помощью кнопок верхнего шкафа; открывать/закрывать шторки купола и осуществлять вращение купола с выносного пульта; управлять механизмами купола дистанционно с помощью компьютерной программы через компьютерную сеть обсерватории.



Рис. 155. Блок-схема системы управления куполом.

Подсистема вращения обеспечивает поворот купола на угол от 0 до 360 градусов с точностью позиционирования 0.75°. Скорость вращения можно задавать в диапазоне от 0.07°/с до 2.4°/с, что позволяет использовать телескоп для сопровождения космических объектов, двигающихся с различной угловой скоростью.

Разработка предложений по созданию автоматизированной системы управления процессом наблюдений на звездных телескопах Саянской обсерватории

В настоящее время в отношении каждого из звездных телескопов Саянской солнечной обсерватории (АЗТ-ЗЗИК, АЗТ-14, Цейсс-600) можно говорить о достаточно высоком уровне автоматизации его основных подсистем – монтировке, куполе, а также каналах регистрации. Программное обеспечение для управления подсистемами реализовано по схеме клиент-сервер – графическое приложение (клиент), с которым взаимодействует оператор, посылает команды через локальную сеть сервисной (серверу), функцией которого является управление аппаратурой программе подсистемы. Таким образом, работает ПО управления ПЗС-камерами, оптическими элементами, монтировкой. Через программы-клиенты оператор в процессе наблюдений может задать необходимые режимы работы каждой подсистемы – включить наведение монтировки и купола на нужный объект, выбрать оптимальный режим работы ПЗСкамеры, установить оптический фильтр, выполнить фокусировку, наконец – запустить процесс получения серии изображений.



Рис. 156. ПО управления некоторыми подсистемами телескопа, схема подключения предлагаемого модуля ABH.

При смене объекта наблюдения оператор заново выполняет указанные действия, которые для данного объекта могут быть одними и теми же на протяжении всего цикла наблюдений (например, несколько недель). Таким образом, существует необходимость разработки программного модуля *более высокого* уровня, который позволил бы полностью или частично автоматизировать выполнение указанных выше рутинных операций по управлению подсистемами телескопа. Условное название – модуль *автоматического выполнения наблюдений, АВН*. Основные функции, реализуемые модулем АВН:

•Составление плана наблюдений на текущую ночь – исходя из заданного наблюдателем списка объектов, режимов их наблюдений, условий видимости, приоритетов и т.д. Ввиду сложности этой задачи и плохой определенности части параметров (таких как приоритеты) в качестве первого шага можно реализовать полуавтоматическое планирование, под контролем наблюдателя.

•Последовательная отработка всех задач из плана наблюдений. Для каждой задачи модуль выполняет описанные выше действия по управлению подсистемами телескопа, необходимые для проведения измерений.

•Непрерывный мониторинг систем телескопа, метеорологической обстановки и т.д., оповещение наблюдателя о наступлении событий, требующих его внимания.

Использование клиент-серверной архитектуры при разработке ПО управления подсистемами обеспечивает естественный способ подключения модуля ABH как еще одного клиента для каждой подсистемы телескопа (рис. 156). Кроме того, с помощью клиентских программ, отображающих состояние подсистем, оператор по-прежнему сохраняет возможность прямого контроля над ними.

Можно ожидать, что разработка модуля ABH и уменьшение степени участия оператора в выполнении рутинных наблюдений приведет к облегчению его труда, повышению эффективности использования телескопа и минимизации числа ошибок.

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 PΦ 01-29. № И тремя хромосферными телескопами С интерференционно-поляризационными фильтрами на линии Нα и КСаII. Основные задачи обсерватории

мониторинг солнечной активности и

проблемно-ориентированные спектральные, спектрополяриметрические 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 2014 г. выполнены следующие оригинальные и регулярные программы наблюдений и экспериментальные работы.

1. На комплексе хромосферных телескопов выполнялись регулярные и оригинальные наблюдения солнечной хромосферы в линиях Hα и KCaII с помощью узкополосных интерференционно-поляризационных фильтров и ПЗС-камер.

Основные задачи:

• Мониторинг солнечной активности и пополнение базы данных с открытым доступом на ftp://ftp.iszf.irk.ru/h alpha/ и ftp://ftp.iszf.irk.ru/calcium/.

• Исследование быстрых процессов в солнечных вспышках и активизации волокон с временным разрешением 0.4 сек с помощью высокоскоростной ПЗС-камеры.

Объем наблюдений составил:

Хромосферный телескоп в линии KCaII – 98 дней наблюдений, 882 цифровые фильтрограммы полного диска Солнца.

Хромосферный телескоп в линии Н-альфа – 6 дней наблюдений, 120 цифровых фильтрограмм полного диска Солнца.

2. Выполнена плановая работа по капитальному ремонту астробашен хромосферных телескопов – покраска астрономических куполов. Выполнен ремонт монтировки телескопа на линию H-альфа и начат ремонт объектива телескопа.

3. Выполнены наблюдения на телескопе оперативных прогнозов нового поколения СТОП-3. Наиболее важной особенностью нового телескопа является высокое временное разрешение. Время получения одной магнитограммы полного диска Солнца составляет 15 минут при пространственном разрешении 33х33 угловых сек. Информативность и точность измерений напряженности магнитного поля являются лучшими для подобных систем в мире.

Выполнен цикл программ наблюдений в течение 47 дней, получено 621 магнитограмма полного диска Солнца.

4. Совместно с Институтом автоматики и электрометрии СО РАН завершено создание автоматизированной системы управления Большого солнечного вакуумного телескопа.

5. В обсерватории выполняли экспериментальные работы также другие институты Сибирского отделения РАН: Институт земной коры, Лимнологический институт и Институт оптики атмосферы.

В 2014 году БАО участвовала в выполнении научно-исследовательских программ по плановым заданиям проектов Сибирского отделения РАН: «Физика процессов в солнечной атмосфере и природа солнечной активности» и «Развитие методов и аппаратуры для исследований в области астрофизики и физики Солнца».

Данные наблюдений, выполненных на Байкальской астрофизической обсерватории, использовались при выполнении следующих научно-исследовательских работ:

- Проект № 21.2 «Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-ЗЗ ИК» программы Президиума РАН № 21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной».

- Интеграционный проект № 13 СО РАН-ДВО РАН «Магнитная активность Солнца и эруптивные процессы в его атмосфере».

- Проект № 22.3 «Динамические процессы в плазме Солнца, солнечном ветре и магнитосферах планет» Программы Президиума РАН №22 «Фундаментальные проблемы исследований в освоении солнечной системы»..

- Проект № 2 СО РАН-Монголия «Комплексы активности в период максимума солнечного цикла».

- Договор с Институтом прикладной геофизики РАН № 2-10/ГФ/Н-1/2008 (тема «Телескоп») в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2015 годы».

Работы проводились также в рамках двусторонних соглашений со следующими обсерваториями и институтами:

Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН.

Международные российско-монгольские проекты.

Институт оптики атмосферы СО РАН.

Институт земной коры СО РАН.

Лимнологический институт СО РАН.

Совместно с зарубежными учеными выполняются научные проекты и совместные наблюдения. В рамках международной Европейской организации солнечных обсерваторий (JOSO) осуществляется обмен данными, выполняются комплексные наблюдения Солнца по совместным программам.

В 2014 г. в Байкальской астрофизической обсерватории проходили практику 5 студентов. Регулярно проводились экскурсии для школьников, студентов и населения Иркутской области.

Штат постоянного обслуживающего персонала обсерватории состоит из 18 человек. При выполнении специальных и рутинных программ наблюдений группа научных сотрудников, аспирантов и инженеров составляет от 10 до 3 человек, включая дежурных наблюдателей.

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 2014 г. выполнены следующие программы наблюдений и экспериментальные работы:

1. На автоматизированном солнечном телескопе (ACT) выполнен большой объем программ проблемно-ориентированных наблюдений. Целью программ наблюдений являлось получение экспериментальных данных для выполнения исследований структуры и динамики различных образований в солнечной атмосфере, колебаний и волн в фотосфере и хромосфере Солнца методами спектрополяриметрии. Объем полученных экспериментальных данных представлен в таблице 20.

		Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Итого
	Hα + Fe I 6569Å	1+2c	1+1c	8+1c				10+4c
	He I 10830Å + Si I 10827Å	1+3c		4	10	1c		15+4c
	Hα + He I 10830Å + Si I 10827Å				4	3+1c	4	11+1c
	H,K Call и X,Y Call			20	5			25
D	6127Å + 6134Å			2				2
ПЯТНО	Ba II 4554Å			1+1c				1+1c
	4754Å			1				1
	5250Å	8c	10c			21c		39c
	5434Å			3+1c				3+1c
	5576Å			1	2			3
	5875Å			1				1
Факел	Hα + Fe I 6569Å		1	4				5
	He I 10830Å + Si I 10827Å	2c		2	4			6+2c
	Hα + He I 10830Å + Si I 10827Å						4	4
	5250Å	1c						1c
	5434Å		3	3				6
	5576Å		4	3	2			9
					-	-	-	
	Hα + Fe I 6569Å			5				5
Волокно	Hb + Fe I 4859Å		9		4	11		24
	He I 10830Å + Si I 10827Å	1						1
кл	H,K Call и X,Y Call			12				12
ν μ	4754Å				1			1

Таблица 20. Наблюдения на АСТ за 2014 год.

	5576Å				4			4
Полюсы	Li, 6707Å		22		21			43
(S,N); экват.	Eu, 4627Å		10		8			18
лимбы (E,W)	H,K Call и X,Y Call		4					4
C-04 05-	Hα, He, Na, Ba			5				5
CHOR. COJI.	H,K Call и X,Y Call			7				7
*с — означает "быстрый скан" (двумерная временная серия)								
За год сделано 279 временных серий (из них 53с). Средняя длительность ~ 60 минут								
(10-350 минут).								

2. По проекту II.16.3.1. «Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности» выполнялись регулярные измерения напряженности общего магнитного поля Солнца как звезды (ОМП) и распределение крупномасштабного магнитного поля по диску Солнца (КМП) на солнечном телескопе оперативных прогнозов. Общее число дней наблюдений в период январь-декабрь 2014 года составляет 115. Получено 134 измерения напряженности общего магнитного поля Солнца и 160 магнитограмм распределения крупномасштабного магнитного поля.

3. Выполнены испытания и опытные наблюдения на макете спектрополяриметра синоптического солнечного телескопа (СОЛСИТ).

4. На телескопах Цейс-600 и АЗТ-33ИК проводились астрометрические измерения астероидов, в том числе астероидов сближающихся с Землей. Данные по четырем измерениям опубликованы на сайте центра малых планет (MPC) – 2013XG3, 2008SE182, 2014UQ115, 2008WZ18.

С целью определения физических свойств, проводились фотометрические измерения астероидов сближающихся с Землей. Данные измерений двух астероидов опубликованы в МРС – 46637, 275677.

По результатам фотометрических измерений астероида 275677 проведено моделирование формы объекта. Направлена статья для публикации в журнал «Астрономический вестник».

5. На телескопе АЗТ-33ИК было проведено 76 сеансов фотометрических наблюдений космических аппаратов (КА) и космического мусора (КМ). Целью наблюдений было создание каталога фотометрических характеристик КА и КМ и обеспечение измерительной информацией сегмента анализа некоординатной информации АСПОС ОКП в рамках договора № (106-7024-2014)-7020/19-2014 от 23.09.2014 года.

В программу наблюдений вошли следующие группы объектов:

• КА глобальной навигационной спутниковой системы "Глонасс" (25 аппаратов); Основная задача наблюдений – получение некоординатной информации об аппаратах, используемых по целевому назначению, с целью оперативного выявления возможных отклонений от штатного режима функционирования. Получены временные и фазовые зависимости блеска.

• КА глобальной системы позиционирования «Navstar» (4 аппарата) – кривые блеска и фазовые кривые в большом диапазоне фазовых углов с целью изучения особенностей изменения блеска аппаратов на фазовых углах >90°.

• Лазерный юстировочный спутник «Эталон 1» (NORAD 19751). Проведено 3 сеанса наблюдений, для получения кривых блеска с высоким временным разрешением.

• Гидрометеорологический комплекс «Электро-Л». Проведено 4 сеанса наблюдений в связи с возникновением нештатной ситуации в апреле 2014 г.

• Малоразмерные объекты космического мусора (40 объектов). Получены кривые блеска и цветовые характеристики объектов.

Общее количество наблюдавшихся объектов – 71.

6. В рамках поддержки космического эксперимента «Радар-Прогресс» на телескопе АЗТ-33ИК проводились сеансы наблюдений транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс». Задачей наблюдений была регистрация оптического сигнала от выхлопной струи двигателя ТГК в видимом диапазоне, определение геометрических и яркостных характеристик струи в зависимости от времени. Были проведены сеансы наблюдений 14, 17 апреля и 27, 31 июля 2014 г. Получены детальные изображения ТГК в моменты включения и последующей продувки двигателя.

7. На телескопе АЗТ-ЗЗИК в течение года проводились наблюдения низкоорбитальных космических объектов (НКО) в рамках работы по развитию методов координированных измерений совместно с Иркутским радаром некогерентного рассеяния. Проведены сеансы координатных и фотометрических измерений на интервале с января по октябрь 2014 года, всего получено 232 серии измерений. В ходе измерений отрабатывались различные режимы взаимодействия с радаром, в том числе осуществлено оперативное наведение оптического телескопа по данным, полученным в радарных измерениях.

8. В рамках 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. Результаты наблюдений на телескопе АЗТ-14 за период 01.12.2013 – 23.11.2014:

Всего наблюдательных ночей – 233.

Общее число проводок (серий по одному объекту) – 4147.

Количество измеренных каталогизированных объектов – 1168. Из них:

• малоразмерных объектов – 532

• геостационарных объектов из группы особо важных – 94.

Полученные измерения использовались для каталогизации 63 объектов, из них 18 – на геосинхронной орбите и 45 – высокоэллиптических.

9. В рамках проекта «Фундаментальные основы мониторинга и контроля околоземного космического пространства в оптическом диапазоне» по программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные основы прорывных технологий двойного назначения в интересах национальной безопасности» проведен сеанс обзорных наблюдений на телескопе АЗТ-14 общей продолжительностью ~12 часов. Получена координатная информация и блеск по 114 КО из них: 100 геосинхронных, 13 эллиптических и 1 на средневысокой орбите.

10. В 2014 году на телескопе АЗТ-33ИК проведены экспериментальные наблюдения объекта в точке Лагранжа L2. Получено 11 серий измерений по КА «GAIA».

В рамках проекта 21.2 программы Президиума РАН П-21 «Нестационарные явления в объектах Вселенной»:

a) Выполнены наблюдения площадок космических гамма-всплесков (GRB). За период с января по ноябрь 2014 г. наблюдались площадки 18 различных GRB (140108A, 140129A, 140206A, 140219A, 140226A, 140304A, 140311A, 140311B, 140318A, 140320C, 140419A, 140423A, 140508A, 140512A, 140606B, 140907A, 141020A, 141028A). Оптическое послесвечение GRB140320C было открыто на телескопе A3T-33ИК. Блеск источника на момент обнаружения составлял ~22.6 звездной величины в фильтре R. По результатам наблюдений опубликовано 26 циркуляров в системе GCN (15704, 15713, 15744, 15807, 15876, 15890, 15893, 15917, 15994, 15995, 15998, 16012, 16036, 16037, 16054, 16141, 16168, 16247, 16251, 16260, 16281, 16403, 16814, 16943, 16976, 17035). Направлена статья для публикации в журнал «Astronomy & Astrophysics».

б) Получены измерения оптического излучения активных ядер галактик AKN564, Arp102b, OJ287, лацертида BL Lac и микроквазара Cyg X-1 в фотометрических полосах BVRI (14 ночей).

Данные наблюдений и экспериментов, выполненных в Саянской обсерватории в 2014 году, служили основой для выполнения научно-исследовательских работ по следующим программам и госконтрактам:

Программа Президиума РАН «Нестационарные явления в объектах Вселенной».

Проект: Исследование хромосферной активности звезд поздних спектральных классов на телескопе АЗТ-ЗЗИК.

Программа Президиума РАН «Фундаментальные основы прорывных технологий двойного назначения в интересах национальной безопасности».

Проект: Фундаментальные основы мониторинга и контроля околоземного космического пространства в оптическом диапазоне».

Интеграционный проект СО РАН – ДВО РАН «Магнитная активность Солнца и эруптивные процессы в его атмосфере».

Программа Президиума РАН (№ 22), Проект 22.3: Динамические процессы в плазме Солнца, солнечном ветре и магнитосферах планет.

Договор с Институтом прикладной геофизики № 2-10/ГФ/Н-1/2008 (тема «Телескоп») в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2015 годы».

Гособоронзаказ «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».

Договор с ОАО «Межгосударственная акционерная корпорация» «Вымпел» на выполнение комплекса работ по авторскому надзору при обеспечении системы 51Х16 оптической информацией по высокоорбитальным космическим объектам.

Программа Президиума РАН №10, Проект № 10.3 «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям».

В обсерватории работали сотрудники Института космических исследований РАН, ЦНИИмашиностроения, Роскосмоса.

Совместно с учеными из Германии, Нидерландов, Китая, Украины, Монголии выполняются научные проекты и совместные наблюдения в Саянской солнечной обсерватории. В рамках международной Европейской организации солнечных обсерваторий (JOSO) осуществляется обмен данными, выполняются комплексные наблюдения Солнца по совместным программам.

В Саянской солнечной обсерватории проходили преддипломную практику, писали дипломные и курсовые работы 5 студентов. В обсерватории прочитан курс лекций по физике Солнца и проведены практические занятия. Регулярно проводятся экскурсии для школьников и абитуриентов.

В 2014 году в ССО работали 28 научных сотрудников, штат постоянного обслуживающего персонала обсерватории состоит из 15 человек. При выполнении специальных и рутинных программ наблюдений группа научных сотрудников и инженеров составляет от 5 до 20 человек, включая дежурных наблюдателей.

5.3. Радиоастрофизическая обсерватория



Радиоастрофизическая обсерватория (РАО) «Бадары» ИСЗФ СО РАН расположена в 230 км от Иркутска урочище Бадары В Тункинского района Республики инструмент Бурятия. Основной обсерватории – уникальный Сибирский солнечный радиотелескоп (CCPT), позволяющий получать двумерные радиоизображения Солнца каждые 3-4 минуты. Наблюдения осуществляются

каждый день в светлое время суток, результаты наблюдений обрабатываются и хранятся как в обработанном, так и в исходном виде.



5.4. Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория

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» (рис. 157) 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» (международный код IRT), куда ежесуточно передает минутные данные вариационных наблюдений магнитного поля Земли (данные доступны по адресу <u>www.intermagnet.org)</u>, а также выставляет ежечасно данные на сайте Института (<u>http://magnit.iszf.irk.ru/ogmo/patron/)</u>.

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 2014 году на обсерватории проводились непрерывные наблюдения за вариациями геомагнитного поля тремя сериями магнитометров:

- трехкомпонентная феррозондовая станция Lemi-018;

- трехкомпонентная станция «КВАРЦ»;

- трехкомпонентная магнитовариационная станция «NVS».

Ежедневно проводились абсолютные измерения компонент магнитного поля Земли:

- полный вектор МПЗ измерялся протонным оверхаузеровским магнитометром POS – 1.

- склонение и наклонение элементов магнитного поля Земли измерялись высоклассным феррозондовым деклинометром-инклинометром MAG-001 фирмы Бартингтон (Англия) на теодолите фирмы Цейсс.

Данные о вариациях магнитного поля Земли по каналам Интернета с августа месяца передаются в институт *каждые 15 мин*. и выставляются на сайте ИПГ.

Результаты наблюдений на обсерватории 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;

- 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.

По данным абсолютных измерений на МО «Иркутск» в 1999 г. был построен вековой ход компонент магнитного поля Земли с 1887г по 1999 г. В 2014 году были проведены работы по построению этого графика вплоть до 2013 года. Вековой ход компонент геомагнитного поля Земли с 1887 г. по 2013 г. приведен на рис. 157.



Рис.157. Вековой ход компонент геомагнитного поля Земли за период 1887-2013 гг.

В 2014 году была произведена реконструкция вариационного павильона. С целью улучшения стабильности температуры в вариационном павильоне был пристроен тамбур перед входными дверями. В настоящее время все вспомогательные средства для наблюдений (аккумуляторы, коммутационные устройства, промежуточные ПК) будут перенесены из павильона в этот тамбур. Такая реконструкция позволит так же убрать помеходающие элементы из зоны датчиков. Ниже на рис. 158 представлен вид вариационного павильона после реконструкции.



Рис. 158. Вариационный павильон после реконструкции.

В период проведения ремонта вариационные наблюдения по временной схеме проводились в резервной части абсолютного павильона.

<u>Оперативный мониторинг</u>: Магнитная обсерватория «Иркутск» (Патроны, международный код IRT) ежесуточно передает минутные данные вариационных наблюдений магнитного поля Земли в международную сеть Intermagnet (эти данные доступны по адресу <u>www.intermagnet.org</u>), а также выставляет на институтской странице данные магнитной обсерватории «Иркутск» ежечасно.

Данные доступны по адресу: <u>http://magnit.iszf.irk.ru/ogmo/patron/.</u>

Всего в 2014 г. на стационарах комплексной магнито-ионосферной обсерватории ИСЗФ СО РАН работало 30 научных сотрудников института, 22 сотрудника других институтов, 4 представителей СО РАН, 5 представителей различных ВУЗов (Бурятский госуниверситет, Байкальский госуниверситет экономики и права, Иркутский государственный технический университет, Иркутский университет путей сообщения (ИРГУПС).

Ионосферная станция «Иркутск»

Ионозонд DPS-4 является одним из наиболее современных и распространенных средств радиозондирования ионосферы.

DPS-4 состоит из основного блока, монитора; 2-х передающих антенн; 4-х приемных антенн с поляризационными ключами; GPS-приемника и блока батарей резервного питания.

Эта станция позволяет получать полную и всеобъемлющую информации о параметрах ионосферы:

- амплитуду (максимальное разрешение 3/4 дБ);
- · фазу (максимальное разрешение 2 р /256 рад);
- · задержку (максимальное разрешение 16.66 мкс);
- · доплеровский сдвиг частоты (максимальное разрешение 0.024 Гц);
- · вертикальный угол прихода;
- азимутальный угол прихода.

Диагностика ионосферы состоит из восстановления профиля электронной концентрации и измерении скорости дрейфа ионосферной плазмы.

Восстановление профиля электронной концентрации осуществляется на основе обработки ионограмм.

Измерение скорости дрейфа ионосферной плазмы основано на измерении характеристик сигналов, отраженных от ионосферных неоднородностей.

В 2014 году ионозонд отработал в штатном 15-минутном режиме без сбоев.



Байкальская магнитнотеллурическая 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, ОТ промышленных предприятий, вдали 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. С 2012 г. в обсерватории работает приемник сейсмосигналов для исследования землетрясений в байкальской рифтовой зоне, установленный Бурятским научным центром. В 2013 г. были установлены новые приборы для работы в тестовом режиме (рис. 159 и 160).



Рис. 159. Приемник сигналов с навигационных спутников GPS/GLONAS для определения ПЭС (полного электронного содержания) в ионосфере и магнитосфере


Рис. 160. Электростатический флюксметр для измерения вертикального градиента потенциала электрического поля атмосферы

В 2013 году была задействована вертикальная линия земных токов. Нижний электрод размещен в скважине на глубине 48 метров, а верхний – на глубине 4 метров. В настоящее время БМТО «Узур» является единственной станцией в России, где проводятся трехкомпонентьные измерения земных токов.



Рис. 161. Динамические спектры 3-х компонент земных токов (Ес-ю, Ев-з, Е верт) и 3-х компонент индукционного нанотесламиетра (Мс-ю, Мв-з, Мверт) в период развития магнитных возмущений в высоких (Диксон) и средних (Иркутск) широтах.

На приведенном выше рис. 161 представлены динамические спектры колебаний электромагнитного поля Земли, зарегистрированные методом земных токов (Ес-ю, Евз, Е верт) и индукционным методом (индукционный нанотесламетр) в частотном диапазоне 0-10 Гц. Ниже приведены магнитограммы авроральной станции «Диксон» и среднеширотной станции «Иркутск». Появление магнитосферных возмущений, зарегистрированных в высоких и средних широтах характеризуется генерацией пульсаций в диапазоне периодов 35-50 сек, что отчетливо прослеживается в динамических спектрах электромагнитного поля Земли.

Следует отметить, что спектр вертикальной компоненты индукционного нанотесламетра (М верт) отличен от других компонент. Такое отличие вызвано влиянием микросейсм на стабилизацию вертикального датчика длиной 1.4 м.

В 2014 году эти приборы переведены на постоянную регистрацию параметров магнитосферы и атмосферы.

В настоящее время получены первые результаты наблюдения на этих приборах, которые представлены на рис. 162.



Рис. 162. Синхронная регистрация параметров магнитного поля (трехкомпонентный феррозонд, трехкомпонентный индукционный магнитометр - магнитное поле, установка земных токов), GPS- приемника, электростатического флюксметра после развития SSC в 13.20 UT 15 февраля 2014 года.

Станция Узур 15.02.2014

Материалы, полученные в дальнейшем на этой обсерватории, будут использоваться для решения целого ряда важных фундаментальных и прикладных научных задач, в том числе:

- 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 макропроцессами 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 на БМТО «Узур» свидетельствует о новом современном витке в развитии экспериментальной базы электромагнитных наблюдений, не только для ИСЗФ СО РАН, но и для многих заинтересованных академических институтов и других ведомств.

Исследование возможных возмущений в электромагнитном поле Земли в период работы вибратора Бурятского НЦ

В 2012-2013 гг. на БМТО «Узур» Бурятским научным центром был установлен приемник сейсмосигналов дли исследования землетрясений в зоне БРЗ (Байкальской рифтовой зоны).

В 2013 году были установлены новые приборы для работы в тестовом режиме:

- приемник сигналов с навигационных спутников GPS/GLONAS для определении ПЭС (полного электронного содержания) в ионосфере и магнитосфере.

- электростатический флюксметр для измерения вертикального градиента потенциала электрического поля атмосферы Е и проводимости воздуха (Asp).



Рис. 163. Вариации потенциала электрического поля атмосферы (Е), проводимости воздуха (Asp), электромагнитного поля Земли, измеренного индукцилнным методом (Нс-ю) и методом земных токов (Ес-ю) в период работы вибратора.

Данные этих приборов использовались при исследовании возможных эффектов в электромагнитном поле Земли при работе сейсмовибратора (рис. 163). Для анализа был выбран интервал работы вибратора 9 сентября 2014 года с 5 до 8 час мирового времени. На приведенных ниже рисунках представлены записи синхронной регистрации с вышеупомянутых приборов.

Вибратор работал в диапазоне часто 6.5-7.5 Гц. На рис. 164 приводятся динамические спектры электромагнитного поля Земли в магнитной (Нс-ю) и электрической (Ес-ю) составляющих в этом диапазоне частот.

На динамических спектрах отчетливо прослеживаются две полосы частот: 14 и 8 Гц,- являющиеся проявлением шумановских роезонансов. Возможные эффекты в электромагнитном поле Земли от работы вибратора маскируютися появлением шумановских резонансов, источник которых – грозовые разряды.



Рис. 164. Динамические спектры вариаций магнитного (Нс-ю) и электрического (Есю) поля Земли.

Организация синхронных наблюдений 3-х компонент (Ес-ю, Ев-з, Еz) и сейсмической активности на БМТО «Узур»



Рис. 165. Карта с расположением пункта наблюдения и положения эпицентров землетрясений.

Как уже указывалось ранее, на БМТО «Узур» проводятся синхронные наблюдения параметров электромагнитного поля Земли в различных частотных диапазонах и сейсмической активности. Ниже мы приведем пример анализа таких синхронных наблюдений в период развития землетрясения 9 января 2014 года, которое произошло недалеко от станции Узур (см. карту на рис. 165).

На рис. 166 приведены аналоговые записи комплекса геофизических событий, сопровождающих развитие этого землетрясения. Землетрясение произошло в 06:25:34 UT, его мощность была около 4 баллов в эпицентре, который находился в 25 км от станции Узур.



Рис. 166. БМТО «Узур». Синхронная регистрация сейсмовозмущений (а), вариаций электромагнитного поля индукционным нанотесламетром (б) и методом земных токов (в).

Запись индукционного нанотесламетра показывает наличие возмущения, которое было обусловлено прохождением сейсмоволн вдоль земной поверхности. Колебания земной коры вызвали микроколебания приемных датчиков, что в свою очередь привело к возмущению в записи вариаций магнитного поля Земли, т.е наблюдению так называемого «микрофонного эффекта». В земных токах, зарегистрированных на этой же станции, сколько-нибудь заметных возмущений не наблюдалось.

Необходимо отметить, что данный комплекс аппаратуры несомненно полезен при исследовании электромагнитных сигналов, генерирующихся в периоды развития землетрясений. Можно полагать, что результаты таких исследований будут востребованы при изучении появления возможных электрических сигналов на этапе подготовки землетрясения.

Обсерватория «Монды»

В обсерватории установлен и функционирует современный цифровой индукционный нанотесламетр Lemi-30, который производит регистрацию геомагнитных пульсаций в диапазоне частот 0-30 Гц. В настоящее время этот прибор работает в круглосуточном режиме.

Организация пункта приема сигналов GPS/ГЛОНАСС спутников

Для организации постоянного пункта GPS/ГЛОНАССв обсерватории «Монды» были выбраны находящиеся в обсерватории бетонные реперы, установленные на коренных породах (рис. 167).



Рис. 167. Антенна GPS-ГЛОНАСС приемника в ССО ИСЗФ СО РАН. Бетонные реперы установлены на коренные породы.

Данные реперы обеспечивают надежную установку антенны, исключающую погодные и сезонные сдвиги. Однако, реперы находились на удалении 150 м от ближайшего строения обсерватории. Поэтому для размещения приемника и управляющего компьютера рядом с репером (на расстоянии 15 м) был установлен специально изготовленный павильон (рис. 168). К павильону была проложена линия электропитания 220 в. Павильон оборудован вентилятором для обеспечения проветривания и исключения перегрева аппаратуры. Так же, павильон оборудован масляным обогревателем для поддержания плюсовой температуры в зимнее время года.

В пункте установлен двухчастотный приемник Javad Delta-G3T, модифицированный для проведения амплитудных измерений. Приемник работает в комбинации с антенной RingAnt-G3T (комплект идентичен установленному в пункте USOL, LIST). Для монтажа антенны в горизонтальном положении используется специальная двухпластинная конструкция, аналогичная установленной в пункте USOL. Антенна укомплектована снегозащитным радиопрозрачным колпаком конусообразной формы.



Рис. 168. Павильон для размещения приемника GPS/ГЛОНАСС, установленный в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН.

Приемник обеспечивает кодовые, фазовые и амплитудные измерения на частотах L1 и L2 одновременно по всем находящимся в зоне видимости спутникам GPS, ГЛОНАСС, GALILEO. Приемник не имеет встроенной памяти, данные измерений приемника поступают непосредственно в управляющий компьютер, где производится их запись и временное хранение. В качестве управляющего компьютера используется компактная модель Nettop Intel D525MW, идентичная установленной в пунктах TORY, LIST, PATR. Связь с управляющим компьютером осуществляется по интерфейсу USB. На управляющем компьютере установлена ОС Linux Ubuntu 11.10. Для управления работой приемника, получения данных с приемника и записи их на жесткий диск управляющего компьютера используется разработанный комплекс Linux-программ, аналогичный применяемому в пунктах LIST, PATR. Передача данных из управляющего компьютера в центр сбора данных в ИСЗФ СО РАН производится с курьером.

5.5. Норильская комплексная магнино-ионосферная станция



Норильская комплексная магнитноионосферная станция (НорКМИС) ведет непрерывную круглогодичную круглосуточную регистрацию параметров магнитного поля Земли и его колебаний во диапазоне частот, мониторинг всем состояния ионосферы как в средних широтах, так и в авроральной зоне. В настояшее 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 деклинометр-инклинометр MAG-01H THEO-015B

(регистрация наклонения 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 2р /256 рад);
- адержка (максимальное разрешение 16.66 мкс);
- доплеровский сдвиг частоты (максимальное разрешение 0.024 Гц);
- вертикальный угол прихода;
- азимутальный угол прихода.

В 2014 году ионозонд отработал в штатном 15-минутном режиме без сбоев.

Наклонное зондирование ионосферы осуществляется с помощью ЛЧМ-установки.

Установленная на КМИС в конце 2011 году система спутникового Интернета позволяет оперативно получать данные наблюдений в Институт по системе удаленного доступа практически со всех инструментов, установленных на Норильской КМИС с любой степенью скважности, вплоть до реального времени.

В 2014 году на НорКМИС на аппаратуре по регистрации геомагнитных пульсаций был заменен кабель между датчиками и регистрирующим блоком с целью уменьшения помех искусственного происхождения. Для оценки работоспособности отремонтированного комплекса были проведены тестовые испытания. Был выбран период с развитием магнитосферных возмущений, и проведен анализ спектрального состава зарегистрированных пульсаций.



Рис. 169. Возбуждение геомагнитных пульсаций в период развития магнитной суббури 02.11.2014.

На рис. 169 приводится пример регистрации геомагнитных пульсаций (б) в период развития магнитного возмущения (в), динамический спектр зарегистрированного сигнала (а) и спектральный состав колебаний за весь день (г).

а - динамический спектр колебаний Pi2;

б - аналоговая запись геомагнитных пульсаций (воспроизведено с ПК);

в - вариации полного вектора магнитного поля Земли на ст.Норильск;

г - спектр колебаний магнитного поля Земли за 2 ноября 2014 г.

Для повышения качества производимых абсолютных измерений была проведена модернизация приборных постаментов в абсолютном павильоне. Магнитотошумящие фундаменты были заменены новыми постаментами из немагнитных материалов. Непосредственно под приборы были установлены мраморные немагнитные плиты. Вид модернизированных приборных постаментов абсолютного павильона НорКМИС приведен на рис. 170.



Рис. 170. Абсолютный павильон с новыми приборными фундаментами после модернизации.

В вариационном павильоне были проведены профилактические работы с системой термостабилизации помещения.

Вторая серия для магнитовариацинных наблюдений станция Кварц-3 была демонтирована для последующего капитального ремонта в институте на Магнитной обсерватории «Иркутск». После ремонта и калибровки она будет вновь установлена в вариационном павильоне Норильской КМИС.

В 2014 г. на радиофизическом комплексе Норильской КМИС была проведены ремонтно-профилактические работы:

1. Ремонт передающей антенны типа «DLP-22», (замена порванных вибраторов, ревизия питающего кабеля и разъемов, ревизия крепления и оттяжек мачты) (рис. 171).

2. Ремонт усилителя мощности «BLA 350» (замена выходных транзисторов, установка устройства защиты).

3. Установка и подключение нового устройства «DPS» синхронизации.

4. Установка приемно-регистрирующего комплекса для ЛЧМ-сигналов на наклонных трассах (рис. 172).

5. Монтаж и установка антенны для приема радиосигналов на наклонных трассах.

6. Ремонт приемных антенн комплекса «DPS-4».



Рис. 171. А - передающая антенна ЛЧМ-сигналов DLP-22. Б – ремонт передающей антенны. В - приемная антенна ЛЧМ.



Рис. 172. Передающий пункт ЛЧМ-сигналов.

5.6. Геофизическая обсерватория



Геофизическая обсерватория (ΓΦΟ) расположена В П. Торы (Республика Бурятия) на расстоянии 150 км от г. Иркутска (103° E, 51° 42` N, площадь земельного участка 7 га). B обсерватории проводится мониторинг структуры и динамики верхней средней атмосферы И пассивными радиофизическими и оптическими метолами. Экспериментальная база обсерватории себя включает В

следующее оборудование:

• широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц (фотокамера для иссле-дования 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 (ОІ 557.7 и ОІ 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 ~11° (опытная эксплуатация);

• солнечный фотометр CIMEL-CE-318;

• широкоугольная оптическая система KEO 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 2014 г в ГФО ИСЗФ СО РАН 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 с помощью солнечного

фотометра CIMEL-CE-318, входящего в систему AERONET (NASA). В ГФО ведется регулярный прием ЛЧМ сигналов в мониторинговом режиме на наклонных трассах: Магадан-Торы, Хабаровск-Торы, Норильск-Торы и Горьковская (С.-П.б)-Торы. Прием на наклонных трассах ведется в 15 минутном режиме. В периоды повышенной ионосферной активности режим менялся на 5- минутный. Непрерывно ведется прием ЛЧМ сигналов вертикального зондирования и псевдо вертикального (с разносом 100 км.). Прием на этих трассах ведется в ежеминутном режиме. Непосредственно на территории ГФО развернут интерферометр для исследования тонкой структуры радиосигналов подвижных объектов по программе «Радар–Прогресс». Оборудование ГФО использовалось для регистрации эффектов при проведении экспериментов по модификации ионосферы мощным радиоизлучением.

Для всех приборов существуют и регулярно пополняются банки данных. Кроме того созданы и поддерживаются следующие базы данных (БД) с возможностью просмотра на сайте atmos.iszf.irk.ru (доступ по паролю):

В 2014 году все экспериментальные данные, полученные в ГФО, передавались в ИСЗФ СО РАН в режиме онлайн.

В 2014 г проведено исследование ночной вариативности температуры мезопаузы на основе спектральных наблюдений гидроксильного излучения в ГФО ИСЗФ СО РАН (ст. Торы, 52N, 103E) и Звенигородской научной станции ИФА РАН (56N, 37E). Для анализа использовались рассчитанные ночные дисперсии температуры, отображающие активность приливных гармоник и внутренних гравитационных волн (ВГВ) на высотах мезопаузы. Анализ ночных вариаций температуры для двух регионов наблюдения выявил их хорошо выраженную сезонную зависимость, а также повышенные значения изменчивости температуры мезопаузы для региона Восточной Сибири. Данные отличия могут свидетельствовать о возможном влиянии на температурный режим мезопаузы долготного и орографического эффектов, а также высокой сейсмической активностью, характерной для региона расположения ГФО ИСЗФ.

Проведены статистические расчеты и выполнен сравнительный анализ межсуточных вариаций температуры области мезопаузы Tm, полученных из ночных спектральных наблюдений гидроксильного излучения в 2008-2014 гг. в ГФО ИСЗФ, и максимума электронной концентрации (NmF2), по измерениям иркутского ионозонда DPS-4 в 2003-2012 гг. Сопоставление данных изменчивости параметров нейтральной и ионизованной компонент верхней атмосферы позволяет определить вклад в вариации NmF2 процессов в нижележащих слоях атмосферы.

Обнаружено, что сезонный ход межсуточных вариаций исследуемых параметров имеет схожий характер: максимальные значения наблюдаются в зимние месяцы и в периоды равноденствий, когда происходит сезонная перестройка циркуляции средней атмосферы. Этот факт может указывать на то, что межсуточные вариации NmF2 во многом определяются воздействием планетарных волн, распространяющихся из нижних слоев атмосферы.

В зимние месяцы в межсуточных вариациях Tm и NmF2 наблюдаются повышенные значения вариативности исследуемых параметров, что, может быть вызвано воздействием внезапных зимних стратосферных потеплений на параметры верхней атмосферы и ионосферы и усилением волновой активности на высотах верхней атмосферы.

5.7. Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы (ОРДА)



Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы (ОРДА) ИСЗФ СО РАН, расположена вблизи г. Усолье-Сибир-ское 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 оборудования, 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 2014г. 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 (передающие и приемные устройства, накопление, обработка и хранение всего объема первичных данных). Экспериментальные режимы использовались для разработки методик получения параметров ионосферы при работе ИРНР в качестве фонового риометра, в активных космических экспериментах серии «Радар-Прогресс» и отдельных наблюдениях космических объектов (КО). Все периоды работы радара приведены в таблице 21.

12.2014.								
Период	Кол-во суток	Эксперимент						
1 - 13 января	13	длительные наблюдения («стратосферное потепление») в штатном режиме						
13 января - 26 марта	45	долговременные, ежедневные наблюдения в пассивном режиме за звездными радиоисточниками						
26 марта - 9 апреля	15	длительные активные наблюдения в штатном режиме с испытаниями новой системы синхронизации						
13 - 18 апреля	6	эксперимент «Радар-Прогресс 9» (ТГК «Прогресс М-22М»)						
30 апреля - 4 мая	5	активные наблюдения в штатном режиме и совместный эксперимент с ССО - «Взаимодействие»						
2 - 5 июня	4	активные наблюдения в штатном режиме и совместный эксперимент с ССО - «Взаимодействие»						
25 - 31 июля	7	эксперимент «Радар-Прогресс 10» (ТГК «Прогресс М-23М») и совместный эксперимент с ССО - «Взаимодействие»						
13 - 31 октября	19	активные наблюдения в штатном режиме и совместный эксперимент с ССО - «Взаимодействие»						
12 - 28 ноября	17	длительные активные наблюдения в штатном режиме						
12, 13, 17, 18 декабря	4	предварительные испытания системы синхронизации ИРНР и РЛК						

Таблица 21. Эксперименты, проведенные на УСУ «ИРНР» в период 01.2014-12.2014.

Общее время наблюдений в активном режиме около 86 суток, общее время наблюдений в пассивном режиме около 45 суток.

Вместе со штатными, ионосферными наблюдениями (январь, март, апрель, июнь, октябрь, ноябрь) в 2014 г. были проведены специализированные эксперименты: «Радар-Прогресс» и «Взаимодействие». Космический эксперимент «Радар-Прогресс» состоял из 2 сессий: в апреле и июле, с участием ТГК «Прогресс М-22М» и «Прогресс М-23М».

Экспериментальное исследование среднеширотной ионосферы с помощью иркутского радара НР

В рамках экспериментального исследования верхней атмосферы в средних широтах восточно-сибирского региона на иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) в 2014 году проводились серии длительных непрерывных измерений. Сессии измерений проходили в январе, апреле, июле, октябре и ноябре. В общей сложности измерения длились 66 суток. В эксперименте использовался длинный импульс, длительностью от 700 до 900 мкс, а также короткий импульс длительностью 200 мкс, с фазовой модуляцией.

В 2014 году нами была усовершенствована методика восстановления профиля электронной концентрации и методика расчета скорости меридиональных ветров, с учетом движений плазмы поперек линий магнитного поля. Результаты, полученные с помощью новой методики были успешно представлены на международном симпозиуме SCOSTEP.

На рис. 173-175 представлены профиль скорости дрейфа плазмы вдоль луча зрения ИРНР, ионные и электронные температуры, профили электронной концентрации полученные с первого по третье января 2014 года.



Рис. 173. Скорость дрейфа плазмы на высоте 280 км, полученная в ходе зимнего эксперимента (1-3 января 2014 г.) на ИРНР.



Рис. 174. Высотно-временной профиль температур ионов и электронов, полученный в ходе зимнего эксперимента (1-3 января 2014 г.) на ИРНР.



Рис. 175. Высотно-временной профиль концентрации электронов, полученный в ходе зимнего эксперимента (1-3 января 2014 г.) на ИРНР.

Данные ИРНР позволяют исследовать динамику верхней атмосферы нейтральные ветра и скорости дрейфа плазмы поперек магнитных силовых линий, а также используются для исследования волновых возмущений в верхней атмосфере, внезапных стратосферных потеплений и магнитных бурь.

Измерения на ИРНР являются уникальными для средних широт Восточно-Сибирского региона, позволяющие исследовать поведения геофизических параметров ионосферы выше максимума ионизации. Длительные непрерывные серии экспериментов необходимы для получения устойчивых медианных значений параметров ионосферы, помогающие в построении новых и уточнения уже существующих моделей.

Космический эксперимент «Радар-Прогресс»

Объектом исследования являются параметры плазменного окружения и отражательные характеристики транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс» при работе бортового жидкостно-реактивного сближающе-корректирующего двигателя (СКД).

Целью работы является определение пространственно-временных зависимостей плотности локальных ионосферных неоднородностей, генерируемых при работе СКД ТГК.

В 2014 г. космический эксперимент «Радар-Прогресс» состоял из 2 сессий: в апреле и июле, с участием ТГК «Прогресс М-22М» и «Прогресс М-23М». В результате выполнения работы проведены измерения при работе СКД ТГК «Прогресс»:

- параметров отражательных характеристик и плазменного окружения ТГК на ИРНР;

- отражательных характеристик ТГК в видимом диапазоне на инфракрасном телескопе АЗТ ЗЗИК;

- ионосферных параметров на цифровом ионозонде DPS-4;

- полного электронного содержания в областях пролета ТГК по данным GPS;

- характеристик УКВ сигнала бортового передатчика системы ТОРУ;

- относительной интенсивности свечения ночного неба в линии 630 нм;

- спектров колебаний геомагнитного поля.

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 сигнала и наблюдается падение эффективной площади рассеяния ТГК.

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

Экспериментальные наблюдения по программе «Взаимодействие»

Цель работы: 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.

Для выполнения координированных наблюдений космических объектов (КО) на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР), расположенном в ОРДА, и оптическом телескопе АЗТ 33ИК, расположенном в Саянской солнечной обсерватории

(CCO), разработана аппаратно-программная инфраструктура, состоящая из центра управления и обработки данных, аппаратно-программных комплексов в составе каждого наблюдательного пункта и каналов связи.

Для организации координированных наблюдений КО реализован следующий режим взаимодействия наблюдательных средств. ИРНР работает в режиме поиска КО в заданном широком секторе обзора околоземного космического пространства (ОКП). При обнаружении и сопровождении КО рассчитываются целеуказания и передаются в реальном масштабе времени в специальном формате в ССО для наведения телескопа АЗТ 33ИК на КО. Операции синхронизации АВ, обмена и регистрации данных проводится через центр управления и обработки данных расположенный в ИСЗФ СО РАН.

В периоды апрель-июль и октябрь 2014 г (таблица 21) были проведены эксперименты по программе «Взаимодействие». Были получены следующие результаты:

Разработанные методы и алгоритмы калибровки и юстировки ИРНР показали свою эффективность в задаче наведения удаленных оптических средств на КО по данным РЛС в реальном масштабе времени.

Существующие каналы передачи данных и разработанный протокол обмена данными позволяет устойчиво передавать и получать блоки параметров КО.

Решена задача оперативного наведения телескопа АЗТ-ЗЗИК на КО по данным ИРНР. Решение данной задачи стало возможным, благодаря разработанному программному комплексу получения высокоточной координатной информации на ИРНР в реальном масштабе времени, быстрому обмену данными между инструментами комплекса и эффективному алгоритму управления телескопом. Предложенное решение обмена данными между НП может использоваться для достаточно произвольного их разнесения.

Созданы и отработаны устойчивые алгоритмы оперативного определения параметров орбиты КО по данным ИРНР и расчета на их основе эфемериды для АЗТ-ЗЗИК в момент выхода КО из сектора ИРНР. Полученная эфемерида позволяет существенно увеличить время сопровождения (несколько минут) для получения высокоточной оптической координатной информации.

Качество и количество полученной координатной оптической информации позволяет с достаточной точностью сформировать целеуказания для наведения радиолокационных и оптических средств на КО на следующем витке.

Модернизация программно-аппаратного обеспечения ИРНР

В 2014 г. был проведен окончательный переход приемно-регистрирующего и управляющего комплекса ИРНР на новую систему синхронизации и управления с использованием современных блоков FPGA, DDS и микроконтроллеров. Новая система позволила использовать во всех экспериментах широкополосные цифровые приемные устройства, точную привязку всех временных интервалов к единой шкале времени и обеспечить гибкое программное управление всеми подсистемами комплекса.



Рис. 176. Прокладка ВОЛС протяженностью 4,5 км.

В 2014 г. была решена основная проблема — создана система синхронизации с внешним радиолокационным комплексом (РЛК), работающим в том же диапазоне частот, что и ИРНР. Для решения этой задачи потребовалось:

- проложить волоконно-оптическую линию связи (ВОЛС), длиной 4,5 км между двумя установками (см. рис. 176);

- установить и настроить оконечное оборудование для этой ВОЛС;

- совместно с сотрудниками «РТИ имени академика А.Л. Минца», конструкторами РЛК, разработать алгоритмы и ПО для функционирования системы синхронизации,

- доработать блоки управления ИРНР для возможности использования внешней системы синхронизации;

- провести предварительные и межведомственные испытания.

Проведенные пробные испытания показали работоспособность линии связи и синхронизирующего оборудования, во время активной работы обе установки не оказывают взаимного влияния друг на друга. Вместе с тем, для повышения качества проводимых на ИРНР экспериментов, в дальнейшем требуется доработка программного обеспечения созданной системы синхронизации.

Многопозиционный ЛЧМ-зонд ИСЗФ СО РАН

Передающий комплекс

В период с 01 января 2014 г. по настоящее время на многопозиционном ЛЧМ-ионозонде «Ионозонд № 3» обсерватории проводились непрерывные эксперименты по вертикальному и слабо наклонному зондированию ионосферы.

В течение всего 2014 года передающий пункт «Ионозонд № 3» обсерватории круглосуточно вел излучение на слабонаклонной трассе Иркутск – Торы (режим Мониторинг, мощность излучения 15 Вт).

С 26 по 30 апреля 2014 г. передающий пункт «Ионозонд № 3» обсерватории работал по программе, предложенной Институтом геофизики РАН (антенна ЛПА, РПДУ «ПЛАМЯ», мощность излучения 2500 Вт).

Кроме того на передающих пунктах были проведены следующие мероприятия: Норильская КМИС:

- произведена замена передатчика УМ-600 на РПДУ «КЕДР».

- произведен монтаж новой приемной антенны

– выполнены ремонт и восстановление системы пуска, системы охлаждения и блоков автоматики РПДУ «КЕДР».

– выполнены ремонт и настройка усилительных блоков «МО» РПДУ «КЕДР». С. Забайкальское Хабаровского края:

- выполнен ремонт передающего комплекса ЛЧМ ионозонда,

- произведено перемещение передающего пункта ЛЧМ в другое помещение,

- выполнены ремонт и настройка передающей ЛЧМ антенны «Горизонтальный ромб».

Приемный комплекс ЛЧМ-ионозонда

В течение 2014 г. на приемном пункте ГФО «ТОРЫ» продолжался прием ЛЧМ сигналов в мониторинговом режиме. Прием сигналов осуществлялся на наклонных и слабо наклонных трассах, входящих в институтскую сеть ЛЧМ ионозонда, а так же на трассах сторонних сетей.

Основными трассами являются следующие:

- 1. Магадан Торы, 358 суток, получено и зарегистрировано 103 100 ионограмм;
- 2. Хабаровск Торы, 328 суток, получено и зарегистрировано 94 500 ионограмм;
- 3. Норильск Торы, 296 суток, получено и зарегистрировано 85 300 ионограмм;
- 4. Салехард Торы, 122 суток, получено и зарегистрировано 11 700 ионограмм;
 - 5. Диксон Торы, 76 суток, получено и зарегистрировано 7 300 ионограмм;
 - 6. Усолье Торы, 360 суток, получено и зарегистрировано 520 00 ионограмм;
 - 7. Моностат ВЗ, 356 суток, получено и зарегистрировано 512 500 ионограмм.

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 для всех трасс получено около 870 000 ионограмм.

Кроме ионосферных исследований ионосферы ЛЧМ сигналом, на территории ГФО были выполнены исследования радиосигналов с подвижных объектов по программе «РАДАР–ПРОГРЕСС».

Регистрация УКВ сигнала проводилась в ГФО (51.8 N, 103.1 E) на наземном интерферометрическом комплексе, его структура представлена на рис. 177.



Рис. 177. Структура наземного интерферометрического комплекса

Антенная система комплекса состоит из 4-х ортогональных электрических вибраторов, размещенных по углам равностороннего треугольника со стороной 20.8 м. Треугольник ориентирован одной стороной в направлении восток–запад, вершина ориентирована на север. Четвертая антенна размещена в центре треугольника и равно удалена от остальных антенн на 12 м. Размеры электрического вибратора рассчитаны на частоту 121,75 МГц. Антенны закреплены на мачтах высотой 5.5 м. Широкая ДН антенн позволяет регистрировать сигнал бортового передатчика от малых углов над горизонтом до зенита.

На рис. 178-184 приведены результаты измерений параметров УКВ сигнала бортового передатчика системы ТОРУ ТГК «Прогресс М-22М». Линии синего цвета – измеренные доплеровские сдвиги частоты (ДСЧ), черного – амплитуды, красного – расчетные ДСЧ, зеленые – сдвинутые наилучшим образом измеренные ДСЧ на прогноз. Всего в 2014 г. было получено и обработано три серии пролетов ТГК «Прогресс»:



13-18 апреля, 26-31 июля и 01-03 ноября.

Рис. 178. Пример НЗ ионограммы на трассе Магадан – Иркутск.



Рис. 179. Пример НЗ ионограммы на трассе Хабаровск – Иркутск.



Рис. 180. Пример НЗ ионограммы на трассе Норильск – Иркутск.



Рис. 181. Пример НЗ ионограммы на трассе Салехард – Иркутск.



Рис. 182. Пример ВЗ ионограммы на трассе Усолье-Торы.



Рис. 183. Пример ВЗ ионограммы моностатического ионозонда.



Рис. 184. Результаты регистрации УКВ сигнала 18 апреля 2014 г. СКД на ГФО.

6. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

6.1. Общие сведения

В течение 2014 года Институтом выполнялась научно-исследовательская работа основным научным направлениям деятельности: современные проблемы ПО 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 2014 г. и согласно приоритетным направлениям Программы фундаментальных исследований государственных академий на 2013-2020 годы, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. № 2237-р:

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).

Проекты:

1.1.1. 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).

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

1.1.3. II.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.-корр. 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.-корр. 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 - академик 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.

2.1. 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 - академик Г.А. Жеребцов).

Проекты:

2.1.1. 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.

2.1.2. 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.

2.1.3. 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.

2.1.4. 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.

2.1.5. 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.

2.1.6. II.16.1.6. Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца. Рег. номер 01201281652. Руководитель проекта – Д.В. Просовецкий.

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

Проекты:

2.2.1. II.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. II.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. II.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 II.16.2. Физика космических лучей и солнечно-земных связей (координатор - чл.-корр. РАН Е.Г. Бережко).

Проект:

2.3.1. II.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 № 11 «Литосфероионосферные взаимодействия в Байкальской рифтовой системе». ИСЗФ СО РАН – головной, координатор – академик Г.А. Жеребцов.

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

2.6. 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». ИСЗФ СО РАН – соисполнитель, головные – ИЗК СО РАН, координатор – д.г.-м.н. К.Г. Леви, ИАЭТ СО РАН, координатор – Г.И. Медведев. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. С.А. Язев.

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

2.8. 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 – академик Г.А. Жеребцов.

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

2.10. Совместный проект № 13 СО РАН с Академией наук Монголии 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.-корр. РАН А.П. Потехин.

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

2.12. Проект № 4.4 «Исследование физических процессов и пространственновременных 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 – академик Н.П. Лаверов). Рег. номер – 01201255935. Руководитель проекта – академик Г.А. Жеребцов.

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

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

2.15. 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.-корр. РАН В.М. Григорьев.

2.16. Проект № 22.4 «Волновой аспект солнечно-магнитосферного воздействия» программы Президиума РАН № 22 «Фундаментальные проблемы исследований в

освоении солнечной системы» (координатор - академик Л.М. Зеленый). Рег. номер - 01201255936. Руководитель проекта - д.ф.-м.н. А.С. Потапов.

2.17. 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 – академик В.В. Адушкин). Рег. номер – 01201255933. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

2.18. 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 – академик В.В. Адушкин). Рег. номер – 01201255929. Руководитель проекта – чл.-корр. РАН А.П. Потехин.

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

2.20. 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 – академик В.М. Котляков, академик Г.С. Голицын, академик Ю.А. Израэль). Рег. номер – 01201255928. Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.А. Коваленко.

2.21. 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 – академик Г.А. Жеребцов.

Институт работал по гранту Президента поддержки Ведущих научных школ «Влияние солнечной активности на динамические процессы и долговременные тренды в нейтральной атмосфере, ионосфере и магнитосфере Земли»; научный руководитель академик Г.А. Жеребцов.

В Институте выполнялись работы по гранту Российского научного фонда № 14-37-00027 «Разработка научно-технических основ мониторинга атмосферноионосферно-магнитосферного взаимодействия в Арктической зоне с территории Российской Федерации»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

Также в Институте 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»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

• «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.

• «Оперативная диагностика ионосферы с использованием действующих макетов когерентного КВ радара и однопозиционного (моностатического) ЛЧМ ионозонда; апробация полуэмпирической прогностической модели ионосферы»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

Молодежный коллектив Института 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.

В 2014 году в Институте выполнялось 34 гранта РФФИ:

2 гранта на получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств, 2 экспедиционных гранта, 1 грант по организации всероссийской конференции и 29 инициативных грантов, из которых 7 грантов по отделу физики и астрономии и 22 грант по отделу наук о Земле, включая 1 грант по конкурсу молодых ученых и 6 грантов по соглашению РФФИ с зарубежными научными организациями.

10. 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.

11. 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.

12.12-02-91161-ГФЕН_а «Исследования нетепловых процессов, связанных с солнечными вспышками, на основе радионаблюдений», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

13. 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.

14. 13-02-00044-а «Исследование процессов переноса энергии МГД-волнами в атмосфере Солнца», научный руководитель – к.ф.-м.н. Р.А. Сыч.

15. 13-02-90472 Укр_ф_а «Накопление, выделение и перенос энергии в солнечных вспышках», научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

16. 14-02-91157-М «Многоволновая диагностика динамических процессов на Солнце с использованием новых радиоастрономических инструментов»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

17. 14-02-10001-к «Научный проект проведения комплексной экспедиции для сбора данных по солнечной активности»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев.

18. 14-02-06035 «Проект организации XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн», по священной 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова»; научный руководитель – чл.-к. РАН А.П. Потехин.

19. 12-02-00031-а «Исследование источников магнитосферных МГД-колебаний в неоднородных моделях среды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Леонович.

20. 12-05-00024-а «Исследование физики и морфологии различных типов среднеширотных сияний в Азиатском регионе»; научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Михалев.

21. 12-05-00121-а «Пространственная структура компрессионных геомагнитных пульсаций в земной магнитосфере»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Д.Ю. Климушкин.

22. 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.

23. 13-05-91159-ГФЕН_а «Особенности реакции ионосферы Восточно-Азиатского региона на геомагнитные возмущения»; научный руководитель – акад. 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.-к. 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, контролирующих 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. 13-05-92219-Монг-а «Новые источники энергии возмущенной магнитосферы Земли и космической погоды»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.М. Мишин.

31. 14-05-10005_к «Научный проект по проведению комплексной экспедиции по исследованию ионосферных возмущений в Азиатском регионе России»; научный руководитель – к.ф.-м.н. Б.Г. Шпынев.

32. 14-05-00080-а «Теоретическое и численное исследование развития локализованных возмущений в устойчиво стратифицированных течениях без точек перегиба на профиле скорости»; научный руководитель – д.ф.-м.н. С.М. Чурилов.

33. 14-05-00578-а «Анализ реакции ионосферы на возмущения нейтральной атмосферы и магнитосферы на основе модели ГСМ ТИП и комплекса радиофизических инструментов ИСЗФ СО РАН»; научный руководитель – к.ф.-м.н. К.Г. Ратовский.

34. 14-05-92002-М_2013 «Исследование динамики среднеширотной ионосферы на основе радиозатменных измерений COSMIC/FORMOSAT-3, данных радара некогерентного рассеяния, ионозондов и магнитных измерений»; научный руководитель – к.ф.-м.н. К.Г. Ратовский.

35. 14-05-00514-а «Исследование ионосферных неоднородностей средних масштабов, сопровождавших падение метеорита «Челябинск»; научный руководитель – к.ф.-м.н. О.И. Бернгардт.

36. 14-05-91165-М «Электрические токи в магнитосфере и ионосфере и граница полярной шапки: сравнение результатов МГД-модели PPMRL и техники инверсии магнитограмм»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.В. Мишин.

37. 14-05-00259-а «Экспериментальное исследование возмущений в ионосфере над азиатским регионом России»; научный руководитель – д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

38. 14-05-31177-мол_а «Исследования электронной концентрации выше максимума ионизации на основе анализа длинных рядов данных полученных на Иркутском радаре некогерентного рассеяния»; научный руководитель – С.С. Алсаткин.

39. РФФИ № 14-05-00588-а «Исследование взаимодействия между магнитосферой, ионосферой и атмосферой с помощью СуперДАРН»; научный руководитель – к.ф.-м.н. П.Н. Магер.

40. 14-35-50802 «Исследование вариаций полного электронного содержания по данным GPS/ГЛОНАСС»; научный руководитель – к.ф.-м.н. С.В. Воейков.

41. 14-45-04088-р_сибирь_а «Исследование пространственно-временной структуры неоднородностей электромагнитного поля Байкальской рифтовой зоны»; научный руководитель – д.ф.-м.н. Р.А. Рахматулин.

32. 13-00-14037_ир «Получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств на 2014 г.», научный руководитель – к.ф.-м.н. И.И. Салахутдинова.

33. 14-00-10013_ир «Получение доступа к научным информационным ресурсам зарубежных издательств на 2015 г.», научный руководитель – к.ф.-м.н. И.И. Салахутдинова.

Выполнялись:

• Работы по поддержки обсерваторий; научные руководители – чл.-к. РАН В.М. Григорьев, д.ф.-м.н. А.Т. Алтынцев, д.ф.-м.н. В.И. Куркин.

• Работы по Мегапроекту – Создание Национального гелиогеофизического комплекса РАН, научный руководитель – академик Г.А. Жеребцов.

• Прикладные работы в рамках ФЦП и хозяйственных договоров.

Всего за 2014 г. работы велись по 12 хоздоговорам.

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 А.П. Потехин.

В 2014 г. было проведено 10 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 «Статистические свойства и МГД-моделирование глобальных характеристик магнитной активности Солнца» (докторская диссертация), к.ф.-м.н. С.В. Олемской.

2. Научный доклад «Задачи реконструкции физической информации солнечных магнитограмм. Современное состояние и перспективы», д.ф.-м.н. Г.В. Руденко.

6.3. Деятельность диссертационного совета

Диссертационный совет Д.003.034.01 создан при Институте солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, приказом Рособрнадзора Министерства образования и науки РФ от 02.11.2007 г. № 2249-1351 и его срок полномочий продлен приказом Рособрнадзора Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. №105нк.

Срок полномочий совета установлен на период действия «Номенклатуры специальностей научных работников», утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 №59.

Диссертационному совету Д.003.034.01 разрешено принимать к защите диссертации по специальностям:

01.03.03 - физика Солнца, по физико-математическим наукам;

01.04.03 – радиофизика, по физико-математическим наукам;

25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы, по физико-математическим наукам.

В течение 2014 года проведено 17 заседаний совета и защищены одна кандидатская диссертация и шесть докторских.

Кандидатские диссертации:

1. А.А.Челпанов «Связь колебаний в солнечных пятнах и факелах с корональными петельными структурами» (специальность 01.03.03 – физика Солнца).

2. Я.И. Егоров «Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн » (специальность 01.03.03 – физика Солнца).

Докторские диссертации:

1. С.А. Стародубцев «Флуктуации интенсивности космических лучей в 11летнем цикле солнечной активности» (специальность 01.03.03 – физика Солнца).

2. А.В. Тащилин «Формирование крупномасштабной структуры ионосферы в спокойных и возмущенных условиях» (специальность 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы).

3. А.А. Кузнецов «Радиоастрономическая диагностика активных процессов на Солнце, звездах и планетах» (специальность 01.03.03 – физика Солнца).

4. Н.П. Перевалова «Исследование ионосферных возмущений методом трансионосферного GPS-зондирования» (специальность 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы).

5. С.В. Олемской «Статистические свойства и моделирование глобальных характеристик магнитной активности Солнца» (специальность 01.03.03 – физика Солнца).

6. А.В. Медведев «Развитие методов и аппаратных средств радиофизических исследований верхней атмосферы Земли на Иркутском радаре некогерентного рассеяния» (специальность 01.04.03 - радиофизика).

6.4. Международное сотрудничество

В отчетном году состоялось 60 выездов сотрудников ИСЗФ СО РАН в 15 стран мира. Сотрудники института приняли участие в 18 зарубежных научных мероприятиях (см. список зарубежных международных мероприятий), на которых представили 64 доклада; из них: 9 приглашенных, 34 устных и 21стендовый доклад.

Страна	Сроки	Фамилия	Науч-	Зарубежное
-			ная	международное
			работа	мероприятие,
				тип доклада
Бельгия	10.03-31.03	Кузнецов А. А.	+	
	02.04-04.04	Демидов М.Л.	+	
	14.10-19.10	Мыльникова А.А.		+
Великобритания	06.03-22.04	Кашапова Л. К.	+	
	02.10-04.11	Челпанов А. А.	+	
	22.10-23.12	Анфиногентов С.А.	+	
	30.10-15.12	Афанасьев А.Н.	+	
Германия	19.05-25.05	Медведева И. В.		1 устный
	30.08-15.09	Луковникова А. А.		1 устный + 1 постер
Ирландия	06.09-14.09	Колобов Д. Ю.		1 постер
Индия	04.10-18.10	Липко Ю. В.		1 постер
Китай	29.03-02.04	Романова Е. Б.	+	
	29.03-02.04	Ратовский К. Г.	+	
	13.08-25.08	Подлесный А. В.		4 постер
	13.08-25.08	Толстиков М. В.		3 постер
	13.08-25.08	Ясюкевич Ю. В.		4 постер
	25.08-30.08	Боровик А. В.		1 приглашенный
	25.08-30.08	Губин А. В.		+
	25.08-03.09	Демидов М. Л.	+	1 приглашенный
	25.08-30.08	Козлов Д. А.		1 устный
	25.08-30.08	Лесовой С. В.		1 устный
	20.08-30.08	Мишин В. В.	+	1 устный
	25.08-30.08	Полех Н. М.		1 приглашенный
	25.08-30.08	Романова Е.Б.		1 устный
	25.08-30.08	Харченко И. П.		+
	25.08-30.08	Ясюкевич Ю. В.		1 приглашенный

Список сотрудников Института, выезжавших в заграничные командировки

	12.10-18.10	Ратовский К. Г.		1 устный
	12.10-18.10	Щербаков А. А.		1 устный
	12.10-18.10	Гречнев В. В		1 приглашенный
	12.10-18.10	Файнштейн В. Г		1 устный
	12.10-18.10	Мордвинов А.В.		1 устный
Коста Рика	28.11-08.12	Демидов М. Л		1 устный + 1 постер
Монголия	29.09-03.10	Демидов М. Л.	Демидов М. Л.	
	29.09-03.10	Турова И.П.		1 устный + 1 постер
	29.09-03.10	Мишин В. В.		1 устный
	29.09-03.10	Рахматулин Р. А.		2 устных + 1 постер
	29.09-03.10	Пашинин А. Ю.		1 устный
	29.09-03.10	Подлесный А. В.		1 устный
	29.09-03.10	Язев С. А.		2 устных
Норвегия	25.05-01.06	Бернгардт О.И.		2 устных + 1постер
Польша	01.03-10.03	Кузнецов А. А.	+	
	31.03-15.04			
	23.05 - 30.05	Муратова Н. О.		1 устный
	25.05-24.06	Анфиногентов С.А.	+	1 устный
	23.05-30.05	Кашапова Л. К.		1 устный
	23.05-30.05	Сыч Р.А.		1 приглашенный
	24.05-14.06	Просовецкий Д.В.	+	2 устных
	24.05-14.06	Кочанов А.А	+	1 устный
Турция	08.08-17.08	Шпынев Б. Г.		1 устный
	08.08-17.08	Черниговская М.А.		1 устный
Хорватия	20.09-30.09	Жданов Д. А.		1 устный
	20.09-30.09	Кашапова Л.К.		1 устный
Чешская	31.05-07.06	Муратова Н.О.	+	
Республика	15.05-30.06	Сыч Р.А.	+	
	31.05-30.06	Кашапова Л.К.	+	
Южная Корея	30.08-05.09	Леонович А.С.		1 приглашенный
	30.08-05.09	Потапов А.С.		1 устный +1 постер
	30.08-05.09	Климушкин Д.Ю.		1 устный +1 постер
	30.08-05.09	Костарев Д. В.		1 постер
	30.08-05.09	Сыч Р.А.		1 приглашенный
Япония	26.07-02.08	Ойнац А. В.		1 приглашенный

Загранкомандировки для совместной работы в рамках международных проектов

С 1 по 10 марта и с 31 марта по 15 апреля зав. лаб. к.ф.-м.н. Кузнецов А.А. был командирован в Университет им. М. Кюри-Склодовской (г. Люблин, Польша) и с 10 по 31 марта в Католический Университет Левена (г. Левен, Бельгия). Поездка оплачивалась за счет международного проекта RadioSun; пребывание в Бельгии также частично оплачивалось принимающей стороной.

Главная цель поездки - теоретическое исследование и численное моделирование влияния волн и колебаний в солнечной атмосфере на радиоизлучение. Научная группа проф. Криса Муравского (Kris Murawski) из Университета им. М. Кюри-Склодовской в Люблине и Центр математической Астрофизики Плазмы в Университете Левена входят в число ведущих мировых научных коллективов в области исследования и численного моделирования волн и колебаний в приложении к солнечной короне. Ими были разработаны компьютерные программы для моделирования волновых и колебательных процессов в различных режимах. Задачей Кузнецова А.А. было совместить результаты этих моделей со средствами для моделирования радиоизлучения, чтобы исследовать, как волны и колебания могут проявить себя в радионаблюдениях. Во время пребывания в Университете им. М. Кюри-Склодовской проведено численное моделирование радиоизлучения униполярной активной области. В результате были получены последовательности изображений и временные профили излучения на различных частотах, описывающие реакцию активной области на возмущение. В ходе совместной работы с сотрудниками из Университета Левена проведены численные моделирования: 1) радиоизлучения корональных магнитных петель с учетом модуляции излучения стоячими или бегущими МГД-волнами. В результате определены глубина модуляции колебаний радиоизлучения и фазовые сдвиги между колебаниями на разных частотах, а также зависимости этих параметров от координаты вдоль магнитной петли и от положения петли на диске Солнца; 2) радиоизлучения от поднимающегося волокна (протуберанца). В результате получены последовательности изображений, описывающие эволюцию волокна, как если бы оно наблюдалось в радиодиапазоне.

С 6 марта по 22 апреля с.н.с. к.ф.-м.н. Кашапова Л.К. была командирована в университет г. Глазго, Великобритания, для совместной работы по Европейскому гранту PIRSES-GA-2011. Финансирование поездки - за счет гранта PIRSES-GA-2011. Проведены совместные исследования распределения свободной магнитной энергии в активной области на Солнце для ряда солнечных вспышек на основе метода восстановления магнитного поля, разработанного в ИСЗФ СО РАН. Получены новые данные о существовании локальных областей магнитной энергии в активных областях, часть из которых связана с солнечными вспышками, а часть остается неизменной во время этих явлений. Анализ солнечной вспышки 29 июня 2012 года показал, что исследуемое событие полностью соответствует классической модели вспышки и может быть в дальнейшем использовано в качестве тестового события для апробации теоретических численных моделей.

С 29 марта по 2 апреля с.н.с. к. ф.-м. н. Романова Е.Б. и в.н.с. к ф-м н Ратовский К.Г. были командированы в Лабораторию космической погоды ЦКНИ КАН (Пекин, Китай) для совместной работы по проекту 13-05-91159-ГФЕН-а «Особенности реакции ионосферы восточноазиатского региона на геомагнитные возмущения». Расходы по пребыванию в Китае оплачивала принимающая сторона. За время командировки проведен семинар, на котором были представлены результаты, полученные в ходе работы по проекту сотрудниками ИСЗФ СО РАН. Обсуждены планы дальнейших исследований. Полученные данные по станции Хайнань за 2013г. позволят выполнить дальнейшие исследования, как морфологического характера, так и численное моделирование ионосферных параметров с использованием элементов адаптации модели по данным наблюдений на низких широтах. Также предложено сделать статистический анализ волнообразных возмущений электронной концентрации по данным дигизондов в Хайнане и Норильске, и сравнить полученные результаты.

С 15 мая по 30 июня в.н.с. к.ф.-м.н. Сыч Р.А. в рамках совместного проекта 7-й Европейской рамочной программы международного обмена сотрудников научных учреждений (проект RADIOSUN) был командирован в обсерваторию Ондрежов, Чешская Республика. Тема совместной работы связана с исследованием возможности инициации вспышечного процесса и дальнейшего поддержания его энерговыделения за счет трансформации продольных волн в поперечные с инициацией каскадного пересоединения. Проанализированная динамика 3-мин волн в пятне показала взаимосвязь между усилением мощности колебаний и возникновением вспышки в области, соединенной с пятном магнитным волноводом. Вследствие нагрева петли скорость волн повышается с их проникновением в область энерговыделения. Показано, что разогрев может продолжаться после основного пика энерговыделения за счет трансформации волн, их переотражения от петельных оснований и инициации дополнительного пересоединения.

С 25 мая по 14 июня зав. лабораторией к.ф.-м.н. Просовецкий Д.В. и с.н.с. Кочанов А.А. были командированы в Университет им. М. Склодовской-Кюри (г. Люблин, Польша). Основная задача - совместно с коллективом кафедры Астрофизики и теории гравитации провести исследования процессов в солнечной короне с использованием результатов МГД моделирования. Во время визита состоялась серия семинаров, посвященных методам МГД моделирования процессов в атмосфере Солнца,

наблюдениям солнечной активности в микроволновом а также лиапазоне электромагнитного спектра. В работе семинаров принимали участие и сотрудники НАО КАН. Состоялись плодотворные дискуссии по современным проблемам солнечной физики, радиофизики и по проблемам применимости методов моделирования процессов в солнечной плазме. Обсуждены перспективы дальнейшего сотрудничества в области численного МГД моделирования процессов, происходящих в солнечной плазме. Финансирование поездки частично производилось при поддержке международной программы научного обмена Европейского Союза (FP7-IRSES-295272-RADIOSUN).

С 25 мая по 24 июня м.н.с. Анфиногентов С.А. принял участие в совместных научных исследованиях в области корональной сейсмологии и радиоастрономии с группой профессора К. Муравского в Университете им. М. Склодовской-Кюри (г. Люблин, Польша). Поездка полностью финансировалась за счёт принимающей стороны. Основной задачей поездки были проведение исследования колебаний в солнечной короне с использованием результатов МГД моделирования и выступление с докладом на международном воркшопе RADIOSUN. Колебания являются основным инструментом корональной сейсмологии. Их параметры, такие как период, амплитуда и распределение фазы позволяют оценивать параметры солнечной атмосферы: напряжённость магнитного поля и плотность корональной плазмы. Анфиногентов С.А. участвовал в серии семинаров, посвященных методам МГД моделирования волновых процессов в активных областях, а также наблюдениям солнечной активности в микроволновом диапазоне электромагнитного спектра.

С 31 мая по 30 июня с.н.с. к.ф.-м.н. Кашапова Л.К. была командирована в Астрономический институт (Ондржеев, Чешская республика) для проведения совместных исследований в рамках проекта «RADIOSUN» (Европейского гранта PIRSES-GA-2011). Финансирование поездки - за счет гранта PIRSES-GA-2011. Были обсуждены полученные ранее результаты, подготовлены совместные доклады и статьи. Была закончена работа по исследованию механизмов возбуждения субсекундных всплесков во время слабой солнечной вспышки. Считается, что субсекундные всплески, наблюдаемые в микроволновом диапазоне, являются единичными актами энерговыделения во время солнечных вспышек. Наблюдаемое излучение может иметь гиросинхротронную природу и наблюдаться непосредственно в месте возникновения процесса. Если же эти явления связаны с плазменным механизмом, то в этом случае процесс имеет двухступенчатую структуру – генерируемые источником колебания преобразуются в электромагнитные волны. В исследовании, выполненном совместно с Х. Межаросовой, было показано, что в анализируемом случае работает именно плазменный механизм, а параметры вспышечной плазмы хорошо согласуются с последними теоретическими разработками. Также были продолжены совместные исследования процессов ускорения частиц на ранних стадиях солнечных вспышек и совершенствование методов диагностики механизмов генерации излучения в солнечных вспышках совместно с М. Бартой и П. Котрчем.

С 31мая по 07 июня инженер-электроник 1 категории Муратова Н.О. посетила Астрономический институт (г. Ондржеев, Чешская республика). Цель командировки – изучение работы радиоспектрополяриметров чешской обсерватории Ондржеев, их характеристик и анализа получаемых результатов. Была обсуждена схема и характеристики нового 50-500 МГц радиоспектрополяриметра (ССМД), создаваемого в ИСЗФ СО РАН в Бадарах.

Со 2 по 4 июля зам. директора, д.ф.-м.н. Демидов М.Л. был командирован в г. Льеж, Бельгия, для ознакомления с фирмой AMOS (Advanced Mechanical and Optical Systems — Передовые Механические и Оптические системы) и участия в процедуре подписания рамочного контракта между AMOS и Лыткаринским заводом оптического стекла (ОАО ЛЗОС). ОАО ЛЗОС является основным исполнителем по созданию

нового 3-х метрового солнечного телескопа (КСТ-3) - одного из субпроектов Национального гелиогеофизического центра Российской Академии наук.

Со 2 октября по 4 ноября м.н.с. Челпанов А.А. был командирован в Университет Уорика (Великобритания). Поездка осуществлялась за счет принимающей стороны. В ходе поездки решались задачи, связанные с исследованием статистических свойств микровспышек в тени солнечного пятна и характеристик колебаний в их окрестностях. Исследованы статистические свойства хромосферных вспышек в тени пятна, подготовлены данные для дальнейшего исследования связи возникновения вспышек с колебаниями, наблюдающимися в тени пятна. Изучен метод расширенного разложения сигнала по эмпирическим модам, использующийся для исследования нелинейных периодических сигналов. В настоящее время исследования проводятся использованием комбинирования оптических наблюдений и радионаблюдений. Для этого предполагается использовать данные радиообсерватории Нобейама (Япония). В дальнейшем предполагается продолжать начатую работу по исследованию связи микроспышек в тени пятна с локализацией областей трехминутных колебаний, а так же применять метод расширенного разложения сигнала по эмпирическим модам для изучения свойств колебаний в корональных петлях.

С 22 октября по 23 декабря н.с. Анфиногентов С.А. командирован в Университет Уорика, г. Ковентри, Великобритания. В рамках командировки выполняются работы по программе ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы II.16.3.2. «Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере» и международному гранту FP7-PEOPLE-2011-IRSES-295272 «RADIOSUN» в рамках 7-ой европейской программы обмена научного персонала. Во время командировки были продолжены исследования незатухающего режима изгибных колебаний корональных петель. Цель исследования заключается в проверке, насколько часто реализуется незатухающий режим изгибных колебаний корональных петель. Для этого на предмет наличия колебаний проанализирована 21 активная область. Использовались серии изображений в крайнем ультрафиолете (SDO/AIA, 171Å) длительностью в 6 часов и скважностью 12 секунд. В 19 активных областях из 21 были обнаружены незатухающие колебания корональных петель. Для каждой колеблющейся петли были измерены период и амплитуда колебаний, выполнена оценка длин петель. Основной результат исследования заключается в том, что незатухающие изгибные колебания наблюдаются практически в любой активной области в произвольное время, а параметры этих колебаний доступны измерению. Это делает такие колебания многообещающим инструментом корональной сейсмологии и открывает возможность диагностики физических параметров корональной плазмы в практически любой активной области.

С 30 октября по 15 декабря н.с. Афанасьев А.Н. командирован в Университет Уорика (Великобритания) для работы по международному гранту FP7-PEOPLE-2011-IRSES-295272 "RADIOSUN". Проведена работа над построением теоретической модели распространения квазипродольных волн в корональных веерных структурах. Основная задача заключалась в обобщении нашей работы о распространении слабонелинейных возмущений в однородных трубках на случай стратифицированного равновесного состояния трубки. Однако, в ходе проведения работ выяснилось, что значительный интерес представляет даже линейный случай. Получено волновое уравнение, описывающее распространение медленных магнитозвуковых волн в условиях тонкого волновода (трубочной моды) в присутствии гравитации и с учетом изменения магнитного поля с высотой. Имеющиеся особенности в коэффициентах при первой производной искомой функции и при самой функции в тех точках, где звуковая скорость равна альфвеновской, представляют значительный интерес, поскольку они могут оказать значительное влияние на эволюцию возмущений.

Международные проекты

Проект фундаментальных исследований НАН Украины и СО РАН на 2013-2014 гг.

Проект №14 «Многопозиционные радарные исследования ионосферных неоднородностей в средних и высоких широт ах над евроазиатским регионом». Координаторы: советник РАН акад. Г.А. Жеребцов (ИСЗФ СО РАН); академик НАНУ Литвиненко Л.Н. директор Радиоастрономического института Национальной академии наук Украины. Сроки: 2013-2014 гг.

Основными задачами проекта являлись разработка радарных методов многопозиционной диагностики и мониторинг плазменных неоднородностей средне- и высокоширотной ионосферы. В проекте получены первые результаты совместных российско-украинских экспериментов по наблюдению рассеяния пробных сигналов на магнитоориентрованных ионосферных неоднородностях (МОИН) плазмы высокоширотной ионосферы. Эксперименты по регистрации сигналов радара ЕКВ (Свердловская область, Россия) пассивными радиосредствами на расстоянии свыше 1600 км (Харьковская область, Украина) проводились в марте 2014г. с использованием высоконаправленной антенны радиотелескопа УТР-2. Сопоставление ланных однопозиционных и двухпозиционных наблюдений эффектов ионосферного рассеяния в высокоширотной ионосфере и проведенное численное моделирование на разработанном программном обеспечении с учетом ионосферной рефракции, ракурсных особенностей рассеяния и учета реальной ионосферы показало их непротиворечивость. Разработаны рекомендации по требуемой модернизации программно-аппаратного обеспечения радаров SuperDARN, необходимой лля реализации пассивной сети диагностики МОИН с использованием сети радаров SuperDARN в качестве источников зондирующих сигналов. В целом, первый опыт реализации двухпозиционной схемы когерентного ВЧ локатора на базе SuperDARN технологии для исследования эффектов рассеяния на высокоширотных ионосферных неоднородностях оказался успешным и может быть рекомендован к использованию для других радаров этой серии.

Проект совместно с Академией наук Монголии и Министерством образования, культуры и науки Монголии и СО РАН на 2013-2014 гг. Проект №13 «Совместные исследования геофизической среды по данным наблюдений на сети Монголии и Восточной Сибири». Координаторы: директор ИСЗФ СО РАН чл.-корр. РАН Потехин А.П.; советник АН Монголии У. Сухбаатар (Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2013-2014 гг.

Одним из основных направлений исследований в обоих научных учреждениях, принимавших участие в выполнении проекта – ИСЗФ СО РАН и ИЦАГ АНМ, является изучение солнечно-земных связей. В рамках проекта выполнялось целенаправленное исследование условий формирования магнитосферных возмущений в зависимости от солнечного ветра на конфигурацию высокоширотной области воздействия магнитосферы, в первую очередь геомагнитного хвоста и полярной шапки. Проведены исследования, позволившие выявить тесное соответствие между характером высотного профиля ионосферных параметров и структурой колебаний, возбуждаемых в так называемом ионосферном альвеновском резонаторе – плазменно-магнитной структуре, формирующейся между нижней и верхней границами ионосферы. Залогом успешного продолжения совместных исследований в области солнечно-земной физики служит постоянное совершенствование средств и методов геомагнитных и радиофизических наблюдений. С этой целью в рамках проекта были выполнены работы по развертыванию в Монголии современных магнитометрических инструментов во вновь создаваемой геофизической обсерватории Сангино. Подготовлена к установке в этой
же обсерватории аппаратура и антенное оборудование для зондирования ионосферы методом ЛЧМ.

Проект совместно с Академией наук Монголии и Министерством образования, культуры и науки Монголии и СО РАН на 2013-2014 гг. Проект №2 «Комплексы активности в период максимума солнечного цикла». Координаторы: советник РАН чл.-корр. РАН Григорьев В.М. (ИСЗФ СО РАН); зав. сектором д-р Батмунх Дамдин, (ИЦАГ МАН, Улан-Батор, Монголия). Сроки: 2013-2014 гг.

В 2014 году в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и обсерватории Хурэл Тогоот в Улан-Баторе были проведены координированные наблюдения, получены фильтрограммы в линии Н-альфа всего диска Солнца и его активных областей. Определены характеристики комплексов активности в текущем цикле, составлен их общий каталог. Эволюция комплексов активности изучена в соотношении со вспышечной активностью и в связи с образованием униполярных магнитных областей. В эпоху максимума текущего цикла выполнены наблюдения долгоживущих комплексов активности и мощных эруптивных событий. Выполнены спектрополяриметрические наблюдения крупных солнечных вспышек, в их излучении найдены новые свидетельства ударной поляризации. В Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН выполнены измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца. Проведены измерения магнитного поля на полюсах Солнца. Анализ эволюции фоновых магнитных полей Солнца показал, что остаточные поля, которые образуются после распада комплексов активности, переносятся в высокие широты меридиональной циркуляцией и диффузией. На примере конкретных событий прослежен перенос униполярных магнитных областей в полярные зоны Солнца, показан их вклад в инверсию полярных магнитных полей. Обнаружено, что неравномерное распределение комплексов активности в текущем цикле, их североюжная асимметрия привели к асимметрии высокоширотных униполярных активных областей и асинхронности смены знака магнитного поля на северном и южном полюсах Солнца.

РФФИ 13-05-91159-ГФЕН_а «Особенности реакции ионосферы восточноазиатского региона на геомагнитные возмущения». Координаторы – советник РАН акад. Жеребцов Г.А. (ИСЗФ СО РАН); проф. Цзянькуи Ши, (НЦКИ КАН, Пекин, Китай). Сроки: 2013-2014 гг.

В соответствие с общим планом выполнения проекта в 2014 г. сделано следующее: 1). Продолжены координированные наблюдения характеристик ионосферы северо-восточного региона Азии. 2). Выполнен морфологический анализ полученных экспериментальных данных и статистический анализ ионосферной возмущенности для средних, высоких и экваториальных широт восточно-азиатского долготного сектора в условиях различной солнечной активности. 3). Исследованы возмущения в ионосфере во время магнитных бурь разной интенсивности на основе данных сети ионозондов и приемников GPS, расположенных вблизи географического меридиана 120°E. 4). Выполнен сравнительный анализ регулярных свойств полярной, среднеширотной и экваториальной ионосферы на основе локальных эмпирических моделей. 5). Выполнена интерпретация результатов измерений в рамках теоретической модели ионосферы экваториальных широт.

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.

1. По данным наземных магнитометров и спутниковых измерений параметров солнечного ветра вычислена энергия, накапливаемая и расходуемая в магнитосфере и ионосфере в ходе суббури 27 августа 2001 и супербури 20.11. 2003. Особенность метода: учтено вовлечение в энергообмен «старой полярной шапки». Ранее

предполагали, что эта область, наблюдаемая в спокойное время, в энергообмене не участвует. Вносимый при ее активизации в ходе суббури дополнительный поток энергии оказался примерно равен величине обычно учитываемого потока через расширенную площадь полярной шапки. Показано, что существенное увеличение скорости накопления энергии в хвосте магнитосферы перед началом взрывной фазы и скорости выделения энергии после ее начала дает эффект электромагнитной индукции, который также обычно не учитывается.

2. Изучены длиннопериодные геомагнитные пульсации, возбуждаемые фронтом внезапного начала сильной бури (Ssc) 14.07.2012 по данным наземных станций всего северного полушария. Данные низкоширотных станций были необходимы, так как магнитопауза была сжата до 6.7 *R*_E. Показано, что свойства пульсаций соответствуют механизму их возбуждения ударом по магнитопаузе наклонным фронтом Ssc. Пульсации возбуждаются глобально по всему полушарию, с колебаниями в солнечном ветре их спектр слабо коррелирует, а его особенности в основном объясняется свойствами магнитосферы. З. Изучено влияние учета геомагнитных вариаций на методику обработки геомагнитных данных. На примере магнитной съёмки вблизи г. Улан-Батор (Монголия) развита методика выделения аномального поля, связанного с тектонической структурой местности. Показано, что: 1) для правильного выделения аномального поля необходимо вносить поправки на геомагнитные вариации, которые могут оказать заметное влияние на структуру аномального поля, особенно при большой геомагнитной активности во время магнитосферных бурь и суббурь; 2) в диапазоне геомагнитных пульсаций при анализе эффектов ионосферного альвеновского резонатора наиболее информативным оказался молифицированный метол Уэлча.

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 Ю.Т., НИИ КрАО Киевского национального университета им. Т. Шевченко (Украина). Сроки: 2013-2014 гг.

Исследованы закономерности изменения характеристик вспышечного излучения активной области NOAA 0069 в период с 14 по 24 августа 2002. Прибором СОНГ, установленным на борту Российской солнечной обсерватории КОРОНАС-Ф, зарегистрировано жесткое рентгеновское и гамма-излучение во время девяти из тридцати вспышек класса выше С5, произошедших в данной активной области. По мере развития активной области наблюдалась тенденция к нарастанию потока рентгеновского и гамма-излучения в максимумах вспышек, а также к уменьшению показателя спектра жесткого рентгеновского излучения, причем вспышки с более жестким спектром излучения происходили в тени пятна, т.е. в области наиболее сильных магнитных полей. Проведено совместное исследование солнечной вспышки класса Х6.9, произошедшей 9 августа 2011 года. Исследование хромосферных наблюдений украинскими соисполнителями проекта в линии H-alpha выявило спектральные особенности, которые трудно интерпретировать нагревом хромосферы ускоренным в короне пучком нетепловых электронов. Использование данных микроволновых и рентгеновских наблюдений выявило существование в данном событии высокотемпературного источника (Т больше 30 МК), что раскрывает новые диагностические возможности спектральных наблюдений хромосферы. Рассмотрены квазипериодические пульсации магнитного поля, лучевой скорости и интенсивности излучения в порах и на границе гранул фотосферы Солнца с периодами 3-6 и 4-9 мин В предположении, что они вызваны собственными колебаниями соответственно. тонких магнитных трубок, проведен анализ фазовых соотношений между возмущениями магнитного поля, скорости И интенсивности медленных магнитозвуковых мод с учетом силы плавучести. Показано, что наблюдаемые особенности пульсаций можно объяснить возбуждением резонансных магнитозвуковых колебаний трубки вблизи частоты отсечки.

Проект в рамках межакадемических Соглашений о научном сотрудничестве между РАН и АН Болгарии области фундаментальных космических исследований «Исследование оптических проявлений в средней и верхней атмосфере Земли магнитосферно-атмосферных явлений при гелио-геофизических возмущениях на основе наземных и спутниковых наблюдений». Координаторы: д-р Пенка Влайкова Стоева, Институт космических исследований и технологии, БАН; зав. лаб. д.ф.-м.н.Михалев А.В., ИСЗФ СО РАН. Сроки 2014-2015 гг.

В 2014 г в рамках проекта были выполнены следующие работы: D. Осуществлялись регулярные оптические наблюдения собственного излучения верхней атмосферы Земли, проводился предварительный анализ и сопоставление наземных данных наблюдений свечения верхней атмосферы со спутниковыми данными атмосферных, ионосферных и магнитосферных параметров. II). Проведен анализ характеристик среднеширотных сияний в регионе Восточной Сибири за период 1989-2013 гг. Исследованы зависимости интенсивностей доминирующих в излучении верхней атмосферы эмиссий атомарного кислорода (557.7 и 630 нм) от уровня геомагнитной активности в различные фазы геомагнитных бурь, суточное распределение регистрации среднеширотных сияний, связь с вариациями ионосферных параметров. Рассмотрены возможные механизмы образования и особенности основных типов среднеширотных сияний. Предложено выделить среднеширотные сияния с низким уровнем интенсивности доминирующей эмиссии 630.0 нм в группу субвизуальных среднеширотных сияний. III). Проведен анализ данных наблюдений яркости ночного неба в регионе Восточной Сибири в первые дни и последующие месяцы после падения Челябинского метеора 15 февраля 2013 г. Отмеченные изменения яркости ночного неба могут являться следствием увеличения содержания аэрозольного вещества, предположительно связанные с взрывом метеороида «Челябинск». В предположении возможного переноса аэрозольных продуктов взрыва метеороида «Челябинск» на высотах стратосферы – нижней мезосферы, представляется возможная интерпретация: «быстрого» переноса возможных продуктов взрывов на большие расстояния; возможного аэрозольного наполнения стратосферы - нижней мезосферы во время взрыва метеороида «Челябинский» и преимущественного восточного направления переноса продуктов взрыва на большие расстояния, включая и регион Восточной Сибири. По данным наблюдений яркости ночного неба в ГФО в 2013 г. отмечается ее увеличение в конце февраля – начале марта. Отмеченное увеличение яркости ночного неба не наблюдалось в предшествующие годы и не является типичным для сезонного хода интенсивности сплошного спектра свечения ночного неба.

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, Национальный институт геофизики, геодезии, географии Болгарской академии наук, София. Сроки исполнения: 2012–2014 гг.

Цель проекта – исследование механизмов генерации внезапных зимних стратосферных потеплений (ВСП) в северном полушарии и механизмов влияния динамических процессов в средней атмосфере на ионосферу. Поскольку явление ВСП является крупномасштабным процессом, его исследование проводятся традиционно по данным спутникового зондирования параметров нейтральной атмосферы и по данным радиозатменных экспериментов в ионосфере. Особенностью настоящего проекта является использование данных сети среднеширотных ионозондов. В настоящее время используются данные ионозондов в Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Норильске, Якутске и Паратунке, которые образуют среднеширотную цепь, протяженностью около 100 градусов по долготе и которая может быть дополнена

инструментами европейской части России и северной Европы. В рамках проекта впервые были обнаружены резкие долготные вариации параметров ионосферы над активными зонами стратосферных потеплений. Первое - это уменьшение критической частоты главного максимума ионизации и увеличение высоты его максимума до 50 км над зоной столкновения стратосферного циклона и антициклона, где непосредственно происходит нагрев стратосферы и формирование направленного вверх потока стратосферного газа. Второе – это увеличение критической частоты и уменьшение высоты максимума ионизации над центром стратосферного циклона. В качестве механизмов этих вариаций в первом эффекте рассматривается перенос молекулярного газа на высоты нижней термосферы и увеличение скорости рекомбинации ионосферных ионов О⁺, приводящее к эффективному увеличению высоты максимума ионизации и уменьшению критической частоты. Во втором эффекте проявляется классический механизм циркуляции циклонического типа, когда происходит отток молекулярного газа из центра циклона в основной поток струйного течения. При этом в центре стратосферного циклона молекулярный газ всасывается из нижней термосферы, процессы рекомбинации ионов О⁺ замедляются, что наблюдается как уменьшение высоты слоя ионизации и увеличение критической частоты. Описанные эффекты были однозначно выявлены по данных двух мощных зимних стратосферных потеплений 2008/2009 гг. и 2012/2013 гг.

СЕДЬМАЯ РАМОЧНАЯ ПРОГРАММА. Марии Кюри деятельность по международному обмену научными сотрудниками; Радиофизика Солнца: Сети передового опыта. (SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, Marie Curie Actions People International Research Staff Exchange Scheme, Radiophysics of the Sun: Network of Excellence; PIRSES-GA-2011-295272, проект RadioSun). Координатор программы: проф. Накаряков В.М., Университет Уорика (Ковентри, Великобритания); координатор от ИСЗФ СО РАН - в.н.с. к.ф.-м.н. Р.А. Сыч. Сроки: июнь 2012 г. – июнь 2016 г.

В осуществлении проекта принимают участие 2 российские и 5 зарубежных научных организаций. Членами коллектива ИСЗФ СО РАН по проекту RADIOSUN в 2014 году получены следующие результаты: 1). Изучены пространственно-временные характеристики колебаний в окрестности головного пятна активной области NOAA 11131 8 декабря 2010г. Сделан вывод, что колебания можно интерпретировать как медленные магнитозвуковые волны, распространяющиеся в стратифицированной среде вдоль наклонного магнитного поля. 2). Изучена динамика распространяющихся 3-мин волновых фронтов в атмосфере пятен. Обнаружено возникновение источников колебаний в виде спирали при усилении волновой активности. Сделан вывод о влиянии локальной на зависимости наклона магнитного поля от полярного угла формирование пространственной структуры волновых фронтов. 3). Изучены характеристики изгибных колебаний спокойной корональной петли В различных линиях вакуумного ультрафиолетового излучения, зарегистрированных на КА SDO/AIA. Иррегулярность наблюдаемых колебаний предполагает стохастичность воздействий в основании петли, приводящих к их возбуждению. 4) Разработан метод быстрого и точного разрешения локальной неоднозначности в направлении векторов на магнитограммах. Этот алгоритм сохраняет высокую точность при анализе областей вблизи края диска. 5) Разработана IDL платформа, позволяющая проводить моделирование пространственных и спектральных свойств радио и рентгеновского излучения и проведение сравнительного анализа моделей с данными наблюдений. 6) Аналитически получены коэффициенты излучения и поглощения для каппа- и N-распределений излучающих частиц и показано, что они существенно отличаются друг от друга и от классической максвелловской плазмы. 7). На примере вспышки 21 мая 2004г. проведено сравнение данных микроволновых наблюдений с модельными. Показано, что излучение генерируется высокоэнергичными электронами с относительно жестким спектром, сконцентрированным вблизи вершины петли. 8). Проведен анализ свойств колебаний в пятне на основе данных наблюдений SDO

длительностью 6 часов. Спектр этих колебаний состоит из десятков спектральных линий. Свойства этих колебаний нельзя объяснить в рамках существующих моделей, предполагающих, что пятно колеблется как целое. Разработан сценарий локальных колебаний, разработана рабочая модель ячейки локальных колебаний, разработаны основы сейсмологии солнечных пятен. 9). Проанализирована динамика 3-мин волн в пятне и установлена взаимосвязь между усилением мощности колебаний и возникновением вспышки в области, соединенной с пятном магнитным волноводом.

Инициативный научный проект РФФИ – Национальный научный комитет в Тайбэй (Тайвань) (конкурс «ННС_а» 2014) 14-05-92002 «Исследование динамики среднеширотной ионосферы на основе радиозатменных измерений COSMIC/FORMOSAT-3, данных радара некогерентного рассеяния, ионозондов и магнитных измерений». Координаторы: в.н.с. к.ф.-м.н. Ратовский К.Г., ИСЗФ СО РАН; адъюнкт-профессор Чарльз Лин, Национальный университет Чэн Кун, Тайвань. Сроки 2014-2016 гг.

В рамках проекта осуществлен сравнительный анализ различных методов получения ионосферного профиля электронной концентрации: (1)метол радиозатменных измерений COSMIC/FORMOSAT-3, (2) метод некогерентного рассеяния и (3) метод вертикального зондирования ионосферы. Для шести серий долговременных непрерывных измерений на Иркутском радаре некогерентного рассеяния было отобрано 218 профилей электронной концентрации, одновременно полученных методами радиозатменных измерений и некогерентного рассеяния. Для сравнения были выбраны 3 параметра профиля электронной концентрации: максимум электронной концентрации, электронное содержание в нижней части ионосферы (170-300 км) и электронное содержание в верхней части ионосферы (300-600 км). Кроме данных различных инструментов было проведено сравнение с сравнения международной справочной моделью IRI. Сравнительный анализ дал следующие результаты: 1). Сравнение максимума электронной концентрации не выявило систематических расхождений между инструментами. Среднеквадратичное отклонение между данными радара и спутника COSMIC/FORMOSAT-3 оставляет 0.4 · 10⁵ см⁻³, что ~ 2 раза меньше по сравнению с ошибкой прогноза модели IRI. 2). Сравнение электронного содержания в нижней части ионосферы показало, что данные COSMIC/FORMOSAT-3 завышают данные радара в среднем на 0.2 tecu при среднеквадратичном отклонении 0.6 tecu. Расхождение между инструментами меньше чем расхождение с моделью IRI. 3). Сравнение электронного содержания в верхней части ионосферы выявило то, что данные спутника COSMIC/FORMOSAT-3 завышают данные радара в среднем на 1 tecu при среднеквадратичном отклонении 0.9 tecu. между инструментами больше Расхождение чем расхождение данных COSMIC/FORMOSAT-3 и модели IRI. Расчет профиля мощности рассеянного сигнала электронной концентрации, основе профиля полученного спутником на COSMIC/FORMOSAT-3, показало, что COSMIC/FORMOSAT-3 дает завышенную оценку электронного содержания в верхней части ионосферы.

РФФИ 14-02-91157 ГФЕН_а «Многоволновая диагностика динамических процессов на Солнце с использованием новых радиоастрономических инструментов». Координаторы: зам. директора д.ф.-м.н. Алтынцев А.Т. (ИСЗФ СО РАН), адъюнкт-профессор Баолин Тан (НАО КАН). Сроки 2014-2015 гг.

Задачей проекта является исследование характеристик магнитного поля, плазмы и ускоренных частиц в солнечных вспышках с использованием наблюдений в различных спектральных диапазонах. В 2014 году были продолжены работы по модернизации Сибирского Солнечного Радиотелескопа (ССРТ). Продолжена разработка методов анализа и интерпретации будущих многоволновых наблюдений модернизированного ССРТ; разработаны усовершенствованные программные средства для моделирования солнечного радиоизлучения. С помощью существующих астрономических

инструментов и численного моделирования были получены новые научные результаты. В частности, был проведен статистический анализ радиовсплесков с тонкой спектральной временной структурой, наблюдавшихся И В 2011-2012 ΓГ. спектрополяриметрами ИСЗФ. Спектрополяриметры ИСЗФ и 10-антенный прототип многоволнового ССРТ были использованы для исследования квазипериодических солнечной вспышке. Многоволновые наблюдения колебаний в различных инструментов (в радио, ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах) были использованы для исследования структуры и динамики ряда солнечных вспышек; рассматривались квазипериодические колебания, тонкие спектральные структуры и эволюция ускоренных частиц. Было проведено разностороннее исследование колебательных процессов в солнечных вспышках и активных областях: так, в частности, с помощью многоволновых наблюдений были исследован процесс переноса колебаний из солнечных пятен в области энерговыделения в короне. Наблюдения спутника SDO были использованы для исследования колебаний в солнечных пятнах, что позволило предложить качественно новую модель локальных колебаний; были получены данные о типе МГД-волн в пятнах и исследовано влияние спиральности магнитного поля на распространение волн. Было проведено численное моделирование гиросинхротронного радиоизлучения в магнитной петле в присутствии МГДколебаний, исследовано влияние этих колебаний на интенсивность и поляризацию излучения.

РФФИ 14-05-91165 ГФЕН_а «Электрические токи в магнитосфере и ионосфере и граница полярной шапки: сравнение результатов МГД-модели PPMRL и техники инверсии магнитограмм». Координаторы: в.н.с. д.ф.-м.н. Мишин В.В. (ИСЗФ СО РАН), директор Государственной лаборатории по космической погоде проф. Ван Чи (НЦКИ КАН). Сроки 2014-2015 гг.

1. Получены первые результаты сравнения границ полярной шапки, вычисленных двумя методами: на основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ-ИСЗФ) и на основе МГД модели PPRML китайских соисполнителей проекта. Найдено, что временное разрешение МГД модели меньше, чем обеспечивает ТИМ. Модель PPRML реагирует в основном на изменения внешних параметров (параметров солнечного ветра) не учитывая внутримагнитосферные механизмы суббури. Границы полярной шапки по данным суббурь 22.11.1995, вычисленные на основе двух моделей, оказались достаточно близки, различие по широте составляет ~ 3-4 градуса. Полученные данные требуют коррекции модели PPRL. Соответствующая доработка модели и сравнение границ по данным двух методов, полученным при более устойчивых условиях в солнечном ветре, проводится в настоящее время. 2. Выполнено сравнение изменений в ходе суббурь мощности суббурь, вычисленной двумя методами (ТИМ и PPRL). Подтверждён эффект "насыщения"- замедления роста вносимой в магнитосферу мощности в зависимости от роста динамического давления солнечного ветра (Pd). Этот эффект наблюдается по данным обоих методов при значениях Pd>5 нПа, которые реализуются во время сильных магнитосферных бурь и супербурь. Кроме того, нами исследована качественная аналитическая модель перемещения носа магнитосферы при увеличении Pd. Показано, что при значениях Pd>5 нПа это перемещение резко замедляется, и при Pd>(10-15) нПа граница практически перестает сжиматься. Предложена модель, в которой "насыщение" есть следствие "несжимаемости" магнитосферы

Объединенный Российско-Китайский научный центр по космической погоде

Объединенный Российско-Китайский научный центр по космической погоде (ОНЦ-КП) был создан в 2000 году 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, РФФИ 14-02-91157 ГФЕН_а, РФФИ 14-05-91165 ГФЕН_а. Состоялись обменные визиты сотрудников ИСЗФ СО РАН, НЦКИ КАН и НАО КАН.

Очередной 12-ый Российско-китайский семинар по космической погоде проведен в г. Чжэнсяньбайци, Автономный район Китая Внутренняя Монголия с 25 по 29 августа 2014 года. Организацию и проведение семинара по космической погоде осуществляла научная организация Национальные астрономические обсерватории Китая. В работе семинара с российской стороны приняли участие 10 сотрудников ИСЗФ СО РАН, 3 сотрудника из ИКФИА СО РАН и 1 сотрудник из ИКИ РАН; с китайской стороны приняли участие сотрудники из Национального центра космических исследований КАН, Национальных астрономических обсерваторий Китая, Китайского спутникового метеорологического Центра, университета Цинхуа, Пекинского педагогического университета, Шицзячжуан университета, Шаньдун университета, Синьцзян астрономической обсерватории КАН, Шанхайской астрономической обсерватории, Обсерватории Жемчужная гора КАН, а также сотрудник университета Янина, Греция.

Заседания семинара проходили в рамках 5 секций: 1) Солнечная магнитная активность, 2) Солнечная радиоастрономия, 3). Магнитная активность в околоземном пространстве, 4). Возмущения в околоземном пространстве, 5). Новые телескопы и новые методы. На каждой секции были представлены доклады, посвященные наиболее актуальным проблемам изучения космической погоды с использованием результатов исследований по физике Солнца, солнечного ветра, магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы. Сотрудники ИСЗФ СО РАН представили 4 приглашенных и 4 устных доклада. Также сотрудники ИСЗФ СО РАН были соавторами трех докладов, представленных китайскими коллегами.

В ходе визита обсуждены планы дальнейшей работы Объединенного научного центра по космической погоде, а также планируемые сроки и место проведения следующего 13-ого семинара по космической погоде в России.

Визиты зарубежных ученых в ИСЗФ СО РАН

С 11 по 30 января научный сотрудник Николя Биан (Nicolas Bian) из Школы Физики и Астрономии Университета города Глазго посетил Институт для совместных научно-исследовательских работ в рамках Европейского гранта PIRSES-GA-2011. Николя Биан ознакомился с работой Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Совместно с сотрудниками отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН Н.Биан выполнил научные исследования, направленные на изучение процессов ускорения частиц в солнечных вспышках. Был проведен предварительный анализ солнечной вспышки 15 февраля 2011 года и разработана методика, которая может позволить оценить скорость магнитного пересоединения. Запланировано провести апробацию разработанной методики на солнечной вспышке 12 июня 2010 года и представить полученные результаты в виде статьи. Определены наиболее перспективные направления дальнейших исследований и пути возможного сотрудничества.

С 07 февраля по 19 марта Институт посетил научный сотрудник из Астрономического Института Академии Наук Чешской Республики Мирослав Барта (Miroslav Barta). Цель визита - проведение совместных научно-исследовательских работ по проекту PIRSES-GA-2011. Во время визита М.Барта ознакомился с работой Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Совместно с сотрудниками отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН Мирослав Барта выполнил научные исследования, направленные на изучение роли плазмоидов в генерации энергетических каскадов во время пересоединения на стадии начального энерговыделения в солнечных вспышках. Им были проведены численные расчеты параметров и динамики МГД модели закрученного магнитного жгута, сравнение результатов теоретических расчетов с параметрами плазмы и динамикой развития начальной стадии развитии солнечной вспышки 19 марта 2003 года. Было показано, что наблюдавшееся событие может быть объяснено с помощью численной модели эруптирующего магнитного жгута.

С 19 по 26 февраля научные сотрудники лаборатории по космической погоде из Национального центра космических исследований КАН Гоцзюнь Ван (Guojun Wang) и Чэнь Чжэнвэй (Cheng Zhengwei) посетили Институт для работы по совместному проекту «Особенности реакции ионосферы восточно-азиатского региона на геомагнитные возмущения». На совещании участников проекта Гоцзюнь Ван сделал доклад «Ионосферные плазменные пузыри, наблюдаемые одновременно разными приборами в районе станции Хайнань», Чэнь Чжэнвэй сделал доклад «Контроль продольных токов Ву компонентой ММП во время возмущений». Также обсуждены результаты совместных исследований ионосферы во время магнитных возмущений вблизи меридиана 120Е. Планируется продолжить сотрудничество и представить заявку на новый совместный проект на 2015-2016 гг.

С 27 февраля по 19 марта профессор Марьян Карлицкий (Marian Karlicky)_из Астрономического Института Академии наук Чешской Республики посетил институт для работы по проекту PIRSES-GA-2011. За время пребывания в ИСЗФ СО РАН профессор выступил с докладом на семинаре отдела Радиоастрофизики, а также в составе делегации под руководством зав. лаб. Лесового С.В. ознакомился с работой Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Совместно с сотрудниками отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН проф. Карлицкий выполнил научные исследования, направленные на изучение роли волн в пятнах и инициализацию вспышечных процессов в активных областях. Были проведены исследования, выявившие усиление мощности колебаний перед вспышкой. Здесь волны выступают как волновой триггер энерговыделения. Впервые показано, что продольные волны в магнитных петлях могут трансформироваться в поперечные колебания, что может привести к периодическим пересоединениям магнитных силовых линий и началу энерговыделения.

С 27 февраля по 04 апреля научный сотрудник Хана Месзаросова (Напа Meszarosova) из Астрономического Института Академии наук Чешской Республики посетила институт для работы по проекту PIRSES-GA-2011. Хана Месзаросова выступила с докладом на семинаре отдела Радиоастрофизики, ознакомилась с работой Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Совместно с сотрудниками отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН Хана Месзаросова выполнила научные исследования, направленные на изучение роли волновых процессов в магнитных структурах на солнечном лимбе. В исследованиях активно применялся математический аппарат в виде вейвлет преобразований, Это позволило на двумерных картах прилимбовых областей в ультрафиолетовом диапазоне (SDO/AIA) впервые получить сведения о распределении скоростей волн в различных магнитных структурах. Также были проведены исследования быстрых процессов в радиодиапазоне.

С 07 марта по 04 апреля научные сотрудники из Астрономического Института Академии Наук Чешской Республики Петр Желинек (Petr Jelinek) и Ян Скала (Jan Skala) посетили институт для работы по проекту PIRSES-GA-2011. Они ознакомились с работой Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Совместно с сотрудниками отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН Петр Желинек выполнил научные исследования, связанные с численным моделированием распространения волн в плазме. Полученные результаты были сопоставлены с экспериментальными данными в радио и ультрафиолетовом диапазонах. Ян Скала выполнил научные исследования, направленные на изучение роли магнитных волноводов в процессе доставки волн в

область вспышечного энерговыделения. Было проведено изучение медленных магнитоакустических волн в пятнах их связь с возникновением вспышки. Было показано, что волны могут приводить к процессам вынужденного пересоединения.

С 19 по 23 мая состоялся визит зав. лабораторией, к.ф.-м.н. Уснэх Сухбаатар (Usnikh Sukhbaatar) из Исследовательского центра астрономии и геофизики Монгольской академии наук. Цель визита - обсуждение плана дальнейших работ в рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве между ИСЗФ СО РАН и ИЦАГ АНМ. Намечены конкретные шаги по выполнению научного соглашения на ближайший период времени: 1). Российская сторона выразила намерение установить на обсерватории ИЦАГ АНМ "Сонгино" измерительную станцию производства ЛО ИЗМИРАН для регистрации магнитных вариаций в широком диапазоне частот, теллурических токов и сейсмических колебаний; 2). Стороны согласились продолжить совместные исследования геомагнитных пульсаций и магнитных вариаций в целях изучения процессов формирования космической погоды, используя данные измерений, проводимых на обсерваториях ДСЗФ СО РАН и ИЦАГ МАН.

С 1 апреля 2014 по 31 марта 2015 г. в ИСЗФ СО РАН на основании Разрешения на привлечение и использование иностранных работников № 14000028 от 30 января 2014 г. работает научный сотрудник из Исследовательского центра астрономии и геофизики Монгольской академии наук (Улан-Батор) Цэгмэд Баттуулай (Tsegmed Battuulai).

Название международной организации	Фамилия
Международный астрономический союз	В.М. Григорьев, А.Т. Алтынцев,
(International Astronomical Union – IAU)	В.В. Гречнев, Р.Б. Теплицкая,
	Г.Я. Смольков, Л.Л. Кичатинов,
	Д.Ю. Колобов, В.В. Пипин
Представитель России в Рабочем комитете международной сети	А.С. Потапов
магнитных обсерваторий ИНТЕРМАГНЕТ (International Real-Time	
Magnetic Observatory Network INTERMAGNET)	
Европейское астрономическое сообщество	Л.К. Кашапова
(European Astronomical Society – EAS)	
Сообщество европейских солнечных радиоастрономов	Г.Я. Смольков, А.Т. Алтынцев,
(Community of European Solar Radio Astronomers - CESRA)	В.В. Гречнев, А.А. Кузнецов
Комитет по космическим исследованиям	Г.А. Жеребцов, А.П. Потехин,
(Committee on Space Research – COSPAR)	В.И. Куркин, А.В. Тащилин,
	А.С.Потапов, Р.А. Рахматулин,
	В.В. Мишин
Национальный представитель Международного научного совета по	Г.А. Жеребцов
солнечно-земной физике	
(Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics –SCOSTEP)	
Представитель научной дисциплины в Международном совете по	А.П. Потехин
солнечно-земной физике	
(Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics – SCOSTEP)	
Национальный представитель в Объединенной организации	Г.Я. Смольков
солнечных наблюдений (Joint Organization for Solar Observations -	
JOSO)	
Национальный координатор программы Международная	Г.А. Жеребцов
инициатива Космическая погода (International Space Weather	
Initiative – ISWI)	
Азиатско-тихоокеанское сообщество наук о Земле	А.В. Ойнац
(Asia Oceania Geosciences Society - AOGS)	
Взаимодействие, энергетика и динамика областей атмосферы	В.В. Мишин, А.В. Тащилин
(Coupling, Energetics and Dynamics of Atmospheric Regions -	
CEDAR)	

Участие сотрудников ИСЗФ СО РАН в работе Международных организаций

6.5. Издательская деятельность

В 2014 г. Институтом согласно плану выпуска самостоятельных изданий под грифом Издательства СО РАН были изданы:

1. Сборник «Солнечно-земная физика», вып. 24.

2. Сборник «Физика Солнца и околоземного космического пространства»: Труды конференции, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова.

3. Труды XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн».

4. Отчет о научной и научно-организационной деятельности в 2013 г.

5. Авторефераты диссертаций на соискание ученой степени кандидата физикоматематических наук:

- А.А. Челпанов. «Связь колебаний в солнечных пятнах и факелах с корональными петельными структурами»;

- Я.И. Егоров. «Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн».

- А.С. Полякова. «Исследование ионосферных возмущений, связанных с источниками в нижней нейтральной атмосфере, по данным GPS/ГЛОНАСС-радиозондирования».

6. Авторефераты диссертаций на соискание ученой степени доктора физикоматематических наук:

- С.А. Стародубцев. «Флуктуации интенсивности космических лучей в 11-летнем цикле солнечной активности»;

- А.В. Тащилин. «Формирование крупномасштабной структуры ионосферы в спокойных и возмущенных условиях»;

- А.А. Кузнецов. «Радиоастрономическая диагностика активных процессов на Солнце, звездах и планетах»;

- Н.П. Перевалова. «Исследование ионосферных возмущений методом трансионосферного GPS-зондирования»;

- С.В. Олемской. «Статистические свойства и моделирование глобальных характеристик магнитной активности Солнца»;

- А.В. Медведев. «Развитие методов и аппаратных средств радиофизических исследований верхней атмосферы Земли на Иркутском радаре некогерентного рассеяния».

6.6. Работа библиотеки

За истекший год в электронный каталог «Публикации сотрудников Института» внесено 501 новая запись (всего в каталоге отражено 15037 публикаций), а в БД «Электронные книги» прибавилось 55 новых книг.

За отчетный год по запросам сотрудников скачано 337 статей, выполнено 26 заказов по МБА из удаленных источников (библиотеки других городов) для наших сотрудников и сотрудников других институтов.

В электронный каталог библиотеки продолжается внесение содержание журналов «Геомагнетизм и аэрономия» и «Астрономического журнала». Сегодня работники Института могут просматривать содержание данных журналов с даты основания журналов по 2014 гг. включительно. Начато внесение содержания журнала «Письма в «Астрономический журнал». На сегодняшний день сотрудникам доступно содержание журнала за 2013-2014 гг.

Наполняемость Электронной Библиотеки института на конец ноября достигла 75.7 ГБ (77178 файлов статей).

Ежеквартально обновляются сведения о новых поступлениях в Единый электронный каталог UNIT, объединяющий каталоги всех библиотек ИНЦ и включенный в перечень электронных ресурсов библиотеки ИСЗФ.

В 2014 году существенно продвинулась работа по настройке И усовершенствованию работы интернет-версии ИРБИСА. Создан полноценный сайт библиотеки, на страницах которого читатели могут получить информацию о библиотеке, о доступе к иностранной научной периодике. Появилась возможность просматривать электронные каталоги библиотеки ИСЗФ и Объединенный каталог библиотек ИНЦ. Создан инструмент Авторизации читателей на сайте, что позволяет сотрудникам со своих рабочих компьютеров сделать заказ необходимой литературы, просмотреть списки уже имеющихся на руках книг и журналов.

В 2014 году было прекращено централизованное комплектование библиотечных фондов библиотек СО РАН. Из ГПНТБ СО РАН были присланы остатки книг за 2013 год, в количестве 20 экземпляров, еще 32 книги поступили в дар от различных организаций и сотрудников.

Отечественная периодика поступала по подписке в объеме предыдущих лет. Все иностранные журналы в отчетном году получали в электронном виде. Доступ к электронным научным информационным ресурсам зарубежных издательств Elsevier, Springer, American Physical Society, осуществлялся на основе грантов 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.

Проведены 3 тематические выставки: «Памятные (знаменательные) даты мировой науки», «Мир увлечений», «Картины и вышивки». Выполнено 6 крупных справок по запросам руководства института. Ежеквартально предоставлялись данные по публикационной активности сотрудников за 2013 и 2014 гг. Подготовлены данные о публикационной активности 8 членов диссертационного совета с предоставлением всех статей и источников, в которых они опубликованы, подготовлены материалы к юбилею В.М. Полякова, предоставлены данные к презентации директора Института для ФАНО, осуществлен поиск данных по фильму «Солнечный ветер».

6.7. 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.).

Активно используется инструментальная база Института. В обсерваториях Института ежегодно проходят практику студенты ИГУ, ИрГТУ, БГУ. В Саянской солнечной обсерватории и Байкальской астрофизической обсерватории проведено 8 экскурсий.

Ученые Института совмещают свою научную деятельность с преподавательской работой в вузах. Преподавание ведут 52 сотрудника.

В 2014 г. 36 студентов вузов выполнили в Институте курсовые и дипломные работы.

6.8. 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, научно-популярных лекций, чтения научных И руководства учебной и производственной практикой студентов, руководства научной работой школьников, проведения экскурсий.

В 2014 г. в рамках празднования «Дня науки» в НОЦ проведен турнир по астрономии и физике между победителем прошлогоднего турнира школой № 24, а также Лицеем ИГУ и Лицеем-интернатом №1. Для участников и болельщиков турнира была прочитана лекция «Астероидная опасность: миф или реальность».

Большое место в работе НОЦ занимает научная работа со школьниками. В 2014 г. 11 научных сотрудников и специалистов занимались индивидуальной научноисследовательской работой с 11 школьниками Шелеховского лицея.

Традиционной для НОЦ стала организация и проведение учебной практики, для учащихся лицея-интерната №1, знакомящей школьников с профессиональной деятельностью института. Было задействовано 9 научных сотрудников Института. Для лицеистов прочитана лекция: «Институт солнечно-земной физики: инструменты и обсерватории».

10 апреля 2014 г. в рамках НОЦ при активной поддержке ИГУ и Министерства образования Иркутской области была проведена IV 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. К организации и научному руководству школьниками, в рамках конференции, привлечены 27 научных сотрудников института. В конференции приняли участие 44 школьника, представляющие около 30 школ Иркутской области. С каждым годом наблюдается повышение уровня научных работ школьников. Для участников и слушателей конференции прочитана лекция «В лучах звезды по имени Солнце».

Неотъемлемой частью деятельности НОЦ является работа со студентами физического факультета ИГУ. Сотрудничество с кафедрами общей и космической физики и радиофизики, включает в себя: чтение дополнительных спецкурсов, руководство курсовыми и дипломными работами. В 2014 г. ведущие ученые Института прочитали курсы лекций: по физике Солнца, плазмы, ионосферы и магнитосферы. С целью ознакомления студентов с современными методами исследования околоземного космического пространства проведены курсы лекций по экспериментальным методам радиофизической диагностики и радиофизическим исследованиям ионосферы. Основной упор сделан на исследования ионосферы и атмосферы Земли с использованием экспериментального комплекса и теоретических разработок ИСЗФ СО РАН. Для студентов младших курсов еженедельно проводится учебно-научный семинар «Теория колебаний», который позволит студентам сформировать понимание процессов, существенно влияющих на состояние ионосферы.

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 2014 г. ведущими лекторами НОЦ прочитан курс лекций «Солнечно-земная физика», состоящий из 6 разделов:

- «Элементы физики плазмы»;

- «Солнце звезда»;
- «Солнечная атмосфера»;
- «Солнечный ветер»;
- «Нейтральная атмосфера, ионосфера и плазмосфера»;
- «Магнитосфера».

6.9. Работа музея ИСЗФ СО РАН

Музей ИСЗФ СО РАН образовался в 2010 г. в год 50-летнего юбилея 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 трехсот пятидесяти единиц хранения.

В 2014 году Музей пополнил свою коллекцию. У нас появились уникальные экспонаты, например фрагмент челябинского метеорита, комплект фотографий на пластиковой основе (фотовыставка «К 100-летию В.М Полякова»), демонстрационные материалы: фильмы, книжные издания, редкие фото из коллекций родственников и коллег сотрудников Института.

При участии молодых учёных Института был отреставрирован альбом «От Астрокружка до Космоцентра».

В течение года проводилась систематическая работа с архивными материалами, в результате чего готова часть книги ветеранов (собраны документы по отделам физики Солнца, радиоастрофизики, а также частично - Норильской КМИС).

Альбомы о ветеранах Института составляют важную часть Музея. В них собраны фотографии, отражающие интересные и значимые документальные сведения о трудовой деятельности сотрудников. В 2014 году Музеем продолжена работа по созданию новых альбомов, реставрации старых, поиску фотоматериалов и созданию постеров о ветеранах Института, проработавших 50 и более лет. Эта работа ведется совместно с Советом научной молодежи и профкомом Института.

В выставочном зале Музея в «День науки» была открыта выставка: «СибИЗМИР – это молодость наша. СибИЗМИР – это наша судьба».

В традиционной апрельской Конференции школьников, посвящённой Дню космонавтики Музей принимал активное участие: школьники побывали в выставочном зале и получили на память фото.

Во время проведения Институтом XXIV Всероссийской конференции по распространению радиоволн, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова (с 29 июня по 5 июля 2014 г.) была организована выставка фотографий в память профессора В.М. Полякова.

В августе 2014 года Музеем была подготовлена выставка «Солнечный ветер Евгения Александровича Пономарёва», посвященная памяти выдающегося ученого и его 85-летию со дня рождения. К этой же дате был приурочен просмотр телефильма «Солнечный ветер».

Подготовлена выставка «Норильская КМИС-50!», где представлены фотографии, воспоминания настоящих и бывших сотрудников Института.

В течение года в Музее было проведено 12 экскурсий для студентов ИГУ, ИрГТУ, школьников региона и гостей из Москвы, Санкт-Петербурга, Улан-Удэ, Усолья-Сибирского. В зале Музея прошло несколько занятий для дипломников ИГУ (преподаватель В. А. Пархомов) и дипломников Университета г. Улан-Удэ (преподаватель Б. Б. Криссинель) с использованием приборов, хранящихся в музее.

В 2014 году Музей занимательной науки «Экспериментарий» продолжал активную работу по популяризации научных знаний среди школьников и студентов города Иркутск, Иркутской области, а также жителей других регионов Российской Федерации. Проводились тематические лекции в музее с использованием интерактивных демонстрационных приборов, а также увлекательные экскурсии в планетарии, посвященные тайнам звездного неба.

В «Экспериментарии» были созданы новые интерактивные экспонаты, демонстрирующие проявление различных физических законов. После глубокой корректировки была изменена и доработана экскурсионная программа музея для старших и младших школьников. Были внесены существенные изменения в лекции, читаемые посетителям в планетарии. Начали использоваться новые визуальные и цифровые материалы, что существенно увеличило наглядность, и эффектность восприятия материала.

6.10. Работа Совета научной молодежи Института

Совет научной молодёжи Института в 2014 г. принимал активное участие в научной и научно-организационной деятельности Института.

Совет научной молодежи 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 Совета научной молодежи и профсоюзного комитета Института регулярно проводились турниры по теннису, футболу и шахматам.

6.11. Проведение научных мероприятий

С 29 июня по 5 июля 2014 года в Институте проведена XXIV Всероссийская научная конференция «Распространение радиоволн», посвященная 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова.

Организаторами Конференции выступили Научный совет РАН «Распространение радиоволн», Научный совет ОФН РАН «Физика солнечно-земных связей», Институт солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН), Институт радиотехники и

электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН), Московский физико-технический институт (государственный университет) (МФТИ, Москва), Российский новый университет (РосНОУ, Москва), Иркутский государственный университет (ИГУ, Иркутск). Конференция проведена при участии и поддержке Российской академии наук (РАН), Министерства образования и науки РФ, Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Национального комитета URSI, Российской секции IEEE, Объединенного физического общества РФ.

В работе Конференции приняло участие 317 человек, среди которых – 122 иногордних и 3 зарубежных участника. С докладами выступили 252 ученых, среди которых было 58 молодых ученых.

На Конференции были представлены следующие крупные научные центры:

ИСЗФ СО РАН, ИОА СО РАН, МФТИ, МГУ, ИПГ, НИРФИ, ИРЭ РАН, ИЗМИРАН, ПГТУ, СПбГУ, ВГИ, Казанский (Поволжский) ГУ, ОАО РТИ, НИИДАР, ПГИ, ТГУ, ГУ ЦАУ, УГМАВ, НИУ МЭИ, КФУ, ИГУ, БНЦ СО РАН, МТУСИ, ФИРЭ РАН, ПРАО АКЦ ФИАН, ФИАН, ОАО РТИ им. Минца, БФУ им. И. Канта, ТУСУР, Институт геофизики ВАНТ, ИПФ РАН, ИАПУ ДВО РАН, СВФУ, ИДГ РАН, ПГИ КНЦ РАН, ЮФУ, ИКР ДВО РАН, ИМКЭП СО РАН, РосНОУ, ЦНИИМАШ, АА НИИ, ЗО ИЗМИРАН, КГЭУ, ИКФИА СО РАН, НИ ИрГТУ, ЮФУ, ОАО «Конструкторское бюро по радиоконтролю систем управления, навигации и связи», ЦАО, ОАО «КБ связь», ООО «Ситком», ВКА им. Можайского, Институт природных ресурсов экологии и креологии СО РАН, ОАО «РКК Энергия им. В.П. Королева», Геофизическая служба СО РАН, Харьковский национальный университет, ДТОО «Институт космической техники и технологий», Радиоастрономический институт НАН Украины. АНО атмосферных технологий». ЦНИИМАШ, ОАО НИИМ, «Агентство Институт мониторинга климатических И экологических систем CO PAH, СПбГУ аэрокосмического приборостроения, ЗАО Авиастроительная корпорация «Русич», СВФУ им. Амосова, ООО НТЦ систем технического зрения, ННГУ им. Лобачевского, МИ ВлГУ им. Столетовых, Научно-исследовательский центр ракетно-космической обороны МО РФ.

Работа Конференции состояла из пленарных заседаний, 13 секционных заседаний, круглого стола, выездных сессий в обсерваториях ИСЗФ СО РАН. На пленарном заседании было заслушано 7 докладов о последних достижениях ведущих научных школ РФ в области распространения радиоволн. Общее число докладов составило 258.

На Конференции работали секции:

Секция 1. Распространение радиоволн и дистанционное зондирование верхней атмосферы и космического пространства, под председательством профессора, д.ф.-м.н. Куницына В.Е., д.ф.-м.н. Деминова М.Г., д.ф.-м.н. Куркина В.И., д.ф.-м.н. Смирнова В.М.

Секция 2. Распространение радиоволн метрового – субмиллиметрового диапазонов в тропосфере и урбанизированных средах, под председательством профессора, д.ф.-м.н. Ломухина Ю.Л.

Секция 3. Распространение оптических волн в атмосфере и лазерное зондирование природных сред, под председательством д.ф.-м.н. Матвиенко Г.Г.

Секция 4. Распространение километровых и более длинных радиоволн, под председательством профессора, д.ф.-м.н. Башкуева Ю.Б.

Секция 5. Распространение радиоволн и нелинейные эффекты в ионосфере, под председательством д.ф.-м.н. Фролова В.Л.

Секция 6. Физические проблемы радиолокации и радиосвязи, под председательством д.т.н. Аксенова О.Ю.

Секция 7. Дистанционное зондирование атмосферы и земных покровов, радиометеорология, под председательством профессора, д.ф.-м.н. Кутузы Б.Г., д.ф.-м.н. Щукина Г.Г.

Секция 8. Математическое моделирование проблем электродинамики и распространения радиоволн, под председательством профессора, д.ф.-м.н. Крюковского А.С., д.т.н. Булкина В.В.

Секция 9. Радиотелескопы – аппаратура, методы и результаты наблюдений, под председательством к.ф.-м.н. Медведева А.В.

На Конференции было отмечено, что за последние 3 года получен целый ряд новых научных результатов:

а) проведена глубокая модернизация Иркутского радара некогерентного рассеяния с использованием цифровых методов и компьютерных технологий, улучшены точностные и информационные характеристики радара, позволившая повысить разрешение при исследовании тонкой структуры ионосферы и развить новые направления: контроль движения космических аппаратов и "космического мусора", радиоастрономические наблюдения и исследования неоднородностей ионосферы (ИСЗФ СО РАН);

б) введен в эксплуатацию первый радар российского сегмента международной системы SuperDARN для исследования крупномасштабной динамики ионосферной плазмы в полярном регионе и рассеяния радиоволн в авроральной области (ИСЗФ РАН);

в) реализован европейский сегмент радиотомографической сети мониторинга ионосферы над территорией Российской Федерации (ИПГ, МГУ, НИИ РКП, ПГИ РАН);

г) начато внедрение в сети Росгидромета нового поколения доплеровского локатора – ДМРЛ-С – для повышения эффективности радиометеорологического мониторинга (ЦАО, ВКА им. Можайского);

д) разработаны новые математические методы трехмерного численного моделирования распространения электромагнитных волн в тропосфере, ионосфере и магнитосфере Земли с учетом новых моделей глобального распределения электронной концентрации и магнитного поля Земли (МФТИ, РосНОУ, ИСЗФ РАН, БФУ им. Канта, ИГУ); получены решения задач физической оптики и физической теории дифракции для целей решения задач сверхразрешения и диагностики плазменных неоднородностей (ИФМ СО РАН, ИрГУ, МГУ);

е) проведены лабораторные эксперименты по лазерному зондированию крупной фракции облачных частиц с использованием терагерцовых частот излучения в диапазоне 30-300 мкм. Обосновано применение вихревых оптических пучков для стабилизации оптической связи на открытых атмосферных трассах. Показана теоретическая и экспериментальная эффективность лидаров белого света с фемтосекундным лазерами в изучении микроструктуры атмосферных аэрозолей (ИОА СО РАН, ИЯФ СО РАН, ИХКиГ СО РАН, ИВМ и МГ СО РАН);

ж) методами низкоорбитальной радиотомографии, зондирования ионосферы сигналами GPS, ракурсного рассеяния радиоволн КВ диапазона исследована пространственная структура возмущенной области ионосферы над стендом Сура. Установлено, что искусственные неоднородности плотности плазмы возбуждаются от высот Е области до высот внешней ионосферы. В горизонтальном направлении плазменные неоднородности обнаруживаются на расстоянии ~ 500 км. Обнаружено существование локальных образований с интенсивными мелкомасштабными искусственными декаметровыми неоднородностями, которые могут располагаться на расстоянии до 100 км от центральной части возмущенной области (НИРФИ, МГУ, ЮФУ, КазФУ);

з) доказано, что периодическая с периодом 30-60 мин модификация F2 области ионосферы приводит к генерации внутренних гравитационных волн, которые обнаруживаются на расстоянии порядка 1000 км от стенда (НИРФИ, МГУ, Харьковский НУ);

и) развиты новые методы исследования характеристик D и E областей ионосферы с помощью искусственных периодических неоднородностей (НИРФИ);

к) выполнены широкие исследования особенностей генерации искусственной ионосферной турбулентности при модификации полярной ионосферы мощными КВ радиоволнами Х-поляризации (АА НИИ);

и) разработаны и изготовлены чувствительные магнитные датчики приема сигналов в УНЧ-НЧ диапазонах (НИРФИ);

В итоговых документах Конференции отмечено, что:

а) необходимо поддержать проект «Национальный гелиофизический комплекс РАН», отметить исключительную актуальность и высокий ожидаемый эффект как фундаментальных исследований, так и исследований в прикладной области, поручить Бюро Научного Совета по распространению радиоволн при ОФН РАН оказать содействие при решении вопросов финансирования проекта;

б) повысить информативность работ по учету влияния атмосферы (тропосферы и ионосферы на работу глобальных навигационных систем (ГЛОНАСС, GPS и др.), а именно, тропосферной и ионосферной задержек сигнала;

в) с целью повышения эффективности радиометеорологического оповещения об опасных явлениях погоды и, следовательно, повышения гидрометеорологической безопасности, осуществить наряду с ДМРЛ-С внедрение в сети Росгидромета многопозиционной радиолокации и малогабаритных МРЛ, а также разработку методик по привлечению спектральных и поляризационных характеристик радиосигнала;

г) развить работы по обработке, интеграции и валидации радиолокационных и СВЧ радиометрических данных, получаемых с космических аппаратов, включая совместные дистанционные и наземные измерения с целью повышения достоверности данных;

д) поддержать дальнейшее развитие перспективных исследований ионосферы и распространения радиоволн с помощью ЛЧМ ионозондов (пассивных, активных и канальных (ИСЗФ СО РАН, ПГТУ, КазФУ, НИРФИ, ИКИР ДВО РАН, ЮФУ). Оказывать содействие по финансовой поддержке работ ПГТУ по созданию и внедрению новых универсальных цифровых ионозондов на базе SDR технологии с ФКМ и ЛЧМ сигналами, обладающих широкими возможностями для решения физических проблем распространения радиоволн, радиосвязи, радиолокации и радионавигации;

e) продолжить решение актуальных проблем радиолокационных исследований метеоров, в том числе работ КФУ по развитию методов: защиты информации в метеорном радиоканале; дискретного квазитомографического определения координат метеорного потока: метеорной радиоастрономии, наносекундной синхронизации шкал времени и защиты информации и оказывать содействие в финансовой поддержке работ КазФУ;

ж) оказывать содействие по финансовой поддержке программ научных исследований, проводимых на уникальных экспериментальных установках: стенде «Сура» (НИРФИ), сети ионосферных ЛЧМ зондов (ИСЗФ СО РАН, ПГТУ, КазФУ, НИРФИ, ИКИР ДВО РАН, ИЗМИРАН, ЮФУ) и сети приемников ГЛОНАСС/GPS (МГУ, ИСЗФ СО РАН, ПГТУ, КазФУ), по исследованию ионосферных возмущений различной природы и приложению результатов в радиосвязи и радиолокации;

3) существенно расширить КНЧ-СНЧ исследования на востоке России для изучения глубинного строения земной коры и поисков полезных ископаемых наряду с прямым назначением их использования для связи с погруженными объектами;

и) внедрить технику возбуждения и приема КНЧ-СНЧ электромагнитного поля с применением промышленных линий электропередач для КНЧ-СНЧ мониторинга сейсмоактивных районов России (Камчатка, Сахалин, Байкальская рифтовая система, Алтай, Северный Кавказ);

к) расширить исследования, связанные с влиянием галактического и солнечного рентгеновского изучения на область D ионосферы, а также с влиянием рентгеновского излучения на характеристики принимаемых излучений на характеристические принимаемых излучений в КНЧ-СНЧ-ОНЧ-НЧ диапазонах;

л) продолжить изучение эффектов, связанных с использованием неработающих буровых скважин в качестве волноведущей структуры акустических и электромагнитных излучений в КНЧ-СНЧ-ОНЧ диапазонах;

м) расширить использования по распространению поверхностных радиоволн в Российской Арктике. Внедрить карты параметров геоэлектрических разрезов континентов Земли в практику расчета различных радиолиний;

н) продолжить работы по созданию баз данных по распространению радиоволн и окружающей среды;

о) продолжить разработку новых математических методов и информационноаналитических методов моделирования каналов распространения и дифракции радиоволн для целей дистанционного зондирования, радиосвязи, радиолокации и радионавигации (МФТИ, ИФМ СО РАН, МГУ, РосНОУ, ИЗМИРАН);

п) считать необходимым проведение Научным Советом по распространению радиоволн в рамках Армандовских чтений специализированной конференции, посвященной рассмотрению актуальных проблем активной и пассивной радиолокации (Муром, 2015).

Рассмотрев предложения от ИОА СО РАН (г. Томск), НИИ ВКА им. А.Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург) и КазФУ (г. Казань), было принято предложение о проведении XXV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн» в г. Томске на базе Института оптики атмосферы СО РАН, Томского государственного университета, Томский университет систем управления и радиотехники в 2016 году.

По результатам работы конференции изданы труды конференции в 4х томах.

Для стимулирования работы и поддержки молодых ученых на конференции был организован конкурс докладов участников младше 35 лет. Из общего числа докладов были выделены 5 лучших в устной секции и 1 в стендовой секции.

6.12. 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».

6.13. Участие в научных мероприятиях

В 2014 г. сотрудники Института участвовали в многочисленных научных мероприятиях как российских, так и международных, в том числе зарубежных.

Российские научные мероприятия

1. Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10-14 февраля 2014 г.

2. Всероссийская научная конференция «Метеорит Челябинск – год на Земле». Челябинск, ОБУК «Челябинский государственный краеведческий музей», 14-15 февраля 2014 г.

3. XVIII научная конференция молодых географов Сибири и Дальнего Востока «Развитие географических знаний: научный поиск и новые методы исследования» с элементами научной школы, Иркутск, ИГ СО РАН, 27-31 мая 2014 г.

4. 12-я Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», г. Москва ИКИ РАН, 10-14 ноября 2014 г.

5. Всероссийская научно-практическая конференция «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле, пос. Листвянка, Иркутская область, 23-30 сентября 2014 г.

6. Междисциплинарный коллоквиум «Космические факторы эволюции биосферы и геосферы», г. Москва, ГАИШ, 21-23 мая 2014 г.

7. XVIII Всероссийская конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечноземная физика-2014», Главная Астрономическая Обсерватория РАН, Пулково, г. Санкт-Петербург, 20-25 октября 2014 г.

8. Научно-техническая конференция Научно-технические проблемы разработки и внедрения перспективных информационных технологий в системах ракетнокосмической обороны (Третьи Репинские научные чтения), ОАО «Вымпел», г. Москва, 30 октября 2014 г.

Международные научные мероприятия

1. 6th NDMC (Network for the Detection of Mesopause Change) Meeting, 20-22nd of May, 2014, Grainau, Sourthern Germany.

2. SuperDARN 2014 Workshop, Longyearbyen, Svalbard, Norway (25-30 May 2014).

3. 2nd RadioSun Workshop and Summer School, 26-30 May 2014, Lublin, Poland.

4. Solar and Stellar Flares 2014: Observations, Simulations and Synergies / Prague, 23-27 June 2014.

5. AOGS 11th Annual Meeting, 28 Jul to 01 Aug, 2014, Royton Sapporo Hotel, Japan.

6. The 5th IAGA/ICMA/SCOSTEP Workshop on Vertical Coupling in the Atmosphere-Ionosphere System, 11 - 15 August 2014, Antalya, Turkey.

7. URSI GASS 2014, 31st General Assembly of the International Union of Radio Science, 16-23 August, 2014, Beijing, China.

8. The 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather, (SR-WSP12), August 25-29, 2014, Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia of China.

9. AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas, 31 August-5 September 2014, Jeju Island, Republic of Korea.

10. 24th European Cosmic Ray Symposium, September 1-5, 2014, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany.

11. Workshop NMDB, September 8-12, 2014 (Neutron Monitor Database workshop) in Kiel, Germany.

12. The 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14), 8-12 Sept, Dublin Ireland

13. XIIIth Hvar Astrophysical Colloquium: «Physics of the Solar Atmosphere», September 22-26, 2014 in Hvar, Croatia.

14. 9-ая Российско-Монгольская конференция по астрономии и геофизике, 30 сентября-2 октября, 2014, Улан-Батор, Монголия.

15. XVI IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition and processing, October 7-16 2014, NGRI, Hyderabad, India.

16. SCOSTEP 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium, Xi'An, China, October 12-17, 2014.

17. The Training School «Space Weather for Engineers», Leuven, Belgium, October 15-17, 2014.

18. IAU Symposia IAUS 305: Polarimetry: The Sun to Stars and Stellar Environments – Punta Leona, Costa Rica, November 30-Desember 5, 2014.

19. «4th Workshop on Pan-Eurasian Experiment (PEEX)» (4-е Рабочее совещание по Пан-Европейскому эксперименту), Санкт-Петербург, 4-6 марта 2014 г.

20. XX Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Новосибирск, 23-27 июня 2014 г.

21. Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды «ENVIROMIS-2014». Томск, 28 июня-5 июля 2014 г.

22. 11-я ежегодная конференция Общества Азии-Океании по наукам о земле «Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)», г. Саппоро (Япония), 28 июля-1 августа 2014 г.

23. «40th COSPAR Scientific Assembly». Москва, ИКИ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2-10 августа 2014 г.

24. Международная школа-конференция молодых ученых «Изменения климата и природной среды Северной Евразии: Анализ, прогноз, адаптация», Кисловодск, 14-20 августа 2014 г.

25. Генеральная ассамблея международного радиофизического союза «XXXI General Assembly of the International Union of Radio Science», г. Пекин (Китай), 16-23 августа 2014 г.

26. 10-ая Международная конференция «Проблемы Геокосмоса», Санкт-Петербург, 6–9 октября 2014 г.

7. Публикации

7.1. Статьи в отечественных журналах

1. Ионосферные эффекты в первые два часа после падения метеорита «Челябинск» [текст] / О. И. Бернгардт, В. И. Куркин, Г. А. Жеребцов, О. А. Кусонский, С. А. Григорьева // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 3–14.

2. Богомолов, А. В. Динамика жесткого рентгеновского, гамма- и микроволнового излучения солнечных вспышек, продуцированных активной областью 0069 в августе 2002 г. [текст] / А. В. Богомолов, Л. К. Кашапова, И. Н. Мягкова, Ю. Т. Цап // Астрон. журн. – 2014. – Т. 91, № 3. –С. 211–222.

3. Боровик, А. В. Наблюдение внепятенных солнечных вспышек в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН и их интерпретации [текст] / А. В. Боровик, Д. Ю. Мячин, В. М. Томозов // Известия ИГУ. Сер. «Науки о Земле». – 2014. – Т. 7. – С. 23–45.

4. Боровик, А. В. Астроклимат Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН [текст] / А. В. Боровик, П. А. Коняев // Известия ИГУ. «Сер. Науки о Земле». – 2014. – Т. 8. – С. 25–34.

5. Лидарные отражения верхней атмосферы Камчатки по результатам наблюдений 2008 г. [текст] / В. В. Бычков, Ю. А. Непомнящий, А. С. Пережогин, Б. М. Шевцов, Н. М. Полех // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 2. – С. 111–116.

6. Дегтярев, В. И. Геомагнитная возмущенность в периоды минимумов солнечной активности [текст] / В. И. Дегтярев, Г. В. Попов, С. Э. Чудненко // Вопросы естествознания. – 2014. – Вып. 3(4). – (В печати).

7. Дегтярев, В. И. Солнечный ветер в минимумах солнечной и геомагнитной активности за прошедшие 35 лет [текст] / В. И. Дегтярев, Г. В. Попов, С. Э. Чудненко // Вопросы естествознания. – 2014. – Вып. 3(4). – (В печати).

8. Еселевич, В. Г. Физические отличия в начальной фазе формирования двух типов корональных выбросов массы [текст] / В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич // Астрон. журн. – 2014. – Т. 91, № 4. – С. 320–331.

9. Жеребцов, Г. А. К тайнам дневного светила / Г. А. Жеребцов // В мире науки. – 2014. – № 1. – С. 21–29.

10. Жугжда, Ю. Д. Модель локальных колебаний в солнечных пятнах / Ю. Д. Жугжда, Р. А. Сыч // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 9. – С. 638.

11. Загайнова, Ю. С. Сравнительные характеристики ведущих и ведомых солнечных пятен [текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн, В. Н. Обридко // Астрон. циркуляр. – 2014. – № 1612.

12. Зубкова, А. В. Периодические вариации ширины профиля На в хромосфере корональных дыр как возможный индикатор альфвеновских волн [текст] / А. В. Зубкова, Н. И. Кобанов, А. А. Скляр, Р. И. Костик, Н. Г. Щукина // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 4. – С. 251–259.

13. Кириченко, К. Е. Проявление солнечной активности в температуре поверхности Мирового океана [текст] / К. Е. Кириченко, В. А. Коваленко, С. И. Молодых // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 2. – С. 154–157.

14. Кичатинов, Л. Л. Северно-южная асимметрия солнечного динамо в текущем цикле активности [текст] / Л. Л. Кичатинов, А. И. Хлыстова // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 10. – С. 729–732.

15. Динамика ускоренных ионов в корональных арках и модель источника гаммаизлучения [текст] / Г. Н. Кичигин, Л. И. Мирошниченко, В. И. Сидоров, С. А. Язев // Физика плазмы. – 2014. – Т. 40, № 3. – С. 241–256.

16. Кичигин, Г. Н. Магнитное поле Паркера и релятивистские джеты [текст] / Г. Н. Кичигин // ЖЭТФ. – 2014. – Т. 146, № 4. – С. 747–753.

17. Клибанова, Ю. Ю. Особенности дневных длиннопериодных пульсаций,

наблюдаемых во время импульса солнечного ветра на фоне суббури 1 августа 1998 г. [текст] / Ю. Ю. Клибанова, В. В. Мишин, Б. Цэгмед // Космич. исслед. – 2014. – Т. 52, № 6. – С. 459–467.

18. Кобанов, Н. И. Связь корональных веерных структур с колебаниями над факельными областями [текст] / Н. И. Кобанов, А. А. Челпанов // Астрон. журн. – 2014. – Т. 91, № 4. – С. 332.

19. Ковадло, П. Г. Энергетическая структура оптической турбулентности при различных параметрах воздушного потока [текст] / П. Г. Ковадло, А. Ю. Шиховцев // Известия ИГУ. Сер. «Науки о Земле». – 2014. – Т. 8. – С. 42–55.

20. Коваленко, В. А. Влияние солнечной активности на изменение климата [текст] / В. А. Коваленко, Г. А. Жеребцов // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 2. – С. 134–138.

21. Комарова, Е. С. Проявление метеорной активности потока Леониды в излучении верхней атмосферы Земли [текст] / Е. С. Комарова, А. В. Михалев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 2. – С. 277–287.

22. Исследование влияния двигателей космических аппаратов на ионосферу [текст] / А. Г. Корсун, М. Ю. Куршаков, Д. С. Кушнарев, В. П. Лебедев, Е. М. Твердохлебова, В. В. Хахинов, К. Г. Ратовский // Научное обозрение. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 563–571.

23. Кочеткова, О. С. Анализ факторов, влияющих на возникновение стратосферных потеплений [текст] / О. С. Кочеткова, В. И. Мордвинов, М. А. Руднева // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 8. – С. 719–727.

24. Кравцова, М. В. Анализ форбуш-понижений в периоды сильных геомагнитных возмущений в марте – апреле 2001 г. [текст] / М. В. Кравцова, В. Е. Сдобнов // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 8. – С. 575–581.

25. Морфологические особенности признаков перемещающихся ионосферных неоднородностей по данным слабонаклонного зондирования ионосферы [текст] / В. И. Куркин, О. А. Ларюнин, А. В. Подлесный, М. Д. Пежемская, Л. В. Чистякова // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 2. – С. 158–163.

26. Кутелев, К. А. Моделирование сигнала ВНЗ радара SuperDARN в присутствии движущейся среднемасштабной неоднородности во время падения метеорита «Челябинск» [текст] / К. А. Кутелев, О. И. Бернгардт // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 15–26.

27. Ларюнин, О. А. Использование данных двух близко расположенных ионозондов при диагностике перемещающихся ионосферных возмущений [текст] / О. А. Ларюнин, В. И. Куркин, А. В. Подлесный // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 10–17.

28. Малькова, П. Л. Исследование широтных особенностей генерации волновых пакетов солнечным терминатором в долготном регионе Америки в течение 2008 г. [текст] / П. Л. Малькова, И. К. Едемский // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 84–86.

29. Михалев, А. В. Яркость ночного неба и собственное излучение верхней атмосферы в регионе Восточной Сибири после падения челябинского метеорита [текст] / А. В. Михалев // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 54–57.

30. Михалев, А.В. Среднеширотные сияния в Восточной Сибири в 1991–2012 гг. [текст] / А.В. Михалев // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 78–83.

31. Михалев, А.В. Оптические характеристики ночного неба в Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита. 1. Яркость ночного неба [текст] / А.В. Михалев, С.В. Подлесный, П. Стоев // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 12. – С. 1085–1089.

32. Мыльникова, А. А. Определение абсолютного вертикального полного

электронного содержания в ионосфере по данным ГЛОНАСС/GPS [текст] / А. А. Мыльникова, Ю. В. Ясюкевич, В. В. Демьянов // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 70–77.

33. Ожогина, О. А. Изменение от центра к краю диска низкочастотных колебаний яркости солнечной хромосферы по линиям Са II [текст] / О. А. Ожогина, Р. Б. Теплицкая // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 6. – С. 404–415.

34. Пензин, М. С. Использование неквадратичной регуляризации для разделения лучей в квазистационарном радиоканале [текст] / М. С. Пензин, Н. В. Ильин // Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника. – 2014. – № 8. – С. 38–43.

35. Поведение полного электронного содержания во время пролета и взрыва челябинского метеороида [текст] / Н. П. Перевалова, Н. В. Шестаков, А. С. Жупитяева, Ю. В. Ясюкевич, С. В. Воейков, К. А. Кутелев // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 36–41.

36. Изменчивость температуры в области мезопаузы по наблюдениям гидроксильного излучения на средних широтах [текст] / В. И. Перминов, А. И. Семенов, И. В. Медведева, Н. Н. Перцев // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 2. – С. 246–256.

37. Солнечный телескоп оперативных прогнозов нового поколения [текст] / В. С. Пещеров, В. М. Григорьев, П. М. Свидский, А. Н. Бевзов, К. И. Будников, С. В. Власов, А. А. Зотов, В. Н. Котов, А. К. Китов, А. А. Лубков, С. А. Лылов, В. А. Перебейнос // Автометрия. – 2013. – № 6. – С. 62–69.

38. Подлесный, А. В. Реализация метода восстановления передаточной функции ионосферного радиоканала по результатам зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом [текст] / А. В. Подлесный, В. П. Лебедев, Н. В. Ильин, В. В. Хахинов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 63–70.

39. Поляков, А. Р. Анализ структуры стоячих МГД-волн в магнитосфере методом корреляционных функций флуктуаций амплитуды и фазы [текст] / А. Р. Поляков // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 6. – С. 1–12.

40. Полякова, А. С. Ионосферные эффекты внезапных стратосферных потеплений в Восточносибирском регионе России [текст] / А. С. Полякова, М. А. Черниговская, Н. П. Перевалова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 85–96.

41. Анализ крупномасштабных ионосферных возмущений, наблюдавшихся в день взрыва челябинского метеороида на ионозондах в азиатской части России [текст] / К. Г. Ратовский, А. Ю. Белинская, О. А. Кусонский, А. Е. Степанов // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 27–31.

42. О возможной геоэффективности пролета челябинского метеороида в магнитосфере Земли [текст] / Р. А. Рахматулин, А. Ю. Пашинин, Ю. В. Липко, С. Ю. Хомутов, И. Ю. Бабаханов // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 64–69.

43. Руднева М. А. Долговременные изменения внезапных стратосферных потеплений / М. А. Руднева, О. С. Кочеткова, В. И. Мордвинов // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. «Науки о Земле». – 2013. – № 2. – С. 148–156.

44. Анализ подходов моделирования годового и спектрального года аэрозольной оптической толщи атмосферы в регионах Сибири и Приморья [текст] / С. М. Сакерин, С. А. Береснев, Д. М. Кабанов, Г. И. Корниенко, С. В. Николашкин, В. А. Поддубный, М. А. Тащилин, Ю. С. Турчинович, Б. Н. Холбен, А. Смирнов // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 12. – С. 1047–1058.

45. Седых, П. А. К вопросу о влиянии сильных магнитосферных бурь на метеорологические процессы в нижней атмосфере [текст] / П. А. Седых, И. Ю. Лобычева // Вопросы естествознания. – 2014. – № 2 (3). – С. 102–111.

46. Седых, П. А. Структурно-адекватная модель магнитосферно-ионосферных процессов в рамках программы «Космическая погода» [текст] / П. А. Седых // Вопросы естествознания. – 2014. – № 2 (3). – С. 112–124.

47. Семенов, А. И. Эмпирическая модель вариаций эмиссии континуума верхней атмосферы. 1. Интенсивность [текст] / А. И. Семенов, Н. Н. Шефов, И. В. Медведева // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, №4. – С. 528–539.

48. Семенов, А. И. Долготные вариации гидроксильного излучения. 2. Высота излучающего слоя, колебательная температура, интенсивность [текст] / А. И. Семенов, Н. Н. Шефов, И. В. Медведева // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 3. – С. 404–411.

49. Семенов, А.И. Эмпирическая модель вариаций эмиссии континуума верхней атмосферы. 2. Инфразвуковые компоненты [текст] / А.И. Семенов, Н.Н. Шефов, И.В. Медведева // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 5. – С. 701.

50. Смольков, Г. Я. О системном и мультидисциплинарном в изучении солнечноземных связей [текст] / Г. Я Смольков // Вопросы естествознания. – 2014. – № 1 (2). – С. 56–66.

51. Смольков, Г. Я О системном и мультидисциплинарном в изучении солнечноземных связей [текст] / Г. Я Смольков // Вопросы естествознания. – 2014. – № 2 (3). – С. 77–86.

52. Смольков, Г. Я. К системному и мультидисциплинарному изучению солнечноземных связей [Электронный ресурс] / Г. Я Смольков // Астрономический циркуляр. – 2014. – № 1619. – URL: http://comet.sai.msu.ru/~gmr/AC/AC1619.pdf (дата обращения 02.02.2015).

53. Сорокин, А. Г. Инфразвуковое излучение челябинского метеороида [текст] / А. Г. Сорокин // Солнечно-земная физика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 24. – С. 58–63.

54. Сорокин, А. Г. О структуре инфразвукового сигнала Челябинского метеороида [электронный ресурс] / А. Г. Сорокин // Ученые записки физического факультета МГУ: электронный журнал. – 2014. – № 6. – Режим доступа: <u>http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2014/6</u> (дата обращения 02.02.2015).

55. Тащилин, А. В. Моделирование свойств плазмосферы при спокойных и возмущенных условиях [текст] / А. В. Тащилин, Е. Б. Романова // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 1. – С. 13–22.

56. Турова, И. П. Колебания в нижней солнечной атмосфере в основании корональных дыр [текст] / И. П. Турова // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 2/3. – С. 168–184.

57. Фирстова, Н. М. Наблюдение ударной поляризации линии На в солнечных вспышках [текст] / Н. М. Фирстова, В. И. Поляков, А. В. Фирстова // Письма в АЖ. – 2014. – Т. 40, № 7. – С. 498–508.

58. Хабитуев, Д. С. Вариации высоты перехода О⁺/H⁺ над Восточной Сибирью по данным Иркутского радара НР и ПЭС GPS [текст] / Д. С. Хабитуев, Б. Г. Шпынев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 107–117.

59. Черниговская, М. А. Метеорологические эффекты ионосферной возмущенности над Иркутском по данным вертикального радиозондирования [текст] / М. А. Черниговская, Е. Н. Сутырина, К. Г. Ратовский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 2. – С. 264–274.

60. Аэрономические эффекты внезапного стратосферного потепления в январе 2009 г. и их влияние на ионосферу [текст] / Б. Г. Шпынев, Д. Панчева, П. Мухтаров, В. И. Куркин, К. Г. Ратовский, М. А. Черниговская, А. Ю. Белинская, А. Е. Степанов // Исслед. Земли из космоса. – 2014. – № 3. – С. 3–13.

61. Проявление гравитационных приливов и планетарных волн в долговременных вариациях геофизических параметров [текст] / Б. Г. Шпынев, А. В. Ойнац, В. П.

Лебедев, М. А. Черниговская, И. И. Орлов, А. Ю. Белинская, О. И. Грехов // Геомагнетизм и аэрономия. – 2014. – Т. 54, № 4. – С. 540–552.

62. Язев, С.А. Лунная тень над Африкой [текст] / С. А. Язев // Наука из первых рук. – 2014. – № 5/6. – С. 168–177.

63. Язев, С.А. Наблюдения полного солнечного затмения в Кении [текст] / С. А. Язев // Земля и Вселенная. – 2014. – № 2. – С. 74–78.

7.2. Статьи в зарубежных журналах

1. Temporal variations in the large-scale magnetic field of the solar atmosphere [Text] / Z. S. Akhtemov, O. A. Andreeva, G. V. Rudenko, N. N. Stepanyan, V. G. Fainshtein // Bull. Crimean Astrophys. Observatory. – 2014. – Vol. 110. – P. 114–124.

2. Geomagnetic storms, superstorms, and their impacts on GPS-based navigation systems [Text] / E. I. Astafyeva, Yu. V. Yasyukevich, A. Maksikov, I. V. Zhivet'ev // Space Weather. – 2014. – Vol. 12, N 7. – P. 508–525.

3. Dynamics of the hard X-ray, gamma-ray, and microwave emission of solar flares produced by the active region NOAA 0069 in August 2002 [Text] / A. V. Bogomolov, L. K. Kashapova, I. N. Myagkova, Y. T. Tsap // Astron. Rep. – 2014. – Vol. 58, N 3. – P. 156–166.

4. Estimation of the astronomical seeing at the Large Solar Vacuum Telescope site from optical and meteorological measurements [Text] / N. N. Botygina, P. G. Kovadlo, E. A. Kopylov, V. P. Lukin, M. V. Tuev, A. Yu. Shikhovtsev // Atmos. Oceanic Opt. – 2014. – Vol. 27, N 2. – P. 142–146.

5. Lidar returns from the upper atmosphere of Kamchatka according to Observations in 2008 [Text] / V. V. Bychkov, Yu. A. Nepomnyashchii, A. S. Perezhogin, B. M. Shevtsov, N. M. Polekh // Atmos. Oceanic Opt. – 2014. – Vol. 27, N 4. – P. 297–302.

6. A trio of gamma-ray burst supernovae: GRB 120729A, GRB130215A/SN 2013ez, and GRB 130831A/SN 2013fu [Text] / Z. Cano, A. D. Postigo, A. Pozanenko, N. Butler, E. Klunko, et. al. // Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 568. – P. A19.

7. Cheremnykh, O. K., On the structure of azimuthally small-scale ULF-oscillations of hot space plasma in a curved magnetic field. Modes with continuous spectrum [Text] / O. K. Cheremnykh, D. Yu. Klimushkin, D. V. Kostarev // Kinematics and Physics of Celestrial Bodies. – 2014. – Vol. 30, N 5. – P. 209–222.

8. Lidar and satellite temperature measurements during the sudden stratospheric warmings over Siberia and the Russian Far East in 2008–2012 [Text] / M. A. Chernigovskaya, V. I. Kurkin, V. N. Marichev, S. V. Nikolashkin, V. V. Bychkov, O. S. Kochetkova // Intern. J. Remote Sensing. – 2014. – Vol. 35, N 15. – P. 5854–5877.

9. Churilov, S. M. Weakly nonlinear stage of instability development in a sharply stratified shear flow with an inflection-free velocity profile [Text] / S. M. Churilov // Univ. J. Phys. and Appl. -2014. -Vol. 2, N 2. -P. 129–141.

10. Firstova, N. M. Observation of H α line impact polarization in solar flares [Text] / N. M. Firstova, V. I. Polyakov, A. V. Firstova // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 7. –P. 449–458.

11. Fleishman, G. D. Theory of gyroresonance and free-free emissions from non-maxwellian quasi-steady-state electron distributions [Text] / G. D. Fleishman, A. A. Kuznetsov // Astrophys. J. – 2014. – Vol. 781, N 2. – P. 77.

12. 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 [Text] / V. V. Grechnev, A. M. Uralov, V. Slemzin, I. M. Chertok, B. Filippov, G. V. Rudenko, M. Temmer // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 1. – P. 289–318.

13. 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 [Text] / V. V. Grechnev, A. M. Uralov, V. Slemzin, I. M. Chertok, B. Filippov, Ya. I. Egorov, V. G. Fainshtein, A. N. Afanasiev, N. P. Prestage, M. Temmer // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 4. –

P. 1279–1312.

14. Challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. IV. Unusual magnetic cloud and overall scenario [Text] / V. V. Grechnev, A. M. Uralov, I. M. Chertok, A. V. Belov, B. Filippov, V. Slemzin, B. A. Jackson // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 12. – P. 4653–4673.

15. Eselevich, V. G. Physical differences between the initial phase of the formation of two types of coronal mass ejections [Text] / V. G. Eselevich, M. V. Eselevich // Astron. Rep. – 2014. – Vol. 58, N 4. – P. 260–271.

16. Karak, B. B. A dynamo model of magnetic activity in solar-like stars with different rotational velocities [Text] / B. B. Karak, L. L. Kitchatinov, A. R. Choudhuri // Astrophys. J. –2014. – Vol. 791, N 1. – P. 59.

17. Dynamics of accelerated ions in coronal loops and model of a gamma-ray source [Text] / G. N. Kichigin, L. I. Miroshnichenko, V. I. Sidorov, S. A. Yazev // Plasma Phys. Rep. – 2014. – Vol. 40, N 3. P. 178–193.

18. Kichigin, G.N. Parker's magnetic field and relativistic jets [Text] / G. N. Kichigin // J. Exp. Theoret. Phys. – 2014. – Vol. 119, N 4. – P. 657–662.

19. Kitchatinov, L. L. Baroclinic instability in stellar radiation zones [Text] / L. L. Kitchatinov // Astrophys. J. – 2014. – Vol. 784, N 1. – P. 81.

20. Kitchatinov, L. L. Magnetic fields in fully convective M-dwarfs: Oscillatory dynamos versus bistability [Text] / L. L. Kitchatinov, D. Moss, D. D. Sokoloff // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. – 2014. –Vol. 442, – 1. – P. L1–L4.

21. Kitchatinov, L. L. North-south asymmetry of solar dynamo in the current activity cycle [Text] / L. L. Kitchatinov, A. I. Khlystova // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 10. – P. 663.

22. Kitchatinov, L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modeling [Text] / L. L. Kitchatinov // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 7. – P. 867–876.

23. The relativistic solar particle event of 2005 January 20: Origin of delayed particle acceleration [Text] / K.-L. Klein, S. Masson, C. Bouratzis, V. V. Grechnev, A. Hillaris, P. Preka-Papadema, et al. // Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 572. – P. A4.

24. Klimushkin D. The Alfven wave parallel electric field in non-uniform space plasmas [Text] / D. Klimushkin, P. Mager // Astrophys. Space Sci. – 2014. – Vol. 350, N 2. – P. 579–583.

25. Klibanova, Y. Specific features of daytime long-period pulsations observed during the solar wind impulse against a background of the substorm of August 1, 1998 [Text] / Y. Klibanova, V. V. Mishin, B. Tsegmed // Cosmic Res. – 2014. – Vol. 52, N 6. – P. 421–429.

26. Kobanov, N. I. The relationship between coronal fan structures and oscillations above faculae regions [Text] / N. I. Kobanov, A. A. Chelpanov // Astron. Rep. – 2014. – Vol. 58, N 4. – P. 272–279.

27. Influence of magnetic field on propagation of five-minute oscillations in the Sun's atmosphere: Phase shifts [Text] / R. I. Kostik, N. G. Shchukina, N. I. Kobanov, V. A. Pulyaev // Kinematics and Physics of Celestrial Bodies. -2014. - Vol. 30, N 1. - P. 40–45.

28. Kovalenko, V. A. Influence of solar activity on the climate change [Text] / V. A. Kovalenko, G. A. Zherebtsov // Atmos. Oceanic Opt. – 2014. – Vol. 27, N 6. – P. 506–510.

29. Dispersion equation for balooning modes in two-component plasma [Text] / D. A. Kozlov, N. G. Mazur, V. A. Pilipenko, E. Fedorov // J. Plasma Phys. – 2014. – Vol. 80, N 3. – P. 379–393.

30. Kramynin, A. P. Secular cycles in reconstructed sunspot number series [Text] / A. P. Kramynin, A. V. Mordvinov // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 8. – P. 1006–1009.

31. Kravtsova, M.V. Analysis of Forbush decreases during strong geomagnetic disturbances in March–April 2001 [Text] / M. V. Kravtsova, V. E. Sdobnov // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 8. – P. 519–525.

32. Studying morphological characteristics of traveling ionospheric disturbances with the use of near-vertical ionospheric sounding data [Text] / V. I. Kurkin, O. A. Larunin, A. V. Podlesny, M. D. Pezhemskaya, L. V. Chistyakova // Atmos. Oceanic Opt. – 2014. – Vol. 27, N 4. – P. 303.

33. Leonovich, A. S. Coupled guided modes in the magnetotails: Spatial structure and balooning instability [Text] / A. S. Leonovich, D. A. Kozlov // Astrophys. Space Sci. -2014. - Vol. 353, -1. -P. 9–23.

34. A 96-antenna radioheliograph [Text] / S. V. Lesovoi, A. T. Altyntsev, E. F. Ivanov, A. V. Gubin // Res. Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 14, N 7. – P. 864–868.

35. Comparison of ground-based OH temperature data measured at Irkutsk (52° N, 37° E) stations with Aura MLS v3.3 [Text] / I. V. Medvedeva, A. I. Semenov, V. I. Perminov, A. B. Beletsky, A. V. Tatarnikov // Acta Geophysica. – 2014. – Vol. 62, N 2. – P. 340–349.

36. Mikhailova, O. S. The spatial structure of ULF-waves in the equatorial resonator localized at the plasmapause with the admixture of the heavy ions [Text] / O. S. Mikhailova // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. -2014. - Vol. 108. - P. 10–16.

37. Old tail lobes effect on the solar wind – magnetosphere energy transport for the 27 August 2001 substorm [Text] / V. V. Mishin, V. M. Mishin, Z. Pu, S. B. Lunyushkin, L. A. Sapronova, U. Sukhbaatar, D. G. Baishev // Adv. Space Res. – 2014. – Vol. 54, N 12. – P. 2540–2548.

38. Mordvinov, A.V. Reversals of the Sun's polar magnetic fields in relation to activity complexes and coronal holes [Text] / A. V. Mordvinov, S. A. Yazev // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 6. – P. 1971–1981.

39. Nakariakov, V. M. Editorial: Solar radiophysics – recent results in observations and theories [Text] / V. M. Nakariakov, L. K. Kashapova, Y. H. Yan // Res. Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 14, N 7. – P. E1–E6.

40. Nistico, G. Dynamics of a multi-thermal loop in the solar corona [Text] / G. Nistico, S. Anfinogentov, V. M. Nakariakov // Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 570. – P. A84.

41. Ozhogina, O.A. Center-to-limb variation of low-frequency CaII line brightness oscillations in the solar chromosphere [Text] / O.A. Ozhogina, R. B. Teplitskaya // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 6. – P. 361–371.

42. Threshold magnitude for ionospheric response ionospheric TEC response to earthquakes [Text] / N. P. Perevalova, V. San'kov, E. I. Astafyeva, A. Zhupityaeva // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. – 2014. – Vol. 108. – P. 77–90.

43. Temperature variations in the mesopause region according to the hydroxyl-emission observations at midlatitudes [Text] / V. I. Perminov, A. I. Semenov, I. V. Medvedeva, N. N. Pertsev // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 2. – P. 230–239.

44. Variability of mesopause temperature from the hydroxyl observations over midlatitudinal sites Zvenigorod and Tory, Russia [Text] / V. I. Perminov, A. I. Semenov, I. V. Medvedeva, Yu. Zheleznov // Adv. Space Res. – 2014. – Vol. 54, N 12. – P. 2511–2517.

45. Pipin, V. V. Effects of anisotropies in turbulent magnetic diffusion in mean-field solar dynamo models [Text] / V. V. Pipin, A. G. Kosovichev // Astrophys. J. – 2014. – Vol. 785, N 1. – P. 49.

46. Pipin, V. V. Magnetic helicity of the global field in solar cycles 23 and 24 [Text] / V. V. Pipin, A. Pevtsov // Astrophys. J. – 2014. – Vol. 789, N 1. – P. 21.

47. Reversals of the solar magnetic dipole in the light of observational data and simple dynamo models [Text] / V. V. Pipin, D. Moss, D. D. Sokoloff, S. Hoeksema // Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 567. – P. A90.

48. Podgorny, I. M. The magnetic field distribution in active regions in the quiet time and during large solar flares [Text] / I. M. Podgorny, A. I. Podgorny, N. S. Meshalkina // Sun and Geosphere. – 2014. – Vol. 8, N 2. – P. 63–69.

49. Polyakov, A. R. The structure of one-dimensional standing MHD waves in and at the boundary of the dayside plasmasphere [Text] / A. R. Polyakov // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. – 2014. – Vol. 119. – P. 193–202.

50. Polyakov, A. R. Standing MHD wave structure in the magnetosphere analyzed using the method of correlation functions of amplitude and phase fluctuations [Text] / A. R. Polyakov // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 6. – P. 735–745.

51. Polyakova, A.S., Ionospheric effects of sudden stratospheric warmings in Eastern Siberia region [Text] / A. S. Polyakova, M. A. Chernigovskaya, N. P. Perevalova // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. – 2014. – Vol. 120. – P. 15–23.

52. Potapov, A. S. Solar cycle variation of "killer" electrons at geosynchronous orbit and electron flux correlation with the solar wind parameters and ULF wave intensity [Text] / A. S. Potapov, B. Tsegmed, L. V. Ryzhakova // Acta Astronautica. – 2014. – Vol. 93. – P. 55–63.

53. Emission of ionospheric Alfven rezonator and ionospheric conditions [Text] / A. S. Potapov, T. Polyushkina, B. V. Dovbnya, B. Tsegmed, R. A. Rakhmatulin // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. – 2014. – Vol. 119. – P. 91–101.

54. Ratovsky, K.G. Comparative study of high-latitude, mid-latitude and low-latitude ionosphere on basis of local empirical models [Text] / K. G. Ratovsky, J. K. Shi, A. V. Oinats, E. B. Romanova // Adv. Space Res. – 2014. – Vol. 54, N 3. – P. 509–516.

55. Erratum: Three-minute oscillations above sunspot umbra observed with the Solar Dynamics Observatory [Text] / V. E. Reznikova, K. Shibasaki, R. A. Sych, V. M. Nakariakov [Text] / Atmospheric Imaging Assembly and Nobeyama Radioheliograph. (2012, ApJ, 746, 119) // Astrophys. J. – 2014. – Vol. 792, N 1. – P. 81.

56. Rudenko, G.V. Very fast and accurate azimuth disambignation of vector magnetograms [Text] / G. V. Rudenko, S. Anfinogentov // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 5. – P. 1499–1516.

57. Modulation of auroras by Pc5 pulsations in the dawn sector in association with reappearance of energetic particles at geosynchronous orbit [Text] / O. Saka, K. Hayashi, D. Klimushkin, P. Mager // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. -2014. - Vol. 110-111. - P. 1-8.

58. Sedykh, P. A. Bow shock: Power aspects [Text] / P. A. Sedykh // Adv. Space Res. – 2014. – Vol. 54, N 1. – P. 14–21.

59. Semenov, A. I. Longitudinal variations of the hydroxyl emission. 2. Height of the emitting layer, vibrational temperature and intensity [Text] / A. I. Semenov, N. N. Shefov, I. V. Medvedeva // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 3. – P. 373–380.

60. Semenov, A. I. Empirical model of variations in the continuum emission in the upper atmosphere. 1. Intensity [Text] / A. I. Semenov, N. N. Shefov, I. V. Medvedeva // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 4. – P. 488–499.

61. Semenov, A. I. Empirical model for variation of the continuum emission in the upper atmosphere. 2. Infrared components [Text] / A. I. Semenov, N. N. Shefov, I. V. Medvedeva // Geomagnetism and Aeronomy. -2014. - Vol. 54, N 5. - P. 655.

62. Investigation of total absorption of radio waves in high latitude ionosphere [Text] / J. K. Shi, Z. Wang, W. Tao, G. A. Zherebtsov, E. B. Romanova, K. G. Ratovsky // Plasma Sci. Technology. – 2014. – Vol. 16, N 9. – P. 833–836.

63. Manifestation of gravitational tides and planetary waves in long-term variations in geophysical parameters [Text] / B. G Shpynev. A. V. Oinats, V. P. Lebedev, M. A. Chernigovskaya, I. I. Orlov, A. Yu. Belinskaya, O. M. Grekhov // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 4. – P. 500–512.

64. Shpynev, B.G. Estimation of the plasmosphere electron density and O+/H+ transition height from Irkutsk incoherent scatter data and GPS total electron content [Text] / B. G. Shpynev, D. S. Khabituev // J. Atm. Sol.-Terr.Phys. – 2014. – Vol. 119. – P. 223–228.

65. A review of Holocene solar-linked climatic variations on centennial to millennial timescales: Physical processes, interpretative frameworks and a new multiple cross-wavelet transform algorithm [Text] / W. Soon, V. M. V. Herrera, K. Selvaraj, R. Traversi, I. G. Usoskin, C. T. A. Chen, J. Y. Lou, S. J. Kao, R. M. Carter, V. V. Pipin // Earth- Science Rev. – 2014. – Vol. 134. – P. 1–15.

66. Sych, R. A. Wave dynamics in sunspot umbra [Text] / R. A. Sych, V. M. Nakariakov

// Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 569. – P. A72.

67. Tashchilin A.V., Romanova E.B. Modeling of properties of the plasmosphere under quiet and disturbed conditions // Geomagnetism and Aeronomy. 2014. Vol.54, №1. P. 11-19.

68. Turova, I. P. Oscillations in the lower solar atmosphere at the base of coronal holes [Text] / I. P. Turova // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 2/3. – P. 145.

69. Tyagun, N. F. Line widths and Doppler velocities according to the FeX 26374 Å and FeXIV 5303 Å observations performed with the large coronograph at Sayan Observatory [Text] / N. F. Tyagun // Geomagnetism and Aeronomy. – 2014. – Vol. 54, N 7. – P. 959–964.

70. Tyasto, M. I. Variations in solar wind parameters and cosmic ray cutoff rigidities during strong geomagnetic disturbances [Text] / M. I. Tyasto, O. A. Danilova, V. E. Sdobnov // Sun and Geosphere. -2014. - Vol. 8, N 2. - P. 105–108.

71. A challenging solar eruptive event of 18 November 2003 and the causes of the 20 November geomagnetic superstorm. III. Catastrophe of the eruptive filament at a magnetic null point and formation of an opposite-handedness CME [Text] / A. M. Uralov, V. V. Grechnev, G. V. Rudenko, I. I. Myshyakov, I. M. Chertok, B. Filippov, V. Slemzin // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 10. – P. 3747–3771.

72. Название статьи на китайском языке [Text] / G. Wang, J. K. Shi, Z. Cheng, S. P. Shang, G. A. Zherebtsov // Chinese J. Radio Sci. – 2014. – Vol. 29, N 1. – P. 66–71.

73. Multi-height observations of magnetoacoustic cutt-off frequency in a sunspot atmosphere [Text] / D. Yuan, R. A. Sych, V. E. Reznikova, V. M. Nakariakov // Astron. Astrophys. – 2014. – Vol. 561. – P. A19.

74. Zhugzhda, Y. Model of local oscillations in sunspots [Text] / Y. Zhugzhda, R. A. Sych // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 9. – P. 576–593.

75. On polarization of the zebra pattern in solar radio emission [Text] / E. Ya. Zlotnik, V. V. Zaitsev, A. T. Altyntsev // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, N 1. – P. 233–249.

76. Stability of the seasonal variations in diurnal and semidiurnal components of midlatitude F2 layer parameters [Text] / N. A. Zolotukhina, N. M. Polekh, E. B. Romanova, A. S. Polyakova // Adv. Space Res. – 2014. – Vol. 54, N 3. – P. 342–354.

77. Periodic variations of the Ha profile width in the chromosphere of coronal holes as a possible indicator of Alfven waves [Text] / A. V. Zubkova, N. I. Kobanov, A. A. Sklyar, R. I. Kostik, N. G. Shchukina // Astron. Lett. – 2014. – Vol. 40, N 4. – P. 222–229.

78. Временные вариации крупномасштабного магнитного поля в атмосфере Солнца на высотах от фотосферы до поверхности источника [Text] / 3. С. Ахтемов, О. А. Андреева, Г. В. Руденко, Н. Н. Степанян, В. Г. Файнштейн // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 3: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 17–30.

79. Бару, Н. А. Зависимость характеристик ионосферного альфвеновского резонанса от состояния геокосмоса по данным синхронных наблюдений в Антарктике и Евразии [Text] / Н. А. Бару, А. В. Колосков, Р. А. Рахматулин // Украинский Антарктический журнал. – 2013. – № 12. – С. 177–185.

80. Вальчук, Т. Е. Особенности циклических вариаций крупномасштабного магнитного поля Солнца и их связь с солнечной и геомагнитной активностью [Text] / Т. Е. Вальчук, Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 3: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 40–49.

81. Григорьев, В. М. Формирование ведущего пятна в активной области по данным SDO [Text] / В. М. Григорьев, Л. В. Ермакова, А. И. Хлыстова // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 2: Междунар. науч. конф. «Физика Солнца и 24 цикл». 2–8 сентября 2012 г., КрАО. – С. 64.

82. Девятова, Е. В. Влияние крупномасштабной структуры течения на неустойчивости в тахоклине [Text] / Е. В. Девятова, В. И. Мордвинов // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. –2013. – Т. 109, – № 2: Междунар. науч. конф. «Физика Солнца и 24

цикл». 2-8 сентября 2012 г., КрАО. - С. 65.

83. Генерирование устойчивого волнового потока на фотосферном уровне в эпоху минимума цикла солнечной активности [Text] / В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич, Д. В. Романов, В. А. Романов, К. В. Романов, Н. В. Кучеров // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 2: Междунар. науч. конф. «Физика Солнца и 24 цикл». 2–8 сентября 2012 г., КрАО. – С. 67.

84. Физический механизм генерации корональных выбросов массы из верхних слоев конвективной зоны [Text] / В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич, В. А. Романов, Д. В. Романов, К. В. Романов, Н. В. Кучеров // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. Т. 109, – № 4: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 54–60.

85. Загайнова, Ю. С. Возникновение и движение быстрых корональных выбросов массы типа «гало», не связанных с эруптивными волокнами [Text] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 3: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 50–59.

86. Караханян, А. А. Отклик атмосферного давления на секторную структуру ММП в высоких широтах [Text] / А. А. Караханян, С. И. Молодых // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 2: Междунар. науч. конф. «Физика Солнца и 24 цикл». 2–8 сентября 2012 г., КрАО. – С. 70.

87. Влияние магнитного поля на распространение 5-минутных колебаний в атмосфере Солнца: сдвиги фаз [Text] / Р. И. Костик, Н. Г. Щукина, Н. И. Кобанов, В. А. Пуляев // Кинематика и физика небесных тел. – 2014. – Т. 30, – № 1. – С. 61–69.

88. Олемской, С. В. Модель динамо глобальных минимумов и максимумов солнечной активности с нелокальным альфа-эффектом [Text] / С. В. Олемской, Л. Л. Кичатинов // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 2: Междунар. науч. конф. «Физика Солнца и 24 цикл». 2–8 сентября 2012 г., КрАО. – С. 79.

89. Файнштейн, В. Г. Радиальные распределения величины магнитного поля в солнечной короне, полученные с использованием сведений о быстрых гало КВМ [Text] / В. Г. Файнштейн Я. И. Егоров, В. А. Пичуев // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 4: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 95–102.

90. Файнштейн, В. Г. Формирование и начальная стадия движения КВМ, связанных с эрупцией протуберанцев, и природа сопровождающих их ударных волн [Text] / В. Г. Файнштейн, Я. И. Егоров, Р. Т. Сотникова // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. – 2013. – Т. 109, – № 3: Материалы Междунар. симп. COSPAR «Косм. магнитные поля: наследие А.Б. Северного», п. Научный, 2–6 сентября 2013 г. – С. 103–112.

91. Черемных, О.К. О структуре азимутально-мелкомасштабных УНЧ-колебаний горячей космической плазмы в кривом магнитном поле. Моды с непрерывным спектром [Text] / О. К. Черемных, Д. Ю. Климушкин, Д. В. Костарев // Кинематика и физика небесных тел. – 2014. – Т. 30, – № 5. – С. 3–21.

7.3. Доклады в сборниках российских конференций

1. Проблемные вопросы создания системы прогноза геогелиофизических условий функционирования радиолокационных станций сверхдальнего обнаружения [текст] / О. Ю. Аксенов, С. Ф. Боев, А. Г. Виноградов, А. А. Лучин, А. П. Потехин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции.– Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 5–8.

2. Использование современных технологических платформ в задаче контроля атмосферы и околоземного космического пространства [текст] / О. Ю. Аксенов, А. В. Дмитриевская, А. С. Логовской, А. В. Медведев // XXIV Всерос. науч. конф.

«Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции.– Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 40–43.

3. Система регистрации параметров атмосферного электричества и результаты ее тестирования [текст] / В. М. Алешков, С. Е. Евстифеев, С. И. Молодых, С. А. Нечаев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 220–223.

4. Афанасьев, А. Н. Краевая траекторная задача радиопросвечивания корональных выбросов массы [текст] / А. Н. Афанасьев, Н. Т. Афанасьев // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 87–90.

5. Афанасьев, А. Н. Распространение нелинейных медленных магнитозвуковых волн в корональных плазменных структурах [текст] / А. Н. Афанасьев, В. М. Накаряков // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды.– СПб., 2014. – С. 35–38.

6. Афанасьев, Н. Т. Диагностика макромасштабной ионосферной неоднородности методом декаметрового радиозондирования с космического аппарата [текст] / Н. Т. Афанасьев, А. Н. Афанасьев, В. П. Марков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 83–86.

7. Афанасьев, Н. Т. Диагностика тонкой структуры плазменной неоднородности по фазовым флуктуациям отраженного радиосигнала [текст] / Н. Т. Афанасьев, А. Н. Афанасьев, В. П. Марков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции.– Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 52–55.

8. Башкирцев, В. С. Прогноз солнечной активности на XXI век [текст] / В. С. Башкирцев, Г. П. Машнич // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 23–24.

9. Базаржапов, А. Д. Вычисление распределения продольных токов в системе магнитосфера–ионосфера с использованием измерений на Земле и космических кораблях [текст] / А. Д. Базаржапов, У. Сухбатаар // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 130–133.

10. Проектирование и разработка программного обеспечения АСУ Большого солнечного вакуумного телескопа [текст] / А. Н. Бевзов, С. В. Власов, Д. Ю. Колобов, А. В. Курочкин, А. А. Лубков, С. А. Лылов, А. Д. Петухов, И. В. Русских, П. С. Филатов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013.– С. 224–227.

11. Бернгард, О. И. Использование данных одиночного приемника GPS/GLONASS доя оценки локального уровня ионосферной возмущенности [текст] / О. И. Бернгард, С. В. Воейков, К. Г. Ратовский // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. –

C. 98–100.

12. Первые эксперименты по исследованию состояния атмосферы и ионосферы в Байкальском регионе в ночное время в периоды работы сейсмовибратора [текст] / О. И. Бернгардт, М. О. Демьянов, И. К. Едемский, А. В. Михалев, А. А. Мыльникова, П. А. Предеин, Г. И. Татков, Ц. А. Тубанов, Ю. В. Ясюкевич // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 145–148.

13. Боровик, А. В. Изучение астроклимата Байкальской астрофизической обсерватории по измерениям качества изображений солнечной хромосферы в линии На [текст] / А. В. Боровик, П. А. Коняев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 25–28.

14. Боровик, А. В. Вспышки вне пятен: наблюдения и интерпретация [текст] / А. В. Боровик, Д. Ю. Мячин, В. М. Томозов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 29–34.

15. Васильев, Р. В. Диагностические возможности метода ионосферных мерцаний космических радиоисточников на Иркутском радаре некогерентного рассеяния [текст] / Р. В. Васильев, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 105–108.

16. Наблюдение Солнца в диапазоне 154–162 МГц на Иркутском радаре НР в период 2011–2013 гг. [текст] / Р. В. Васильев, В. П. Лебедев, Д. С. Кушнарев, А. В. Медведев, Л. К. Кашапова, Д. А. Жданов // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 186–189.

17. Верецкий, Р. М. Расчет параметров Стокса избранных спектральных линий для задач интерпретации стоксометрических наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца [текст] / Р. М. Верецкий, М. Л. Демидов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 35–39.

18. Головко, А. А. Метод обнаружения нового магнитного потока на основе его скейлинговых свойств [текст] / А. А. Головко, И. И. Салахутдинова // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 40–43.

19. Голубева, Е. М. Различия в вариациях коэффициентов редукции слабых и сильных магнитных полей Солнца в цикле активности при наблюдениях в линиях FeI 525.02 и NaI 589.59 нм [текст] / Е. М. Голубева // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 44–46.

20. Григорьев, В. М. Научное наследие Владимира Евгеньевича Степанова живет и развивается [текст] / В.М. Григорьев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 3–

21. Грозов, В. П. Методика поиска периодичностей в обработке параметров вертикального зондирования ионосферы [текст] / В. П. Грозов, Т. В. Бубнова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 101–104.

22. Данилова, О. А. Геомагнитная буря в августе 2005 г. и изменения жесткостей геомагнитного обрезания космических лучей [текст] / О. А.Данилова, М. И. Тясто, В. Е. Сдобнов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 47–49.

23. Дегтярев, В. И. Повлияют ли аномалии солнечной активности на работу навигационной системы ГЛОНАСС? [текст] / В. И. Дегтярев, Г. В. Попов, С. Э. Чудненко // 5-я Междунар. научно-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», посв. 40-летию начала строительства БАМа. 31 марта – 04 апреля 2014 г., Иркутск, ИрГУПс: труды. – Иркутск, 2014. – Т. 1. – С. 352–357.

24. Особенности проявления тонкоструктурных магнитных элементов при сопоставлении наблюдений в зеленых Fe I 5247.0, 5250.2 Å и красных Fe I 6301.5, 6302.5 Å линиях [текст] / М. Л. Демидов, Я. О. Стенфло, М. Бианда, Р. Рамелли // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 50–54.

25. СОЛСИТ – солнечный синоптический телескоп – новый российский проект для исследований магнетизма Солнца [текст] / М. Л. Демидов, В. М. Григорьев, Л. Б. Ретюнский, В. И. Скоморовский, С. А. Денисенко, Ю. Д. Пименов, Н. А. Липин, М. Н. Сокольский, В. Ф. Гусаров // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 232–238.

26. Егоров, Я. И. Наблюдения формирования КВМ, связанных с эрупцией протуберанцев в активных областях, и природа сопровождающих такие выбросы ударных волн [текст] / Я. И. Егоров, В. Г. Файнштейн // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 55–59.

27. Ермакова, Л. В. Магнитные поля активных областей [текст] / Л. В. Ермакова // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 60–65.

28. Задачи радиофизического и оптического кластера инструментов в составе Национального гелиогеофизического комплекса РАН [текст] / Г. А. Жеребцов, А. П. Потехин, В. И. Куркин, О. И. Бернгардт, Р. В. Васильев, В. П. Лебедев, А. В. Медведев, А. В. Михалев // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 6–12.

29. Загайнова, Ю. С. О существовании двух типов КВМ, не связанных с эруптивными волокнами, с равными временными профилями скорости [текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 71–73.

30. Загайнова, Ю. С. Сравнение параметров магнитного поля в ведущих и

4.

замыкающих солнечных пятнах и свойства атмосферы над ними [текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн, В. Н. Обридко // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 149–152.

31. Золотухина, Н. А. Возмущения плазмы и магнитного поля на геостационарной орбите во время магнитной бури 4 сентября 2006 г. [текст] / Н. А. Золотухина, О. В. Магер // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 139–143.

32. Современные подходы в обработке сигналов наклонного и трансионосферного зондирования [текст] / В. А. Иванов, В. И. Куркин, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, Ю. В. Ясюкевич, М. И. Рябова, И. В. Живетьев, А. А. Мыльникова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 9–14.

33. Цифровой приемник многочастотного Сибирского радиогелиографа [текст] / Е. Ф. Иванов, С. В. Лесовой, А. В. Губин, Д. А. Жданов // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 190–192.

34. Иванова, В. А. Анализ вариаций максимальных наблюдаемых частот на трассе Магадан–Торы в различных геомагнитных условиях в 2005–2011 гг. [текст] / В. А. Иванова, В. И. Куркин, И. Н. Поддельский // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 144–147.

35. Ионосферные возмущения, вызванные падением Челябинского метеорита [текст] / А. Д. Калихман, А. В. Тащилин, Б. О. Вугмейстер, А. В. Петров, А. В. Бальзаминов, М. А. Егоров // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 179–181.

36. Наблюдения и моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области NOAA 11734 [текст] / Т. И. Кальтман, А. А. Кочанов, И. И. Мышьяков, В. П. Максимов, Д. В. Просовецкий, С. Х. Тохчукова // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 185–188.

37. Караханян, А.А. Динамика вертикального профиля температуры внетропических циклонов в минимуме солнечной активности [текст] / А.А. Караханян, С.И. Молодых // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 195–196.

38. О природе излучения солнечной вспышки 9 августа 2011 года [текст] / Л. К. Кашапова, Н. С. Мешалкина, А. Н. Бабин, А. Н. Коваль, Ю. Т. Цап // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 211–214.

39. Измерение магнитного поля Солнца как звезды с помощью метода моментов [текст] / А. В. Киселев, Д. Ю. Колобов, В. С. Пещеров, М. Л. Демидов, В. М. Григорьев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 77–81.

40. Кичигин, Г. Н. Модель ионного форшока околоземной ударной волны [текст] / Г. Н. Кичигин // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 82–85.

41. Ионосферные эффекты и электродинамические возмущения во время внезапных стратосферных потеплений и их влияние на распространение радиоволн [текст] / М. В. Клименко, В. В. Клименко, Ю. Н. Кореньков, Ф. Бессараб, Д. С. Котова, Г.-Л. Лиу, Е. В. Розанов, К. Г. Ратовский, И. Е. Захаренкова, Л. П. Гончаренко // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 189–193.

42. Источники измерения условий распространения радиоволн во время геомагнитных бурь в сентябре 2011 г. [текст] / М. В. Клименко, В. В. Клименко, К. Г. Ратовский, И. Е. Захаренкова, Д. С. Котова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 109–113.

43. Клочек, Н. В. Первые спектрогелиографические изображения Солнца в рамановски рассеянной линии 6825 Å [текст] / Н. В. Клочек // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 239–242.

44. Ковадло, П. Г. Астроклимат Сибири [текст] / П. Г. Ковадло, О. С. Кочеткова, А. Ю. Шиховцев, С.А. Язев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 243–248.

45. Ковадло, П. Г. О возможных причинах климатических колебаний [текст] / П. Г. Ковадло, С. А. Язев // Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле». 23–30 сентября 2014 г., п. Листвянка Иркутской обл. – Иркутск: Изд-во ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 419–424.

46. Проблемы совместного анализа оптических и радионаблюдений в задаче изучения распространяющихся волн в солнечной атмосфере [текст] / Д. Ю. Колобов, А. А. Кочанов, А. С. Кустов, С. А. Анфиногентов, С. А. Чупин, И. И. Мышьяков, А. А. Челпанов, А. В. Киселев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 249–252.

47. Колосков, А. В. Особенности поведения характеристик шумановских резонансов в полном цикле солнечной активности [текст] / А. В. Колосков, О. В. Буданов, Ю. М. Ямпольский, Р. А. Рахматулин, А. Ю. Пашинин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 2. – С. 251–254.

48. Многопозиционные исследования ионосферного альфвеновского резонатора [текст] / А. В. Колосков, Ю. М. Ямпольский, Р. А. Рахматулин, Л. Х. Цезар, Н. А. Бару // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 2. – С. 255–258.

49. Фотометрическая информация и прорывные возможности телескопа A3T-33BM для наблюдения опасных ситуаций в космосе [текст] / Р. М. Коптякевич, Ю. М. Липницкий, И. А. Пономарева, Н. В. Саква, В. М. Григорьев, М. В. Еселевич, М. Н. Мишина, В. И. Тергоев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 253–255.

50. Кравцова, М. В. Космические лучи в гелиосфере в период двух GLE в апреле 2001 г. [текст] / М. В. Кравцова, В. Е. Сдобнов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 86–90.

51. Кравцова, М. В. Спектры и анизотропия космических лучей в период GLE 15 апреля 2001 г. [текст] / М. В. Кравцова, А. А. Луковникова, В. Е. Сдобнов // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 204–207.

52. Уточнение границ и удаление разрывов при оконтуривании слабоконтрастных образований на Солнце [текст] / А.В. Кудрявцева, Б.И. Лубышев, В.П. Максимов, А.Г. Обухов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 251–254.

53. Исследование вариаций полного электронного содержания ионосферы по данным приема сигналов геостационарных спутников систем SBAS [текст] / В. Е. Куницын, Г. А. Курбатов, А. М. Падохин, Ю. В. Ясюкевич // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 265–268.

54. Куркин, В. И. Анализ квазиволновых возмущений ионосферы с помощью амплитудных карт по данным ЛЧМ-ионозонда ИСЗФ СО РАН [текст] / В. И. Куркин, О. А. Ларюнин, А. В. Подлесный // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 212–215.

55. Исследование метеорологических эффектов в вариациях ионосферных параметров [текст] / В. И. Куркин, М. А. Черниговская, Н. П. Перевалова, Н. М. Полех, Н. А. Золотухина, Б. Г. Шпынев, К. Г. Ратовский, А.В. Ойнац, А.С. Полякова // Триггерные эффекты в геосистемах. Материалы II-го Всерос. семинара- совещания. ИДГ РАН, Москва, 18–21 июня 2013. – М.: ГЕОС, 2013. – С. 302–310.

56. Кутелев, К. А. Среднемасштабные волновые возмущения в F-слое ионосферы в течение двух часов после падения метеорита «Челябинск» по наблюдениям радара ЕКВ [текст] / К. А. Кутелев, О. И. Бернгардт // Метеорит Челябинск – год на Земле: материалы Всероссийской научной конференции. Челябинск,14–15 февраля 2014 г. – Челябинск, 2014. – С. 171–181.

57. Кушнаренко, Г. П. Отношения основных газовых составляющих термосферы в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях в период 2003–2007 гг. [текст] / Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 155–157.

58. Кушнаренко, Г. П. Контроль за состоянием среднеширотной термосферы на высотах 120–200 км по ионосферным измерениям в Иркутске [текст] / Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014.– Т. 1. – С. 216–219.

59. Ларюнин, О. А. Наблюдение перемещающихся ионосферных возмущений с
использованием данных вертикального и слабонаклонного зондирования [текст] / О.А. Ларюнин, В.И. Куркин, А.В. Подлесный // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 158–161.

60. Радиофизические эффекты работы двигателя космического аппарата [текст] / В. П. Лебедев, В. В. Хахинов, Д. С. Кушнарев, А. В. Подлесный, В. И. Гаркуша, А. Г. Корсун, М. Ю. Куршаков, Е. М. Твердохлебова, Т. В. Матвеева // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 60–66.

61. Леонович, Л. А. Вариации эмиссий атомарного кислорода среднеширотной атмосферы во время геомагнитных возмущений [текст] / Л. А. Леонович, А. В. Михалев, В. А. Леонович // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 162–165.

62. Проект автоматизированной системы управления БСВТ [текст] / А. А. Лубков, П. Г. Ковадло, А. Н. Бевзов, К. И. Будников, С. В. Власов, А. А. Зотов, Д. Ю. Колобов, В. Н. Котов, В. А. Перебейнос, И. В. Русских // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 260–263.

63. Луковникова, А. А. Станции космических лучей ИСЗФ СО РАН: современное состояние и дальнейшее развитие [Текст] / А. А. Луковникова, В. Е. Сдобнов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 264–265.

64. Дрейфово-компрессионные волны в магнитосфере [Текст] / П. Н. Магер, Д. В. Костарев, Д. Ю. Климушкин, О. В. Агапитов // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 166–169.

65. Максимов, В. П. Особенности микроволнового излучения активных областей на предвспышечной стадии развития [Текст] / В. П. Максимов, В. Л. Щепкина, В. Э. Капустин // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 91–94.

66. Матафонов, Г. К. Возбуждение колебательных уровней молекулярных ионов O₂⁺ в F-области ионосферы как возможная причина усиления эмиссии [OI] 557.7 нм в летний период [Текст] / Г. К. Матафонов, А. В. Михалев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В.Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 170–171.

67. Машнич, Г. П. Колебательные процессы в спокойных и активизированных волокнах [текст] / Г. П. Машнич, В. С. Башкирцев, А. И. Хлыстова // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 95–98.

68. Медведев, А. В. Исследование проявлений внутренних гравитационных волн в ионосфере [текст] / А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, М. В. Толстиков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. –

Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 228–235.

69. Мешалкина, Н. С. Исследование поведения магнитного поля в активной области при возникновении больших (класса Х) солнечных вспышек путем численного МГД-моделирования [текст] / Н. С. Мешалкина, А. И. Подгорный, И. М. Подгорный // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 146–149.

70. Михайлов, С. Я. Реконструкция мелкомасштабных неоднородностей по данным трех ионозондов [текст] / С. Я. Михайлов, В. П. Грозов, Л. В. Чистякова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 236–240.

71. Михайлова, О. С. Система волновых уравнений для МГД-волн с примесью тяжелых ионов и конечным давлением [текст] / О. С. Михайлова, Д. Ю. Климушкин, П. Н. Магер // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 175–177.

72. Михалев, А. В. Среднеширотные сияния в регионе Восточной Сибири [текст] / А.В. Михалев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 178–180.

73. Мордвинов, А. В. Инверсия магнитного поля на полюсах Солнца и формирование корональных дыр [текст] / А. В. Мордвинов, С. А. Язев // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 99–103.

74. Мыльникова, А. А. Методика определения абсолютного полного электронного содержания с использованием глобальных навигационных спутниковых систем [текст] / А. А. Мыльникова, Ю. В. Ясюкевич, В. В. Демьянов // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 249–252.

75. Расчет влияния крупномасштабных составляющих ионосферных возмущений, генерируемых бортовыми двигателями ТГК «Прогресс», на распространение радиоволн на трассе ИСЗ–Земля [текст] / И. А. Насыров, А. С. Костромин, В. В. Хахинов, В. П. Лебедев, А. В. Подлесный // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 59–62.

76. Временная перемежаемость дисперсии дрожания астрономических изображений [текст] / В. В. Носов, В. М. Григорьев, П. Г. Ковадло, В. П. Лукин, Е. В. Носов, А. В. Торгаев // Труды III Всерос. науч. конф. «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». – СПб.: ВКА им. Можайского, 2014. – Т. 1. – С. 292–297.

77. Обухов, А. Г. Оконтуривание слабоконтрастных образований [текст] / А. Г.Обухов, Б. И. Лубышев, В. П. Максимов, В. В. Ретивых // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 104–106.

78. Ойнац, А. В. Статистический анализ перемещающихся ионосферных возмущений по данным радара SuperDarn Хоккайдо [текст] / А. В. Ойнац, В. И. Куркин, Н. Нишитани // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)»,

посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 257–260.

79. Пензин, М. С. Оцифровка ЛЧМ-сигналов [текст] / М. С. Пензин, Н. В. Ильин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 150–153.

80. Пензин, М. С. Об использовании неквадратичной регуляризации для разделения многокомпонентных сигналов [текст] / М. С. Пензин, Н. В. Ильин // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 154–157.

81. Перевалова, Н. П. Предварительные результаты исследования эффектов взрыва Челябинского метеороида по данным сети станций GPS в Челябинской области [текст] / Н. П. Перевалова, Н. В. Шестаков, А. С. Жупитяева, С. В. Воейков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 269–272.

82. Вариации полного электронного содержания в ионосфере во время падения и взрыва челябинского метеороида [текст] / Н. П. Перевалова, Н. В. Шестаков, А. С. Жупитяева, Ю. В. Ясюкевич, С. В. Воейков, К.А. Кутелев // Метеорит «Челябинск» – год на Земле: материалы Всероссийской научной конференции. Челябинск, 14–15 февраля 2014 г. – Челябинск, 2014. – С. 182–190.

83. Пичуев, В. А. Радиальные распределения величины магнитного поля в солнечной короне, полученные с использованием сведений о быстрых КВМ типа гало [текст] / В. А. Пичуев, В. Г. Файнштейн, Я. И. Егоров // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 107–109.

84. Плюснина, Л. А. Дифференциальное и твердотельное вращение крупномасштабных магнитных полей на Солнце [текст] / Л. А. Плюснина // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 110–114.

85. Синтез корректирующего фильтра для восстановления передаточной функции ионосферного радиоканала по результатам зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом [текст] / А. В. Подлесный, В. П. Лебедев, Н. В. Ильин, В. В. Хахинов // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 300–303.

86. Анализ появления условия G на разных широтах в годы низкой солнечной активности [текст] / Н. М. Полех, К. Г. Ратовский, Е. Б. Романова, J. K. Shi, X. Wang, G. J. Wang // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 185–191.

87. Полякова, А. С. Волновые возмущения полного электронного содержания над зонами мощных тропических циклонов SANBA и SANDY 2012 г. [текст] / А. С. Полякова, Н. П. Перевалова // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 192–195.

88. Вариации ПЭС во время внезапного стратосферного потепления зимы 2012– 2013 гг. по данным GPS-радио-зондирования [текст] / А. С. Полякова, М. А. Черниговская, С. В. Воейков, Н. П. Перевалова // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 280–283.

89. Прогноз характеристик распространения декаметровых радиоволн на основе глобальной модели ионосферы и плазмосферы [текст] / С. Н. Пономарчук, Г. В. Котович, Е. Б. Романова, А. В. Тащилин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 284–287.

90. Пономарчук, С. Н. Модель распространения радиоволн в диапазоне частот 1– 10 Мгц на основе метода нормальных волн [текст] / С. Н. Пономарчук, Н. В. Ильин, М. С. Пензин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 162–165.

91. Просовецкий, Д. В. Моделирование микроволнового излучения солнечной атмосферы по данным магнитографических и ультрафиолетовых наблюдений [текст] / Д. В. Просовецкий, А. А. Кочанов, И. И. Мышьяков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 4. – С. 171–174.

92. Прошин, В. А. Установка для нанесения оптических покрытий из окислов металлов [текст] / В. А. Прошин, В. И. Скоморовский // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 275–276.

93. Исследование колебаний лучевой скорости в факельных образованиях на трех уровнях солнечной атмосферы [текст] / В. А. Пуляев, С. А. Чупин, Н. И. Кобанов, Д. Ю. Колобов, В. Е. Томин // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 115–118.

94. Ионосферный отклик на взрыв Челябинского метеороида по данным ионозондов азиатской части России [текст] / К. Г. Ратовский, А. Ю. Белинская, О. А. Кусонский, А. Е. Степанов // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 288–291.

95. Ратовский, К. Г. Статистический анализ вариативности ионосферы по данным иркутского ионозонда [текст] / К. Г. Ратовский, А. В. Медведев, М. В. Толстиков // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 292–295.

96. Рахматуллин, Р. А. Магнитные эффекты Челябинского метеороида в магнитосфере Земли [текст] / Р. А. Рахматулин, А. Ю. Пашинин, Ю. В. Липко // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 296–299.

97. Седых, П. А. Методика расчета поля плазменного давления, плотности потока энергии высыпающихся частиц и продольных токов [текст] / П. А. Седых // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 196–198. 98. Седых, П. А. Фазы суббури. Двухступенчатое развитие активной фазы [текст] / П. А. Седых // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 199–202.

99. Скоморовский, В. И. Весомая оптика ИСЗФ [текст] / В. И. Скоморовский, В. А. Прошин, Г. И. Кушталь // Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 277–285.

100. Смольков, Г. Я. Из Крыма в Сибирь [текст] / Г. Я. Смольков // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 5–10.

101. Смольков, Г. Я. О вкладе гравитационного воздействия на Землю в солнечноземные связи [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 210–214.

102. Скачкообразные изменения трендов геодинамических и геофизических явлений в 1997–1998 гг. [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин, А. Д. Базаржапов, В. Л. Щепкина // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 206–209.

103. Исследование природной среды распространения радиоволн [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин, А. Д. Базаржапов, В. Л. Щепкина, В. Ф. Петрухин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 234–237.

104. Смольков, Г. Я. Наш учитель и воспитатель [текст] / Г. Я. Смольков, В. М. Мишин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 238–241.

105. Смольков, Г. Я. К системному и мультидисциплинарному изучению солнечноземных связей [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин // Космические факторы эволюции биосферы и геосферы. Междисциплинарный коллоквиум. Москва, ГАИШ, 21–23 мая 2014 г.: материалы. – М., 2014. – С. 162–179.

106. Сорокин, А. Г. Анализ сигналов, наблюдаемых на инфразвуковой станции ИСЗФ «Торы» [текст] / А. Г. Сорокин // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 286–288.

107. Сорокин, А. Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида [текст] / А. Г. Сорокин // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 242–245.

108. Сорокин, А.Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида [текст] / А.Г. Сорокин // 1-я Всерос. акустическая конф., совм. с 28-й сессией Российского акустического общества. Москва, 6–9 октября 2014 г.: труды. – М., 2014. – С. 61–64.

109. Степанов, А. В. Перемещающиеся ионосферные возмущения: кластерные измерения и расчеты [текст] / А. В. Степанов, Л. Д. Филиппов, К. Г. Ратовский // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 217–219.

110. Степанов, А. В. Наблюдения ПИВ по данным радиозондирования ионосферы на северо-востоке России [текст] / А. В. Степанов, Л. Д. Филиппов, К. Г. Ратовский // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 1. – С. 308–311.

111. Сутырина, Е. Н. Применение материалов дистанционного зондирования Земли для анализа связи характеристик ледово-термического режима крупных внутренних водоемов с параметрами атмосферной циркуляции [текст] / Е. Н. Сутырина // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 246–249.

112. Тлатов, А. Г. Первые результаты наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе-магнитографе СТОП на Горной станции ГАО РАН [текст] / А. Г. Тлатов, Д. В. Дормидонтов, А. Д. Шрамко, Р. В. Кирпичев, М. П. Пащенко, В. С. Пещеров, В. М. Григорьев, М. Л. Демидов, П. М. Свидский // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С.411–414.

113. Сравнение характеристик планетарных волн во время потеплений 2006–2013 гг. [текст] / М. В. Толстиков, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, И. В. Медведева // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 258–261.

114. Трифонов, В. Д. Расчет элементов Большого солнечного вакуумного телескопа с адаптивной оптической системой [текст] / В. Д. Трифонов, В. И. Скоморовский, С. А. Чупраков // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 294–295.

115. Тягун, Н. Ф.Спектроскопия короны на Большом коронографе в Саянской солнечной обсерватории [текст] / Н. Ф Тягун // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 122–126.

116. Тягун, Н. Ф. О взаимосвязи ширина – интенсивность для красной корональной линии. Наблюдательные факты [текст] / Н. Ф. Тягун // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 423–426.

117. Тясто, М. И. Теоретические и экспериментальные жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 г. [текст] / М. И. Тясто, О. А. Данилова, В. Е. Сдобнов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 427–430.

118. Файнштейн, В. Г. Пространственные распределения трехмерных характеристик КВМ гало и связанных ударных волн по данным LASCO [текст] / В. Г. Файнштейн, Я. И. Егоров // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: труды. – СПб., 2014. – С. 435–438.

119. Фирстова, Н. М. Наблюдение ударной линейной поляризации линии Нα в солнечных вспышках на БСВТ [текст] / Н. М. Фирстова, В. И. Поляков // Физика Солнца и околоземного космического пространства. Труды Всерос. конф., посв. 100летию со дня рождения чл.-корр. РАН В. Е. Степанова. 16–21 сентября 2013 г., Иркутск. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 127–129.

120. Исследования ионосферных возмущений в активном космическом

эксперименте «Радар – Прогресс» [текст] / В. В. Хахинов, А. П. Потехин, Д. С. Кушнарев, В. П. Лебедев, С. С. Алсаткин, А. И. Манжелей, Н. И. Тимофеева // ХХІV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 2. – С. 33–36.

121. Язев, С. А. Экспедиционные наблюдения полных солнечных затмений [текст] / С. А. Язев, Д. В. Семенов // Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле». 23–30 сентября 2014 г., п. Листвянка Иркутской обл. – Иркутск: Изд-во ИГ им. В. Б.Сочавы СО РАН, 2014. – Т. 3. – С. 486–491.

122. Ясюкевич, Ю. В. Сбои сопровождения фазы GPS и сбои сопровождения полного электронного содержания во время супербурь 7 сентября 2002 г. и 20 ноября 2003 г. [текст] / Ю. В. Ясюкевич, А. П. Максиков, Э. И. Астафьева, И. В. Живетьев // XXIV Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн (PPB-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т. 2. – С. 72–75.

7.4 Доклады в сборниках международных конференций

1. Berngardt, O. I. Dynamics and structure of the vertical ionospheric disturbances caused by Tohoku earthquake according to Irkutsk bistatic chirp-sounding / O. I. Berngardt, A. V. Podlesny, G. V. Kotovich // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Proc. – 2014. – Access mode: http://ieeexplore.ieee.org.sci-hub.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6929824

2. Ionosphere effects of tropical cyclones over the Asian region of Russia according to oblique radio-sounding data / M. A. Chernigovskaya, V. I. Kurkin, A. V. Oinats, I. N. Poddelsky // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Vol. 9292. – P. 92925E.

3. Churilov, S. M. Weakly-nonlinear evolution of unstable disturbances in a sharply stratified shear flow with an inflection-free velocity profile / S. M. Churilov // Selected Papers of the International Conference "Fluxes and Structures in Fluids-2013". – M.: MKS Press, 2014. – P. 52–60.

4. Conversion of the 6302/6301 Stokes V line ratio to the 5250/5247 ratio for the diagnostics of quiet-Sun magnetic fields / M. L. Demidov, J. O. Stenflo, M. Bianda, R. Ramelli // Solar Polarization 7. Proc. Workshop held at Expo Garden Hotel, Kunming, China. 9–13 September, 2013. – San Francisco: Astron. Soc. of the Pacific, 2014. – ASP Conf. Series. – Vol. 489. – P. 21.

5. Annual behavior of the aerosol optical depth in some regions of Asian part of Russia / Kabanov D. M., S. A. Beresnev, S. Yu. Gorda, B. Holben, G. I. Kornienko, S. V. Nikolashkin, S. M. Sakerin, A. V. Smirnov, M. A. Tashchilin // 20th Intern. Symp. Atm. Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Vol. 9292. – P. 929241.

6. Ionosphere response to spacecraft engine exhaust jets effects / V. V. Khakhinov, S. S. Alsatkin, D. S. Kushnarev, V. P. Lebedev, K. G. Ratovsky // IV Intern. Conf. "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2014). June 22–28 2014, Kaliningrad, Russia: Proc. – Kaliningrad, 2014. – P. 107–112.

7. Formation mechanisms of longitudinal variations in F2 region ionospheric electron density at different latitudes during Solstice period / M. Klimenko, V. Klimenko, A.T. Karpachev, K. G. Ratovsky // IV Intern. Conf. "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2014). June 22–28 2014, Kaliningrad, Russia: Proc. – Kaliningrad, 2014. –P. 61–68.

8. Characteristics of global mesospheric, thermospheric and ionospheric response to 2009 Major SSW event as derived from satellite and ground-based observation and obtained using different models of lower and upper atmosphere / M. Klimenko, V. Klimenko, F. S. Bessarab, Y. N. Korenkov, K. G. Ratovsky, E. V. Rozanov, T. Rodmann, H. Liu, I. E. Zakharenkova, L. P. Goncharenko // IV Intern. Conf. "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2014). June 22–28 2014, Kaliningrad, Russia: Proc. – Kaliningrad, 2014. – P. 262.

9. Kosovichev, A. G. Helioseismic observations of sunspot cycle 23 and a new paradigm in solar dynamo / Kosovichev A.G., Pipin V.V. // XXV IUGG General Assembly: Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet. 28 June – 7 July 2011, Melbourne, Australia: Proc. – 2013. – Astron. Soc. of the Pacific Conf. Ser. – Vol.479. – P. 395.

10. Kovadlo, P. G. Polar glaciers and climate: about the causes of climate changes / P. G. Kovadlo, S. A. Yazev // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23 – 27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE Vol. 9292. – P. 92924B.

11. Larunin, O. A. Isotropic approximation errors in geometrical-optical description of ionospheric propagation of radio waves / O. A. Larunin, V. I. Kurkin // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23 – 27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE. – Vol. 9292. – P. 92924A.

12. Mashnich, G. P. Spectral observations of filament activation / G. P. Mashnich // IAUS 300: Nature of prominences and their role in space weather. June 10–16, 2013. Paris, France: Proc. – Cambridge: CUP, 2014. – P. 417–418.

13. Intermittency of the astronomical images jitter in the high-mountain observations / V. V. Nosov, V. M. Grigoryev, P. G. Kovadlo, V. P. Lukin, E. V. Nosov, A. V. Torgaev // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE. – Vol. 9292. – P. 92920V.

14. IAR emission characteristics and parameters of the ionosphere / T. Polyushkina, B. V. Dovbnya, A. S. Potapov, B. Tsegmed, R. A. Rakhmatulin // 10th Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Proc. – St. Petersburg, 2014. – P. 355–359.

15. Ratovsky, K. G. Estimation of contribution of various sources to ionospheric variability / K. G. Ratovsky, A. V. Medvedev, M. V. Tolstikov // IV Intern. Conf. "Atmosphere, Ionosphere, Safety" (AIS-2014). June 22–28 2014, Kaliningrad, Russia: Proc. – Kaliningrad, 2014. – P. 72–76.

16. Semenov, A. I. Height distribution of the upper atmosphere continuum infrared emissions / A. I. Semenov, N. N. Shefov, I. V. Medvedeva // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE. – Vol. 9292. – P. 92925I.

17. Shikhovtsev, A. Yu. Optical turbulence and different parameters of airglow / A. Yu. Shikhovtsev, P. G. Kovadlo // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE. – Vol. 9292. – P. 9292OT.

18. Shikhovtsev, A. Yu. Calculation of the profile of turbulent inhomogeneities of the air refraction index / A. Yu. Shikhovtsev, P. G. Kovadlo // 20th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 23–27 June 2014, Novosibirsk, Russia: Proc. – Bellingham, WA: SPIE, 2014. – Proc. SPIE. – Vol. 9292. –P. 92921V.

19. Исследование струйных течений и "складок" тропопаузы в районе Западной Сибири по данным ECMWF ERA-Interim / О. Ю. Антохина, П. Н. Антохин, Б. Д. Белан, О. С. Кочеткова // Междунар. конф. и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS. 25 июня – 5 июля 2014 г., Томск: Труды. – Томск, 2014. – С. 64–66.

20. Жеребцов, Г. А. Природа климатических изменений в XX веке / Г. А. Жеребцов, В. А. Коваленко // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX

Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. Р.5.

21. О годовом ходе аэрозольной оптической толщи атмосферы в ряде районов азиатской части России / Д. М. Кабанов, В. N. Holben, А. V. Smirnov, С. А. Береснев, С. Ю. Горда, Г. И. Корниенко, С. В. Николашкин, С. М. Сакерин, М. А. Тащилин // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. С368–С371.

22. Кириченко, К. Е. Региональный отклик геомагнитной активности в температуре поверхности океана / К. Е. Кириченко, В. А. Коваленко // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D13–D16.

23. Сравнение полей температуры по данным спутникового зондирования и архива ERA-Interim на уровне 10гПа в зимний период над Сибирью / О. С. Кочеткова, Е. В. Девятова, А. В. Татарников, В. И. Мордвинов, Е. С. Щеглова // Междунар. конф. и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS. 25 июня – 5 июля 2014 г., Томск: Труды. – Томск, 2014. – С. 74–76.

24. Кушнаренко, Г. П. Среднеширотная термосфера ниже 200 км по ионосферным измерениям в Иркутске / Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова, О. Е. Яковлева // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D323–D327.

25. Ларюнин, О. А. О погрешностях изотропного приближения в задаче моделирования процесса распространения радиоволн в ионосфере / О. А. Ларюнин, В. И. Куркин // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D21–D24.

26. Медведева, И. В. Исследование температурного режима атмосферы на высотах мезопаузы в Европейском и Восточно-Сибирском регионах России / И. В. Медведева, В. И. Перминов, А. И. Семенов // «Турбулентность, динамика атмосферы и климата»: Труды междунар. конф. памяти акад. А.М. Обухова. – Москва. 2014. – М., 2014. – С. 393–398.

27. Связь стратосферных потеплений с глобальными динамическими процессами в стратосфере / В. И. Мордвинов, О. С. Кочеткова, М. А. Руднева, Е. В. Девятова // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. –Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D319–D322.

28. Эффект пермежаемости дрожания астрономических изображений в высокогорных наблюдений / В. В. Носов, В. М. Григорьев, П. Г. Ковадло, В. П. Лукин, Е. В. Носов, А. В. Торгаев // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. В14–В17.

29. Руднева, М. А. Связь внезапных стратосферных потеплений с возмущениями, распространяющимися из тропиков / М. А. Руднева, О. С. Кочеткова, В. И. Мордвинов // Междунар. конф. и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS. 25 июня – 5 июля 2014 г., Томск: Труды. – Томск, 2014. – С. 91–93.

30. Семенов, А. И. Высотное распределение инфракрасных эмиссий континуума верхней атмосферы / А. И. Семенов, Н. Н. Шефов, А. В. Медведев // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014.

– C. D315–D318.

31. Предварительные результаты регистрации искусственного свечения ионосферы, вызванного мощным радиоизлучением стенда СУРА / М. А. Тащилин, А. Б. Белецкий, И. А. Насыров, А. В. Татарников, С. М. Грач, А. В. Шиндин // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D287.

32. Хабитуев, Д. С. Верификация высоты перехода О+/Н+ получаемой на Иркутском радаре НР с данными сети спутников DMSP / Д. С. Хабитуев, Б. Г. Шпынев // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D26–D29.

33. Ионосферные эффекты тропических циклонов над азиатским регионом России по данным наклонного радиозондирования / М. А. Черниговская, В. И. Куркин, А. В. Ойнац, И. Н. Поддельский // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. D283–D286.

34. Шиховцев, А.Ю. Оптическая турбулентность при различных параметрах общего потока / А.Ю. Шиховцев, П.Г. Ковадло // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. В6–В9.

35. Шиховцев, А.Ю. К расчету профиля турбулентных неоднородностей показателя преломления воздуха / А.Ю. Шиховцев, П.Г. Ковадло // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»: Материалы XX Междунар. симп. 23–27 июля 2014, Новосибирск: Электронный ресурс. – Томск: ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2014. – С. В292–В295.

7.5. Тезисы докладов на российских конференциях

1. Агалаков, Б. В. Влияние колебаний дискрета между соседними отсчетами при восстановлении радиоизображений [Электронный ресурс] / Б. В. Агалаков, Б. И. Лубышев, А. Г. Обухов // Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2014) «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии». 22–26 сентября 2014 г., Пущино, ПРАО АКЦ ФИАН: тез. докл. – 2014. – Режим доступа: http://www.prao.ru/conf/rrc2014/programm.html (Дата обращения 02.02.2015 г.).

2. Адельханов С. С. Наблюдательные подтверждения модели солнечной вспышки типа CSHKP [Электронный ресурс] / С. С. Адельханов // Всерос. науч. конф. студентовфизиков ВНКСФ-20: тез. докл. – 2014 <u>– Режим доступа:</u> http://asf.ural.ru/VNKSF/News/news.html (Дата обращения 02.02.2015 г.).

3. Проблемные вопросы создания системы прогноза геогелиофизических условий функционирования радиолокационных станций сверхдальнего обнаружения [текст] / О. Ю. Аксенов, С. Ф. Боев, А. Г. Виноградов, А. А. Лучин, А. П. Потехин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 8.

4. Сбои сопровождения фазы GPS и сбои сопровождения полного электронного содержания во время супербурь 7 сентября 2002 г. и 20 ноября 2003 г. [текст] / Э. И. Астафьева, И. В. Живетьев, А. П. Максиков, Ю. В. Ясюкевич // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 20.

5. Афанасьев, А. Н. Краевая траекторная задача радиопросвечивания корональных выбросов массы [текст] / А. Н. Афанасьев, Н. Т. Афанасьев // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 26.

6. Афанасьев, А. Н. Распространение нелинейных медленных магнитозвуковых волн в корональных плазменных структурах [текст] / А. Н. Афанасьев, В. М. Накаряков // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 12.

7. Афанасьев, Н. Т. Дистанционное зондирование турбулентной плазменной неоднородности вблизи границы частотного диапазона ее радиопрозрачности [текст] / Н. Т. Афанасьев, А. Н. Афанасьев, В. П. Марков // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 96.

8. Белецкий, А. Б. Наблюдения свечения верхней атмосферы Земли во время работы бортового двигателя космического аппарата «Прогресс». Эксперименты 2013–2014 гг. [текст] / А. Б. Белецкий, А. В. Михалев, В. В. Хахинов, В. П. Лебедев, А. В. Татарников, М. А. Тащилин // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 402.

9. Бернгардт, О. И. Использование данных одиночного приемника GPS/GLONASS для оценки локального уровня ионосферной возмущенности [текст] / О. И. Бернгардт, С. В. Воейков, К. Г. Ратовский // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 13.

10. Первые эксперименты по исследованию состояния атмосферы и ионосферы в Байкальском регионе в ночное время в периоды работы сейсмовибратора [текст] / О. И. Бернгардт, М. О. Демьянов, И. К. Едемский, А. В. Михалев, А. А. Мыльникова, П. А. Предеин, Г. И. Татков, Ц. А. Тубанов, Ю. В. Ясюкевич // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 43.

11. Вальчук, Т. Е. О связи циклических вариаций крупномасштабного магнитного поля Солнца с проявлениями солнечной и геомагнитной активности [текст] / Т. Е. Вальчук, Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 90.

12. Наблюдение Солнца в диапазоне 154–162 МГц на Иркутском радаре НР в период 2011–2013 гг. / Р. В. Васильев, В. П. Лебедев, Д. С. Кушнарев, А. В. Медведев, Л. К. Кашапова, Д. А. Жданов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 12.

13. Васильев, Р. В. Диагностические возможности метода ионосферных мерцаний космических радиоисточников на Иркутском радаре некогерентного рассеяния [текст] / Р. В. Васильев, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 25.

14. Головко, А. А. Вспышечная активность на Солнце и особенности выхода новых магнитных потоков в 2011–2013 гг. [текст] / А. А. Головко // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 10.

15. Голодков, Е. Ю. Соотношение неопределенностей в радиоастрономии для двумерных сигналов [Электронный ресурс] / Е. Ю. Голодков, А. Г. Обухов, Б. И. Лубышев // Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2014) «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии». 22–26 сентября 2014 г., Пущино, ПРАО АКЦ ФИАН: тез. докл. – 2014. – Режим доступа: http://www.prao.ru/conf/rrc2014/programm.html (Дата обращения

29.12.2015 г.).

16. Совместные наблюдения низкоорбитальных КО с помощью радара и оптического телескопа [текст] / В. Е. Горяшин, М. В. Еселевич, Е. В. Клунко, В. П. Лебедев, А. В. Медведев, В. И. Тергоев // Науч. техн. конф. «Научно-технические проблемы разработки и внедрения перспективных информационных технологий в системах ракетно-космической обороны (Третьи Репинские научные чтения)». Москва, 30 октября 2014 г.: тез. докл. – 2014.

17. Предпосылки диагностики околоземных протонных возрастаний по данным о солнечных микроволновых всплесках [текст] / В. В. Гречнев, Н. С. Мешалкина, И. М. Черток, В. И. Киселев // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 25.

18. Грозов, В. П. Методика поиска периодичностей в обработке параметров вертикального зондирования ионосферы [текст] / В. П. Грозов, Т. В. Бубнова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос.науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 35.

19. Данилова, О. А. Теоретические и экспериментальные жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 года [текст] / О. А.Данилова, М. И. Тясто, В. Е. Сдобнов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 34.

20. Проект национального российского крупного солнечного телескопа с диаметром зеркала 3 м [Электронный ресурс] / М. Л. Демидов, В. М. Григорьев, С. А. Чупраков, Д. Ю. Колобов, П. Г. Ковадло, В. А. Пуляев, В. И. Скоморовский, А. П. Семенов // Научно-практ. конф. «Оптико-электронные комплексы наземного и космического базирования», посв. 75-летию ОАО ЛЗО – С. 25–26 сентября 2014 г., Лыткарино, Моск. обл.: тез. докл. – М., 2014. – Режим доступа: http://lzos.ru/content/view/326/104_(Дата обращения 29.12.2015 г.).

21. Дерес, А. С. Измерение высот формирования излучения на различных длинах волн УФ- и КУФ-диапазона в атмосфере тени пятна по наблюдениям трехминутных колебаний [текст] / А. С. Дерес, С. А. Анфиногентов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 117.

22. Еселевич, М. В. Физические отличия в начальной фазе формирования двух типов коронального выброса массы [текст] / М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 18.

23. Еселевич, М. В. Трехмерная динамика импульсного коронального выброса на стадии формирования [текст] / М. В. Еселевич // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 28.

24. Жданов, Д. А. Локализация источников тонких структур микроволнового излучения по наблюдениям на РАТАН-600 [текст] / Д. А. Жданов, С. Х. Тохчукова, С. В. Лесовой // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 24–25.

25. Жеребцов, Г. А. В. М. Поляков – Ученый, Организатор, Учитель [текст] / Г. А. Жеребцов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 4.

26. Задачи радиофизического и оптического кластера инструментов в составе Национального гелиогеофизического комплекса РАН [текст] / Г. А. Жеребцов, А. П. Потехин, В. И. Куркин, О. И. Бернгардт, Р. В. Васильев, В. П. Лебедев, А. В. Медведев,

А. В. Михалев // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 4.

27. Жугжда, Ю. Д. Новый взгляд на колебания в солнечных пятнах [текст] / Ю. Д. Жугжда, Р. А. Сыч // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 5–6.

28. Загайнова, Ю. С. Сравнение параметров магнитного поля в ведущих и замыкающих солнечных пятнах и свойства атмосферы над ними [текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн, В. Н. Обридко // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 38–39.

29. Современные подходы в обработке сигналов наклонного и трансионосферного зондирования [текст] / В. А. Иванов, В. И. Куркин, Д. В. Иванов, М. И. Рябова, Ю. В. Ясюкевич, Н. В. Рябова, И. В. Живетьев, А. А. Мыльникова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 8.

30. Цифровой приемник многочастотного Сибирского радиогелиографа [текст] / Е. Ф. Иванов, С. В. Лесовой, А. В. Губин, Д. А. Жданов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 12.

31. Цифровой приемник многочастотного Сибирского радиогелиографа [Электронный ресурс] / Е. Ф. Иванов, С. В. Лесовой, А. В. Губин, Д. А. Жданов // Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2014) «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии». 22–26 сентября 2014 г., Пущино, ПРАО АКЦ ФИАН: тез. докл. – 2014. – Режим доступа: http://www.prao.ru/conf/rrc2014/programm.html (Дата обращения 25.12.2015 г.).

32. Ионосферные неоднородности различных масштабов, зарегистрированные на трассах наклонного зондирования во время магнитных бурь [текст] / В. А. Иванова, В. И. Куркин, З. Ф. Думбрава, И. Н. Поддельский // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 76.

33. Распределение титл-угла биполярных областей на Солнце [текст] / Е. А. Илларионов, А. Г. Тлатов, Д. Д. Соколов, В. В. Пипин // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 7–8.

34. Ионосферные возмущения, вызванные падением Челябинского метеорита [текст] / А. Д. Калихман, А. В. Тащилин, Б. О. Вугмейстер, А. В. Петров, А. В. Бальзаминов, М. А. Егоров // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 6.

35. Кальтман, Т. И. Исследование аномальной инверсии знака поляризации микроволнового излучения солнечной активной области 11734 [текст] / Т. И. Кальтман, А. А. Кочанов, И. И. Мышьяков // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 39.

36. Наблюдения и моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области NOAA 11734 [текст] / Т. И. Кальтман, А. А. Кочанов, И. И. Мышьяков, В. П. Максимов, Д. В. Просовецкий, С. Х. Тохчукова // XVIII Всерос.ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб.,

2014. - C. 48-49.

37. Караханян, А. А. Динамика вертикального профиля температуры внетропических циклонов в минимуме солнечной активности [текст] / А. А. Караханян, С. И. Молодых // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 50.

38. О природе излучения солнечной вспышки 9 августа 2011 года [текст] / Л. К. Кашапова, Н. С. Мешалкина, А. Н. Бабин, А. Н. Коваль, Ю. Т. Цап // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 107.

39. Кичатинов, Л. Л. Глобальные минимумы солнечной активности в моделях динамо с флуктуирующими параметрами [текст] / Л. Л. Кичатинов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 56.

40. Модель источника для импульсного гамма-всплеска от солнечной вспышки 14 июля 2000 г. [текст] / Г. Н. Кичигин, Л. И. Мирошниченко, В. И. Сидоров, С. А. Язев // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 37.

41. Кичигин, Г. Н. Фокусирующие свойства магнитного поля Паркера [текст] / Г. Н. Кичигин // 33-я Всерос. конф. по космическим лучам. Monday 11 August 2014 – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. М., 2014. – С. 58.

42. Моделирование ионосферной бури в F-области и внешней ионосфере – подходы, достижения, проблемы и перспективы [текст] / М. В. Клименко, В. В. Клименко, Д. С. Котова, И. А. Носиков, К. Г. Ратовский // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 50–51.

43. Структура долготных вариаций параметров ионосферы и плазмосферы Земли в спокойных условиях [текст] / В. В. Клименко, М. В. Клименко, А. Т. Карпачев, К. Г. Ратовский // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 56

44. Ионосферные эффекты и электродинамические возмущения во время внезапных стратосферных потеплений и их влияние на распространение радиоволн [текст] / М. В. Клименко, В. В. Клименко, Ю. Н. Кореньков, Ф. Бессараб, Д. С. Котова, Г.-Л. Лиу, Е. В. Розанов, К. Г. Ратовский, И. Е. Захаренкова, Л. П. Гончаренко // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 20.

45. Источники измерения условий распространения радиоволн во время геомагнитных бурь в сентябре 2011 г. [текст] / М. В. Клименко, В. В. Клименко, К. Г. Ратовский, И. Е. Захаренкова, Д. С. Котова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 45.

46. Ковадло, П. Г. Лед, вода и климат Земли [текст] / П. Г. Ковадло, С. А. Язев // Космические факторы эволюции биосферы и геосферы. Междисциплинарный коллоквиум. Москва, ГАИШ, 21–23 мая 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 13. – Режим доступа: http://www.sai.msu.ru/conference/life2014.html (Дата обращения 29.12.2015 г.).

47. Кравцова, М. В. Спектры и анизотропия космических лучей в период GLE 15 апреля 2001 г. [текст] / М. В. Кравцова, В. Е. Сдобнов, А. А. Луковникова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 35.

48. Кравцова, М. В. Спектры вариаций и анизотропия космических лучей в период GLE 11 июня 1991 г. [текст] / М. В. Кравцова, В. Е. Сдобнов // 33-я Всерос. конф. по

космическим лучам. Monday 11 August 2014 – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. – М., 2014. – С. 42.

49. Уточнение границ и удаление разрывов при оконтуривании слабоконтрастных образований на Солнце [текст] / А. В. Кудрявцева, Б. И. Лубышев, В. П. Максимов, А. Г. Обухов // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 61–62.

50. Гирорезонансное излучение электронов с немаксвелловскими распределениями в солнечной короне [текст] / А. А. Кузнецов, Г. Д. Флейшман, В. П. Максимов, В.Э. Капустин // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 15.

51. Исследование вариаций полного электронного содержания ионосферы по данным приема сигналов геостационарных спутников систем SBAS [текст] / В. Е. Куницын, Г. А. Курбатов, А. М. Падохин, Ю. В. Ясюкевич // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 13.

52. Куркин, В. И. Анализ квазиволновых возмущений ионосферы с помощью амплитудных карт по данным ЛЧМ-ионозонда ИСЗФ СО РАН [текст] / В. И. Куркин, О. А. Ларюнин, А. В. Подлесный // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 7.

53. Кушнаренко, Г. П. Контроль за состоянием среднеширотной термосферы на высотах 120–200 км по ионосферным измерениям в Иркутске [текст] / Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 35.

54. Определение времени ускорения протонов до субрелятивистских энергий в процессе развития солнечной вспышки [текст] / В. Г. Курт, Б. Ю. Юшков, В. И. Галкин, К. Кудела, Л. К. Кашапова, Н. С. Мешалкина // 33-я Всерос. конф. по космическим лучам. Monday 11 August 2014 – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. – М., 2014. – С. 39.

55. Радиофизические эффекты работы двигателя космического аппарата [текст] / В. П. Лебедев, В. В. Хахинов, Д. С. Кушнарев, А. В. Подлесный, В. И. Гаркуша, А. Г. Корсун, М. Ю. Куршаков, Е. М. Твердохлебова, Т. В. Матвеева // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 25.

56. Лесовой, С. В. Сибирский солнечный радиотелескоп: состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / С. В. Лесовой, А. Т. Алтынцев // Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2014) «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии». 22–26 сентября 2014 г., Пущино, ПРАО АКЦ ФИАН: тез. докл. – 2014. <u>– Режим доступа: http://www.prao.ru/conf/rrc2014/programm.html</u> (Дата обращения 28.12.2015 г.).

57. Луковникова, А. А. Развитие базы данных станций космических лучей ИСЗФ СО РАН [текст] / А. А. Луковникова // ЗЗ-я Всерос. конф. по космическим лучам. Monday 11 August 2014 – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. – М., 2014. – С. 85.

58. Мазур В. А. Эволюция собственных мод МГД-волновода во внешней магнитосфере [текст] / В. А. Мазур, Д. А. Чуйко // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 104–105.

59. Медведев, А. В. Исследование проявлений внутренних гравитационных волн в ионосфере [текст] / А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, М. В. Толстиков // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня

рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 14.

60. Сезонная зависимость волновой активности в вариациях параметров нейтральной верхней атмосферы и ионосферы [текст] / И. В. Медведева, К. Г. Ратовский, А. В. Медведев, М. В. Толстиков // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 54.

61. Мешалкина, Н. С. Исследования поведения магнитного поля в активной области при возникновении больших (класса Х) солнечных вспышек путем численного МГД-моделирования [текст] / Н. С. Мешалкина, А. И. Подгорный, И. М. Подгорный // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 46.

62. Михайлов, С.Я. Реконструкция мелкомасштабных неоднородностей по данным трех ионозондов [текст] / С. Я. Михайлов, В. П. Грозов, Л. В. Чистякова // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 36.

63. Мыльникова, А. А. Методика определения абсолютного полного электронного содержания с использованием глобальных навигационных спутниковых систем [текст] / А. А. Мыльникова, Ю. В. Ясюкевич, В. В. Демьянов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 36.

64. Мыльникова, А. А. Моделирование восстановления по данным ГНСС абсолютного вертикального полного электронного содержания и дифференциальных кодовых задержек [текст] / А. А. Мыльникова, Ю. В. Ясюкевич // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 53.

65. Расчет влияния крупномасштабных составляющих ионосферных возмущений, генерируемых бортовыми двигателями ТГК «Прогресс», на распространение радиоволн на трассе ИСЗ–Земля [текст] / И. А. Насыров, А. С. Костромин, В. В. Хахинов, В. П. Лебедев, А. В. Подлесный // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 19.

66. Ойнац, А. В. Статистический анализ перемещающихся ионосферных возмущений по данным радара SuperDarn Хоккайдо [текст] / А. В. Ойнац, В. И. Куркин, Н. Нишитани // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 14.

67. Пархомов, В. А. Резкие изменения концентрации в спорадическом солнечном ветре и их воздействие на магнитосферу Земли [текст] / В. А. Пархомов, Н. Л. Бородкова, В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич, Г. Н. Застенкер // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 125.

68. Пензин, М. С. Об использовании неквадратичной регуляризации для разделения многокомпонентных сигналов [текст] / М. С. Пензин, Н. В. Ильин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В.

М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 16.

69. Пензин, М. С. Оцифровка ЛЧМ-сигналов [текст] / М. С. Пензин, Н. В. Ильин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 23.

70. Предварительные результаты исследования эффектов взрыва Челябинского метеороида по данным сети станций GPS в Челябинской области [текст] / Н. П. Перевалова, Н. В. Шестаков, А. С. Жупитяева, С. В. Воейков // Распространение радиоволн. XXIV Всерос.науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 6.

71. Исследование распространения ионосферных возмущений, вызванных землетрясением Tohoku, в дальней от эпицентра зоне [текст] / Н. П. Перевалова, Н. В. Шестаков, С. В. Воейков, В. Г. Быков, М. Д. Герасименко, В. Н. Чебров, Н. Н. Титков // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 77.

72. Синтез корректирующего фильтра для восстановления передаточной функции ионосферного радиоканала по результатам зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом [текст] / А. В. Подлесный, В. П. Лебедев, Н. В. Ильин, В. В. Хахинов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 26.

73. Подлесный, А. В. Расширенные возможности диагностики ионосферных возмущений методом ЛЧМ зондирования [текст] / А. В. Подлесный // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 13.

74. Полякова, А. С. Вариации ПЭС во время внезапного стратосферного потепления зимы 2012–2013 гг. по данным GPS-радиозондирования [текст] / А. С. Полякова, М. А. Черниговская, Н. П. Перевалова, С. В. Воейков // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 20.

75. Полякова, А. С. Вариации ПЭС во время сильных внезапных стратосферных потеплений по данным ГНСС-радиозондирования [текст] / А. С. Полякова, С. В. Воейков, М. А. Черниговская // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 54.

76. Полякова, А. С. Вариации ионосферных параметров и особенности функционирования систем позиционирования GPS/ГЛОНАСС во время действия супертайфунов Halong и Neoguri [текст] / А. С. Полякова, Ю. В. Ясюкевич // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 12.

77. Пономарчук, С. Н. Модель распространения радиоволн в диапазоне частот 1–10 Мгц на основе метода нормальных волн [текст] / С. Н. Пономарчук, Н. В. Ильин, М. С. Пензин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 23.

78. Пономарчук, С. Н. Прогноз характеристик распространения декаметровых радиоволн на основе глобальной модели ионосферы и плазмосферы [текст] / С. Н. Пономарчук, Г. В. Котович, Е. Б. Романова, А. В. Тащилин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 25.

79. Просовецкий, Д. В. Моделирование микроволнового излучения солнечной атмосферы по данным магнитографических и ультрафиолетовых наблюдений [текст] / Д. В. Просовецкий, А. А. Кочанов, И. И. Мышьяков // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 16.

80. Ратовский, К. Г. Ионосферный отклик на взрыв Челябинского метеороида по данным ионозондов азиатской части России [текст] / К. Г. Ратовский, А. Ю. Белинская, О. А. Кусонский, А. Е. Степанов // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 6.

81. Ратовский, К. Г. Статистический анализ вариативности ионосферы по данным иркутского ионозонда [текст] / К. Г. Ратовский, А. В. Медведев, М. В. Толстиков // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 25.

82. Рахматуллин, Р. А. Магнитные эффекты Челябинского метеороида в магнитосфере Земли [текст] / Р. А. Рахматулин, А. Ю. Пашинин, Ю. В. Липко // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 36.

83. Сдобнов, В. Е. Особенности модуляции космических лучей в октябре-ноябре 2003 г. [текст] / В. Е. Сдобнов // 33-я Всерос. конф. по космическим лучам. Monday 11 August 2014 – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. – М., 2014. – С. 9.

84. Семенов, А. И. Спектральное и высотное распределение инфракрасных компонентов континуума верхней атмосферы [текст] / А. И. Семенов, Н. Н. Шефов, И. В. Медведева, В. Ю. Хомич // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 70.

85. Смольков, Г. Я. К изучению природной среды распространения радиоволн [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин, А. Д. Базаржапов, В. Л. Щепкина, В. Ф. Петрухин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 28.

86. Смольков, Г. Я. К системному и мультидисциплинарному изучению солнечноземных связей [текст] / Г. Я. Смольков, Ю. В. Баркин // Космические факторы эволюции биосферы и геосферы. Междисциплинарный коллоквиум. Москва, ГАИШ, 21– 23 мая 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 22.

87. Соколов, Д. Д. Обращение магнитного диполя в свете наблюдательных данных и моделей динамо [текст] / Д. Д. Соколов, В. В. Пипин, Д. Мосс // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 3.

88. Сорокин, А. Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида [текст] / А. Г. Сорокин // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 29.

89. Сорокин, А. Г. Об инфразвуковом излучении Челябинского метеороида [текст] / А. Г. Сорокин // 1-я Всерос. Акустическая конф., совм. с 28-й сессией Российского

акустического общества. Москва, 6-9 октября 2014 г.: тез. докл. – 2014. – С. 85.

90. Степанов, А. Е. Наблюдения ПИВ по данным радиозондирования ионосферы на северо-востоке России [текст] / А. Е. Степанов, Л. Д. Филиппов, К. Г. Ратовский // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 14.

91. Сутырина, Е. Н. Применение материалов дистанционного зондирования Земли для анализа связи характеристик ледово-термического режима крупных внутренних водоемов с параметрами атмосферной циркуляции [текст] / Е. Н. Сутырина // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 44.

92. Первые результаты наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе-магнитографе СТОП на Горной станции ГАО РАН [текст] / А. Г. Тлатов, Д. В. Дормидонтов, А. Д. Шрамко, Р. В. Кирпичев, М. П. Пащенко, В. С. Пещеров, В. М. Григорьев, М. Л. Демидов, П. М. Свидский // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 99.

93. Толстиков, М. В. Сравнение характеристик планетарных волн во время потеплений 2006–2013 гг. [текст] / М. В. Толстиков, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, И. В. Медведева // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 28.

94. Тягун, Н. Ф. О взаимосвязи ширина–интенсивность для красной корональной линии. Наблюдательные факты [текст] / Н. Ф. Тягун // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 102–103.

95. Тясто, М. И. Изменения жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 г. [текст] / М. И. Тясто, О. А. Данилова, В. Е. Сдобнов // 33-я Всерос. конф. по космическим лучам. Monday 11 August – Friday 15 August 2014. Дубна: book of abstracts. – М., 2014. – С. 56.

96. Файнштейн, В. Г. Как возникают и движутся быстрые импульсные КВМ, связанные с мощными вспышками и не связанные с эруптивными волокнами? [текст] / В. Г. Файнштейн, Ю. С. Загайнова // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 17–18.

97. Файнштейн, В. Г. Пространственные распределения трехмерных характеристик КВМ гало и связанных ударных волн по данным LASCO [текст] / В. Г. Файнштейн, Я. И. Егоров // XVIII Всерос. ежегодная конф. с междунар. участием «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014». 20–24 октября 2014 г., Санкт-Петербург, ГАО РАН: тез. докл. – СПб., 2014. – С. 104.

98. Исследования ионосферных возмущений в активном космичеком эксперименте «Радар – Прогресс» [текст] / В. В. Хахинов, А. П. Потехин, Д. С. Кушнарев, В. П. Лебедев, С. С. Алсаткин, А. И. Манжелей, Н. И. Тимофеева // Распространение радиоволн. XXIV Всерос. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения профессора В. М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: программа. – Иркутск, 2014. – С. 7.

99. Цап, Ю. Т. Хромосферное испарение и особенности нетеплового излучения серии солнечных вспышек в АО 0069 [текст] / Ю. Т. Цап, Л. К. Кашапова, И. Н. Мягкова, А. В. Богомолов, Ю. Г. Копылова // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 42.

100. Черниговская, М. А. Метеорологические эффекты ионосферной возмущенности

над регионом Восточной Сибири по данным вертикального радиозондирования [текст] / М. А. Черниговская, Е. Н. Сутырина, К. Г. Ратовский, Б. Г. Шпынев // Двенадцатая Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явления и объектов)». 10–14 ноября 2014 г., ИКИ РАН, Москва: тез. докл. – М., 2014. – С. 54.

101.О пространственных наблюдениях радиоисточников тонкой структуры солнечных радиовсплесков [текст] / Г. П. Чернов, В. В. Фомичев, Р. А. Сыч, Yihua Yan, Q. Fu, Д. А. Жданов // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 13.

102. Оптическое свечение на длинах волн 630 и 557,7 нм при КВ-воздействии на ионосферу излучением стенда «Сура» в области 4-й гармоники электронного гирорезонанса в сентябре 2012 г. [текст] / А. В. Шиндин, С. М. Грач, В. В. Клименко, И. А. Насыров, А. Б. Белецкий, Е. Н. Сергеев // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 49.

103.Spiral structure of sunspot oscillations as atracer of solar helicity [text] / К. Kuzanyan, R. A. Sych, S. Yang, Y. Yan // Девятая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». Москва, ИКИ РАН, 10–14 февраля 2014 г.: тез. докл. – М., 2014. – С. 5.

7.6. Тезисы докладов на международных конференциях

1. 27-day variations of GCR intensity and anisotropy based on corrected and uncorrected for geomagnetic disturbances data of neutron monitor / M. V. Alania, R. Modzelewska, A. Wawrzynczak, V. E. Sdobnov, M. Kravtsova // 24th European Cosmic Ray Symposium. September 1–5, 2014. Kiel, Germany: Abstracts. – Kiel, 2014. – P. 58.

2. The diagnostics of the magnetic field in active regions using the multi-wavelength radio observations / S. Anfinogentov, I. I. Myshyakov, A. A. Kuznetsov, G. V. Rudenko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.2-0026-14.

3. Anfinogentov, S. Low amplitude decay-less kink oscillations, a common phenomenon in the solar corona? / S. Anfinogentov // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/ ?page_id=2750

4. Study of occurrence of GNSS losses-of-lock and count omissions during solar radio bursts / E. I. Astafyeva, Yu. V. Yasyukevich, M. Aggarwal, D. Do Paco // AOGS 11th Annual Meeting. 28 July – 1 August, 2014. Royton Sapporo Hotel, Japan: Abstracts. – Sapporo, 2014. – P. ST04-06-D2-PM2-P-030(ST04-06-A025). _

5. Optical instruments of the National heliogeophysical complex of RAS / A. B. Beletsky, A. V. Mikhalev, M. A. Tashchilin, A. V. Tatarnikov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.3-0041-14.

6. Observations of airglow during injections of exhaust streams of "Progress" orbital maneuvering subsystem / A. B. Beletsky, A. V. Mikhalev, V. V. Khakhinov, V. P. Lebedev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C5.1-0028-14.

7. Berngardt, O. I. Using a single GPS/GLONASS receiver for estimating the level of ionospheric disturbance / O. I. Berngardt, S. V. Voeykov, K. G. Ratovsky // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.2-0015-14.

8. Berngardt, O. I. Dynamics and structure of the vertical ionospheric disturbances caused by Tohoku earthquake according to Irkutsk bistatic CHIRP-sounding / O. I. Berngardt, A. V. Podlesny, G. V. Kotovich // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014,

Moscow, Russia: Abstracts. - M., 2014. - P. C0.2-0021-14.

9. Ionospheric effects during first 2 hours after the "Chelyabinsk" meteorite impact / O. I. Berngardt, V. I. Kurkin, G. A. Zherebtsov, O. A. Kusonski, S. A. Grigorieva // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.2-0022-14.

10. Characteristics of midscale ionospheric irregularities caused by the "Chelyabinsk" meteoroid impact according to EKB radar and GPS network data / O. I. Berngard, V. I. Kurkin, K. A. Kutelev, N. P. Perevalova, G. A. Zherebtsov, O. A. Kusonski, S. A. Grigorieva, N. V. Shestakov // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GH05.1.

11. Berngardt, O.I. Dynamics and structure of the vertical ionospheric disturbances caused by Tohoku earthquake according to Irkutsk bistatic chirp-sounding / O. I. Berngardt, A. V. Podlesny, G. V. Kotovich // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.47.

12. Berngardt, O. I. Using a single GPS/GLONASS receiver for estimating the level of ionospheric disturbance / O. I. Berngardt, S. V. Voeykov, K. G. Ratovsky // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.31.

13. First experiments on studying the condition of the atmosphere and of the ionosphere in the Baikal region within nighttime during the seismic vibrator operation / O. I. Berngardt, M. O. Demyanov, I. K. Edemskiy, A. V. Mikhalev, A. A. Mylnikova, P. A. Predein, T. A. Tubanov, G. I. Tatkov, Y Yu. V. asukevich // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.34.

14. Berngardt, O. I. Passive measurements of ionospheric backscatter by using EKB radar and UTR-2 Radiotelescope: The first results / O. I. Berngardt // SuperDARN 2014 Workshop held at UNIS 25–30 May 2014: Programme. – 2014. – P. 2.

15. Berngardt, O. I. Observations of field-aligned ionospheric irregularities during quiet and disturbed conditions with EKB radar: First results / O. I. Berngardt, N. A. Zolotukhina, A. V. Oinats // The 12th Intern. Conf. on Substorms (ICS-2014). 10–14 November 2014, Ise-Shima Royal Hotel, Japan. – 2014. – P-THU21. – P. 24.

16. Comparative study of the thickness and shape of the bow and interplanetary shocks fronts based on the fast plasma measurements / N. L. Borodkova, G. N. Zastenker, P. A. Dalin, V. G. Eselevich, M. O. Ryzantseva, I. V. Koloskova, O. V. Sapunova, J. Safrankova, Z. Nemecek, L. Prech // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.5-0033-14.

17. Borovik, A. V. Spotless solar flares: Observations and comparative analysis / A. V. Borovik, D. Yu. Myachin, V. M. Tomozov // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 11.

18. A multi-periodic oscillatory event in a X-class solar flare on 14 May 2013 / P. Chowdhury, A. Srivastava, B. N Dwivedi., R. A. Sych // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0039-14.

19. _Chuiko, D. A. Evolution of eigenmodes of the MHD-waveguide in the outer magnetosphere / D. A. Chuiko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0012-14. _

20. Churilov, S. M. Instability development in shear flow with an inflection-free velocity profile and thin pycnocline / Churilov S.M. // 5th Intern. Conf. on Nonlinear Science and Complexity. August 4–9, 2014. Xi'an, China: Final programme. – 2014. – P. 55.

21. Demidov, M. L. The Sun as a variable magnetic star: 15-Years long Stokes-meter observations in different spectral lines / M. L. Demidov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D1.1-033-14.

22. National Heliogeophysical Complex of the Russian Academy of Sciences / M. L.

Demidov, G. A. Zherebtsov, A. P. Potekhin, A. T. Altyntsev, A. B Beletsky., O. I. Berngardt, V. M. Grigoryev, V. I. Kurkin, S. V. Lesovoi, A. V. Mikhalev, A. V. Medvedev, V. V. Khakhinov, G. G. Matvienko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.3-0048-14.

23. National Large Solar Telescope of Russia / M. L. Demidov, V. M. Grigoryev, S. A. Chuprakov, D. Y. Kolobov, P. G. Kovadlo, V. A. Pulyaev, V. I. Skomorovsky, M. A. Abdulkadyrov, S. P. Belousov, A. P. Semenov, A. P. Patrikeev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.3-0044-14.

24. Conversion of the 6302/6301 Stokes V line ratio to the 5250/5247 ratio for the diagnostics of quiet-Sun magnetic fields / M. L. Demidov, J. O. Stenflo, M. Bianda, R. Ramelli // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 35. _

25. Demidov, M. L. On the cross-calibration of the Hsos Smart full disk longitudinal magnetograms with data sets from other instruments / M. L. Demidov, C. Wang, V. Kiselev // IAU Symposium 305. Polarimetry: From the Sun to Stars and Stellar Environments. Punta Loona, Costa Rica. 30 November – 5 December 2014: Abstract booklet. – 2014. – Access mode: https://www2.hao.ucar.edu/sites/default/files/ Abstract%20Booklet%20Nov28.pdf

26. Demyanov, V. V. Navigation satellite carrier signal variation parameters as an indicator of ionospheric disturbances / V. V. Demyanov, Yu. V. Yasyukevich, V. Vladimirov // AOGS 11th Annual Meeting. 28 July – 1 August, 2014. Royton Sapporo Hotel, Japan: Abstracts. – Sapporo, 2014. – P. ST10-D4-PM1-CD-012(ST10-A023).

27. Deres, A. The measurement of emission formation heights in the sunspot umbrae atmosphere for several wavelengths in UV and EUV band / A. Deres // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

28. _Dmitrienko, I. S. Fast magnetosonic waves of the magnetotail / I. S. Dmitrienko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0023-14.

29. Dmitrienko, I. S. FMS and Alfven from the initial disturbance in the FMS waveguide / I. S. Dmitrienko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0030-14. _

30. Abnormal ionospheric dynamics during extreme magnetospheric compression / A. Dmitriev, A. Suvorova, L. L. Lazutin, A. Kovtyukh, K. G. Ratovsky, V. A. Parkhomov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0003-14.

31. Anomalous compression of the magnetosphere and its effects in the radiation belts and ionosphere / Dmitriev A., Suvorova A., Chao J.-K., Ratovsky K.G. // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – Access mode: <u>http://stp13.csp.escience.cn/dct/page/1</u>

32. Eselevich, V. G. The origin of coronal mass ejections: current status of research and recent results / V. G. Eselevich, M. V. Eselevich // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0105-14.

33. Evidence of a blast shock in observations of type II radio burst and coronal mass ejection V. G. Eselevich, M. V. Eselevich, I. V. Zimovets, V. Sadykov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0103-14.

34. Fainshtein, V. G. Formation, kinematics and nature of shock waves associated with CMEs / V. G. Fainshtein, Ya. I. Egorov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0119-14.

35. Fainshtein, V. G. Formation, kinematics and nature of shocks associated with CMEs / V. G. Fainshtein, Ya. I. Egorov // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics

Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – P. 195.

36. Golovko, A. A. Identifying emerging flux regions based on their scaling properties / A. A. Golovko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. STW-S-236.

37. Observations of an eruptive flux rope, CME formation, and associated blast wave / V. V. Grechnev, A. M. Uralov, I. V. Kuzmenko, A. A. Kochanov, V. G. Fainshtein, Ya. I. Egorov, D. V. Prosovetsky // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – P. 181. ___

38. Guglielmi, A. Sporadic and permanent oscillations in the magnetosphere: Are they connected? / A. Guglielmi, A. S. Potapov // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – P. 34.

39. Global distributions of OH and O2 (1.27UM) nightglow emissions observed by TIMED satellite / Hong Gao, Jiyao Xu, C. Guang-ming, Y. Wei, A. B. Beletsky // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 28.

40. Ivanov, E. F. The upgraded Siberian Solar Radio Telescope / E. F. Ivanov // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

41. Karakhanyan, A. A. Long-term temperature variations under quiet and disturbed geomagnetic conditions / A. A. Karakhanyan, S. I. Molodykh // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. A1.1-0175-14.

42. Karakhanyan, A. A. The analysis of troposphere response to geomagnetic disturbance / A. A. Karakhanyan, S. I. Molodykh // Sixth Workshop: Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere. Sunny Beach, Bulgaria, 26–30 May 2014: Book of Abstracts. – 2014. – P. 18.

43. Flare energy release and wave dynamics in nearby sunspot / M. Karlinsky, R. A. Sych, A. T. Altyntsev, L. K. Kashapova // 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8–12 September, 2014: Programme and Abstract Book. – Dublin, 2014. – 6.14. – P. 91.

44. Kashapova, L. K. Analysis relationship of the free energy distribution on active region and location of HXR sources of the flares / L. K. Kashapova // 13th RHESSI Workshop. 1–4 April 2014. FHNW Windisch, Switzerland: Abstracts. – 2014. – P. 24.

45. Kashapova, L. K. Energy release processes during the 17 May 2013 M3.2 solar flare / L. K. Kashapova // Solar and Stellar Flares: Observations, Simulations and Synergies. Intern. Conf. in honour of Prof. Zdenek Svestka. Prague, 23–27 June 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: <u>http://solarflares2014.cz/</u>

46. On the flat gradual phase of the 21 July 2013 flare / L. K. Kashapova, R. A. Sych, S. K. Tokhchukova, D. Zhdanov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0024-14.

47. Kashapova, L. K. A multi-wavelength analysis of the M3.2 flare precursor detected in microwaves / L. K. Kashapova, S. K. Tokhchukova // XIIIth Hvar Astrophysical Colloquium. 22–26 September 2014, Hvar, Croatia: Abstracts. – 2014. – Access mode: <u>http://oh.geof.unizg.hr/index.php/en/xiii-hac</u>

48. Kashapova, L. K. Sub-second pulses as indicator of energy release processes in a faint flare / L. K. Kashapova, H. Meszarosova, S. K. Tokhchukova // 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8–12 September, 2014: Programme and Abstract Book. – Dublin, 2014. – 7.04. – P. 103.

49. Kashapova, L.K. On energy release during the flat, gradual phase of faint solar flares / L. K. Kashapova // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland:

Abstracts. - 2014. - Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

50. The "Radar-Progress" active space experiment / V. V. Khakhinov, A. P. Potekhin, V. P. Lebedev, D. S. Kushnarev, S. S. Alsatkin, E. Klunko, A. V. Podlesny, E. Tverdokhlebova, M. Kurshakov, A. Manzheley, N. Timofeeva, A. V. Mikhalev, A. B. Beletsky // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C5.1-0024-14.

51. Khakhinov, V.V. Studying effects of transport spacecraft "Progress" engine burning on radar characteristics / V. V. Khakhinov, V. P. Lebedev, D. S. Kushnarev // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – HG02.2.

52. Aspects of remote detection of ionospheric disturbances caused by spacecraft engine exhaust jets / V. V. Khakhinov, S. S. Alsatkin, D. S. Kushnarev, V. P. Lebedev // XXXI URSI General Assembly and Scientifis Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – HP1.5.

53. Dynamics of accelerated ions in coronal loops and a model of gamma-ray source G. N. Kichigin, L. I. Miroshnichenko, V. I. Sidorov, S. A. Yazev // 13th RHESSI Workshop. 1–4 April 2014. FHNW Windisch, Switzerland: Abstracts. – 2014. – P. 2.

54. Kirichenko, K. Influence of solar activity on climate change / K. Kirichenko, V. A. Kovalenko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. A2.1-0054-14.

55. Kiselev, V. A relation between microwave bursts and the fluences of near-Earth / V. Kiselev, V. V. Grechnev // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

56. Klibanova, Y. Properties of longperiod daytime pulsations caused by the SSC front / Y. Klibanova, V. V. Mishin, B. Tsegmed // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.4-0024-14.

57. Formation of Weddell Sea and Yakutsk longitudinal anomalies in f_0F2 diurnal variations and their manifestation in the protonosphere / M. Klimenko, V. Klimenko, A. T. Karpachev, K. G. Ratovsky, I. E. Zakharenkova, Iu. V. Cherniak, A. E. Stepanov // Physics of Auroral Phenomena. 37^{th} Annual Senimar. Apatity, 25–28 February, 2014: Abstracts. – Apatity, 2014. – Access mode: <u>http://pgia.ru:81/seminar/Abstracts.html</u>

58. Ionosphere–plasmasphere system behavior in quiet geomagnetic conditions and during geomagnetic storms / M. Klimenko, V. Klimenko, I. A. Nosikov, I. E. Zakharenkova, Iu. V. Cherniak, K. G. Ratovsky, Yu. V. Yasukevich, A. A. Shcherbakov // Physics of Auroral Phenomena. 37th Annual Senimar. Apatity, 25–28 February, 2014: Abstracts. – Apatity, 2014. – Access mode: <u>http://pgia.ru.81/seminar/Abstracts.html</u>

59. Sub-auroral longitudinal anomalies in ionosphere–protonosphere system according to GSM TIP model and IK-19 satellite and ground-based observation / Klimenko M., Klimenko V., Karpachev A.T., Ratovsky K.G. // XXXI URSI General Assembly and Scientifis Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. 2014. CT. G09.5. http://www.aps-ursi.org/ursigass/program/

60. The morphology and physical interpretations of the longitudinal variations in the ionospheric plasma density at low-, mid- and high-latitudes / M. Klimenko, V. Klimenko, A. T. Karpachev, K. G. Ratovsky, I. E. Zakharenkova, Iu. V. Cherniak // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0019-14.

61. Klimushkin, D. Coupled drift-mirror and Alfven modes in non-uniform space plasmas / D. Klimushkin, P. Mager // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.3-0048-14.

62. Klimushkin, D. MHD waves in Earth's magnetosphere: An overview / D. Klimushkin, P. Mager // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0014-14.

63. Klimushkin, D. Compressional high-m Pc5 ULF waves in the magnetosphere: Theoretical considerations / D. Klimushkin, P. Mager // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram /SPACEPLASMAS.html

64. Coordinated observations of low Earth orbit objects with radio and optical facilities of ISTP SB RAS / E. Klunko, M. V. Eselevich, V. I. Tergoev, V. Goryashin, V. V. Khakhinov, A. V. Medvedev, V. P. Lebedev, D. S. Kushnarev, A. V. Podlesny // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. PEDAS.1-0042-14.

65. Joint observations of the circular polarization inversion in a solar microwave source by SSRT and RATAN / A. A. Kochanov, I. I. Myshyakov, T. L. Kaltman, S. K. Tokhchukova // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

66. Kolobov, D. Y. The behaviour of oscillations in loop structures above active regions / D. Y. Kolobov, A. Chelpanov, N. I. Kobanov // 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8–12 September, 2014: Programme and Abstract Book. – Dublin, 2014. – 5.11. – P. 77.

67. Kostarev, D. V. Drift-compressional modes generated by inverted plasma distributions in the magnetosphere / D. V. Kostarev, P. Mager, D. Klimushkin // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August-5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/ webprogram/SPACEPLASMAS.html

68. Kozlov, D. A. Coupled guided modes in the magnetotails: spatial structure and balooning instability / D. A. Kozlov, A. S. Leonovich // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 21.

69. Kravtsova, M. Spectra of variations and anisotropy of cosmic rays during GLE of May 17, 2012 / M. Kravtsova, V.E. Sdobnov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D1.3-0058-14.

70. Ionospheric TEC estimations using dual frequency coherent L1/L5 signals from the geostationary SBAS satellites / G. Kurbatov, V. Kunitsyn, A. Padokhin, Yu. Yasyukevich // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.18.

71. Kurkin, V. I. Observing rapid quasi-wave ionospheric disturbance using amplitude charts / V. I. Kurkin, A. V. Podlesny, O. A. Larunin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.2-0020-14.

72. Statistical characteristics of ionospheric variability using oblique sounding data / V. I. Kurkin, N. M. Polekh, V. A. Ivanova, Z. F. Dumbrava, I. N. Poddelsky // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0130-14.

73. CORONAS-F detection of gamma-ray emission from the solar flare on 29 October 2003 / V. G. Kurt, B. Yushkov, V. I. Galkin, K. Kudela, L. K. Kashapova // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0106-14.

74. Kutelev, K. A. Interpretation of moving groundscatter areas in EKB radar data during Chelyabinsk meteorite fall / K. A. Kutelev, O. I. Berngardt // SuperDARN 2014 Workshop held at UNIS 25–30 May 2014: Programme. – 2014. – P. 5.

75. Theoretical and experimental study of EKB radar ground-scatter signals at nearby frequencies / K. A. Kutelev, O. I. Berngardt, K. Grkovich, N. Mikhailov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.2-0052-14.

76. Upgraded Siberian Solar Radio Telescope: New opportunities to diagnose energetic particles in solar flares / A. A. Kuznetsov, A. T. Altyntsev, G. Fleishman, S. V. Lesovoi // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0115-14.

77. Simulations of gyrosynchrotron microwave emission from an oscillating magnetic loop / A. A. Kuznetsov, V. E. Reznikova, T. Van Doorsselaere, P. Antolin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0037-14.

78. Lebedev, V. P. Results of the Irkutsk Incoherent Scattering Radar for space debris studies in 2013 / V. P. Lebedev, D. S. Kushnarev, N. I. Nevedimov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. PEDAS.1-0038-14.

79. Leonovich, L. A. The atomic oxygen green and red line emission response to sudden impulses of the solar wind dynamic pressure /, L. A. Leonovich, A. V. Tashchilin, V. A. Leonovich // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., – 2014. – P. C1.3-0039-14.

80. Leonovich, A. S. Features of MHD oscillations in the geomagnetic tail / A. S. Leonovich, V. A. Mazur, D. A. Kozlov // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram/SPACEPLASMAS.html

81. Multifrequency 96-antenna radiogeliograph / S. V. Lesovoi, A. T. Altyntsev, A. V. Gubin, E. F. Ivanov // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 33.

82. Geophysical complex for monitoring of electromagnetic fields at Siberia / Yu. V. Lipko, R. A. Rakhmatulin, A.S. Potapov, A.Yu. Pashinin // XVIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition and processing. October 7–16, 2014. NGRI, Hyderabad, India: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.ngri.org.in/iaga2013_14/index.html

83. Lukovnikova, A. A. Cosmic ray station data bases of the Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of the Russian Academy of Science / A. A. Lukovnikova // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.2-0039-14.

84. Lukovnikova, A. A. Modern status of cosmic ray stations ISTP SB RAS / A. A. Lukovnikova // 24th European Cosmic Ray Symposium. September 1–5, 2014. Kiel, Germany: Abstracts. – Kiel, 2014. – P. 60.

85. Mager, P. Generation of the high-m Alfven waves in the magnetosphere by the moving source: theory and experiments / P. Mager, D. Klimushkin, O. V. Agapitov // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram/SPACEPLASMAS.html

86. First results of EKB radar magnetospheric ULF wave experiment / P. Mager, O. I. Berngardt, D. Klimushkin, N. A. Zolotukhina, O. V. Mager // SuperDARN 2014 Workshop held at UNIS 25–30 May 2014: Programme. – 2014. – P. 9.

87. Studies of temperature disturbances of lower and middle atmosphere during stratospheric warmings 2006–2013 / A. V. Medvedev, K. G. Ratovsky, M. V. Tolstikov, I. V. Medvedeva // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0136-14.

88. Effect of the sudden stratospheric warming on January 2013 on the neutral upper atmosphere and ionosphere over Eastern Siberia / I. V. Medvedeva, A. V. Medvedev, K. G. Ratovsky, A. A. Shcherbakov // 6th NDMC Meeting, Grainau, Bavaria, Southern Germany. 20–22 May, 2014: Abstracts. – 2014. – P. 10.

89. Comprehensive study of disturbances of the neutral atmosphere and ionosphere parameters over Eastern Siberia during major sudden stratospheric warming / I. V. Medvedeva, A. V. Medvedev, K. G. Ratovsky, A. A. Shcherbakov, M. V. Tolstikov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0113-14.

90. Meshalkina, N. S. Spatial features of oscillations in the 2012 August 18 flare / N. S. Meshalkina // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

91. Mikhalev, A. V. Mid-latitude auroras in Eastern Siberia / A.V. Mikhalev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0046-14.

92. Night sky brightness in Eastern Siberia after the Chelyabinsk meteor fall / A. V. Mikhalev, N. V. Kostyleva, E. Komarova, S. Podlesny, P. Stoeva // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C2.3-0035-14.

93. Mesoscale vortices and associated field-aligned currents observed in the three Iijima-Poterma regions during substorms / V. V. Mishin, V. M. Mishin, S. B. Lunyshkin, Z. Pu // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.2-0003-14.

94. Mishin, V. V. New main energy source of the perturbed space weather / V. V. Mishin, V. M. Mishin, Yu. A. Karavaev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.3-0045-14.

95. Saturation of the Earth's magnetotail lobes with continuous strengthening of solar wind dynamic pressure / V. V. Mishin, V. M. Mishin, Yu. Karavaev, A. Shapovalova // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.3-0046-14.

96. Mishin, V. V. Incompressibility of the magnetosphere and saturation of the polar cap magnetic flux with continuous strengthening of solar wind during superstorms / V. V. Mishin, V. M. Mishin, Yu. A. Karavaev // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 36.

97. Asymmetry of summer and winter Earth's hemispheres response to changes in the solar wind and this asymmetry influence on the development of substorms / V. V. Mishin, Yu. A. Karavaev, V. M. Mishin, Z. Pu, C. Wang, S. B. Lunyshkin, A. V. Moiseev // The 12th Intern. Conf. on Substorms (ICS-2014). 10–14 November 2014, Ise-Shima Royal Hotel, Japan. – 2014. – P-THU26. – P. 24.

98. Mishin, V. M. Short-circuit of currents in the perturbed magnetosphere-ionosphere system as the completion of global expansion onset / V. M. Mishin, Z. Pu, S. B. Lunyushkin, V. V. Mishin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.2-0018-14.

99. Evolution of sunspot activity and inversion of the Sun's polar magnetic field in the current cycle / A. V. Mordvinov, V. M. Grigoryev, V. S. Peshcherov, D. Erofeev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. RSW.2-0005-14.

100. Mordvinov, A. V. Sunspot activity and reversal of polar fields in the current cycle 24 / A. V. Mordvinov, A. Pevtsov // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – P. 187.

101. Characteristics of SEP events produced by solar flares during evolution of the active region and their relationship with radio and HXP solar emission / I. N. Myagkova, L.K. Kashapova, R. Miteva, A.V. Bogomolov // 14^{th} European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8–12 September, 2014: Programme and Abstract Book. – Dublin, 2014. – 7.06. – P. 103.

102. Nakariakov, V. M. Decay-less low-amplitude kink oscillations of coronal loops / V. M. Nakariakov, G. Nistico, S. Anfinogentov // Dynamical Processes in Space Plasmas. Israel, 16–22 March, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://physics.bgu.ac.il/ ~gedalin/Isradynamics2014/

103. Nistico, G. Observations of decay-less low-amplitude kink oscillations of EUV coronal loops / G. Nistico, S. Anfinogentov, V. M. Nakariakov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0006-14.

104. Nistico, G. A full view on the decay-less kink oscillations in coronal loops / G. Nistico, V. M. Nakariakov, S. Anfinogentov // 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8–12 September, 2014: Programme and Abstract Book. – Dublin, 2014. – 5.13. – P. 78.

105. Statistical study of TIDs using HF radar ground backscatter data and chirp sounding network MUF data / A. V. Oinats, V. I. Kurkin, N. Nishitani, O. I. Berngardt, V. A. Ivanova, K. G. Ratovsky // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C2.2-0053-14.

106. Oinats, A. V. Ground backscatter characteristics model for SUPERDARN Hokkaido HF radar / A. V. Oinats, N. Nishitani, K. G. Ratovsky // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C4.1-0034-14.

107. Statistical study of TIDs using HF radar ground backscatter data / A. V. Oinats, V. I. Kurkin, N. Nishitani, O. I. Berngardt // AOGS 11th Annual Meeting. 28 July – 1 August, 2014. Royton Sapporo Hotel, Japan: Abstracts. – Sapporo, 2014. – P. ST20-D3-PM2-ED-011(ST20-A027).

108. Statistical study of MSTIDs parameters using SuperDARN ground backscatter data / A. V. Oinats, N. Nishitani, O. I. Berngardt, V. I. Kurkin, K. G. Ratovsky // The Fifth Symposium on Polar Science 2014. 2–5 December 2014, Tokyo, Japan: Abstracts. – 2014. – Access mode: <u>http://www.nipr.ac.jp/symposium2014/program/e/IM.html</u>

109. Oinats, A. V. Statistical study of traveling ionospheric disturbances using SuperDARN Hokkaido Radar / A. V. Oinats, N. Nishitani // SuperDARN 2014 Workshop held at UNIS 25–30 May 2014: Programme. – 2014. – P. 8.

110. Study of LSTIDs parameters determined using SuperDARN ground backscatter data during geomagnetically disturbed conditions / A. V. Oinats, V. I. Kurkin, O. I. Berngardt, N. Nishitani // The 12th Intern. Conf. on Substorms (ICS-2014). 10–14 November 2014, Ise-Shima Royal Hotel, Japan. – 2014. – P-THU18. – P. 23.

111. Application of SBAS L1/L5 signals to the ionospheric TEC studies / A. Padokhin, V. Kunitsyn, G. Kurbatov, Yu. V. Yasyukevich // AOGS 11th Annual Meeting. 28 July – 1 August, 2014. Royton Sapporo Hotel, Japan: Abstracts. – Sapporo, 2014. – P. ST10-D4-PM1-CD-011(ST10-A013).

112. Penzin, M. S. Sampling of frequency-modulated signals / M. S. Penzin, N. V. Ilyin // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – CP1.30.

113. ULF wave interaction with the ionosphere: Radar and magnetometer observations / V. A. Pilipenko, E. Fedorov, V. B. Belakhovsky, P. Mager, O. I. Berngardt, M. Teramoto, T. K. Yeoman // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram/ SPACEPLASMAS.html_

114. Pipin, V. V. Helicity inferences stemming from a mean-field solar dynamo / V. V. Pipin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.2-0020-14.

115. Podgorny, I. M. The evidence of magnetic energy accumulation in the solar corona before a flare / I. M. Podgorny, A. I. Podgorny, N. S. Meshalkina // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-

0063-14.

116. Podgorny I.M., Podgorny A.I., Meshalkina N.S. Relationship of the active region magnetic field and solar flare appearance // 14th European Solar Physics Meeting (ESPM-14). Trinity College, Dublin, Ireland. 8-12 September, 2014: Programme and Abstract Book. Dublin, 2014. CT. 8.12. P. 109. <u>http://www.espm14.ie/programme</u>

117. Studying travelling ionospheric disturbances from near-vertical ionosphere sounding with high temporal resolution / A. V. Podlesny, V. I. Kurkin, O. A. Laryunin, M. D. Pezhemskaya, L. V. Chistyakova // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.27.

118. Ionospheric disturbances in the East Asian region in March 2012 / N. M. Polekh, G. A. Zherebtsov, E. B. Romanova, N. A. Zolotukhina, J. K. Shi, X. Wang, G. Wang // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 25.

119. TEC disturbances during major sudden stratospheric warmings in the mid-latitude ionosphere / A. S. Polyakova, M. A. Chernigovskaya, S. V. Voeykov, N. P. Perevalova // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2-10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0127-14.

120. Polyakova, A. S. TEC variations during the sudden stratospheric warming of winter 2012/2013, according to GPS-sounding data / A. S. Polyakova, S. V. Voeykov // XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.23.

121. IAR emission characteristics and parameters of the ionosphere / T. N. Polyushkina, B. V. Dovbnya, A. S. Potapov, B. Tsegmed, R. A. Rakhmatulin // 10^{th} Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Book of Abstracts. – St. Petersburg, 2014. – P. 184–185.

122. Potapov, A. S. ULF activity in CIR streams and its effect on the magnetosphere / A. S. Potapov, L. Ryzhakova, B. Tsegmed // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.5-0069-14.

123. Potapov, A. S. Response of the magnetospheric ULF activity and relativistic electrons to high speed streams of the solar wind / A. S. Potapov // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – P. 34.

124. Potapov, A. S. IRI-2012 application for IAR frequency scale calculation / A. S. Potapov, T. N. Polyushkina // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – P. 33–34.

125. Frequency structure of IAR spectral bands and parameters of middle and upper ionosphere / A. S. Potapov, T. N. Polyushkina, B. V. Dovbnya, B. Tsegmed, R. A. Rakhmatulin, A. V. Podlesny // XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP2.5.

126. Potapov, A. S. ULF waves in the corotating interacting regions of the solar cycle 23 minimum / A. S. Potapov, B. Tsegmed, L. V. Ryzhakova // 10^{th} Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Book of Abstracts. – St. Petersburg, 2014. – P. 185–186.

127. Prosovetsky, D. V. Atmosphere structure and the radio emission spectrum of the quiet Sun and the coronal holes according to UV observation / D. V. Prosovetsky // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

128. Geoefficiency of the passage of the Chelyabinsk meteoroid through the Earth's magnetosphere / R. A. Rakhmatulin, A. Yu. Pashinin, Yu. V. Lipko, S. Khomutov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.1-0036-14.

129. Geomagnetic variations in field tubes crossed by cargo vehicle with operating engine / R. A. Rakhmatulin, V. V. Khakhinov, Yu. V. Lipko, A. Yu. Pashinin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.1-0043-14.

130. Ratovsky, K. G. Morphology of traveling ionospheric disturbances characteristics from Irkutsk incoherent scatter radar and ionosonde data / K. G. Ratovsky, A. V. Medvedev, M. V. Tolstikov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.3-0011-14.

131. Comparative study of COSMIC/FORMOSAT-3, Incoherent Scatter Radar, Ionosonde and IRI model electron density vertical profiles / K. G. Ratovsky, C. Lin, A. Dmitriev, A. Suvorova, A. A. Shcherbakov, S. S. Alsatkin, A. V. Oinats // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C4.1-0021-14.

132. Solar activity impact on ionosphere-atmosphere coupling in the East Asian region / K. G. Ratovsky, G. A. Zherebtsov, A. P. Potekhin, V. I. Kurkin, A. V. Medvedev, E. B. Romanova, Tashchilin A. V., Shpynev B. G., Chernigovskaya M. A., Medvedeva I. V. // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://stp13.csp.escience.cn/dct/page/1_

133. Ionospheric response to geomagnetic storm on July 14–17, 2012 in East Asia / E. B. Romanova, G. A. Zherebtsov, N. M. Polekh, N. A. Zolotukhina, J. K. Shi, X. Wang, G. Wang // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0041-14.

134. Romanova, E. B. Modeling dynamics of the main ionospheric trough and plasmapause during a geomagnetic storm / E. B. Romanova, A. V. Tashchilin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0042-14.

135. Prompt and delayed effects of solar disturbances in magnetosphere-ionosphere system on March 4-7, 2012 / E. B. Romanova, N. A. Zolotukhina, N. M. Polekh, V. I. Kurkin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0053-14.

136. Visual analytics for integrated data analysis in space science / R. R. Rosa, H. Sawant, R. A. Sych, F. Fernandes // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. S.3-0001-14.

137. Sdobnov, V. E. Space-energy characteristics of cosmic rays during strong geomagnetic disturbances in October–November 2003 / V. E. Sdobnov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2-10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D1.3-0055-14.

138. Sedykh, P. A. Transformation of solar wind plasma parameters as transition through the bow shock front / P. A. Sedykh // The 40^{th} COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.3-0038-14.

139. Sedykh, P. A. Power aspects of processes in the bow shock region / P. A. Sedykh // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D3.5-0025-14.

140. Sedykh, P. A. A study of the magnetospheric disturbances effect on the lower atmosphere and weather / P. A. Sedykh // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.3-0052-14.

141. Sedykh, P. A. Bow shock. Power aspects of processes / Sedykh P.A. // 10th Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Book of Abstracts. – St. Petersburg, 2014. – P. 192–193.

142. Sedykh P. A. Transformations of parameters of the solar wind at transition through the bow shock front and magnetosheath / P. A. Sedykh // 10^{th} Intern. Conf. "Problems of

Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Book of Abstracts. – St. Petersburg, 2014. – P. 193.

143. Sedykh, P. A. A study of influence of magnetospheric disturbances on the lower atmosphere / P. A. Sedykh, I. Yu. Lobycheva // 10th Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, Petrodvorets, October 6–10, 2014: Book of Abstracts. – St. Petersburg, 2014. – P. 194.

144. Sedykh, P. A. MHD modeling and models as important instruments in studying of key magnetospheric processes / P. A. Sedykh // The 12th Intern. Conf. on Substorms (ICS-2014). 10–14 November 2014, Ise-Shima Royal Hotel, Japan. – 2014. – P-THU24. – P. 24.

145. Semenov A.I., Shefov N.N., Medvedeva I.V., Sidash V. Continuum radiation of the upper atmosphere in the visible and the near infrared ranges of the spectrum // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0155-14.

146. Shcherbakov, A. A. Study of ionospheric dynamics with Irkutsk Incoherent Scatter Radar / A. A. Shcherbakov, A. V. Medvedev, D. S. Kushnarev // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – Access mode: <u>http://stp13.csp.escience.cn/dct/page/1</u>

147. E-F valley observed by a sounding rocket at the low latitude station Hainan and a comparison with IRI / J. K. Shi, Z. Wang, X. Wang, G. A. Zherebtsov, Romanova E. B., K. G. Ratovsky // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. 2014. P. 29.

148. Shindin, A. Airglow at 630 and 557.7 nm during HF pumping of the ionosphere near the 4th gyroharmonic at the "SURA" facility in September 2012 / A. Shindin, S. Grach, V. Klimenko, I. Nasyrov, A. B. Beletsky, E. Sergeev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C5.1-0004-14.

149. Coupling between the neutral atmosphere and the ionosphere during major stratospheric warming events / B. G. Shpynev, D. Pancheva, V. I. Kurkin, K. G. Ratovsky, M. A. Chernigovskaya, A. Stepanov, V. V. Bychkov, S. A. Grigorieva, A. Yu. Belinskaya, P. Mukhtarov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C2.2-0044-14.

150. TILT angle of bepolar sunspot groups and solar dynamo / D. D. Sokoloff, A. G. Tlatov, E. Illarionov, V. V. Pipin // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.2-0049-14.

151. Stoeva, P. Solar activity influence on air temperature regimes in caves / P. Stoeva, A. Stoev, A. V. Mikhalev // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. A3.1-0081-14.

152. Sych, R. A. Dynamics of slow magnetoacoustic waves in sunspot atmosphere / R. A. Sych // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0018-14.

153. Sych, R. A. Another view on sunspot oscillations / R. A. Sych, Y. Zhugzhda // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.7-0036-14.

154. Sych, R. A. 3D waveguides reconstruction with SDO/HMI magnetograms / R. A. Sych, R. Wang // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. S.3-0010-14.

155. Sych, R. A. Wave dynamics in sunspot atmosphere / R. A. Sych // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https:// agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram/SPACEPLASMAS.html

156. Sych, R. A. Waves and oscillations in sunspot atmosphere / R. A. Sych // 2nd RadioSun Workshop and Summer School. 26–30 May, Lublin, Poland: Abstracts. – 2014. – Access mode: http://www.astro.gla.ac.uk/?page_id=2750

157. Studies of dynamic characteristics of atmospheric planetary waves during stratospheric warmings 2006–2013 / M. V. Tolstikov, A. V. Medvedev, K. G. Ratovsky, I. V. Medvedeva // XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP1.37.

158. Tolstikov, M. V. Case studies of wave-wind interaction in upper atmosphere / M. V. Tolstikov, A. V. Medvedev, K. G. Ratovsky // XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP1.34. http://www.aps-ursi.org/ursigass/program/

159. Tyasto, M. I. Geomagnetic storm of August 2005 and variations in cosmic ray cutoff rigidity / M. I. Tyasto, O. A. Danilova, V. E. Sdobnov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D2.2-040-14.

160. Vargin, P. Studying temperature and dynamical variations in the extratropical boreal atmosphere in the 2012–2013 winter / P. Vargin, I. V. Medvedeva // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C2.2-0076-14.

161. Vasil'eva, L. A. The connection between the troposphere temperature and variations of solar and geomagnetic activities / L. A. Vasil'eva, S. I. Molodykh, V. A. Kovalenko // Sixth Workshop: Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere. Sunny Beach, Bulgaria, 26–30 May 2014: Book of Abstracts. – 2014. – P. 18.

162. Astronomical hosting in Mongolia / A. Volnova, A. Pozanenko, N. Tungalag, G. Davaakhuu, S. Guziy, E. Klunko, I. Molotov // Intern. Conf. "Binary Systems, Their Evolution and Environments. Ulaanbaatar, Mongolia, 1–5 September, 2014: Abstracts. – 2014.

163. Ionospheric plasma bubbles observed concurrently by multi-instruments over low latitude station Hainan / G. Wang, J. K. Shi, B. Reinisch, X. Wang, E. B. Romanova, K. G. Ratovsky, G. A. Zherebtsov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C1.1-0050-14. ___

164. Ionospheric plasma bubbles observed concurrently by Multi-instruments over lowlatitude station Hainan / G. Wang, J. K. Shi, B. Reinisch, X. Wang, E. B. Romanova, Ratovsky K. G., Zherebtsov G. A. // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 23.

165. Comparison of temporal changes of the rigidity spectrum of Forbush decreases based on neutron monitors data corrected and uncorrected for geomagnetic disturbances / A. Wawrzynczak-Szaban, M. V. Alania, V. E. Sdobnov, M. Kravtsova // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. D1.2-0048-12; STW-R-069.

166. _Yasyukevich, Yu. V. Losses of GPS phase lock and pseudo range during the 2002 solar maxima / Yu. V. Yasyukevich, V. V. Demyanov, A. Maxikov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. C0.2-0072-14.

167. Yasyukevich, Yu. V. Controlling current conditions of signal propagation of navigation satellites / Yu. V. Yasyukevich, V. V. Demyanov, S. Jin // XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium. Beijing, China. August 16–23, 2014: Abstracts. – 2014. – GP1.51.

168. Yasyukevich, Yu. V. GPS losses-of-lock and TEC-slips during geomagnetic storms and super-storms / Yasyukevich Yu.V., Astafyeva E.I. // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 22.

169. Ionospheric radar measurements of waves with equatorward phase propagation generated by energetic particles / T. K. Yeoman, M. James, D. Klimushkin, P. Mager // AGU Chapman Conference on Low-Frequency Waves in Space Plasmas. Jeju Island, Republic of

Korea, 31 August – 5 September, 2014: Abstracts. – 2014. – Access mode: https://agu.confex.com/agu/14chapman/webprogram/SPACEPLASMAS.html

170. Zagainova, Yu. Comparative analysis of features of the magnetic field in leader and following sunspots / Yu. Zagainova, V. G. Fainshtein, G. V. Rudenko // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – M., 2014. – P. E2.2-0039-14.

171. Zagainova, Yu. How do fast pulse CMEs related to powerful flares and unrelated to eruptive filaments appear and move? / Yu. Zagainova, V. G. Fainshtein // SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13). October 12–18, 2014, Xi'An, Shanxi, China: Abstracts. – 2014. – P.197.

172. Zhdanov, D. A. Calibration of phase for a multi-frequency 96- antenna radioheliograph / D. A. Zhdanov, S. V. Lesovoi // XIIIth Hvar Astrophysical Colloquium. 22– 26 September 2014, Hvar, Croatia: Abstracts. – 2014. – Access mode: http:// oh.geof.unizg.hr/index.php/en/xiii-hac

173. Investigation of zebra-structure in the flare of 4 April 2011 associated with electron beam precipitation from the corona / V. V. Zharkova, N. S. Meshalkina, A. T. Altyntsev, R. Dobranskis, D. A. Zhdanov // The 40th COSPAR Scientific Assembly. 2–10 August 2014, Moscow, Russia: Abstracts. – 2014. – P. D2.5-0099-14.

174. Daytime negative ionospheric disturbances over Hainan / G. A. Zherebtsov, E. B. Romanova, N. M. Polekh, N. A. Zolotukhina, J. K. Shi, X. Wang, G. Wang // Manual for 12th Sino-Russia Workshop of Space Weather. August 25–29, 2014. Zhengxiangbaiqi, Inner Mongolia, China: Abstracts. – 2014. – P. 25.

175. Исследование планетарных волн во время сильных стратосферных потеплений / С. С. Алсаткин, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, М. В. Толстиков, И. В. Медведева // XI Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А. Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

176. Исследование взаимодействия перемещающихся ионосферных возмущений с нейтральным ветром / С. С. Алсаткин, А. В. Медведев, К. Г. Ратовский, М. В. Толстиков, И. В. Медведева // XI Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А. Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

177. Жеребцов, Г. А. Природа климатических изменений в XX веке / Г. А. Жеребцов, В. А. Коваленко // XX Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – С.12.

178. О годовом ходе аэрозольной оптической толщи атмосферы в ряде районов азиатской части России / Д. М. Кабанов, С. А. Береснев, С. Ю. Горда, Г. И. Корниенко, С. В. Николашкин, С. М. Сакерин, М. А. Тащилин, В. N. Holben, А. V. Smirnov // XX Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports

179. Кириченко, К. Е. Региональный отклик геомагнитной активности в температуре поверхности океана / К. Е. Кириченко, В. А. Коваленко // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – С. 104.

180. Ковадло, П. Г. Полярные ледники и климат / П. Г. Ковадло, С. А. Язев // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports_</u>

181. Комарова, Е. С. Организация базисных метеорных наблюдений в Тункинской долине / Е. С. Комарова // XI Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей

среды» им. А.Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

182. Кочеткова, О. С. Связь внезапных стратосферных потеплений с возмущениями, распространяющимися из низких широт / О. С. Кочеткова, В. И. Мордвинов, М. А. Руднева // ХІ Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

183. Кушнаренко, Г. П. Среднеширотная термосфера ниже 200 км по ионосферным измерениям в Иркутске / Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова, О. Е. Яковлева // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2014. – С. 135. _

184. Ларюнин, О. А. О погрешностях изотропного приближения в задаче моделирования процесса распространения радиоволн в ионосфере / О. А. Ларюнин, В. И. Куркин // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports</u>

185. Лобычева, И. Ю. Влияние возмущений в околоземном космическом пространстве на метеорологические процессы в нижней атмосфере / И. Ю. Лобычева, П. А. Седых // XI Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А. Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

186. Лобычева, И. Ю. О влиянии магнитных бурь на тропический циклогенез / И. Ю. Лобычева, П. А. Седых // XI Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

187. Связь стратосферных потеплений с глобальными динамическими процессами в стратосфере / В. И. Мордвинов, О. С. Кочеткова, М. А. Руднева, Е. В. Девятова // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports

188. Эффект пермежаемости дрожания астрономических изображений в высокогорных наблюдений / В. В. Носов, В. П. Лукин, Е. В. Носов, А. В. Торгаев, В. М. Григорьев, П. Г. Ковадло // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. –Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports</u>

189. Рахматулин, Р. А. Магнитометрический комплекс Норильской КМИС ИСЗФ СО РАН / Р. А. Рахматулин, Ю. В. Липко, А. Ю. Пашинин // Междунар. научно-практ. конф. «Полярная геофизика Ямала: наблюдения, базы данных и информационные системы в практике освоения месторождений нефти и газа (ПОЛАР-2014)». 14–16 апреля 2014 г., Салехард: Программа и тез. докл. – Салехард, 2014. – С. 33.

190. Предварительные результаты регистрации искусственного свечения ионосферы, вызванного мощным радиоизлучением стенда Сура / М. А. Тащилин, А. Б. Белецкий, А. В. Татарников, И. А. Насыров, А. В. Шиндин // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports

191. Тащилин, М. А. Предварительные результаты регистрации искусственного свечения ионосферы, вызванного мощным радиоизлучением нагревного стенда / М. А. Тащилин, А. Б. Белецкий, А. В. Татарников // ХІ Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: http://school.iao.ru/ 2014/?id=total__

192. Хабитуев, Д. С. Верификация высоты перехода O+/H+ получаемой на Иркутском радаре HP с данными сети спутников DMSP / Д. С. Хабитуев, Б. Г. Шпынев

// XX Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports</u>

193. Ионосферные эффекты тропических циклонов над азиатским регионом России по данным наклонного радиозондирования / М. А. Черниговская, В. И. Куркин, А. В. Ойнац, И. Н. Поддельский // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports</u> _

194. Шиховцев, А. Ю. Оптическая турбулентность при различных параметрах общего потока / А. Ю. Шиховцев, П. Г. Ковадло // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: <u>http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports</u>

195. Шиховцев, А. Ю. К расчету профиля турбулентных неоднородностей показателя преломления воздуха / А. Ю. Шиховцев, П. Г. Ковадло // ХХ Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». 23–27 июля 2014 г., Новосибирск: Тез. докл. – Новосибирск, 2014. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/ru/aoo/20/reports.

196. Яковлева, О. Е. Изменения отношений основных газовых составляющих термосферы в годы минимума 23/24 цикла солнечной активности / О. Е. Яковлева, Г. П. Кушнаренко, Г. М. Кузнецова // ХІ Междунар. школа молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника. Россия, Томск, 15–19 сентября 2014 г.: Тез. докл. – Томск, 2014. – Режим доступа: <u>http://school.iao.ru/2014/?id=total</u>

7.7. Монографии

1. Алтынцев А.Т., Кашапова Л.К. Введение в радиоастрономию Солнца: монография. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. 203 с. - (Солнечно-земная физика).

2. Язев С.А. Феномен комплексов активности на Солнце: монография. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. - 377 с. - (Солнечно-земная физика).

7.8. Электронные публикации

1. Afanasyev, A. N. Nonlinear slow magnetoacoustic waves in coronal plasma structures [electronic resource] / A. N. Afanasyev, V. M. Nakariakov // Solar Physics E-Print Archive. – 2014. – URL: <u>http://solar.physics.montana.edu/cgi-bin/eprint-new/index.pl?entry=24757</u> (accessed 2 Febrary 2015).

2. Variations over time in latitudinal distribution of the large-scale magnetic fields in the solar atmosphere at heights from the photosphere to the source surface [electronic resource] / Z.S. Akhtemova, O.A. Andreyeva, G. V. Rudenko, N. N. Stepanian, V. G. Fainshtein // Adv. Space Research. – 2014. – Vol. 55, iss. 3 – P. 968–978. – electronic version – URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117714006280 (accessed 2 Febrary 2015).

3. Berngardt, O. I. Optimal signals for spectral measurements at EKB SuperDARN radar: Theory and Experiment [electronic resource] / O. I. Berngardt, A. L. Voronov, K. Grkovich // arXiv-org: e-print service. – 2014. – URL: arXiv:1409.6053v1; http://arxiv.org/pdf/1409.6053.pdf

4. Berngardt, O. I. Seismo-ionospheric effects associated with "Chelyabinsk" meteorite during the first 25 minutes after its fall [electronic resource] / Berngardt O. I. // arXiv-org: e-print service. – 2014. – URL: http://arxiv.org/pdf/1409.5927.pdf (accessed 2 Febrary 2015).

5. Berngardt, O. I. Dynamics of vertical ionosphericinhomogeneties over Irkutsk during 06:00–06:20UT 11/03/2011 caused by the Tohoku earthquake [electronic resource] / O. I. Berngardt, G. V. Kotovich, S. Y. Mikhailov, A. V. Podlesny // arXiv-org: e-print service.– 2014. – URL: http://arxiv.org/pdf/1407.1488.pdf (accessed 27 January 2015).

6. A Trio of GRB-SNe: GRB 120729A, GRB 130215A / SN 2013ez and GRB 130831A / SN 2013fu [electronic resource] / Z. Cano, A. de Ugarte Postigo, A. Pozanenko, N. Butler, E. Klunko [et. al.] // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: http://arxiv.org/pdf/1405.3114.pdf (accessed 27 January 2015).

7. Relationship Between the Magnetic Flux of Solar Eruptions and the Ap Index of Geomagnetic Storms [electronic resource] / I. M. Chertok, M. A. Abunina, A. A. Abunin, A. V. Belov, V. V. Grechnev // Solar Physics. – 2015. – Vol. 290, iss. 2. – p. 627–633 – DOI: 10.1007/s11207-014-0618-3 – URL: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11207-014-0618-3 (accessed 2 Febrary 2015).

8. Fainshtein, V. G. Initiation of CMEs associated with filament eruption, and the nature of CME related shocks / V. G. Fainshtein, Y. I. Egorov //Adv. Space Research. – 2014. – Vol. 55, iss. 3 – P. 798–807. – electronic version. – URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027311771400310X (accessed 2 Febrary 2014).

9. Guglielmi, A.V. On permanent and sporadic oscillations of the magnetosphere [electronic resource] / A. V. Guglielmi, A. S. Potapov // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: arXiv:1408.2916 (accessed 2 Febrary 2015).

10. Responsibility of a filament eruption for the initiation of a flare, CME, and blast wave, and its possible transformation into a bow shock [electronic resource] / V. V. Grechnev, A. M. Uralov, I. V. Kuzmenko, A. A. Kochanov, I. M. Chertok, S. S. Kalashnikov // Solar Physics. – 2014. – Vol. 290, iss. 1. – p. 129–158 – DOI: 10.1007/s11207-014-0621-8 – URL: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11207-014-0621-8 (accessed 2 Febrary 2015).

11. Karak, B. B. A dynamo model of magnetic activity in solar-like stars with different rotational velocities [electronic resource] / B. B. Karak, L. L. Kitchatinov, A. R. Choudhuri // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1402.1874.pdf</u> (accessed 25 January 2015).

12. Karavaev, Yu. S. Observations 2013XG3, 2008SE182, 2014UQ115, 2008WZ18, 46637, 275677 [electronic date] / Karavaev, Yu. S. // Minor Planet Center: site. – URL: http://www.minorplanetcenter.net/light_curve/show_object;

http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_by_date?utf8=%E2%9C%93&start_date=&end_date=&observatory_code=C48+--

Sayan+Solar+Observatory%2C+Irkutsk&obj_type=all (accessed 3 Febrary 2015).

13. Kitchatinov, L. L. Magnetic fields in fully convective M- dwarfs: oscillatory dynamos vs bistability [electronic resource] / L. L. Kitchatinov, D. Moss, D. D. Sokoloff // arXiv.org: e-print service. – 2014. –URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1401.1764.pdf</u> (accessed 29 January 2015).

14. Kitchatinov, L. L. Baroclinic instability in stellar radiation zones [electronic resource] / L.L. Kitchatinov // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: http://arxiv.org/pdf/1401.8068.pdf_(accessed 26 January 2015).

15. Kitchatinov, L. L. The solar dynamo: inferences from observations and modeling [electronic resource] / L. L. Kitchatinov // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1404.4126.pdf</u> (accessed 28 January 2015).

16. The relativistic solar particle event of 2005 January 20: prompt and delayed particle acceleration [electronic resource] / K.-L. Klein, S. Masson, C. Bouratzis, V.V. Grechnev, A. Hillaris, P. Preka-Papadema // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1403.2260.pdf</u> (accessed 27 January 2015).

17. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 17035 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/17035.gcn3</u> (accessed 25 January 2015).

18. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16976 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16976.gcn3</u> (accessed 26 January 2015).

19. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. -
2014. – N 16943 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16943.gcn3</u> (accessed 24 January 2015).

20. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16817 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16814.gcn3</u> (accessed 27 January 2015).

21. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16403– URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16403.gcn3</u> (accessed 24 January 2015).

22. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16281– URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16281.gcn3</u> (accessed 25 January 2015).

23. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16260 –URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16260.gcn3</u> (accessed 27 January 2015).

24. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16251 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16251.gcn3</u> (accessed 28 January 2015).

25. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16247 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16247.gcn3</u>(accessed 29 January 2015).

26. GCN Circular / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16168 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16168.gcn3</u> (accessed 28 January 2015).

27. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16141 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16141.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

28. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16054 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16054.gcn3</u> (accessed 27 January 2015).

29. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16037 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16037.gcn3</u> (accessed 28 January 2015).

30. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16036 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16036.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

31. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 16012 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16012.gcn3</u> (accessed 28 January 2015).

32. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15998 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15998.gcn3</u> (accessed 2 Febrary 2014).

33. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15995 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15995.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

34. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15994 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15994.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

35. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15917 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15917.gcn3</u> (accessed 2 Febrary 2014).

36. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15893 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15893.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

37. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15890 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15890.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

38. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15876 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15876.gcn3</u> (accessed 2 Febrary 2015).

39. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15807 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15807.gcn3</u> (accessed 26 January 2015).

40. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15744 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15744.gcn3</u> (accessed 29 January 2015).

41. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15713 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15713.gcn3</u> (accessed 27 January 2015).

42. GCN Circular [electronic resource] / E. Klunko, M. Eselevich, I. Korobtsev [et al.]. – 2014. – N 15704 – URL: <u>http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/15704.gcn3</u> (accessed 2 Febrary 2015).

43. Kobanov, N. I. Oscillations above sunspots and faculae: height stratification and relation with coronal fan structure [electronic resource] / N. I. Kobanov, D. Y. Kolobov, A. A. Chelpanov // Solar Physics. – 2015. Vol. 290, iss. <u>2</u>. – P. 363–380.– DOI: 10.1007/s11207-014-0623-6 – URL: http://link.springer.com/article/10.1007/s11207-014-0623-6 (accessed 2 Febrary 2015).

44. Helioseismic constraints and a paradigm shift in the solar dynamo [electronic resource] / A.G. Kosovichev, V.V. Pipin, J. Zhao // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1402.1901.pdf</u> (accessed 27 January 2015).

45. Kuznetsov, A. A. Spatially Resolved Energetic Electron Properties for the 21 May 2004 Flare from Radio Observations and 3D Simulations [electronic resource] / A. A. Kuznetsov, E. P. Kontar // Solar Physics. – 2015. – Vol. 290, iss. 1.– p. 79–93.– DOI: 10.1007/s11207-014-0530-x – URL: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11207-014-0530-x (accessed 29 January 2015).

46. 96-antenna radioheliograph [electronic resource] / S. V. Lesovoi, A. T. Altyntsev, E. F. Ivanov, A. V. Gubin // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: http://arxiv.org/pdf/1403.4748.pdf_(accessed 2 Febrary 2015).

47. 3D Radio and X-Ray modeling and data analysis software: Revealing flare complexity [electronic resource] / G. M. Nita, G. D. Fleishman, A. A. Kuznetsov, E. P. Kontar, D. E. Gary // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: eprint arXiv:1409.0896 (accessed 2 Febrary 2015).

48. Pipin, V.V. Magnetic helicity of global field in cycles 23 and 24 [electronic resource] / V. V. Pipin, A. Pevtsov // arXiv.org: e-print service. – 2014. — URL: http://arxiv.org/pdf/1402.2386.pdf (accessed 3 Febrary 2015).

49. Ratovsky, K.G. Diurnal, seasonal and solar activity pattern of ionospheric variability from Irkutsk Digisonde data [electronic resource] / K. G. Ratovsky, A. V. Medvedev, M. V. Tolstikov // Adv. Space Research. – 2014. – Doi: 10.1016/j.asr.2014.08.001. – URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117714004979 (accessed 3 Febrary 2015).

50. On the possible reason for the formation of impulsive coronal mass ejections [electronic resource] / D.V. Romanova, K. V. Romanova, V. A. Romanova, N. V. Kucherova, V. G. Eselevich, M. V. Eselevich // Adv. space research. – 2014. – doi:10.1016/j.asr.2014.09.017. – URL:

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027311771400581X (accessed 3 Febrary 2015).

51. Rudiger, G. Magnetic diffusivity and angular momentum transport in magnetized and differentially rotating stellar radiation [electronic resource] / G. Rudiger, M. Schultz, L. L. Kitchatinov // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1404.</u> 3562.pdf_(accessed 4 Febrary 2015).

52. Multi-height observations of magnetoacoustic cut - off frequency in a sunspot atmosphere [electronic resource] / D. Yuan, R. A. Sych, V. E. Reznikova, V. M. Nakariakov // arXiv.org: e-print service. – 2014. – URL: <u>http://arxiv.org/pdf/1211.5196.pdf</u> (accessed 5 Febrary 2015).

53. Zagainova, Iu. S. How do fast impulse CMEs related to powerful flares but unrelated to eruptive filaments appear and move? [electronic resource] / Iu. S. Zagainova, V. G. Fainshtein // Adv. Space Research. – 2014. – doi: 10.1016/j.asr.2014.05.032. – URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117714003391 (accessed 5 Febrary 2015).

54. Zhdanov, D. A. Observations of microwave fine structures by the Badary Broadband Microwave Spectropolarimeter and the Siberian Solar Radio Telescope [electronic resource] / D. A. Zhdanov, V. G. Zandanov // Solar Physics. – 2014. – DOI: 10.1007/s11207-014-0553. – URL: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11207-014-0553-3 (accessed 5 Febrary 2015).

7.9. Статьи, сданные в печать в 2014 г. в российские издания

1. Белецкий, А. Б. Предварительные результаты исследования пространственных неоднородностей в излучении эмиссии гидроксила [Текст] / А. Б. Белецкий, Тащилин М. А., Татарников А. В. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.

2. Двухпозиционная локация высокоширотных ионосферных неоднородностей с использованием декаметрового радара ЕКВ и радиотелескопа УТР-2: первые результаты [Текст] / О. И. Бернгардт, К. А. Кутелев, В. И. Куркин, К. В. Гркович, Ю. М. Ямпольский, А. С. Кащеев, С. Б. Кащеев, В. Г. Галушко, С. А. Григорьева, О. А. Кусонский //Известия ВУЗов. Радиофизика.

3. Варгин, П. Н. Исследование температурного и динамического режимов внетропической атмосферы Северного полушария в период внезапного стратосферного потепления зимой 2012–2013 гг. / П. Н. Варгин, И. В. Медведева // Известия РАН. Физика атмосферы и океана.

4. Григорьева, С. А. Форма контуров линии К СаII и колебания в спокойной солнечной атмосфере в основании корональных дыр [Текст] / С. А. Григорьева, И. П. Турова, О. А. Ожогина // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

5. Проект национального российского крупного солнечного телескопа с диаметром зеркала 3 м / М. Л. Демидов, В. М. Григорьев, С. А. Чупраков, Д. Ю. Колобов, П. Г. Ковадло, В. А. Пуляев, В. И. Скоморовский // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

6. Еселевич, В. Г. Отличия в развитии начальной фазы формирования двух типов корональной массы [Текст] / В. Г. Еселевич, М. В. Еселевич // Космические исследования.

7. Сравнительный анализ свойств магнитного поля в ведущих и замыкающих солнечных пятнах [Текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн, Г. В. Руденко, В. Н. Обридко // Астрон. журн.

8. Загайнова, Ю. С. Сравнение свойств ведущих и замыкающих солнечных пятен [Текст] / Ю. С. Загайнова, В. Г. Файнштейн, В. Н. Обридко // Геомагнетизм и аэрономия.

9. Караваев, Ю. С. Наблюдение и моделирование формы потенциально опасного астероида 275677 [Текст] / Ю. С. Караваев // Астрономический вестник.

10. Караханян, А. А. Структура поля давления при прохождении Землей секторов межпланетного магнитного поля [Текст] / А. А. Караханян, С. И. Молодых //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014.

11. Клибанова, Ю. Ю. Свойства длиннопериодных пульсаций, возбуждаемых импульсами давления солнечного ветра [Текст] / Ю. Ю. Клибанова, В. В. Мишин, Б. Цэгмед // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

12. Криссинель, Б. Б. Моделирование структуры спокойных участков атмосферы Солнца, соответствующей излучению в диапазоне длин волн 1–100 см [Текст] / Б. Б. Криссинель // Астрономический журнал.

13. Мазур, В. А. Распространение колебаний вдоль азимутально-неоднородного МГД-волновода во внешней магнитосфере [Текст] / В. А. Мазур, Д. А. Чуйко // Солнечно-земная физика. – 2014. – Вып. 25.

14. Оптические эффекты работы бортового двигателя космического аппарата «Прогресс М-17М» на высотах термосферы [Текст] / А. В. Михалев, В. В. Хахинов, А. Б. Белецкий, В. П. Лебедев // Космические исследования.

15. Мишин, В. В. Проявления неустойчивости Кельвина–Гельмгольца в атмосфере Солнца, солнечном ветре и в магнитосфере Земли [Текст] / В. В. Мишин, В. М. Томозов // Солнечно-земная физика. – 2014 – Вып. 25.

16. Энергетика суббури: новые источники [Текст] / В. М. Мишин, В. В. Мишин, Ю. А. Караваев, С.Д. Лунюшкин, А. Д. Базаржапов, У. Сухбаатар // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

17. Комплексы активности и инверсия магнитного поля на полюсах Солнца в текущем цикле [Текст] / А. В. Мордвинов, А. А. Головко, С. А. Язев, Д. Батмунх, Ч. Лхагважав // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

18. Импульсные всплески геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2÷7 Гц как первый сигнал о взаимодействии МУВ с магнитосферой [Текст] / В. А. Пархомов, Б. В. Довбня, Н. А. Бородкова, Г. Н. Застенкер, В. В. Сафаргалеев, А. Ю. Пашинин //Солнечно-земная физика. – 2014. – Вып. 25.

19. Подлесный, А. В. Многофункциональный ЛЧМ-ионозонд [Текст] / А. В. Подлесный // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

20. Частотная структура спектральных полос ИАР и параметры ионосферы / Т. Н. Полюшкина, Б. В. Довбня, А. С. Потапов, Б. Цэгмэд, Р. А. Рахматулин // Геофизические исследования.

21. Поляченко, В. Л. Два сценария неустойчивости радиальных орбит в сферическисимметричных бесстолкновительных звездных системах [Текст] / В. Л. Поляченко, Е. В. Поляченко, И. Г. Шухман // Письма в АЖ.

22. Возмущения электромагнитного поля Земли от работающих двигателей низкоорбитальных космических аппаратов [Текст] / Р. А. Рахматулин, В. В. Хахинов, Ю. В. Липко, А. Ю. Пашинин // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

23. Мониторинг геомагнитного поля в зоне Байкало-Хубсугульского разлома [Текст] / Р. А. Рахматулин, С. Ю. Хомутов, Ю. В. Липко, А. Ю. Пашинин, В. М. Алешков // Труды Российско-монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

24. Эффекты в электромагнитном поле Земли от пролета Челябинского метеороида [Текст] / Р. А. Рахматулин, С. Ю. Хомутов, Ю. В. Липко, А. Ю. Пашинин, В. М. Алешков // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

25. Вариации сейсмического и микросейсмического режимов Байкальской впадины в связи с проявлениями геомагнитных бурь [Текст] / В. А. Саньков, А. А. Добрынина, В. В. Чечельницкий, Р. А. Рахматулин, Н. П. Перевалова // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

26. Томозов, В. М. Сравнительный анализ эффективности ускорения протонов и электронов в лабораторной и космической плазме [Текст] / В. М. Томозов, Н. А. Строкин // Геомагнетизм и аэрономия.

27. Турова, И. П. Особенности колебаний на разных уровнях солнечной атмосферы в основании корональных дыр [Текст] / И. П. Турова // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

28. Файнштейн, В. Г. О возникновении и движении быстрых импульсных КВМ, связанных с мощными вспышками и не связанных с эруптивными волокнами [Текст] / В. Г. Файнштейн, Ю. С. Загайнова // Космические исследования.

29. Хлыстова, А. И. Связь доплеровских скоростей с параметрами магнитного поля при появлении активных областей в фотосфере Солнца [Текст] / А. И. Хлыстова // Солнечно-земная физика. – 2014. – Вып. 25.

30. Хлыстова, А. И. Горизонтальная составляющая течений фотосферной плазмы при возникновении активных областей на Солнце [Текст] / А. И. Хлыстова // Солнечноземная физика. – 2014. – Вып. 25.

31. Цэгмед, Б. К вопросу обработки магнитных измерений [Текст] / Б. Цэгмед, М. Менгеншагай // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь–октябрь 2014.

32. Комплексы активности на Солнце на фазе роста и максимума 24-го цикла [Текст] / С. А. Язев, А. В. Мордвинов, А. А. Головко, Д. Батмунх, Ч. Лхагважав // Труды Российско-Монгольской конференции по проблемам астрономии и геофизики. Улан-Батор, сентябрь – октябрь 2014.

7.10. Статьи, сданные в печать в 2014 г. в зарубежные издания

1. Afanasyev, A. N. Nonlinear slow magnetoacoustic waves in coronal plasma structures / A. N. Afanasyev, V. M. Nakariakov // Astronomy and Astrophysics.

2. Berngardt, O. I. Optimal signals for spectral measurements at EKB SuperDARN radar: Theory and Experiment / O. I. Berngardt, A. L. Voronov, K. V. Grkovich // Radio Science.

3. Dynamics of vertical structure of ionospheric irregularities over Irkutsk during 06:00-06:20 ut 11/03/2011 caused by Tohoku earthquake / O.I. Berngardt, G.V. Kotovich, S.Ya. Mikhailov, A.V. Podlesny // JASTP.

4. Karakhanyan, A. A. The response of geomagnetic activity and pressure field to sector structure of interplanetary magnetic field / A. A. Karakhanyan, S. I. Molodykh //JASTP.

5. Klimushkin, D. Yu. Alfven mode gyrokinetic equation in finite pressure space plasmas / D. Yu. Klimushkin, P. N. Mager // Astrophys. Space Science.

6. First results of the high-resolution multibeam ULF wave experiment at the Ekaterinburg SuperDARN radar: ionospheric signatures of coupled poloidal Alfven and drift-compressional modes P. N. Mager, O. I. Berngardt, D. Yu. Klimushkin, N. A. Zolotukhina, O. V. Mager // JASTP.

7. Old tail lobes effect on the solar wind – magnetosphere energy transport for the 27 August 2001 substorm / V. V. Mishin, V. M. Mishin, Z. Pu, S. B. Lunyushkin, L. A. Sapronova, U. SUkhbaatar, D. G. Baishev // Adv. Space Research.

8. August 27 2001 magnetospheric substorm: Plasma mesoscale vortices, field-aligned currents, and short circuit of the M-I system ionospheric currents / V. M. Mishin, Z. Pu, S. B. Lunyushkin, V. V. Mishin, C. Wang // J. Geophys. Res.

9. 27 August 2001 substorm: Pre-onset phenomena, two main onsets, field-aligned current systems, and plasma flow channels in the ionosphere and in the magnetosphere / V.

M. Mishin, S. B. Lunyushkin, V. V. Mishin, U. Sukhbaatar, D. G. Baishev // J. Geophys. Res.

10. Two substorms on 26 February 2008: The analysis with taken into account of the mesoscale cells, containing plasma vortices and the field aligned currents local maximums / V. V. Mishin, V. M. Mishin, O. I. Berngardt, S. B. Lunyushkin, Y. A. Karavaev, Z. Pu, C. Wang, L. A. Sapronova, M. V. Tolochko, M. A. Kurikalova // J. Geophys. Res.

11. Mishin, V. V. Powerful induction effects during the August 27, 2001 substorm / V. V. Mishin, V. M. Mishin, S. B. Lunyushkin // J. Geophys. Res.

12. Molodykh, S. I. The possible cause of the change of spatial structure of connection between the surface temperature and geomagnetic activities / S. I. Molodykh // International Journal of Climatology.

13. Studying the G condition occurrence in different latitudes under solar minimum: observation and modeling / N. M. Polekh, E. B. Romanova, K. G. Ratovsky, J. K. Shi, X. Wang, G. J. Wang // JASTP.

14. Potapov, A. S. Calculation of IAR emission frequency scale using IRI-2012 model and local DPS-4 Digisonde® data / A. S. Potapov, T. N. Polyushkina, B. V. Dovbnya // Advances in Space Research.

15. Shukhman I. G. Vortical disturbances in a linearly stratified linear shear flow. I. Linear Theory / I. G. Shukhman, J. Cohen, S. Tewner //Physics of Fluids.

16. Coupling between the neutral atmosphere and the ionosphere during major stratospheric warmings / B. Shpynev, D. Pancheva, P. Muchtarov, V. Kurkin, K. Ratovsky, M. Chernigovskaya, A. Belinskaya, S. Grigorieva, A. Stepanov, V. Bychkov // Earth, Planet and Space.

17. Vasil'eva, L. A. Spatial structure of connection between the troposphere heat content and variations in solar and geomagnetic activities / L. A.Vasil'eva, S. I. Molodykh, V. A. Kovalenko // Sun and Geosphere.

18. К вопросу об определении магнитных фокусов Солнца / Ч. Лхагважав, Д. Батмөнх, Д. Улам-Оргих, Б. Бат-Отгон, С. А. Язев, А. В. Мордвинов, Е. Г. Рыкова, В. С. Пещеров, Д. В. Семенов // Сборник трудов конференции, посвященной 70-летию Монгольского государственного университета, Улан-Батор, 2014.

1. Структура Института	2
2. Исследования в области физики Солнца, радиоастрофизики и космических лучей	5
2.1. Магнитные поля Солнца и природа солнечной активности	7
2.2. Нестационарные и волновые процессы в солнечной атмосфере	11
2.3. Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца	14
2.4. Развитие оптических и радиофизических методов в области астероидно- кометной опасности, техногенного засорения и экологии космического пространства	26
2.5. Диагностика межпланетной среды по данным наблюдений космических лучей.	34
3. Исследования в области физики околоземного космического пространства	43
3.1. Развитие новых методов экспериментальных радиофизических исследований верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства	46
3.2. Распространение волн различных диапазонов в ионосфере Земли	56
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	91
3.5. Изучение динамических процессов в системе нейтральная атмосфера – ионосфера – магнитосфера Земли	108
3.6. Изучение волновых процессов и возмущений в околоземном космическом пространстве	128
3.7. Исследование и мониторинг магнитосферно-ионосферных возмущений с использованием пространственно-разнесенных геофизических комплексов	136
4. Развитие методов и аппаратуры исследований в области астрофизики	
и геофизики	167
4.1. Методы и инструменты астрофизического эксперимента	167
5. Работа обсерваторий	206
5.1. Байкальская астрофизическая обсерватория	206
5.2. Саянская солнечная обсерватория	208
5.3. Радиоастрофизическая обсерватория	212
5.4. Комплексная магнитно-ионосферная обсерватория	212
5.5. Норильская комплексная магнитно-ионосферная станция	224
5.6. Геофизическая обсерватория	228
5.7. Обсерватория радиофизической диагностики атмосферы	230
6. Научно-организационная деятельность	240
6.1. Общие сведения	240

СОДЕРЖАНИЕ

6.2. Деятельность Ученого совета	246
6.3. Международное сотрудничество	246
6.4. Издательская деятельность	262
6.5. Работа библиотеки	262
6.6. Работа с вузами	263
6.7. Работа Научно-образовательного центра	264
6.8. Работа музея ИСЗФ СО РАН	265
6.9. Работа Совета научной молодежи Института	266
6.10. Проведение научных мероприятий	266
6.11. Участие в выставках	270
6.12. Участие в научных мероприятиях	270
7. Публикации	273
7.1. Статьи в отечественных журналах	273
7.2. Статьи в зарубежных журналах	277
7.3. Доклады в сборниках российских конференций	282
7.4. Доклады в сборниках международных конференций	295
7.5. Тезисы докладов на российских конференциях	298
7.6. Тезисы докладов на международных конференциях	308
7.7. Монографии	323
7.8. Электронные публикации	323
7.9. Статьи, сданные в печать в 2014 г. в российские изданиях	327
7.10. Статьи, сданные в печать в 2014 г. в зарубежные изданиях	329
Содержание	331

Отв. редактор *И.И. Салахутдинова* Редакторы *Н.О. Волкова, М.В. Никонова* Технические редакторы *Н.В. Купрякова, И.Г. Амбаева*

> Отчет утвержден Ученым советом ИС3Ф СО РАН (протокол № 2 от 17.03.2015 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