На правах рукописи

Шрамко Андрей Дмитриевич

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР И ВСПЫШЕЧНО-АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ ПО МНОГОВОЛНОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Главной (Пулковской) астрономической обсерватории
Российской академии наук

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН,
СТЕПАНОВ Александр Владимирович

Официальные оппоненты:
БОГОД Владимир Михайлович,
доктор физико-математических наук, директор Санкт-Петербургского филиала Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук;

МЕЛЬНИКОВ Виктор Федорович,
доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела радиоастрономических исследований Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук.

Ведущая организация:
Институт прикладной физики Российской академии наук

Защита диссертации состоится 15 марта 2013г. в 13 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.120.01 Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук (ГАО РАН) по адресу:
196140, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, дом 65

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАО РАН

Автореферат разослан 2013г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Милецкий Евгений Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Исследование природы солнечной активности тесно связано с фундаментальными аспектами астрофизики и физики космической плазмы. Процессы, происходящие на Солнце и на звездах поздних спектральных классов, имеют достаточно много аналогий. Уже доказано несомненное влияние солнечных явлений на околоземное космическое пространство и наземные технические системы. При этом важно иметь данные о солнечной активности на различных временных и пространственных масштабах, от долговременных вариаций до спорадических проявлений.

Одним из значимых источников информации о солнечной активности, наряду с оптическим и рентгеновским излучением, является радиоизлучение. В настоящее время наблюдения радиоизлучения Солнца с Земли проводятся в широком диапазоне, от субмиллиметровых до декаметровых длин волн. Радиоизлучение Солнца на более длинных волнах регистрируется с помощью космических аппаратов. Это позволяет понять причины связей радиоизлучения с комплексом явлений на Солнце и на Земле и судить о физических условиях и происходящих процессах в солнечной атмосфере.

Исследование солнечных корональных дыр (КД) является одной из актуальных задач физики Солнца и солнечно-земных связей. Известно, что корональные дыры являются источниками квазистационарных потоков высокоскоростного солнечного ветра, удаляющегося от Солнца вдоль «разомкнутых» силовых линий магнитного поля. Корональные дыры связываются с солнечными источниками рекуррентных геомагнитных возмущений.

Одним из грандиозных солнечных явлений являются вспышки, сопровождаемые ускорением частиц, нагревом плазмы, выбросом коронального вещества, повышенным излучением. Аналогичные вспышечные процессы происходят и на звёздах. Поэтому исследование вспышечно-активных областей на Солнце важно не только для понимания природы солнечно-земных связей, но и для изучения вспышечной активности звёзд.

Несмотря на существование крупных радиотелескопов (РАТАН-600, ССРТ, VLA, NoRH) патрульные наблюдения на малых инструментах, регистрирующих интегральный поток радиоизлучения Солнца на избранных частотах, важны не только для Службы Солнца. Так, при солнечных затмениях пространственное разрешение активных областей Солнца на малых радиотелеско-

пах может достигать менее 10 угловых секунд, что сравнимо с разрешением крупных телескопов.

Радиоастрономические станции и обсерватории расположены на разных долготах и распределены по всему земному шару. На Горной астрономической станции ГАО РАН действуют два радиотелескопа: РТ-2, работающий на частоте 6.150 ГГц (длина волны 4.9 см) и РТ-3, работающий на частоте 9.350 ГГц (длина волны 3.2 см). В настоящее время это единственная станция в России, на которой ведутся ежедневные патрульные радионаблюдения по программе Службы Солнца. Регулярные наблюдения Солнца на ГАС ГАО на волне 5 см охватывают более чем 40-летний период (с 1964 г.). С 80-х годов работает патрульный солнечный радиотелескоп на волне 3 см. В задачи настоящих наблюдений на ГАС ГАО входят, во-первых, продолжение рядов наблюдений солнечной активности на волнах волн 3 и 5 см, характеризующих медленно меняющийся компонент солнечного радиоизлучения, и, во-вторых, мониторинг вспышечных процессов.

Диссертация посвящена исследованию корональных дыр и вспышечно-активных областей на Солнце по многоволновым наблюдениям. Диссертация основана на оригинальных данных о радиоизлучении Солнца, полученных с участием автора на двух радиотелескопах Горной астрономической станции, РТ-3 (λ 4.9 см) и РТ-2 (λ 3.2 см). Одной из основных задач диссертации было создание нового аппаратно-программного комплекса для регистрации излучения Солнца на радиотелескопах РТ-3 и РТ-2 с улучшенными параметрами.

В диссертационной работе анализируются проведенные автором наблюдения полного 29.03.2006 и двух частных 01.08.2008 и 04.01.2011 солнечных затмений на радиотелескопах ГАС ГАО. В результате были получены характеристики радиоизлучения невозмущенных и активных областей на Солнце, таких как группы пятен, корональные дыры, волокна, протуберанцы и факелы.

Нами создана база данных - коллекция временных профилей радиовсплесков на длинах волн 3 и 5 см за период с 2002 по 2012 год, охватывающий два максимума (23 и 24 солнечных цикла) и минимум (23 цикл) солнечной активности.

На основе полученного оригинального материала с привлечением солнечных данных в оптическом, радио, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах длин волн исследованы особенности активных областей и корональных дыр, динамика вспышечных процессов и физические параметры вспышечной плазмы.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Создан новый аппаратно-программный комплекс регистрации излучения Солнца на радиотелескопах РТ-3 и РТ-2 с улучшенными параметрами в см-диапазоне длин волн.
2. Создана база данных о вспышечных явлениях на Солнце в см-диапазоне за период 2002-2012 гг.
3. По результатам наблюдений трех солнечных затмений на радиотелескопах ГАС ГАО получены новые наблюдательные данные о радиоизлучении невозмущенных и активных областей на Солнце, таких как корональные дыры, волокна, факелы, группы пятен.
4. По оригинальным затменным наблюдениям исследовано радиоизлучение корональных дыр. Обнаружено, что корональные дыры в центре диска Солнца имеют повышенное радиоизлучение, а корональные дыры в полярных областях - пониженное.Первую особенность можно объяснить сложной структурой источника с горячими образованиями. Последнее явление объясняется в терминах оптически тонкого теплового тормозного излучения.
5. Исследование динамики энерговыделения солнечных вспышек по кривым блеска, полученным на РТ-3 (λ 4.9 см) и РТ-2 (λ 3.2 см), выявили различные режимы энерговыделения, которые можно связать с особенностями развития желобковой неустойчивости в корональных магнитных арках.
6. Методами корональной сейсмологии оценены физические параметры (магнитное поле, температура и концентрация плазмы) области вспышечного энерговыделения.

Достоверность и научная обоснованность

Результаты, полученные в работе, представлялись в реферируемых статьях и выступлениях на международных и российских конференциях. Основные методики получения оригинальных данных на РТ-3 и РТ-2 ГАС ГАО прошли научную и практическую проверку и внедрены в повседневные радионаблюдения Солнца. Достоверность полученных физических результатов подтверждается их согласованностью с общепризнанными представлениями о солнечной активности и физическими принципами.

Новизна полученных результатов

- Создан новый аппаратно-программный комплекс регистрации, обработки и вывода через Интернет данных радиоизлучения Солнца, полученных на радиотелескопах ГАС ГАО РТ-3 и РТ-2.
- Создана база данных вспышечных радиовсплесков на длинах волн 3 и 5 см за период 2002-2012, охватывающий два максимума (23 и 24 циклы) и минимум (23) солнечной активности. (адрес ссылки http://158.250.29.123:8000/web/radio/).
- По результатам обработки солнечных затмений получены радиоинтенсивности следующих активных областей: групп пятен, залимбовой области над восходящей группой пятен, протуберанцев и волокон, факельных площадок, полярных и среднеширотных корональных дыр.
- Получены новые особенности солнечных корональных дыр в см-диапазоне. Корональные дыры в центре диска Солнца имеют повышенное радиоизлучение, а корональные дыры в полярных областях – пониженное.
- На примере особенностей кривых блеска солнечных вспышек в см-диапазоне длин волн показано, что причиной, определяющей динамику ускорения электронов, может быть баллонная мода желобковой неустойчивости.
- Методом корональной сейсмологии определены физические параметры вспышечной плазмы на основе избранных солнечных радиовсплесков.

Личный вклад автора

Исследования, представленные в диссертации, автором выполнены как самостоятельно, так и в сотрудничестве с научным руководителем и в соавторстве с сотрудниками ГАО РАН.

В публикациях по теме диссертации, выполненных совместно, автору принадлежит равная с соавторами доля участия в формулировке задач, проведении расчетов и анализе полученных результатов.

Автор разработал методики, и программные реализации для цифровой обработки радионаблюдений на радиотелескопах РТ-3 и РТ-2 Горной астрономической станции ГАО РАН. Принимал непосредственное участие в восстановлении и модернизации радиотелескопов ГАС ГАО. Наблюдательные данные радиотелескопов РТ-3 и РТ-2 получены при участии автора.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка цитируемой литературы из 104 наименований и Приложения. Общий объем диссертации составляет 103 страниц, включая 52 рисунка и 8 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении определены основные цели диссертации, обоснована актуальность темы, приведены основные методы, применяемые в диссертации, сформулированы основные положения, вынесенные на защиту, кратко описано содержание работы.

В Главе I описывается методика ежедневных патрульных наблюдений радиоизлучения Солнца на двух радиотелескопах: РТ-3 (λ 4.9 см) и РТ-2 (λ 3.2 см) Горной астрономической станции ГАО РАН, регистрирующих полный поток радиоизлучения Солнца (параметр Стокса I). Эти наблюдения используются для мониторинга уровня солнечной активности и вспышечных процессов. Подробно описываются радиотелескопы РТ-3 и РТ-2, их схемы, параметры и программное обеспечение, которое применяется для калибровки и обработки данных радионаблюдений.

В сантиметровом диапазоне длин волн излучение Солнца в основном исходит из переходного слоя от хромосферы к короне и нижней короны. В этих слоях имеет место резкое изменение параметров плазмы: температуры и плотности. До настоящего времени на радиотелескопах ГАС ГАО применялись старые системы синхронного детектирования, генерации частот модуляции и усиления низкочастотного сигнала с помощью стандартного «Усилителя базового». Одной из основных целей диссертационной работы было создание нового аппаратно-программного комплекса регистрации излучения Солнца на радиотелескопах РТ-3 и РТ-2 с улучшенными параметрами.

Измерения антенной температуры Солнца в нашем случае проводятся путем сравнения измеряемого сигнала с сигналом шумовой трубки. Значения антенной температуры пересчитываются в потоки излучения с использованием переводного коэффициента, получаемого из измерений эффективной площади антенны по сигналу от Луны. Такая последовательность калибровок позволяет ослабить влияние нестабильности усиления приемника, сезонных изменений коэффициента поглощения атмосферы, изменений затуханий в волноводных трактах и других медленно меняющихся параметров аппаратуры, влияющих на

абсолютные измерения. Изложена процедура измерений, производимых для определения антенной температуры Солнца.

Для реализации нового аппаратно-программного комплекса создана многозадачная программа, работающая под операционной системой Windows XP, на языке программирования VisualC из пакета Microsoft Visual Studio 2008. В качестве карты АЦП-ЦАП использовалась PCI-плата L-791 (производства ООО «Л Кард») с АЦП частотой преобразования 400 кГц, имеющей 32 независимых канала ввода и разрядностью 14 бит.

Для реализации компьютерной системы регистрации радиоизлучения Солнца на РТ-3 и РТ-2 одной из основных задач является построение комплекса низкочастотных фильтров. Их назначение состоит в выделении из большого количества шумовых составляющих сигнала полезный сигнал с наименьшими искажениями. На сегодняшний день наиболее оправданным является применение цифровых методов фильтрации. Для определения точности, линейности и стабильности новой системы регистрации, более полугода, в период 2011-2012 гг., наблюдения проводились совместно со старой системой регистрации. Для наших задач наиболее подходит ежедневная радиокалибровка, проводимая для определения антенной температуры Солнца и дальнейшего перевода ее в величины потоков радиоизлучения Солнца. Период сопоставления старой и новой систем регистрации (сентябрь 2011 г. - март 2012 г.) характеризовался достаточно высокой солнечной активностью. Это позволило нам оценить линейность и согласованность двух систем в широком динамическом диапазоне.

В первой главе проведен также статистический регрессионный анализ полученных данных и подтверждена высокая линейность прежней аппаратной и новой аппаратно-программной системы регистрации радиоизлучения, примененной на РТ-3 (λ 4.9 см) и РТ-2 (λ 3.2 см). Новая система регистрации направлена и на обеспечение оперативного мониторинга солнечных вспышек.

В Главе II исследуются результаты наблюдений солнечных затмений в радиодиапазоне на ГАС ГАО РАН. Для получения характеристик излучающей области в радиодиапазоне необходимо, кроме механизмов излучения, исследовать структуру источников. Для этого крайне важно иметь высокую (~10″ и выше) разрешающую способность телескопов, а также точные координатные измерения деталей источников излучения. И то и другое в настоящее время достигается лишь при наблюдениях на крупных солнечных телескопах (ССРТ, РАТАН-600, Nobeyama Radioheliograph). Другую, часто уникальную возможность получения высокого разрешения на малых радиотелескопах предоставляют солнечные затмения. В данной главе приводятся результаты наблюдений

полного 29.03.2006 и двух частных 01.08.2008 и 04.01.2011 солнечных затмений на радиотелескопах сантиметрового диапазона ГАС ГАО РАН.

Наблюдение каждого солнечного затмения даёт новую важную информацию для астрономов. Особенно в том случае, если удается наблюдать затмение с полной фазой. Мы воспользовались уникальной возможностью наблюдения полного солнечного затмения 29 марта 2006 г. на Горной астрономической станции ГАО РАН. В месте наблюдения (l=42°40'E, f=43°44'N) максимальная фаза затмения составила 1.04.

Затмение 01.08.2008 произошло в период минимума активности Солнца, который характеризовался отсутствием активных областей, сильно влияющих на интегральный поток радиоизлучения Солнца. Однако на диске Солнца в северной полярной области наблюдалась протяженная, четко выраженная корональная дыра, которая полностью покрывалась Луной во время затмения. Были также отождествлены факельные площадки и лимбовый источник.

Во время частного затмения 04.01.2011 на диске Солнца наблюдались несколько как радиоярких, так и малоконтрастных локальных источников: группы пятен, униполярное пятно, факельные площадки, а также протяженное волокно и корональные дыры. Данное частное солнечное затмение произошло в период подъема 24-го цикла активности Солнца. Этот период характеризуется увеличением количества активных областей, в значительной мере влияющих на интегральный поток радиоизлучения Солнца.

Наблюдения солнечных затмений на малых радиотелескопах являются важным способом исследования Солнца с высоким пространственным разрешением. В результате обработки радионаблюдений полного затмения 29.03.2006 получены радиокарты Солнца для 3.2 см и 4.9 см. Отождествлены следующие радиоисточники: группы пятен, залимбовая область над восходящей группой пятен и на западном лимбе, факельные площадки, полярные и среднеширотные корональные дыры. Была проведена оценка остаточной интенсивности за лимбом Солнца по минимальному значению на радиокривой покрытия. Проведено сопоставление радионаблюдений и спектральных эмиссионных линий Hα, 6374 Å, D3, 5303 Å, Hβ, которые получены в день полного затмения. Найдено распределение температуры в хромосфере и в нижней короне Солнца по совместным оптическим и радио данным.

Интересным объектом исследования во время частного затмения 1.08.2008 была протяженная, четко выраженная корональная дыра в северной полярной области. Это явление подробно рассматривается в главе III.

Затмение 4.01.2011 произошло в период подъема активности Солнца. На диске Солнца наблюдалось большое количество активных областей. Найдены радиоинтенсивности для 3.2 см и 4.9 см следующих активных образований: две группы пятен, униполярное пятно, семь факельных площадок, протяженное волокно, пять среднеширотных корональных дыр и северная полярная корональная дыра. Получены радиокарты Солнца для 3.2 см и 4.9 см.

Глава III посвящена выявлению особенностей радиоизлучения корональных дыр по затменным и внезатменным наблюдениям полученным в период минимума 23-го цикла солнечной активности. Корональные дыры являются долгоживущими протяженными образованиями с открытой конфигурацией магнитных силовых линий. Корональные дыры возникают внутри больших униполярных ячеек крупномасштабного магнитного поля и являются источниками потоков высокоскоростного солнечного ветра.

Начиная с 1960-х годов корональные дыры интенсивно изучаются с помощью космических аппаратов в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах длин волн. Корональные дыры наиболее четко выявляются на снимках Солнца в мягких рентгеновских лучах, а также на спектрогелиограммах в корональных линиях далекого ультрафиолета. Корональные дыры обычно отождествляются в метровом диапазоне длин волн. Некоторое число работ посвящёно исследованию корональных дыр в сантиметровом диапазоне.

В диссертации рассмотрен благоприятный для наблюдений КД период 2006-2008 гг., который приходился на минимум 23-го цикла активности Солнца и характеризовался малым количеством мешающих факторов - активных областей, в значительной мере влияющих на интегральный поток радиоизлучения Солнца. В данной главе приводятся результаты радионаблюдений полного (29.03.2006) и частого (01.08.2008) солнечных затмений в контексте исследования структуры корональных дыр.

Задача состоит в исследовании влияния КД на интегральный поток радиоизлучения Солнца по затменным и внезатменным наблюдениям, в изучении эволюции площадей КД, их расположения на диске Солнца в оптическом диапазоне, влияния особенностей КД на характеристики радиоизлучения соответствующих областей. При этом используются оригинальные данные радиотелескопа РТ-3 (λ 4.9 см) и РТ-2 (λ 3.2 см) ГАС ГАО, а также данные радиогелиографа NoRH (λ 1.76 см) обсерватории Nobeyama (Япония). Особое внимание было уделено тем дням, когда на видимом диске Солнца наблюдались только корональные дыры, а активные области отсутствовали.

При анализе радионаблюдений полного солнечного затмения 29.03.2006 на ГАС ГАО на кривых покрытия были обнаружены крупномасштабные неоднородности, которые мы отождествили с корональными дырами, расположенными в центре и на южном полюсе Солнца. Тот необычный факт, что полярная КД имела пониженную радиоинтенсивность, а центральная – повышенную, стимулировал нас к дальнейшему исследованию, в результате которого мы установили, что это реальное явление. Обработка наблюдений частного солнечного затмения 01.08.2008 на радиотелескопе РТ-3 (λ 4.9 см) по расчетам модельной кривой покрытия подтвердила, что область полярной КД имеет пониженный на 25-40% уровень радиоизлучения и значительно уменьшает интенсивность яркого лимба полярной области.

С другой стороны, исследование влияния КД на интегральный поток радиоизлучения Солнца по данным радиогелиографа Nobeyama на длине волны 1.76 см показало, что области КД не выявляются или имеют малую контрастность по сравнению с соседними областями, а зависимость для полярных и низкоширотных КД в основном определяется эффектом увеличения яркостной температуры излучения от центра Солнца к лимбу. Это согласуется с результатами работ, в которых показано, что на волнах короче 3 см корональные дыры не выявляются. Современные наблюдения свидетельствуют о существовании компактных горячих (~ 10^6 K) образованиях на уровне хромосферы. КД как бы «раскрывает» эти компактные нагретые области.

В Главе IV исследуются характеристики вспышечной плазмы по многоволновым наблюдениям в том числе и по оригинальным наблюдениям микроволнового излучения солнечных вспышек на длинах волн 4.9 см и 3.2 см.

Среди современных задач физики Солнца, к которым относятся происхождение магнитного поля, природа вспышек, механизмы нагрева короны, выбросы корональной массы, особое место занимает выяснение природы ускорения заряженных частиц. При солнечных вспышках работают мощные ускорители: в электронах с энергией 20 – 100 кэВ содержится до 50% энергии вспышки. Основная часть ускоренных электронов вызывает жесткое рентгеновское и интенсивное и нетепловое радиоизлучение. В сантиметровом диапазоне преобладающим механизмом вспышечного излучения является гиросинхротронный механизм.

В настоящей главе рассматриваются особенности динамики ускорения заряженных частиц в атмосфере Солнца по характеристикам наблюдаемого радиоизлучения на 3.2 и 4.9 см и определяются параметры вспышечной плазмы.

При этом используется модель корональных магнитных арок – фундаментальной структуры атмосферы Солнца, и методы корональной сейсмологии.

В физике Солнца обсуждаются порядка десяти моделей солнечных вспышек. Менее мощные вспышки часто происходят в одиночной арке. При этом сечение вспышечных арок практически не меняется с высотой, что свидетельствует о наличии электрического тока, протекающего в арке. Вспышечное энерговыделение возникает при внезапном размыкании тока в петле. Механизмы «размыкания» тока, т.е. резкого увеличения сопротивления вспышечной арки могут быть различными. Один из механизмов обусловлен баллонной модой желобковой неустойчивости в хромосфере или протуберанца, расположенного вблизи вершины арки. В результате включается сопротивление Каулинга, связанное с ионно-атомными столкновениями и происходит эффективный нагрев плазмы и ускорение частиц.

В диссертации рассмотрены события периода 2011-2012 гг. Вейвлет-анализ этих событий выявил квазипериодические колебания с периодами 3 мин (наиболее выраженные) и менее выраженные осцилляции с периодами 5 мин и 8 мин. Показано, что в данном случае навряд ли имеет место параметрический резонанс собственных осцилляций вспышечных арок с p-модами, поскольку основной максимум должен соответствовать периоду 10 мин. С другой стороны, генератором 3-мин осцилляций могут быть колебания пятен, вблизи которых расположены основания корональных арок. При этом максимальные амплитуды колебаний излучения возникают при совпадении 3-мин колебаний пятен с собственными МГД-модами арки, а «резонансные» арки могут передавать энергию 3-мин колебаний в нагрев плазмы короны.

В главе IV проведен также пример диагностики вспышечной плазмы методом корональной сейсмологии. В событии 4 июля 2012 г. с квазипериодическими пульсациями, наблюдавшегося на ГАС ГАО на частоте 9350 МГц, оценены значения температуры, электронной концентрации, магнитного поля во вспышечной плазме.

В Заключении сформулированы основные результаты, полученные диссертации.

В Приложении приведены примеры характерных временных профилей всплесков см-излучения Солнца из коллекции 2002-2012 гг.

Апробация работы

Результаты исследований докладывались на научных семинарах ГАО РАН, а также на российских и международных конференциях:

- Международная конференция «Солнечная активность и космические лучи после смены знака магнитного поля Солнца», ГАО РАН, Пулково, С.- Петербург, 17-22 июня 2002г.;
- VII-я Пулковская международная конференция по физике Солнца «Климатические и экологические аспекты солнечной активности», ГАО РАН, Пулково, С.-Пб., 7-11 июля 2003г.;
- IX-я Пулковская международная конференция по физике Солнца «Солнечная активность как фактор космической погоды», ГАО РАН, Пулково, С.- Петербург, 4 - 9 июля 2005г.;
- Всероссийская конференция «Многоволновые исследования Солнца и современные проблемы солнечной активности», п. Нижний Архыз, 28 сентября – 2 октября 2006г.;
- XI-я Пулковская международная конференция по физике Солнца «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений», С.-Петербург, ГАО РАН, 2-7 июля 2007г.;
- Всероссийская конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2008», С.-Петербург, ГАО РАН, 7 -12 июля 2008г.;
- Радиоастрономическая конференция «Повышение эффективности и модернизация радиотелескопов России», посвящена памяти профессора Н.А.Есепкиной, САО РАН, 22-27 сентября 2008г.;
- Международный семинар по физике Солнца «Синоптические наблюдения солнечной активности и прогноз ее геоэффективных проявлений», посвященный 60-летию Горной Астрономической Станции Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН, Кисловодск, 30 сентября - 4 октября 2008г.;
- Научно-практическая конференция ФГУП «НПП ВНИИЭМ» «КОРОНАС-ФОТОН – первый Российский научный спутник», Москва, 3 апреля 2009 г.
- Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика-2009», Пулково, Санкт – Петербург, 5 - 11 июля 2009г.;
- Всероссийская астрономическая конференция «От эпохи Галилея до наших дней», САО РАН, п. Нижний Архыз. 13-18 сентября 2010г.;

- Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца "Солнечная и солнечно-земная физика - 2010", Пулково, Санкт – Петербург, 3-9 октября 2010г.;
- Шестая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", ИКИ РАН, Москва, 14 - 18 февраля 2011г.;
- Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца " Солнечная и солнечно-земная физика – 2011", Пулково, Санкт – Петербург, 3 - 8 октября 2011г.;
- Седьмая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН, Москва, 6 - 10 февраля 2012г.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шрамко А.Д., Сенник В.А., Тлатов А.Г. Наблюдение солнечного затмения 29.III.2006 в радиодиапазоне на волнах 3.2 и 4.9 см // **Космические исследования**. – 2011. – Т.49. – №2. – С.99-104.
2. Степанов А.В., Шрамко А.Д. О проблемах ускорения частиц на Солнце // **Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ**. – 2009. – Т. 111. – №4. - С.23-30.
3. Шрамко А.Д., Сенник В.А., Тлатов А.Г. Отождествление локальных источников радиоизлучений Солнца на волнах 3,2 и 4,9 см по данным наблюдения затмения 29 марта 2006 г. на Кисловодской горной станции ГАО РАН // **Вестник Южного научного центра РАН**. – 2011. – Т.7. – №1. – С.13-17.
4. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Особенности радиоизлучения корональных дыр по затменным и внезатменным наблюдениям в период минимума солнечной активности // **Геомагнетизм и аэрономия**. – 2012. – Т. 52. – №. 2. – С. 154–162.
5. Shramko A. D. and Guseva S. A. Studying Local Sources in the Radio Range Based on the Partial Solar Eclipse of January 4, 2011, at the Mountain Astronomical Station, Central Astronomical Observatory, Russian Academy of Sciences // **Geomagnetism and Aeronomy**. – 2012. – V. 52. – № 7. – P. 1-8.
6. Тлатов А.Г., Шрамко А.Д. Поляризация радиоизлучения и фоновые магнитные поля в период 1992-2002 гг. // Труды конф. «Солнечная активность и космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2002. – С.559-568.

7. Тлатов А.Г., Шрамко А.Д. Распределение интенсивности и поляризации радиоизлучения над лимбом Солнца по данным радиогелиографа Nobeyama на волне λ=1.76 см // Труды конф. «Климатические и экологические аспекты солнечной активности». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2003. – С.453-458.
8. Шрамко А.Д. Методика наблюдений и обработки солнечных всплесков на радиотелескопе Горной Астрономической станции ГАО на волне 5.1 см // Известия ГАО РАН. – 2004. – №217. – С. 555-560.
9. Гусева С. А. Шрамко А.Д. Трехмерное моделирование корональных лучей С олнца // Труды конф. «Солнечная активность как фактор космической погоды». – Пулково, С-Петербург, – 2005. – С.345-350.
10. Шрамко А.Д., Гусева С. А. Исследование быстропротекающих процессов в хромосфере и короне Солнца в аномальный 2003 год // Труды конф. «Солнечная активность как фактор космической погоды». – Пулково, С-Петербург. – 2005. – С.605-612.
11. Гусева С. А. Шрамко А.Д. Исследование долгоживущих лучей в короне Солнца по снимкам орбитального телескопа LASCO C2 // Труды конф. «Солнечная активность как фактор космической погоды». – Пулково, С-Петербург. – 2005. – С.337-344.
12. Гусева С.А., Шрамко А.Д. Исследование корональной линии 5303 Å на разной высоте от лимба Солнца в период спада солнечной активности // Труды конф. «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2007. – С. 131-134.
13. Шрамко А.Д. ,Гусева С.А. Сравнительный анализ данных солнечного затмения 29 марта 2006 года в сантиметровом радиодиапазоне с наблюдениями эмиссионных линий // Труды конф. «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2007. – С.365-368.
14. Гусева С.А., Шрамко А.Д. Лимбовые корональные лучи как предикторы гелиомагнитной картины на диске Солнца // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2008». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2008. – С. 71-74
15. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Исследование излучения корональных дыр в период минимума солнечной активности // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2008». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2008. – С. 393-396.

16. Златов А.Г., Наговицын Ю.А., Васильева В.В., Гусева С.А., Давыдов В.В., Ким Гун-Дер, Макарова В.В., Наговицына Е.Ю., Поляков Е.В., Степанова Т.А., Тавастшерна К.С., Фатьянов М.П., Шрамко А.Д. Результаты синоптических наблюдений солнечной активности на Кисловодской Горной Станции ГАО РАН // В книге. «Астрономические исследования в Пулкове сегодня», – С.- Петербург. – 2009. – С. 219-234.
17. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Радиоизлучение корональных дыр по данным радиогелиографа Nobeyama в период минимума солнечной активности // Международный семинар по физике Солнца «Синоптические наблюдения солнечной активности и прогноз ее геоэффективных проявлений». – Кисловодск – 2008. – С. 49.
18. Златов А.Г., Макарова В.В., Ким Гун-Дер, Васильева В.В., Давыдов В.В., Голубов И.Л., Гусева С.А., Шрамко А.Д., Пархоменко А.В. Синоптические наблюдения солнечной активности на Горной станции ГАО РАН // Международный семинар по физике Солнца «Синоптические наблюдения солнечной активности и прогноз ее геоэффективных проявлений». – Кисловодск. – 2008. – С. 46.
19. Гусева С.А., Шрамко А.Д. Исследование корональной линии 6374 Å в период минимума солнечной активности // Труды конф. «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика-2009». - Пулково, Санкт-Петербург. - 2009. - С. 147-148.
20. Гусева С.А., Шрамко А.Д. Исследование солнечных протуберанцев в спектральных линиях 6563 Å, 5876 Å, 4861 Å // Труды конф. «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика-2009». - Пулково, Санкт-Петербург.- 2009г.- С.149-150.
21. Гусева С.А., Шрамко А.Д. Сравнение спектральных и фильтровых наблюдений солнца в линии 6563 Å // Труды конф. «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика-2009». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2009. – С. 151-152.
22. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Морфология солнечных радиовсплесков и их источники // Труды конф. «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика-2009». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2009. – С. 469-170.
23. Середжинов Р.Т., Златов А.Г., Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В. Система управления солнечного оперативного телескопа Кисловодской Горной астрономической станции // Труды конф. «Год астрономии:

солнечная и солнечно-земная физика-2009». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2009. – С. 397-398.
24. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Исследование радиоизлучения корональных дыр в минимуме активности Солнца по частному затмению 01.08.2008 на ГАС ГАО РАН // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2010». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2010. – С. 459-462.
25. Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В. Регистрация всплеска 01.08.2010 в радиодиапазоне и его отклик на магнитометре поля Земли // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2010».- Пулково, Санкт-Петербург.- 2010г.- С. 463-465.
26. Шрамко А.Д. Новая система регистрации на радиотелескопах РТ-2 и РТ-3 на ГАС ГАО РАН // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2011». – Пулково, Санкт-Петербург. – 2011. – С. 213-216.
27. Шрамко А.Д., Гусева С.А. Солнечные локальные источники в радиодиапазоне по частному затмению 04.01.2011 на ГАС ГАО РАН // Труды конф. «Солнечная и солнечно-земная физика - 2011».- Пулково, Санкт-Петербург.- 2011.- С. 217-220.