

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Д.А.Жданова
«МИКРОВОЛНОВЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК ПО
ДАНЫМ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА 4–8 ГГц »,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.03 - физика Солнца

Радиоизлучение Солнца является важнейшим источником непрерывной информации о хромосферных и корональных процессах, особенно в периоды возмущений во время солнечных вспышек.

Диссертация Жданова Д.А. выполнена применительно к одной из важнейших областей экспериментальной солнечной радиоастрономии - исследованиям тонкой структуры в сантиметровом диапазоне радиоволн в виде быстрых радиовсплесков (или субсекундных импульсов излучения- ССИ), которые традиционно связывают с процессами первичного энерговыделения и ускорения частиц в солнечных вспышках (возможно, с микровспышками). Такая тонкая структура содержит новую, часто уникальную информацию о механизмах радиоизлучения и параметрах плазмы солнечных вспышек.

Сибирский солнечный радиотелескоп (ССРТ) является одним из крупнейших в мире инструментом с высоким пространственным и временным разрешениями для солнечных наблюдений. В начале 1990-х гг. совершенствование приемной системы ССРТ и применение акустооптического приемника позволили исследовать пространственную эволюцию источников микроволновых всплесков на частоте 5.7 ГГц на временах от десятков миллисекунд до нескольких часов. Отсутствие доступных спектральных радионаблюдений в окрестностях рабочей частоты ССРТ 5.7 ГГц не позволяло выяснить спектральные свойства наблюдаемых коротких всплесков, получивших название ССИ.

Поэтому диссертант поставил актуальную задачу: создание нового радиотелескопа — Спектрополяриметра 4–8 ГГц для исследования микроволнового излучения солнечных вспышек в диапазоне частот 4–8 ГГц с высоким временным и спектральным разрешением; организацию и проведение регулярных наблюдений, создание архива данных наблюдений, обеспечение свободного доступа к этим данным.

Решение такой задачи потребовало разработки и внедрения программ и методик обработки радионаблюдений; исследования пространственных и спектрально-временных характеристик тонких структур микроволнового излучения в диапазоне частот 4–8 ГГц и получение физических параметров источников микроволнового излучения в диапазоне частот 4–8 ГГц с помощью анализа многоволновых наблюдений.

Все эти этапы успешно преодолены диссертантом.

Создан новый уникальный автоматизированный аппаратно-программный комплекс — Спектрополяриметр 4–8 ГГц для проведения регулярных наблюдений солнечного радиоизлучения и регистрации параметров Стокса I и V в диапазоне частот 4–8 ГГц с миллисекундным временным разрешением. Разработаны и внедрены методики калибровки, архивирования и обработки результатов наблюдений. Создан доступный в интернете ежедневно обновляемый архив оригинальных микроволновых спектральных наблюдений.

Впервые выявлена группа солнечных событий, в которых тонкая структура микроволнового излучения наблюдается при отсутствии широкополосных микроволновых всплесков.

Продемонстрирована возможность использования радиоастрономического телескопа Академии наук (РАТАН-600) для обнаружения и изучения тонких структур микроволнового излучения в солнечных вспышках.

Впервые оценены размеры источника микроволновых всплесков III типа в полосе частот 4–8 ГГц. Показано, что размер источника микроволновых всплесков III типа меняется с изменением частоты.

Работа имеет и практический интерес, ее результаты используются в ряде научных

отечественных и зарубежных центров. Согласованность полученных результатов с данными других обсерваторий свидетельствует об их достоверности. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на десятке отечественных и международных конференций.

Во введении автор показал осведомленность о современном состоянии исследований в области солнечной радиоастрономии и надежно обосновал цель своей работы. Достаточно подробно изложена актуальность и новизна работы, научная и практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту. Из 10 статей по теме диссертации 4 опубликованы в крупных журналах. Автор принимал участие в изготовлении инструмента (Спектрополяриметра 4-8 ГГц), в полном объеме в разработке программного обеспечения для калибровки и обработки наблюдений, в создании архива данных наблюдений. Кратко изложено основное содержание работы по трем главам.

Каждая глава начинается с обзора современного состояния проблемы. В Главе 1 после обоснования необходимости создания Спектрополяриметра 4-8 ГГц для подъема наблюдений на ССРТ на частоте 5.7 ГГц на современный уровень перечислены основные мировые инструменты в микроволновом диапазоне, с которыми можно сравнивать новые данные на Спектрополяриметре. Говорится о сложностях сопоставления данных с китайским спектрографом в диапазоне 5.2-7.6 ГГц, спектры которого часто искажались интерференционными помехами.

Достаточно подробно описана блок-схема приемника. В 2010 г. Спектрополяриметр 4-8 ГГц был введен в режим регулярных наблюдений с аналоговым приемником на 26 фиксированных частотах с 10- мс разрешением. Регистрируются интегральные потоки для левой и правой компонент круговой поляризации. Согласно Рис. 1.7 и Таблице 1.1, полоса фильтров растет с частотой, но они достаточно тесно перекрывают полосу 4-8 ГГц лишь с заметными просветами между 22-23 и 25-26 фильтрами. Для анализа массива данных был разработан метод первичной обработки и поиска событий с тонкой структурой, основанный на визуальном анализе (раздел 1.2).

В Главе 2 после краткого обзора известных наблюдений представлен важный новый результат автора: статистически было обнаружено, что тонкие структуры микроволнового излучения могут наблюдаться независимо от наличия континуального микроволнового излучения, в то время как ранее поиск тонких структур микроволнового излучения проводился в момент возникновения микроволнового всплеска. Из 235 событий в 41(собранных в Таблице 2.1) континуального микроволнового всплеска не наблюдалось. Фактически, микроволновая тонкая структура возникала на фоне спокойного Солнца, и таких событий было 17.5% от общего числа. Однако по данным GOES они все сопровождалась слабыми рентгеновскими вспышками. Странно только, что автор привел только один спектр примечательного явления 22 ноября 2011 г.

Глава 3 посвящена вопросам локализации радиоисточников по данным ССРТ в трех явлениях, обнаруженных сначала на Спектрополяриметре 4-8 ГГц. Для анализа всплесков III типа с обратным дрейфом частоты удалось привлечь данные РАТАН 600. Привлечение данных SDO (HMI и снимков в УФ линиях) позволило детально проанализировать динамику радиоисточников. Это уникальный материал комплексного анализа явлений. В событии 10 августа 2011 г. совместный анализ одномерных данных РАТАН 600 и ССРТ с решетки Восток — Запад позволил построить точное положение и динамику источников по двум координатам. Надежно показано уменьшение размера источника всплеска III типа с ростом частоты. Для анализа квазипериодических пульсаций (КПП) в явлении 8 марта 2012 г. привлекались также данные по жесткому рентгеновскому излучению с аппарата FERMI и спектры мировой сети солнечных телескопов (RSTN). Главный вывод: КПП могут быть обусловлены инжекцией электронов. Сравнение спектров Спектрополяриметра 4-8 ГГц в явлении 29 июня 2-12 г. с двумерными картами ССРТ показало, что двум всплескам на спектре соответствуют два соседних источника, разнесенных на 44". Одновременные профили жесткого рентгеновского излучения до 100 кэВ (данные FERMI) позволили

объяснить временную задержку между всплесками на спектре в 2.6 с временем распространения быстрых электронов от места ускорения в первом источнике до второго вдоль соединяющих магнитных петель.

Таким образом, грандиозная работа по созданию нового спектрополяриметра увенчалась последующим успехом в наблюдениях тонкой структуры. Три положения, выносимые на защиту соответствуют трем главам диссертации.

Во вступлениях к Главам 2 и 3 автор показал осведомленность о современных достижениях по теме, и не только в микроволновом диапазоне, а более широкие. По тонкой структуре перечисляются не только наблюдения, но и предлагаемые механизмы излучения. Хотя в некоторых моментах можно заметить односторонность обзора. Например, для микроволновых спайков упоминается только один мазерный механизм, хотя есть работы по анализу спайков на частотах выше 3 ГГц по данным китайских спектрографов, где обсуждаются другие механизмы. Это относится и к сверхтонкой структуре полос «зевры».

Результаты описаны очень кратко, но достаточно грамотно. Но автор не избежал опечаток, хотя немногочисленных (например, на стр. 40, 48, 59).

Однако удивляет список литературы, т.е. его оформление. Две страницы приведены дважды (87 и 92) и отсутствует единообразие: в 15 ссылках сначала напечатано название перед авторами, во многих статьях с многими авторами перед каждым соавтором стоит "and". Есть и другие неточности, в книгах нет издательств. При этом список литературы достаточно полный.

Высказанные замечания не влияют на высокую оценку диссертации в целом. Полученные результаты (перечисленные в положениях, выносимых на защиту) отличаются новизной и вносят значительный вклад в физику Солнца.

Диссертационная работа «Микроволновые динамические спектры солнечных вспышек по данным спектрополяриметра 4-8 ГГц» представляет собой законченное исследование и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.03 - Физика Солнца, а ее автор, Дмитрий Андреевич Жданов, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук. Основные результаты достаточно обоснованы и достоверны, личный вклад автора является определяющим. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области физики Солнца в целом и могут быть использованы в ГАО РАН, ГАИШ МГУ, ФИАН, САО РАН, НИРФИ, КраО, ИПФ РАН, ИСЗФ СО РАН, ФТИ РАН, ИЗМИРАН. Результаты исследования опубликованы в ведущих международных журналах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент
ведущий научный сотрудник

ФГБУН Института земного магнетизма, ионосферы и
распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской Академии Наук
доктор физико-математических наук

(по специальности 01.03.03 - Физика Солнца)

gchernov@izmiran.ru Тел. Моб. +7 905738046
108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе
д. 4, ИЗМИРАН



Г.П.Чернов

Подпись Г.П.Чернова заверяю
Ученый секретарь ФГБУН ИЗМИРАН к.ф.-м.н.
rez@izmiran.ru Тел. +7 (495) 851-09-09

А.И.Рез