Развитие ССРТ в многоволновый радиогелиограф

Занданов В.Г., Алтынцев А.Т., Смольков Г.Я., Гречнев В.В.

Институт солнечно-земной физики, Иркутск

Значительна роль астрофизических исследований Солнца как космической лаборатории, позволяющей детально изучать в естественных условиях многие физические процессы, типичные и для более удаленных звездных объектов. Предлагаемый проект направлен на исследования пространственно-временной и спектральной структуры проявлений солнечных вспышек в короне для изучения природы солнечных вспышек и корональных выбросов, их прогнозирования и геоэффективности.

В настоящее время данные о расположении и движениях потоков быстрых частиц и ударных волн, генерирующих всплески радиоизлучения, получаются из модельных расчетов на основе измерений спектральных характеристик радиоизлучения вспышек. В отдельных случаях удается их измерить по наблюдениям на радиогелиографах (Нобеяма и ССРТ). Многочастотные наблюдения в микроволновом диапазоне дают возможность изучения трехмерной пространственной структуры активных областей, вспышечных явлений и корональных выбросов. Согласно результатам, полученным по пассажным одномерным наблюдениям (РАТАН-600), важны спектральные особенности вспышечно-продуктивных и относительно спокойных активных областей.

Быстро нарастает внимание к изучению событий с наименьшими характерными временами в солнечной астрофизике – субсекундным импульсам излучения (ССИ: радиоспайкам, быстродрейфующим всплескам радиоизлучения и т. п.). Они имеют чрезвычайно важное значение вследствие их связи с первичным энерговыделением в солнечных вспышках и являются наиболее ярким представителем сверхтонкой временной структуры вспышек. Наши исследования уже показали большой диагностический потенциал ССИ для изучения физических условий в областях генерации и распространения радиоизлучения. В настоящее время особый интерес вызывает разделение когерентного и некогерентного механизмов излучения ССИ, что возможно при многоволновых наблюдениях.

Для изучения процессов энерговыделения и ускорения частиц во вспышках необходимо регистрировать излучение нетепловой электронной компоненты. К нетепловому излучению чувствительны лишь радиотелескопы и орбитальные телескопы жесткого рентгена. В настоящее время из орбитальных телескопов лишь *Yohkoh*/HXT, находящийся на орбите с 1991 г., и готовящийся к запуску HESSI ориентированы на нетепловые процессы.

Наш подход к решению этих задач основан на использовании комплексных данных различных диапазонов солнечного излучения. Предлагается оснастить ССРТ [1] дополнительно к основной частоте 5730 МГц пятью частотами: 2340, 3100, 4340, 7815 и 10300 МГц [2].

Предполагается прямое измерение характеристик потоков быстрых частиц (до $\frac{c}{3}$) и ударных волн, генерирующих всплески радиоизлучения. На основе этих прямых измерений – идентификация механизмов излучения и уточнение моделей атмосферы активных областей в области вспышек.

Микроволновое излучение большинства вспышек и, по-видимому, вспышечно-продуктивных активных областей имеет частоту спектрального максимума между рабочими частотами ССРТ и радиогелиографа Нобеяма (17 и 34 ГГц), ведущего двумерное картографирование Солнца с временным разрешением 100 мс. В совокупности данные этих радиотелескопов обеспечивают информацию с обеих частей спектра вспышечных источников – оптически толстой (низкочастотной) и оптически тонкой (высокочастотной). Ввод многоволнового картографирования на ССРТ позволит исследовать спектральные характеристики этих геоэффективных объектов в исчерпывающе широком частотном диапазоне.

Для детального изучения тонкой структуры спектров микроволновых всплесков, включая ССИ, разрабатывается спектрограф с высоким временным и спектральным разрешением и полосой, охватывающей полосу приема ССРТ (от 4 до 8 ГГц) [3]. До ввода этого спектрографа мы используем спектрографические данные Пекинской Астрономической Обсерватории и данные по интегральному потоку радиополяриметров обсерватории Нобеяма на 7 фиксированных частотах от 1 до 80 ГГц.

Распределение плотности и температуры плазмы в короне измеряется по данным мягкого рентгеновского диапазона, зарегистрированным японским орбитальным телескопом мягкого рентгеновского излучения *Yohkoh*. Информация о локализации и динамике энерговыделения может быть получена по данным телескопа жесткого рентгеновского излучения *Yohkoh*.

Таким образом, составляется уникальный набор данных, который необходим для широких и глубоких исследований солнечных вспышек. Наблюдения с высоким пространственным, спектральным и временным разрешением на нескольких частотах позволят определить механизмы генерации радиовсплесков и на этой основе измерять распределения параметров плазмы и магнитных полей во вспышечных областях.

В рамках проекта планируются: **а)** замена 256 одноволновых облучателей, используемых в настоящее время на ССРТ, на многоволновые облучатели конструкции В.Н. Дикого; **б)** оснащение всех 256 антенных элементов ССРТ СВЧ-модулями для усиления входных сигналов всех поддиапазонов и их преобразования на частоту 5,7 ГГц с разделением по времени для их передачи к приемному комплексу по существующему волноводному тракту ССРТ; **в)** разработка, изготовление и ввод в наблюдения акустооптического приемника для регистрации ССИ с одномерных интерферометров ССРТ восток-запад и север-юг (временное разрешение до 3,5 мс); **г)** создание широкополосного спектрографа (4–8 ГГц) с высоким спектральным (0,5 МГц) и временным разрешением (4 мс).

Достоинством предложенного варианта перевода ССРТ на многоволновый режим является практически полное использование систем и оборудования ССРТ, в т.ч. антенн, волноводной системы (с СВЧ-усилителями, фазовращателями, мостовыми соединениями), а также системы параллельной многочастотной регистрации. Неизменной остается вся строительная часть комплекса ССРТ. За относительно небольшую сумму за год–два можно получить качественно новый инструмент, по совокупности характеристик превосходящий имеющиеся в мире солнечные телескопы: двухмерность с высоким пространственным разрешением на шести волнах, возможность наблюдений в течение всего дня, возможность патруля быстрых процессов на всем диске с высоким временным и угловым разрешением.

Настоящее исследование поддержано грантами РФФИ *NN* 00-02-16819, 99-07-90038, 00-15-96710 и программой "Астрономия".

Литература

1. Смольков Г.Я., Тресков Т.А., Криссинель Б.Б., Миллер В.Г., Гречнев В.В., Коновалов С.К. – В кн.: Региональный мониторинг атмосферы. Часть III. Уникальные измерительные комплексы. Под ред. М.В. Кабанова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. С. 85–142.

2. Zandanov V.G., Altyntsev A.T., Lesovoi S.V. – In: T. Bastian, N. Gopalswamy and K. Shibasaki (Eds.). Solar Physics with Radio Observations. Proc. of the Nobeyama Symposium. Kiyosato, Japan. Oct. 27–30, 1998. NRO Report No. 479. C. 425–429.

3. Алтынцев А.Т., Занданов В.Г., Розенраух Ю.М. – В кн.: Проблемы современной радиоастрономии. XXVII Радиоастрономическая конференция. Т. 3. СПб., 1997, с. 168–169.