МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ РАТАН-600 ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ПЛАЗМЕННЫХ СТРУЙ И АКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА

Шендрик А.В.¹, Богод В.М.¹, Кузанын К.М.², Курочкин Е.А.¹

¹СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, Россия

²ИЗМИРАН, Москва, Россия

RATAN-600 OBSERVATION PROCESSING TECHNIQUE FOR STUDYING THE DYNAMICS OF PLASMA JETS AND THE ACTIVITY OF THE SOLAR CYCLE

Shendrik A.V.¹, Bogod V.M.¹, Kuzanyan K.M.², Kurochkin E.A.¹

¹SPb branch of SAO RAS, Saint-Petersburg, Russia

²IZMIRAN, Moscow, Russia

The RATAN-600 archive of regular solar observations contains data from the beginning of 1997 (for 23 and 24 solar cycles), which are data of the left and right circular polarizations and cover the range of 3-18 GHz with high frequency and spatial resolutions. The paper presents the proposed data processing technique, which includes: rejecting defects, calibrating, finding the background in the form of a quiet Sun, searching for cyclotron radiation sources in active regions, and also using auxiliary data on active regions (ARs) Solar Region Summary (SRS) provided by SWPC NOAA. The ultimate goal is to obtain solar activity parameters such as flux density in ARs in the range of 3–18 GHz, magnetic field values and search for other parameters to study the cyclic activity of the Sun, as well as the dynamics of coronal jets.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-459-462

1. Введение

Архив регулярных солнечных наблюдений РАТАН-600 доступен, по меньшей мере, с начала 1997 г. (за 23 и 24 солнечных цикла) и содержит более 38000 наблюдений, которые представляют собой одномерные сканы в левой и правой круговых поляризациях и охватывают диапазон в 3–18 ГГц с высокими частотным и пространственным разрешениями, а также высокой чувствительностью по плотности потока. Учитывая перечисленные преимущества, авторы настоящей статьи предлагают использовать эти данные для анализа солнечной цикличности, а также поиска в радиодиапазоне признаков событий таких как плазменные струи.

2. Описание методики

Ключевым отличием предлагаемой методики обработки данных от методов, созданных ранее [1, 2], является калибровка сканов в единицах удельной плотности потока, а не в единицах яркостных температур. Калибровка выполняется по спокойному Солнцу, для нахождения его при-

ближения было отобрано 38 наблюдений в фазе минимальной активности Солнца. Выбранные наблюдения были сопоставлены и на каждой из длин волн найдены центрально-симметричные профили нижней огибающей (рис. 1а) при помощи которых получается искомая форма скана спокойного Солнца. Используя распределение температуры спокойного Солнца от длины волны [3] можно получить его плотность потока по закону Рэлея-Джинса. Однако, поскольку РАТАН-600 из-за размеров вертикальной диаграммы захватывает поток от Солнца не полностью, необходимо использовать поправки на диаграмму, которые зависят от длины волны. Таким образом удастся задать масштаб скана спокойного Солнца и на него вписать скан реального наблюдения, тем самым выполнив калибровку в терминах мощности (рис. 1б). Левая и правая круговые поляризации калибруются на половину мощности, тем самым параметр Стокса имеет полную суммарную мощность.

Рис. 1. Полученные центрально-симметричные профили нижней огибающей спокойного Солнца на длинах волн 3, 7 и 17 ГГц (а) и пример вписывания полученного спокойного Солнца в скан наблюдения на волне 6.8 ГГц для параметра Стокса I (б).

По откалиброванному скану, используя упомянутые поправки на размер вертикальной диаграммы, можно приблизительно восстановить плотность потока от Солнца. Сделав сравнение с результатами наблюдений службами мониторинга, можно сделать вывод что результаты в целом хорошо согласуются (рис. 2а). Было замечено, что существуют систематические ошибки отклонений, которые учитываются для лучшего согласования.

Для анализа активности Солнца к данным РАТАН-600 подключены данные Solar Region Summary (SRS) предоставляемые SWPC NOAA: номер активной области (АО), её координаты, площадь, протяженность, число пятен, класс McIntosh, класс Hale. Данные сопоставлены с учётом корректировки по времени и позиционного угла. Внутри активной области можно определять отдельные радиоисточники с помощью поляризации

(параметр Стокса V). Для определения потока от источников применяется Гаусс-анализ.

Рис. 2. Пример сравнения восстановленной плотности потока Солнца с наблюдениями мониторинга солнечного потока без учета поправок на систематические отклонения (а) и пример сравнения уже с учетом корректировок (б)

Рис. 3 Скан наблюдения 4 сентября 2017г. в параметрах Стокса I и V (а) и спектр плотности потока активной области NOAA12673 на этом скане (б).

Рис. 4. Сравнение спектров полной плотности потока АО 12593+12596 за 8 наблюдений в различных азимутах 24 сентября 2016 г. (а) и динамика полной плотности потока на волнах 3, 5, 8 и 12 ГГц (б).

Методика опробована на изучении динамики АО, в которой наблюдалась корональная струя. Было отобрано 8 наблюдений в течение одного дня, динамика спектров которых изображена на рис. 4. Однако, выбранная активная область не показала явных признаков – она оказалась достаточно стабильной, и форма спектра не показала выраженных изменений.

3. Выводы

Создано ПО с широкими возможностями автоматической обработки данных РАТАН-600 и описаны его основные принципы. С помощью него предполагается получение таких параметров АО как спектральная плотность потока, значение магнитного поля и других.

Дальнейшей целью является с помощью данного ПО проанализировать 23 и 24 солнечных циклы на предмет выделения радиотрассеров солнечной активности.

Также будут проанализированы другие случаи плазменных струй и усовершенствована методика их обработки.

Благодарности

Работа Шендрика А.В. поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, проект 18-29-21016. Работа Шендрика А.В. и Кузання К.М. поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, проект 19-32-50046.

Литература

1. *Гараимов В.И.* Обработка массивов одномерных векторов данных в ОС Windows. Программа Work Scan- версия 2.3 // Препринт САО #127Т, 1997, Нижний Архыз.
2. *Гараимов В.И.*, Кандидатская диссертация, 1998, Нижний Архыз.
3. *Zirin, H.; Baumert, B.M.; Hurford, G.J.* The Microwave Brightness Temperature Spectrum of the Quiet Sun // *Astrophysical Journal*, v. 370, p. 779.