

Методика обработки одномерных сканов Солнца

В.Н.Боровик, Н.Г.Петерова

A Method of Reduction of One-Dimensional Scans of the Sun

V.N.Borovik and N.G.Peterova

Abstract

A method is given for separation of scans taken during solar passage through the diagram of the Large Pulkovo Radio Telescope into B and S components. We give here a way of a reduction from antenna temperatures to the units of measurement of the spectral density of an emission flux and a determination of the degree of circular polarization of local sources. The directivity diagram of the Large Pulkovo Radio Telescope necessary for an estimation of the size of local sources is reported. The causes of the errors and their value in determination of different characteristics of local sources are noted.

С 1987 г. изменяется форма представления результатов службы радиоизлучения Солнца с высоким разрешением, публикуемой в бюллетене "Солнечные данные" по наблюдениям на большом пулковском радиотелескопе (БПР). Теперь сканы, полученные при регистрации параметра Стокса I (полная интенсивность), не будут разделяться на В- и S-компоненты, как это делалось в публикациях 1969–1986 гг. [1]. Кроме того, с 1987 г. начинают публиковаться результаты регистрации параметра Стокса V (круговая поляризация). В связи с этим приводится методика обработки указанных сканов с целью получения характеристик отдельных локальных источников (л.и.).

I. Разделение В- и S-компоненты

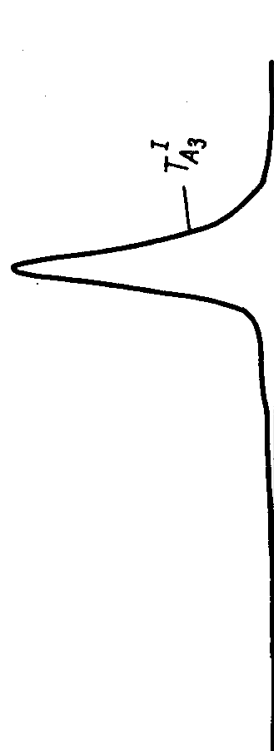
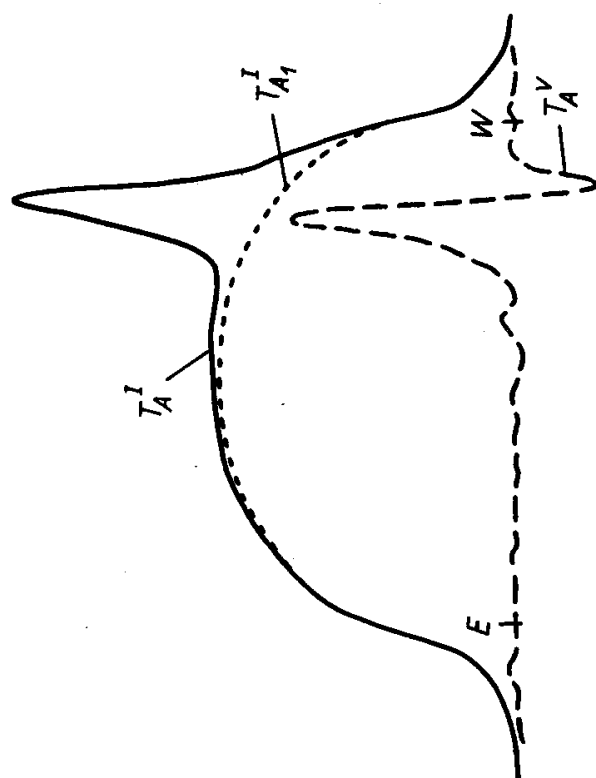
Каждый единичный скан в общем случае можно разделить на три составляющие (см. рисунок):

I. $T_{A1}(r)$ – истинное спокойное Солнце, понимаемое как скан, соответствующий периоду минимума цикла солнечной активности. Известно [2],

$\lambda = 4.4 \text{ cm}$

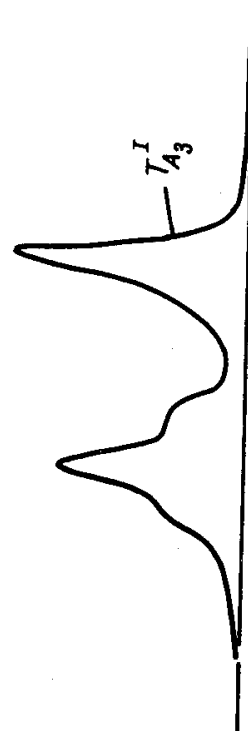
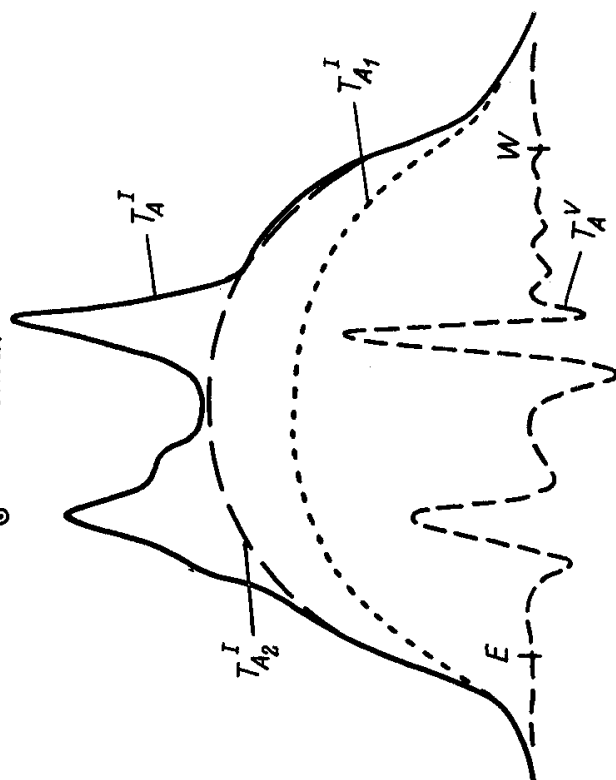
29 IV 1985

$F_{\odot}^I = 163 \text{ s.f.u.}$



29 IV 1979

$F_{\odot}^I = 243 \text{ s.f.u.}$



что форма $T_{A_1}^I(r)$ для БПР не зависит от времени года (несмотря на сезонные изменения диаграммы направленности) и с точностью до $I\%$ не меняется в зависимости от номера цикла. Для удобства пользования $T_{A_1}^I(r)$ при-

водится в виде нормированной к единице табл. I для двух длин волн, в которой также указано минимальное значение интегральной для всего Солнца спектральной плотности потока излучения $F_{\text{сн}\odot}^I(\lambda)$, взятое из наблюдений с низким разрешением (данные станции Тойякава, Япония).

Таблица I

λ , см	$F_{\text{сн}\odot}^I$, s.f.u.	$r/R_{\odot}$						
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
4.4	140	1.00	0.99	0.96	0.89	0.70	0.34	0.02
6.2	95	1.00	1.00	0.97	0.90	0.77	0.47	0.06

Вписать $T_{\text{сн}\odot}^I$ можно, зная значение $F_{\odot}^I$ на данный день и пользуясь известной теоремой [3], согласно которой

$$\int_r T_A^I(r) dr \sim F_{\odot}^I,$$

где $F_{\odot}^I$ берется по данным службы Солнца с низким разрешением, лучшие станции которой обеспечивают знание $F_{\odot}^I$ с точностью в несколько процентов. В тех случаях, когда длины волн наблюдений на БПР и опорной станции не совпадают, строится спектр $F_{\odot}^I(\lambda)$ и нужное значение находится интерполированием.

2. $T_{A2}^I(r)$ — нижняя огибающая, понимаемая как плавная кривая, проходящая через свободные от ярких л.и. участки скана. В период слабой активности Солнца T_{A1}^I совпадает с T_{A2}^I (см. рис. а). В остальное время разность ($T_{A2}^I - T_{A1}^I$) образует протяженный (с размерами $\sim 2R_{\odot}$) источник S-компоненты, своим прохождением обязанный суммированию в диаграмме БПР широких источников флоккулярного типа. Амплитуда этой разности зависит от фазы цикла солнечной активности и в максимуме цикла может достигать значительной величины $[T_{A2}^I(0) - T_{A1}^I(0)] / T_{A1}^I \sim 40\%$ (см. рис. б).

3. $T_{A3}^I = (T_A^I - T_{A2}^I)$ — отдельные локальные источники, понимаемые как более яркие по сравнению с протяженным источником ($T_{A2}^I - T_{A1}^I$) и, как правило, принадлежащие одному или нескольким центрам активности.

Очевидно, что при определении яркостной температуры л.и. она должна суммироваться с яркостной температурой протяженной составляющей, оценить которую в случае одномерных наблюдений можно только в каких-либо предположениях о вертикальном размере этой составляющей. Указанная неопределенность вносит ошибку в измерения яркостной температуры л.и., величина которой зависит от взаимного соотношения мощности л.и. и амплитуды флоккулярной компоненты и должна оцениваться в каждом конкретном случае индивидуально. Для грубых оценок точности измерения яркостной температуры л.и. полезно помнить, что для слабых л.и. она примерно в 10 раз, а для сильных л.и. в 100 раз превышает яркость флоккулярной компоненты.

2. Учет диаграммы направленности БПР

Как известно [4], БПР обладает диаграммой направленности сложной формы. Кроме того, имеет место паразитный диаграммный эффект, вносящий значительные искажения в сигнал при регистрации поляризованного излучения.

Публикация сканов как интенсивности T_A^I , так и круговой поляризации T_A^V производится после "чистки" за паразитный диаграммный эффект по программе *CORPOL*, основы которой изложены в [5]. Одновременно при этом программа выполняет учет калибровки, постоянной времени, сглаживание шумов и вычитание в канале V паразитного сигнала, пропорционально I .

После указанной коррекции сканов дальнейшую обработку следует производить, учитывая сезонные изменения диаграммы направленности БПР. Для оценки размеров л.и., особенно в тех случаях, когда форма $T_{A3}^{I,V}$ для отдельного л.и. близка к гауссиане, полезным оказывается представление главного лепестка диаграммы БПР в виде двумерной таблицы, в которой по одной координате указана высота Солнца над горизонтом на широте БПР, а по другой положение л.и. в вертикальной диаграмме (R верт.).

Таблица 2

$h_\odot$	$R_{\text{верт.}}$ $R_\odot$	$\theta_{0.5}$, угл. мин.					λ , см
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
10°		1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	4.4
Зима		2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	6.2
30°		1.8	1.8	2.0	2.4	2.8	4.4
Весна, осень		2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	6.2
50°		1.6	1.8	2.6	3.9	5.4	4.4
Лето		2.3	2.4	2.8	3.4	4.8	6.2

В табл. 2 дается ширина главного лепестка горизонтальной диаграммы БПР на уровне половинной мощности, $R_{\text{верт.}}$ определяется путем отождествления л.и. с центром активности. Расчет этой таблицы выполнен по программе А.Н. Коржавина для двух волн с учетом реально существующего Е- W выноса из фокуса первичного облучателя, составляющего для обеих волн $\sim 1.5\lambda$.

При оценке размеров источников следует иметь в виду, что полное разрешение деталей биполярной или мультиполярной структуры поляризованного излучения по наблюдениям на БПР достигается редко, в связи с чем размер отдельных деталей может оказаться уже диаграммы направленности. По этой же причине в большинстве случаев удастся определить лишь суммарную для всего л.и. степень поляризации

$$\rho^{R-L} = \int_r [T_A^{VR}(r) - T_A^{VL}(r)] dr / \int_r T_{A3}^I(r) dr ,$$

где интегрирование ведется в пределах телесного угла выбранного л.и. При таком определении степени поляризации сводятся к минимуму ошибки, вносимые паразитным диаграммным эффектом

Как указывалось выше, точность определения характеристик л.и. зависит от его интенсивности, являясь максимальной для сильных л.и. Сравнение результатов измерений на БПР с результатами независимых наблюдений, например, во время солнечных затмений, показало, что они совпадают с точностью 10–20%. Это относится к определению спектральной плотности потока излучения, степени поляризации и размеров л.и. Указанная точность может быть принята за среднее значение ошибки измерений характеристик л.и. с помощью БПР, имея в виду, что в каждом конкретном случае она должна оцениваться индивидуально.

Настоящая работа является кратким изложением многолетнего опыта исследований радиоизлучения Солнца по наблюдениям на БПР, в разработке которого кроме авторов самое непосредственное участие принимали Г.Б. Гельфрейх, А.Н. Коржавин и Ш.Б. Ахмедов. Авторы признательны В.Е. Абрамову-Максимову за расчет табл. 2.

Литература

1. Ихсанова В.Н. Кривые прохождения медленно меняющейся составляющей радиоизлучения Солнца, публикуемые в бюллетене "Солнечные данные". – Солн. данные, 1969, № 2, с. 85–87.
2. Боровик В.Н. Радиохарактеристики спокойного Солнца на волне 4.5 см по наблюдениям на большом пулковском радиотелескопе. – Солн. данные, 1980, № 8, с. 87–97.
3. Корольков Д.В., Парийский Ю.Н., Соболева Н.С. К вопросу об измерении магнитных полей и других физических характеристик в областях над пятнами из радионаблюдений. – Солн. данные, 1958, № 9, с. 65–69.
4. Есепкина Н.А., Кайдановский Н.Л., Кузнецов Б.Г., Кузнецова Г.В., Хайкин С.Э. Исследование характеристик излучения остронаправленных зеркальных антенн с отражателем переменного профиля. – Радиотехника и электроника, 1961, т. 6, № 12, с. 1947–1960.
5. Коржавин А.Н. К вопросу об измерении круговой поляризации на антенне переменного профиля. – Сообщ. САО, 1876, № 16, с. 43–62.

Главная астрономическая
обсерватория АН СССР

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

Поступила в редакцию
16 февраля 1987 г.