ПОТОК И ЯРКОСТЬ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПРЕДВСПЫШЕЧНЫХ ПРИЗНАКОВ

Куручкин Е.А.¹, Петерова Н.Г.¹, Топчило Н.А.², Шендрик А.В.¹

¹Санкт-Петербургский филиал САО РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

FLUX AND BRIGHTNESS OF MICROWAVE RADIATION AS PRE-FLARE FEATURES

Kurochkin E.A.¹, Peterova N.G.¹, Topchilo N.A.², Shendrik A.V.¹

¹Saint-Petersburg Branch of SAO RAS, St.-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State University, St.-Petersburg, Russia

Forecasting in the microwaves can be promising due to a number of [1] parameters, which provide in-depth diagnostics of potential flare-productive active regions (AR). These parameters include the observation waveband, the degree of flux sensitivity [3], the dynamic range, the accuracy of measuring the degree of polarization, etc. Observations of RATAN-600 have been available since at least 1997, which means that the 23rd and 24th solar activity cycles, as well as the beginning of the 25th solar activity cycle, overlap almost completely [2]. Thus, the archive of RATAN-600 observations makes it possible to analyze the behavior of potentially flare ARs at different stages of the 11-year solar activity cycle [2]. The work focuses primarily on the maximum of the 24th solar activity cycle, however, other observation periods are also touched upon. In addition to RATAN-600, the archive of the Nobeyama radioheliograph is very long-term observations, which allows, taking into account the peculiarities of the observations (the difference in daily time, range, sensitivity, etc.), to compare the data obtained. There are a number of cases in Nobeyama daily data in which brightness temperature of ARs is more than median value (about 10 times or higher). In this cases the ARs often gives flare productivity. As a result peak brightness temperature of AR may be used as one of the number of prediction parameters (along with other, for example Tanaka-Enome criteria [3], polarization inversions etc.).

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-185-188

В работе были использованы ежедневные (“daily”) данные наблюдений на радиогелиографе Нобейма. Была построена зависимость пиковой яркостной температуры (параметр “Tb peak”) от времени с шагом в один день, если это позволяли данные, за 2011–2015 гг. включительно (см. пример на рис. 1).

Рассмотренный период интересен тем, что он захватывает начало максимума и максимум 24-го 11-летнего цикла солнечной активности. Его обобщенные характеристики по годам приведены в таблице и на рис. 2.

NoRH Daily 2014 Tb peak

Рис. 1. Временной ряд суточной пиковой яркостной температуры по данным радиогелиографа Нобейма за 2014 г.

Таблица. Значения пиковой яркостной температуры по годам. Колонка М – количество дней, когда пиковая яркостная температура превышала $2 \cdot 10^5$ К, а колонка N – количество дней, когда пиковая яркостная температура превышала $1 \cdot 10^6$ К.

Year	Median, K	Min, K	Max, K	M($T_b > 2 \cdot 10^5$ K)	N($T_b > 10^6$ K)
2011	40376,5	16767	741425	16	0
2012	45044	18097	1259250	36	3
2013	45530	20111	1581841	34	2
2014	68566	20419	4120619	73	14
2015	41938	19755	1126015	26	1

Median, min and max, K

Рис. 2. Временные ряды максимальной, медианной и минимальной пиковой яркостной температуры за год.

Из таблицы и рис. 2 видно, что медианное значение пиковой яркостной температуры меняется приблизительно в пределах 40–70 тысяч К, минимальное значение — в пределах 16–21 тысяч К. А вот максимальное зна-

чение пиковой яркостной температуры составляет сотни тысяч и даже миллионы Кельвин. Таких случаев, когда максимальное значение пиковой яркостной температуры существенно (в 5 раз и более) превышает медианное значение даже вне максимума 11-летнего цикла солнечной активности (например, 2011 г.) за год происходит более десятка. В основном они привязаны к немногочисленным особо активным областям.

Одним из показательных случаев является случай 2014 г. Активная область (АО) NOAA 12192 находилась на диске в период с 18 по 29 октября и дала максимальную пиковую яркостную температуру 4.12 МК. Однако интересно также и то, что повышенная пиковая яркостная температура наблюдалась в течение всего периода нахождения данной АО на диске Солнца. В период с 18 по 29 октября 2014 г. пиковая яркостная температура не опускалась ниже 0.56 МК, а в период с 26 по 29 октября включительно – 1.6 МК.

Удачной являлась эта АО и тем, что она была изолирована относительно других АО с точки зрения ножевидной диаграммы направленности антенны РАТАН-600 (рис. 3). Благодаря этому упрощается измерение полного потока микроволнового излучения и других параметров АО NOAA 12192.

Рис. 3. АО NOAA 12192 на сканах радиогелиографа Нобейама (слева) и РАТАН-600 (справа) 26 октября 2014 г. (в день максимальной пиковой яркостной температуры 4.12 МК).

NOAA 12192 дала с 18 по 29 октября 2014 г. по данным GOES приблизительно 92 вспышки, а мощных вспышек М и Х-классов – 28, поэтому, данная АО представляет интерес с точки зрения прогнозирования вспышечной активности.

По данным РАТАН-600 были построены спектры полного потока за период с 18 по 29 октября 2014 г. (рис. 4). Полный поток рос во всём диапазоне наблюдения РАТАН-600 с 21 по 27 октября 2014 г., то есть с увеличением вспышечной активности АО, однако именно в

высокочастотной части диапазона рост был наибольшим, что согласуется с критерием Танака-Еноме.

Рис. 4. Спектры полного потока и временные ряды полного потока NOAA 12192.

Таким образом, пиковая яркостная температура может являться еще одним удобным и легко доступным индикатором повышенной вспышечной продуктивности АО.

Литература

1. Bogod V.M. et al. // *Astrophys. Bull.*, 2018, v.73, I.4, 478.
2. Shendrik A.V. et al. // *Geomagn. Aeronomy*, 2020, v.60, N.8, 999.
3. Tanaka H. and Enome S. // *Solar Phys.*, 1975, 40, 123.