

СВЯЗЬ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
ПОЛЯРИЗАЦИИ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ГРУПП ПЯТЕН

В.П.Максимов, И.А.Бакунина, В.П.Нефедьев, Г.Я.Смольков

THE RELATIONSHIP OF FLARE ACTIVITY TO THE POLARIZATION
DISTRIBUTION OF THE SUNSPOT GROUP MICROWAVE EMISSION

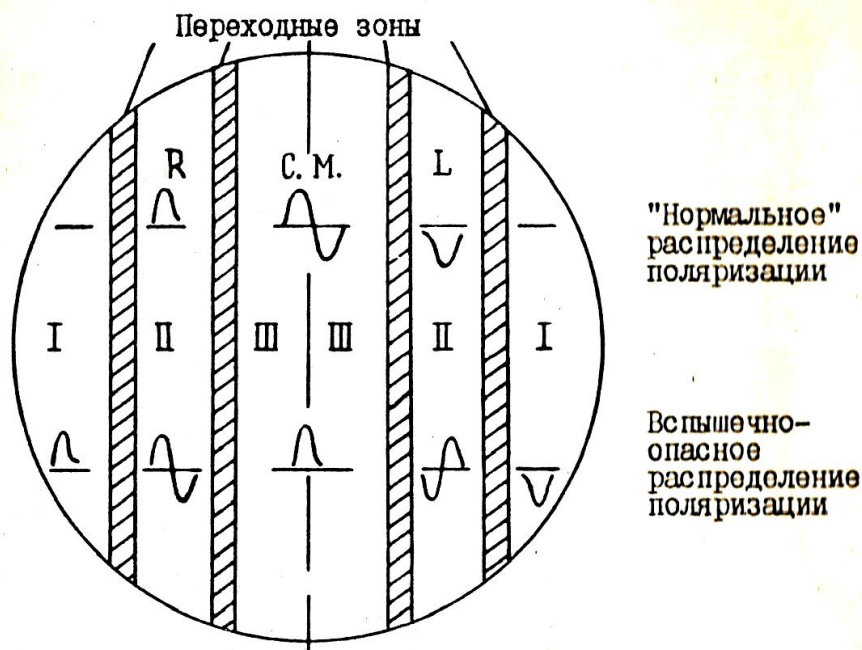
V.P.Maksimov, I.A.Bakunina, V.P.Nefedyev, G.Ya.Smolkov

On the basis of a statistical investigation of the polarization distribution of the microwave emission at 5.2 cm wavelength using SSRT data for the period 1982-1986 a comparison has been made of the efficiency of the Tanaka-Enome polarization criterion with a modified criterion that takes account of the dependence of the polarization distribution on the active region position on the disk, for purposes of predicting the active region conditions. It is shown that the prediction efficiency is improved when this dependence is taken into account.

I. Введение

Более десяти лет назад в работе [1] предложена классификация распределений поляризации микроволнового излучения по активной области. В этой классификации выделены: S-конфигурация, которая характеризуется сильно поляризованным пиком, E-конфигурация с двумя противоположно поляризованными пиками и P-конфигурация с сильно поляризованным центральным пиком и двумя боковыми субпиками с поляризацией, противоположной поляризации центрального пика.

На основе такой классификации авторами [1] сформулирована связь вспышечной активности с распределением поляризации, а именно: вероятность появления мощных, в частности протонных, солнечных вспышек возрастает с переходом распределения от S - к E- и P -конфигурациям. Однако в целом ряде случаев перед протонными вспышками отмечалось явное несоответствие этого вывода наблюдаемому распределению поляризации. В работе [2] проведен анализ нескольких случаев такого явного несоответствия и указано на возможность преодоления этой трудности посредством учета зависимости распределения поляризации от положения активной области на диске. Для этого видимый диск Солнца был разбит на три симметричных относительно центрального меридиана зоны, и для каждой зоны дано определение "нормального" распределения поляризации микроволнового излучения по активной области, находящейся в этой зоне (см. рисунок). В качестве модифицированного критерия вспышечной активности группы пятен предложено рассматривать не существование определенного типа распределения поляризации (S, E- или P -конфигурации согласно



Схематическое разделение Солнца на зоны с характерными нормальными и вспышечно-опасными конфигурациями поляризации в каждой зоне (см. текст)

[1/], а отклонение наблюдаемого распределения поляризации от нормального распределения для данной зоны.

Учет положения активной области на диске не приводит к изменению критерия [1/] во II зоне. В зоне I признаком вспышечной активности может служить наблюдение поляризованного излучения от активной области. В зоне III модифицированный критерий прямо противоположен критерию Танаки-Эноме: вспышечно-опасной считается S-конфигурация, а спокойной — E-конфигурация.

В данной работе для развития изложенных в статье [2/] представлений проведено статистическое исследование распределения поляризации микроволнового излучения по активной области в зависимости от ее положения на диске, а также связи этого распределения со вспышечной активностью групп пятен.

2. Анализ наблюдательных данных

Материалом для настоящего исследования служили записи одномерного распределения поляризации излучения по диску Солнца, полученные на ССРТ ($\lambda = 5,2$ см) в период 1982–1986 гг. Угловое разрешение инструмента последовательно улучшалось с вводом в строй новых групп антенн с 2' (первая половина 1982 г.) до 1' (вторая половина 1982 г.), 37" (начало 1983 г. — середина 1984 г.) и, наконец, до 17" (начиная со второй половины 1984 г.). Временной интервал получения сканов составлял 2,5 мин, интервал ежедневных наблюдений —

с 0000 до 0900 UT. Здесь следует отметить, что свой критерий авторы [1] получили на основе анализа данных о поляризованном излучении, полученных с угловым разрешением $\approx 1,1'$ на волне 3,2 см. Поэтому, строго говоря, в настоящей работе речь пойдет не о сравнении результатов работы [1] с результатами данной статьи, а о сравнении эффективности двух критериев для прогноза вспышечной активности применительно к микроволновому излучению с длиной волны 5,2 см и угловому разрешению ССРТ. Кроме того, хотя выводы работы [1] относятся к протонным событиям, представляет интерес распространение исследования на вспышечную активность в целом.

Анализ наблюдательного материала выполнялся следующим образом. Диск Солнца делился на три симметричные относительно центрального меридиана зоны, которые отделялись друг от друга более узкими промежуточными зонами (см. рисунок). Промежуточные зоны представляют собой либо зоны инверсии знака поляризации (± 3 -й день относительно центрального меридиана), либо зону перехода от неполяризованного излучения к поляризованному (-6 -й день), либо зону перехода от поляризованного излучения к неполяризованному ($+6$ -й день). Для каждого дня наблюдений активной области по полуденному скану (0500 UT) отмечался тип распределения поляризации (отсутствие поляризации, S-, E- или P-конфигурация), делалась зарисовка группы пятен с указанием полярности магнитного поля пятен, а также выписывались вспышки балла ≥ 1 . Данные о вспышках и группах пятен брались из бюллетеней [3,4], а также использовались оригинальные зарисовки групп пятен и данные о магнитных полях из наблюдений на Саянской обсерватории СибИЗМИР СО АН СССР.

Суммируя данные по всем активным областям отдельно для каждой зоны и каждого типа распределения поляризации, мы определили количество дней нахождения всех анализируемых активных областей в заданных зонах с заданным типом распределения поляризации и количество произошедших при этих условиях вспышек. Кроме того, по этому принципу отдельно подсчитано количество спокойных дней (под спокойным днем понимался такой день, когда в активной области не происходило вспышек балла ≥ 1).

В соответствии с работой [2], если ко времени прихода активной области в центральную зону в ней наблюдалась S-конфигурация, но сама область к этому времени упростилась и стала униполярной (сохранялось только одно головное или хвостовое пятно), то, разумеется, область уже не считалась вспышечно-опасной и с этого момента не включалась в анализ. Кроме того, из рассмотрения был исключен ряд очень сложных случаев, когда в диаграмму ССРТ попадало сразу несколько активных областей, далеко разнесенных по широте и, по-видимому, физически не связанных между собой. Такие области нельзя раз-

Таблица I

Зона	Тип конфигурации	Время нахождения всех активных областей в данной зоне с данной конфигурацией (дни)	Количество спокойных дней	Количество вспышек балла						Плотность вспышек		
				1N	1B	2N	2B	3N	3B	всех	1N	≥1B
Первая (-8, -7, +7, +8)	-	16	7	8	4	3				0,9	0,5	0,4
	S	3	2	1						0,3	0,3	0,0
Промежуточная (-8, +8)	-	20	9	11	3	2	1			0,8	0,6	0,3
	S	17	8	13	2	1				0,9	0,8	0,2
	E	1	1							0,0	0,0	0,0
	P											
Вторая (-8, -4, -3, +4, +3)	-	42	22	17	6	2	2			0,6	0,4	0,2
	S	57	32	18	18	3	6		1	0,8	0,3	0,5
	E	15	9	8	7		4		1	1,3	0,5	0,8
	P	7	2	8	4		1			1,9	1,1	0,7
Третья (-8, -1, -2, -3)	-	18	11	5	4	1				0,6	0,3	0,3
	S	74	24	44	51	1	12		1	1,5	0,6	0,9
	E	47	25	25	11	4	2	2		0,9	0,5	0,4
	P	20	6	14	16	1	5			1,8	0,7	1,1
Σ		337	158	172	126	15	36	2	3			

Примечание. В скобках указаны дни до (-) и после (+) пересечения центрального меридиана.

личить в одномерной записи суммарного потока излучения. Всего к анализу привлечены данные для 28 активных областей.

Первичный анализ показал, что по своим характеристикам промежуточная зона "-3-й день" близка к зоне II, а промежуточная зона "+3-й день" - к зоне III. С учетом этого факта мы представили данные в табл. I, здесь же приведена плотность вспышек для каждой из зон и конфигураций. Под плотностью вспышек понимается отношение количества вспышек, произошедших во всех активных областях во время их нахождения в данной зоне с данным распределением поляризации, к количеству дней нахождения активных областей в этих условиях. Плотность вспышек подсчитывалась отдельно для всех вспышек, для вспышек балла IN и вспышек балла $\geq IV$. Прежде всего отметим, что имеющихся данных для первой и промежуточной зон недостаточно для более или менее уверенных выводов. Поэтому в дальнейшем мы сосредоточим внимание на анализе ситуаций в зонах II и III. Видно, что в согласии с критерием Танаки-Эноме наибольшая плотность вспышек в обеих зонах приходится на P-конфигурации. В зоне II вспышечная продуктивность E-конфигурации выше, чем S-конфигурации. Но в зоне III, наоборот, вспышечная продуктивность S-конфигурации выше, чем E-конфигурации. Причем этот эффект более выражен для мощных вспышек балла $\geq IV$. Вспышки балла IN, по-видимому, более или менее равновероятны как при E-, так и при S-конфигурациях.

Таким образом, статистическое исследование подтверждает вывод работы [1] о необходимости учета положения активной области на диске при анализе распределения поляризации с целью прогноза мощных вспышек.

3. Сравнение критериев прогноза

Чтобы сравнить эффективность прогноза по критерию Танаки-Эноме и модифицированному критерию, мы выполнили по нашим данным эпитноз состояния активных областей по обоим критериям. Результаты эпитноза для II и III зон и только для зоны III представлены в табл. 2. Прогнозировалось число спокойных и возмущенных дней, а также число вспышек раздельно по баллам. В таблице приведено наблюдаемое число спокойных и возмущенных дней и количество вспышек для указанных зон. Оправданность прогноза, например, для возмущенных дней вычислялась следующим образом. В каждой зоне подсчитывалось число дней, когда активные области имели вспышечно-опасное распределение поляризации (E- и P-конфигурации в обеих зонах по критерию Танаки-Эноме, E- и P-конфигурации в зоне II и S- и P-конфигурации в зоне III по модифицированному критерию), а затем подсчитывалось число наблюдавшихся возмущенных дней во вспышечно-опасных

Т а б л и ц а 2

Прогнозируемый параметр	Зоны II и III			Зона III		
	Число событий	По критерию Танаки-Эноме, %	По модифицированному критерию, %	Число событий	По критерию Танаки-Эноме, %	По модифицированному критерию, %
Спокойные дни	I3I	47	55	66	38	55
Возмущенные дни	I49	53	65	93	54	68
Вспышки: I N	I39	40	53	88	44	66
I B	II7	32	67	82	33	82
2 N	I2	42	20	7	71	29
2 B	32	38	69	19	37	89
3 N	2	100	0	2	100	0
3 B	3	33	67	1	0	100

конфигурациях. Отношение последнего к первому в процентах и принималось за оправдываемость прогноза для возмущенных дней. Возмущенным днем считался день, когда в анализируемой области происходила хотя бы одна вспышка балла $\geq I$. Аналогично определялась оправдываемость и для спокойных дней. Спокойным днем считался день, когда в активной области не регистрировались вспышки балла $\geq I$, но могли происходить субвспышки. Оправдываемость прогноза для вспышек определялась как отношение числа вспышек, произошедших в то время, когда активные области имели вспышечно-опасное распределение поляризации, к числу всех вспышек данного балла.

Данные табл.2 показывают, что оправдываемость прогноза для спокойных и возмущенных дней, вспышек балла I N, I B и 2 B по модифицированному критерию выше, чем по критерию Танаки-Эноме, причем наиболее выражено это проявляется в зоне III. Очевидно, что из-за малого числа наблюдавшихся случаев не следует придавать особого значения результатам для вспышек балла 2 N, 3 N и 3 B.

4. Заключение

Как и следовало ожидать, анализа одного только распределения поляризации микроволнового излучения недостаточно для эффективного прогноза вспышечной активности. Однако так как распределение поляризации является важной составной частью как самого критерия Танаки-Эноме [1], так и его расширенной модификации [5], то корректный учет этой характеристики существенно влияет на эффективность прогноза в целом.

Результаты проведенного статистического исследования связи между состоянием активной области и распределением поляризации микроволнового излучения показывают, что использование предложенного в работе [2] правила учета положения активной области на диске позволяет улучшить эффективность прогноза вспышечной активности по сравнению с поляризационным критерием Танаки-Эноме.

Л и т е р а т у р а

1. Tanaka H., Enoke S. // Solar Phys. 1975. Vol.40. P.123-131.
2. Максимов В.П., Нефедьев В.П., Смольков Г.Я. // Исследования по геомагнетизму, аэронавигации и физике Солнца. М.: Наука, 1988. Вып.82. С.155-160.
3. Solar-Geophysical Data, Boulder, US Department of Commerce, 1982-1986.
4. Солнечные данные. Л.: Наука, 1982-1986.
5. Гельфрейх Г.Б., Цветков С.В., Петерова Н.Г. // Тез.докл. симпозиума КАИП "Прогнозы солнечной активности и наблюдения солнечных активных явлений". (Ленинград, 18-22 мая 1987 г.). Л.: Наука, 1987. С.21.

Сибирский институт земного магнетизма,

ионосферы и распространения радиоволн СО АН СССР

Статья поступила

в январе 1987 г.

УДК 523.98+519.6

КРИТЕРИЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ТРЕХМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МГД-ПАРАМЕТРОВ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА

Н.Л.Перегуд

THE STABILITY CRITERION OF A DIFFERENCE SCHEME
FOR RECONSTRUCTION OF THE THREE-DIMENSIONAL DISTRIBUTION
OF MHD PARAMETERS IN THE SUN'S ATMOSPHERE

N.L.Peregud

Based on a full system of MHD equations by assuming that dissipation effects are all neglected a difference scheme for reconstruction of a three-dimensional distribution of the MHD parameters ($\vec{B}$, $\vec{V}$, p and ρ) is constructed. In order to apply this scheme, it is necessary to have magnetic field and velocity vector as well maps as pressure at the photospheric level for several moments of time. Stability criteria of the difference scheme are obtained. At present, in solar physics this scheme may be applicable only in model problems.