

О ШИРОТНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПЯТНООБРАЗОВАНИЯ НА СОЛНЦЕ

Л. И. Гулзенко, В. Е. Чертопуш

УДК 523.7

Проводится оценка пространственного периода в широтном распределении областей активности на фотосфере.

Обработка /1/ наблюдений циклической активности привела к модели /2-5/. Согласно модели на широтах $-\varphi_0 < \varphi < \varphi_0$ в глубине под фотосферной конвективной зоны устойчива ламинарная ячейчатая конвекция. Здесь энергия переносится многослойной по глубине структурой из горизонтальных слоев замагниченных ячеек Бена-ра-Рэлея. Замагниченность вызывает архимедову подъемную силу. Она приводит к отрыву и всплытию верхнего слоя, который постепенно полностью разваливается на ячейки, тут же выбрасываемые вверх. Стационарность структуры обеспечивается тем, что под медленно всплывающим нижним ее слоем "намерзает" и замагничивается новый слой. Развал верхнего слоя наблюдается в виде цикла активности, а выход на фотосферу ячейки - в виде рождения активной области. Возникла мысль исследовать замагниченную структуру по координатам мест первого появления групп пятен и датам этих появлений. Ожидается, в частности, что в распределении долгот этих мест - после учета зависимости угловой скорости от глубины под фотосферой - выявится периодическая составляющая с периодом $D_{\text{долг}} \approx 1^{\circ},5$. С учетом зависящего от фазы циклической активности глобального конвективного движения ожидалась также периодическая (с периодом $D_{\text{шир}} = D_{\text{долг}}$) составляющая в распределении $\Psi(\varphi)$ широт φ первых появлений групп пятен. Анализ /6/ подтвердил наличие в функции $\Psi(\varphi)$ осцилляций с периодом $D = 1^{\circ},2 + 1^{\circ},6$.

Приведем результат новых (все еще предварительных) оценок периода D , ввиду важности вопроса проведенных другим методом на том же материале. Как и в /6/, использовались гринвич-

ские данные /7/ о широтах групп пятен для четырех циклов активности (N 15-18). По широтам ϕ центров групп пятен строилось 16 гистограмм $\psi(\phi_1)$ числа групп, появившихся в интервалах по $0^\circ, I$ отдельно для севера и юга, для каждого из четырех циклов и для двух интервалов фазы: "максимальный активности" и "средней активности". Гистограммы приводились к однородной форме $\psi^\circ(\phi_1)$; для этого из $\psi(\phi_1)$ вычиталось скользящее сред-

нее $\bar{\psi}(\phi_1) = \frac{1}{47} \sum_{k=-23}^{23} \psi(\phi_{1+k})$, а затем вводился нормировочный мно-

житель $[\bar{\psi}(\phi_1)]^{-1/2}$, т.е. $\psi^\circ(\phi_1) = [\psi(\phi_1) - \bar{\psi}(\phi_1)] [\bar{\psi}(\phi_1)]^{-1/2}$.

Поведение $\psi^\circ(\phi_1)$ анализировалось в трех широтных диапазонах (ϕ_1): $\psi^\circ \equiv \psi(1)$ - для $5^\circ < \phi_1 < 11^\circ$, $\psi^\circ \equiv \psi(2)$ - для $11^\circ < \phi_1 < 17^\circ$, $\psi^\circ \equiv \psi(3)$ - для $17^\circ < \phi_1 < 23^\circ$, охватывающих по существу всю зону пятнообразования. Указанные операции не вносят периодичности, функции же $\psi(s)$ близки к стационарным.

Для выяснения значимости присутствия в $\psi^\circ(\phi_1)$ слабой периодической составляющей использовались периодограммы

$$a_{\psi^\circ}(D_k) = \left[\overline{\psi^\circ(\phi_1) \sin(2\pi\phi_1/D_k)} \right]^2 + \left[\overline{\psi^\circ(\phi_1) \cos(2\pi\phi_1/D_k)} \right]^2. \quad (I)$$

Из физических соображений "период" D должен быть не строгим, а слабо изменяться с широтой и фазой активности. Это усложнило схему оценок.

1) В каждом из трех широтных диапазонов по функциям $\psi(s)$, ($s = 1, 2, 3$) вычислялись средние по четырем циклам *) периодограммы (I) отдельно для севера и юга Солнца и для каждого из двух интервалов фазы активности. В каждой из этих 12 периодограмм фиксировалось положение D_d^* ее абсолютного максимума в интервале $(1^\circ; d) = (1^\circ, 0; 1^\circ, 1; 1^\circ, 2; \dots; d)$ значений аргумента D_k .

2) По числу $N(\varepsilon_1; \varepsilon_2/1^\circ; d)$ этих максимумов, попавших в интервал $(\varepsilon_1; \varepsilon_2)$, оценивалась вероятность P того, что распределение D_d^* совершенно хаотично.

*) Исключение составила "средняя активность" в диапазоне $\psi(3)$ южного полушария, где использовалось только 3 цикла, ибо в цикле № 15 здесь оказалось мало групп.

Если оценка P не мала, значит данный метод не обнаруживает квазипериодических осцилляций в распределении широт. В такой ситуации следует считать, что функции $\Psi(\phi)$ близки к белым шумам, тогда вероятность попадания в выбранный частотный интервал периодограммы пропорциональна длине интервала. При переходе от частот k периодам D возникает множитель $1/D^2$.

Поэтому при отсутствии квазипериодичности вероятность $P(\varepsilon_1; \varepsilon_2/1^\circ; d)$ попадания максимума какой-нибудь одной периодограммы в интервал $(\varepsilon_1; \varepsilon_2)$ составляет:

$$p = P(\varepsilon_1; \varepsilon_2/1^\circ; d) = \frac{\sum_{D_k \in (\varepsilon_1; \varepsilon_2)} (D_k)^{-2}}{\sum_{D_k \in (1^\circ; d)} (D_k)^{-2}}. \quad (2)$$

Вероятность P_N^M того, что при этом из M гистограмм по крайней мере у N максимумов попадут в интервал $(\varepsilon_1; \varepsilon_2)$, есть

$$P_N^M = \sum_{l=N}^M C_M^l p^l (1-p)^{M-l}, \quad C_M^l = \frac{M!}{l!(M-l)!}. \quad (3)$$

Таблица I

d	$(\varepsilon_1; \varepsilon_2)$	P	M	N	P_N^M	Примечания
$1, 0,9$ $2^0, 3$ $2^0, 9$ $3^0, 2$	$(1^0; 2; 1^0, 6)$	0,49 0,42 0,37 0,35	12	11 11 10 9	$3 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-3}$ $5 \cdot 10^{-3}$	Использованы оба интервала фаз циклической активности
$2, 0,9$ $3^0, 2$	$(1^0, 4; 1^0, 6)$	0,19 0,18	6	6 5	$5 \cdot 10^{-5}$ $9 \cdot 10^{-4}$	Использован только интервал максимальной активности

Таблица I исключает случайность совпадения положений максимумов в интервале широт $1^0, 2 + 1^0, 6$ и указывает на наличие в распределении $\Psi(\phi)$ осцилляций с соответствующим "периодом". "Период", по-видимому, медленно меняется с фазой и широтой; с этим предположением согласуется то, что гистограммы, относящиеся только к фазам максимальной активности, позволяют более надежно отверг-

нуть полную хаотичность распределения, причем диапазон периодов сужается до $I^{\circ},4 + I^{\circ},6$.

Поступила в редакцию
II сентября 1974 года.

Л и т е р а т у р а

1. Л. И. Гудзенко, В. Е. Чертопруд. *Астрономич. журн.*, 41, № 4, 697 (1964).
2. Л. И. Гудзенко, В. Е. Чертопруд. *Астрономич. журн.*, 42, №2, 267 (1965).
3. В. Е. Чертопруд. Кандидатская диссертация, МГУ, 1966 г.
4. Л. И. Гудзенко. Препринт ФИАН № 24, 1967 г.
5. Л. И. Гудзенко. В поисках природы солнечных пятен. М., "Знание", 1973 г.
6. В. Д. Гранова, Л. И. Гудзенко, В. Е. Чертопруд. *Астрономич. циркуляр*, № 703, (1972).
7. Greenwich Photo-Heliograph Results.