

**ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ЕЛЕМЕНТИТЕ НА 22-ГОДИШНИЯ
ЦИКЪЛ НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ***Ангел Бонов*

В 1913 г. Hale откри закона за смяната на магнитната полярност на биполярните групи на слънчевите петна. Съгласно този закон магнитната полярност на групите слънчеви петна във всяка от двете полусфери на Слънцето (северната и южната) се възстановява след два 11-годишни цикъла, които именно образуват 22-годишния цикъл. Съществуването на този цикъл е общопризнато, тъй като той отразява едно основно физическо свойство на групите слънчеви петна — тяхната магнитна полярност.

Според цюрихската номерация 11-годишният цикъл от 1755 до 1766 г. има номер 1, следващият цикъл от 1766 до 1775 г. има номер 2 и т. н. до цикъл номер 20, който започва от 1964 г. и още продължава. Цикълът преди 1755 г. (от 1744 до 1755 г.) има номер нула, този преди него (от 1733 до 1744 г.) номер -1 и т. н. до 11-годишния цикъл -12 (от 1610 до 1619 г.), от който започват телескопичните наблюдения на слънчевите петна. Но средногодишните относителни числа на Wolf са известни от 11-годишния цикъл -4, т. е. след 1698 г.

Въз основа на цюрихската номерация на 11-годишните цикли очевидно 22-годишните цикли на слънчевата активност могат да се образуват по два начина:

1) като се обединят един 11-годишен цикъл с четен номер и следващият го 11-годишен цикъл с нечетен номер;

2) като се обединят един нечетен цикъл и следващият го четен цикъл.

Като изучават 22-годишните цикли, образувани по тези два начина, Гневышев и Оль [1] установяват, че 22-годишният цикъл започва с четен 11-годишен цикъл, който обикновено е с по-ниска активност от следващия го нечетен 11-годишен цикъл. Тази закономерност обаче не е строга, тъй като при някои 22-годишни цикли, например (4, 5), тя се нарушава от вековия цикъл на слънчевата активност. Както установяват Чистяков [2] и Бонов [3], [4], между двата 11-годишни цикъла, които съставят 22-годишния цикъл, има физическа връзка само тогава, когато първият от тях има четен номер, а вторият — нечетен според цюрихската номерация.

Изхождайки от установената закономерност, че 22-годишният цикъл започва с четен 11-годишен цикъл, ние си поставихме за цел да устано-

вим дали съществуват зависимости между характерните елементи на четния 11-годишен цикъл и характерните елементи на 22-годишния цикъл. По-точно ние потърсихме зависимости между фазата Φ_{2n} на максимума в четния цикъл и:

1) общата мощност на 22-годишния цикъл, т. е. сумата $W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$ от относителните числа на Wolf в епохите на максимумите на четния и нечетния 11-годишен цикъл, които го образуват;

2) сумата от площта на цикличните криви на двата 11-годишни цикъла, която се изразява със

$$\sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1}.$$

Фазата на максимума на 11-годишния цикъл съгласно [5] се определя от

$$\Phi = \frac{M - m_1}{m_2 - m_1},$$

в която M е епохата на максимума на 11-годишния цикъл, а m_1 и m_2 са съответно епохите на минимумите в началото и в края на цикъла. Съгласно тази формула фазата на максимума е равна числено на отношението между интервала от време t на растенето на 11-годишния цикъл и неговата продължителност T , т. е. $\Phi = t/T$.

Таблица 1

22-годишен цикъл	Φ_{2n}	$W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$	$\sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1}$
—4, —3	0,54	121	555
—2, —1	0,38	233	1118
0, 1	0,52	169	928
2, 3	0,36	261	1170
4, 5	0,25	180	1136
6, 7	0,46	117	636
8, 9	0,34	263	1356
10, 11	0,37	235	1179
12, 13	0,47	149	855
14, 15	0,45	167	822
16, 17	0,47	192	1031
18, 19	0,33	342	1720

От данните в [6] ние съставихме табл. 1 за 22-годишните цикли след 1700 г., започващи с четен 11-годишен цикъл.

Зависимостта между $W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$ и Φ_{2n} е представена графически на фиг. 1. Вижда се, че колкото по-малка е стойността на Φ_{2n} , толкова по-голяма е стойността на общата мощност $W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$ на 22-годишния цикъл, започващ с четен 11-годишен цикъл. Изключение прави 22-годишният цикъл (4, 5). Този цикъл прави изключение и на диаграмата построена от Гневешев и Олъ [1], което те обясняват с аномална, преломна епоха във вековото изменение на слънчевата активност от 1785 до 1810 г. (именно цикъл (4, 5)). Според нас тази аномалия, изразена в

едно катастрофално спадане на слънчевата активност, се дължи на прехода между два 176-годишни цикъла на слънчевата активност [7].

При определянето на корелацията между W_s и Φ_{2n} ние изключваме 22-годишния цикъл (4, 5), както постъпват Гневшев и Олъ [1].

Коефициентът на корелацията между W^s и Φ_{2n} , изчислен с данните в табл. 1, е

$$r[W_s, \Phi_{2n}] = -0,89.$$

Тази голяма стойност на r показва, че между W_s и Φ_{2n} съществува тясна стохастическа връзка, която може да се изрази с формулата

$$(1) \quad W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M = 531 - 761 \Phi_{2n}.$$

Вероятната грешка, която се допуска при изчислението на W_s по тази формула, е $\varepsilon = \pm 20$.

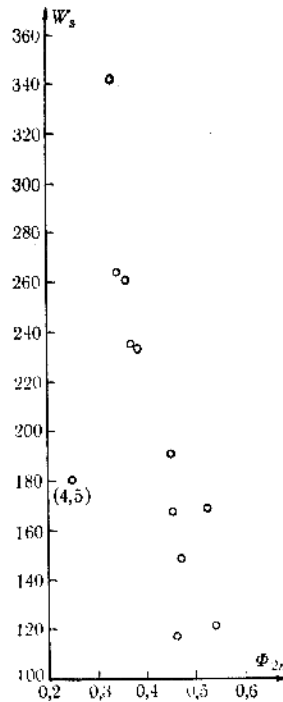
Зависимостта между W_s и Φ_{2n} , представена с формула (1), ние получихме въз основа на единадесет 22-годишни цикъла, т. е. броят n на наблюденията не е голям. Това налага да се изследва доколко установената връзка между W_s и Φ_{2n} е реална.

При малък брой n на наблюденията критерий за реалността на връзката между изследваните величини дава минималната стойност на коефициента на корелацията, изчислена от формулата [8]

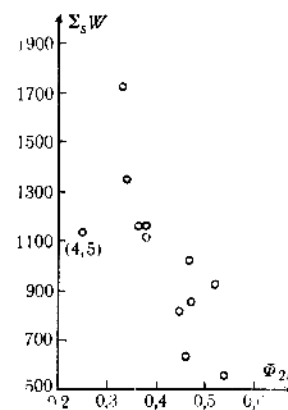
$$(2) \quad r = \frac{1}{8} [\sqrt{n+64} - \sqrt{n}].$$

Замествайки в тази формула $n=11$ получаваме $r_{\min} = 0,67$. Тази стойност е по-малка от абсолютната стойност на $r[W_s, \Phi_{2n}]$, която получихме, и показва, че (1) изразява реална връзка между W_s и Φ_{2n} .

Зависимостта между $\sum_s W$ и Φ_{2n} е представена графически на фиг. 2. Вижда се, че колкото по-малка е стойността на Φ_{2n} , толкова по-голяма е стойността на $\sum_s W$ с изключение и тук на 22-годишния цикъл (4, 5). От данните в табл. 1 за коефициента на корелацията между $\sum_s W$ и Φ_{2n} получаваме стойността $r[\sum_s W, \Phi_{2n}] = -0,81$. Тази стойност на r показва, че между $\sum_s W$ и Φ_{2n} съществува тясна стохастическа връзка, която може да се представи със зависимостта



Фиг. 1



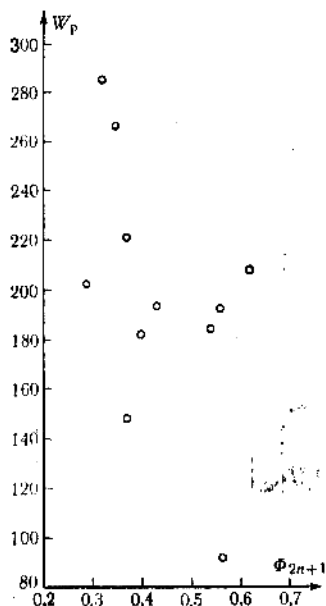
Фиг. 2

$$(3) \quad \sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1} = 2534 - 3521 \Phi_{2n}.$$

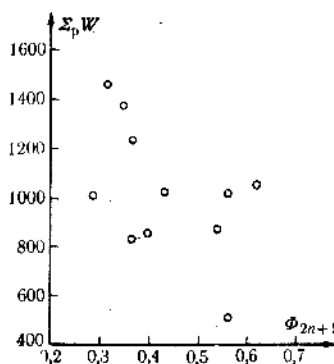
Вероятната грешка, която се допуска при изчисляването на $\sum_s W$ по тази формула, е $\varepsilon = \pm 113$.

Връзката между $\sum_s W$ и Φ_{2n} , изразена с (3), е реална, тъй като абсолютната стойност на коефициента на корелацията $r[\sum_s W, \Phi_{2n}]$ е по-голяма от $r_{\min} = 0,67$, изчислена по (2) за $n=11$.

Да групираме 11-годишните цикли в 22-годишни цикли по втория начин, като всеки от тях започва с 11-годишен цикъл, който има нечетен номер според цюрихската номерация. Така е съставена табл. 2 по данни от [6].



Фиг. 3



Фиг. 4

Таблица 2

22-годишен цикъл	Φ_{2n+1}	$W_p = W_{2n+1}^M + W_{2n+2}^M$	$\sum_p W = \sum W_{2n+1} + \sum W_{2n+2}$
-3, -2	0,54	185	882
-1, 0	0,43	194	1022
1, 2	0,56	192	1024
3, 4	0,32	286	1474
5, 6	0,56	93	523
7, 8	0,62	209	1062
9, 10	0,37	221	1245
11, 12	0,29	203	1012
13, 14	0,37	149	843
15, 16	0,40	182	863
17, 18	0,35	266	1376

С данните от табл. 2 построихме графиката на фиг. 3. Вижда се, че между $W_p = W_{2n+1}^M + W_{2n+2}^M$ и Φ_{2n+1} няма определена връзка. Това показва

и коефициентът на корелацията $r[W_p, \Phi_{2n+1}] = -0,45$, който по абсолютна стойност е по-малък от $r_{\min} = 0,67$, изчислен по (2) за $n=11$.

От фиг. 4, построена по данните в табл. 2, се вижда, че и между $\sum_p W_p = \sum W_{2n+1} + \sum W_{2n+2}$ и Φ_{2n+1} няма определена връзка. Същото показва коефициентът на корелацията $r[\sum_p W_p, \Phi_{2n+1}] = -0,47$, който по абсолютна стойност е по-малък от $r_{\min} = 0,67$, изчислен от (2) за $n=11$.

Неопределените връзки както между W_p и Φ_{2n+1} , така и между $\sum_p W_p$ и Φ_{2n+1} за двойните цикли, започващи с нечетен 11-годишен цикъл, в сравнение с реалните зависимости, изразени с емпиричните формули (1) и (3) за 22-годишните цикли, започващи с четен 11-годишен цикъл, показват, че между двата 11-годишни цикъла, които образуват 22-годишния цикъл на слънчевата активност, съществува физическа връзка само в случая, когато първият от тях има четен номер, а вторият — нечетен номер според цюрихската номерация.

Формулите (1) и (3) дават възможност да се прави прогноза за характерните елементи (W_{2n+1}^M и $\sum W_{2n+1}$) на втория (нечетния) 11-годишен цикъл, след като завърши първият (четният) 11-годишен цикъл и стане възможно да се определи фазата Φ_{2n} на неговия максимум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гневъшев, М. Н. и А. И. Оль. Астр. журнал, 25 (1948), № 1.
2. Чистяков, В. Ф. Бюлл. ВАГО, № 25, 1959.
3. Бонов, А. Д. Бюлл. ВАГО, № 21, 1958.
4. Бонов, А. Д. Год. на Соф. унив., 49 (1964/1965).
5. Ягер, К. Д. Строение и динамика хромосферы Солнца. М., 1962, 314.
6. Waldmeier, M. The Sunspot-Activity in the Years 1610—1960 Zürich, 1961, 20.
7. Бонов, А. Д. Солнечные данные, № 3, 1957.
8. L'Astronomie, 1941, 56.

Постъпила на 1 декември 1969 г.

ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ 22-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А. Бонов

(Резюме)

Показывается, что для 22-летних циклов солнечной активности, начинающихся с четного 11-летнего цикла, между фазой Φ_{2n} максимума четного цикла и суммой $W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$ относительных чисел Wolf-а в эпохах

максимумов четного и нечетного 11-летнего цикла, составляющих 22-летний цикл, существует следующая эмпирическая зависимость:

$$(1) \quad W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M = 531 - 761 \Phi_{2n}.$$

Означив $\sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1}$ площадь циклических кривых четного и нечетного 11-летнего цикла, находим эмпирическую зависимость

$$(2) \quad \sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1} = 2534 - 3521 \Phi_{2n}.$$

Зависимости (1) и (2) показывают, что между четным и нечетным 11-летними циклами, составляющими 22-летний цикл, существует физическая связь. Такой связи не существует при группировании в двойной цикл нечетного и четного 11-летних циклов.

RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DU CYCLE DE 22 ANS D'ACTIVITÉ SOLAIRE

A. Bonov

(Résumé)

L'auteur montre que pour les cycles de 22-ans d'activité solaire commençant par un cycle de 11-ans, il existe une relation empirique entre la phase Φ_{2n} du maximum du cycle pair et la somme de $W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M$ des nombres relatifs de Wolf, aux époques des maximums des cycles de 11-ans pair et impair qui forment le cycle de 22-ans

$$(1) \quad W_s = W_{2n}^M + W_{2n+1}^M = 531 - 761 \Phi_{2n}.$$

En indiquant par $\sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1}$ la surface des courbes cycliques des cycles de 11-ans pair et impair, l'auteur trouve la relation empirique

$$(2) \quad \sum_s W = \sum W_{2n} + \sum W_{2n+1} = 2534 - 3521 \Phi_{2n}.$$

Les relations (1) et (2) montrent qu'un lien physique existe entre le cycle de 11-ans pair et celui impair qui forment le cycle de 22-ans. Un semblable lien n'existe pas entre les cycles de 11-ans impair et pair, s'ils sont groupés dans un cycle double.