БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ * BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
ИЗВЕСТИЯ НА СЕКЦИЯТА ПО АСТРОНОМИЯ
BULLETIN OF THE SECTION OF ASTRONOMY
Том (Vol.) IV

ВЗАИМОВРЪЗКА МЕЖДУ ТРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛНИ 11-ГОДИШНИ ЦИКЛИ НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ

А. Бонов

Една от най-характерните особености на слънчевата активност е нейното циклично изменение. Основният цикъл има средна продължителност 11,1 години (11-годишен цикъл).

Още през миналия век, почти непосредствено след откриването на 11-годишнния цикъл, са правени много опити да се представи развитието на слънчевата активност посредством наслагането на няколко синусоиди с различни периоди и амплитуди, т. нар. хипотеза на суперпозициите. Въз основа на тази хипотеза много автори са предложили различни математически формули, представляващи разновидни тригонометрични редове, за представяне развитието на слънчевата активност с течение на времето. Приложението обаче на тези формули за прогноза на слънчевата активност дава незадоволителни резултати. Това наложи да се търси друго решение на проблема.

Такова решение предложи Waldmeier [1] в 1935 г., развивайки т. нар. взривна хипотеза. Според тази хипотеза в нейната първоначална форма всеки 11-годишен цикъл се разглежда като завършено цяло, напълно независимо от другите 11-годишни цикли и по своята същност наподобява един взривообразен процес. Последователните 11-годишни цикли според хипотезата на Waldmeier представляват редуване на огромни взривообразни процеси, всеки от които няма никаква връзка даже със съседните си.

Изхождайки от своята взривна хипотеза, той установи редица емпирико-статистически зависимости за развитието на 11-годишния цикъл, които изразяват следните закономерности:

Колкото по-голяма е стойността на относителното число на Wolf в епохата на максимума на един 11-годишен цикъл, толкова

а) по-кратко е времето от минимума до максимума (растенето) на цикъла;

б) по-продължително е времето от максимума до минимума (спадането) на цикъла;

в) по-силна е петнообразувателната активност на Слънцето пет години след епохата на максимума на цикъла;

г) по-голяма е сумата от средногодишните относителни числа на Wolf за времето от максимума до минимума на цикъла и др.

Тези и още някои други закономерности, валидни за всеки 11-годишен цикъл поотделно, правят „взривната“ хипотеза да изглежда правдоподобна. Но съществуването на 22-годишния цикъл на слънчевата активност убедително показва, че има тясна връзка между двата 11-годишни цикъла, от които е съставен. Действително Гневышев и Оль [2] установиха, че 22-годишният цикъл започва с 11-годишен цикъл, който има четен номер според цюрихската номерация и обикновено е по-нисък от следващия го нечетен 11-годишен цикъл. Изхождайки от това, Бонов [3, 4] установи редица закономерности на 22-годишния цикъл, от които се вижда, че физическа връзка между двата 11-годишни цикъла, които съставляват 22-годишния цикъл, има само тогава, когато този цикъл започва с четен 11-годишен цикъл според цюрихската номерация. Някои закономерности между елементите на 22-годишния цикъл, започващ с четен 11-годишен цикъл, установи и Чистяков [5].

Указание, че 11-годишните цикли на слънчевата активност не са независими един от друг, е и вековият цикъл с продължителност 80—90 години, съществуването на който вече не буди никакво съмнение.

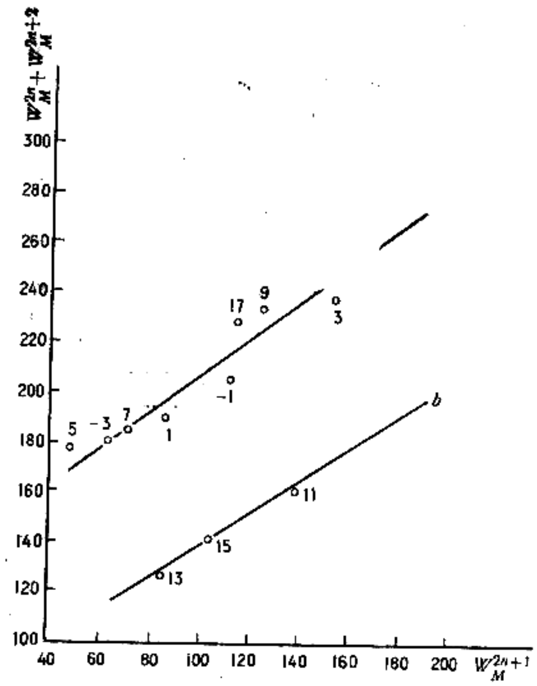
Таблица 1

№ на 11-годишния цикъл	W_M	$W=W'_M+{}''_M$
— 4	58	
— 3	63	180
— 2	122	174
— 1	111	205,4
0	83,4	196,9
1	85,9	189,5
2	106,1	240,3
3	154,4	238,1
4	132,0	201,9
5	47,5	177,8
6	45,8	118,4
7	70,9	184,1
8	138,3	195,6
9	124,7	234,1
10	95,8	263,7
11	139,0	159,5
12	63,7	224,1
13	85,1	127,2
14	63,5	189,0
15	103,9	141,3
16	77,8	218,3
17	114,4	229,4
18	151,6	304,6
19	190,2	

Необходимо е да отбележим, че обикновено връзката между последователните 11-годишни цикли различните автори разкриват само в рамките на 22-годишния цикъл на слънчевата активност.

В настоящата работа ние установяваме, че съществува връзка и между всеки три последователни 11-годишни цикъла на сънчевата активност.

За означение на 11-годишните цикли на слънчевата активност ние използуваме цюрихската номерация, според която 11-годишният цикъл, който започва в 1755,2 г. и свършва в 1766,5 г., има номер едно, следващият 11-годишен цикъл има номер две и т. н. Тази номерация се разширява и за означение на 11-годишните цикли преди 1755,2 г., а именно 11-годишният цикъл, който започва в 1745,0 г. и свършва в 1755,2 г., има номер нула, предшествуващият го 11-годишен цикъл има номер минус едно и т. н.



Фиг. 1

Ние си поставяме за цел да установим дали съществува зависимост между относителното число на Wolf в епохата на максимума на един 11-годишен цикъл (с четен или нечетен номер) и относителните числа на Wolf в епохите на максимумите на съседните му 11-годишни цикли.

Въз основа на данните от табл. 1, която е съставена от данните в [6], ние построяваме графиката на фиг. 1, която изразява зависимостта между относителното число W_M^{2n+1} на Wolf в епохата на максимума на един нечетен 11-годишен цикъл и сумата $W=W_M^{2n}+W_M^{2n+2}$ от относителните числа на Wolf в епохите на максимумите на съседните му четни 11-годишни цикли.

От фиг. 1 непосредствено се вижда, че точките се разпределят в два почти паралелни реда. Подобно разпределение в два реда на някои зависимости между елементите на нечетните 11-годишни цикли установява и Чистяков [5].

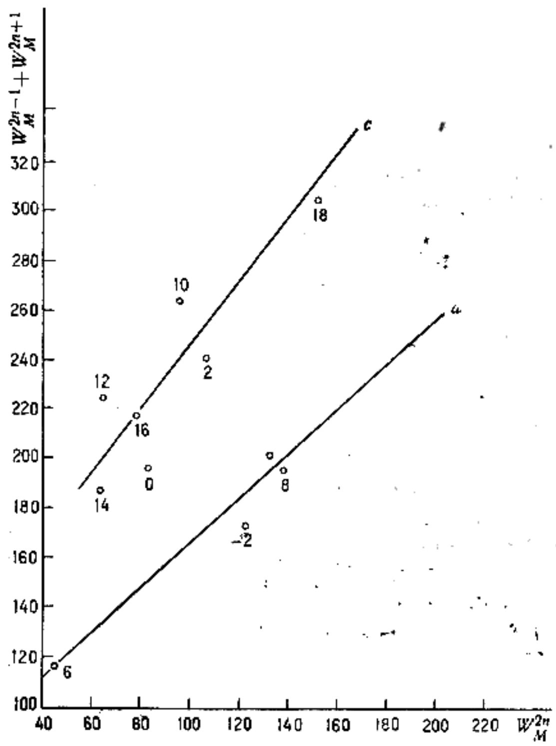
Както се вижда от фиг. 1, зависимостта между W_M^{2n+1} и $W=W_M^{2n}+W_M^{2n+2}$ за повечето от нечетните 11-годишни цикли (−3, −1, 1, 3, 5, 7, 9, 17) е линейна — първия ред a. Коефициентът на корелацията $r[W_M^{2n+1}, W]=+0{,}944$. Тази голяма стойност на r показва, че между W_M^{2n+1} и W съществува тясна стохастическа връзка, която добре се изразява със следното уравнение на регресията

$$W=W_M^{2n}+W_M^{2n+2}=0{,}675\ W_M^{2n+1}+139{,}6. \tag{1}$$

Вероятната грешка, която се допуска при изчисляването на W от тази формула, има стойност $\varepsilon = \pm 5{,}3$.

Трите нечетни 11-годишни цикъла 11, 13 и 15 (фиг. 1) образуват втория ред точки (b). Уравнението на регресията между W_M^{2n+1} и $W = W_M^{2n} + W_M^{2n+2}$ за тези три цикъла е следното:

$$W = W_M^{2n} + W_M^{2n+2} = 0{,}589\, W_M^{2n+1} + 78{,}3. \tag{2}$$



Фиг. 2

Поради това, че броят на 11-годишните цикли, които удовлетворяват тази емпирична формула, е малък, не е възможно тя да се използува за прогноза. Вероятно е в бъдеще да се увеличава броят на 11-годишните цикли, които удовлетворяват втория ред b.

Използувайки данните от табл. 1, ние построяваме графиката на фиг. 2, от която се вижда, че съществува зависимост между относителното число W_M^{2n} на Wolf в епохата на максимума на един четен 11-годишен цикъл и сумата $W = W_M^{2n-1} + W_M^{2n+1}$ от относителните числа на Wolf в епохите на максимумите на съседните му нечетни 11-годишни цикли. Повечето от четните 11-годишни цикли (0, 2, 10, 12, 14, 16, 18) са разположени по първия ред c. Зависимостта между W_M^{2n} и $W = W_M^{2n-1} + W_M^{2n+1}$

за тези 11-годишни цикли се изразява със следното уравнение на регресията

$$W = W_M^{2n-1} + W_M^{2n+1} = 0{,}616\, W_M^{2n} + 177{,}3, \tag{3}$$

при което коефициентът на корелацията $r[W_M^{2n}, W]$ има стойност $+0{,}88$. Вероятната грешка, която се допуска при изчисляването на $W = W_M^{2n-1} + W_M^{2n+1}$ от (3), има стойност $\varepsilon = \pm 15{,}5$.

За четири 11-годишни цикъла (−2, 4, 6, 8), които образуват втория ред d на фиг. 2, уравнението на регресията има следния вид:

$$W = W_M^{2n-1} + W_M^{2n+1} = 0{,}863\, W_M^{2n} + 78{,}0. \tag{4}$$

Малкият брой четни 11-годишни цикли, за които е в сила емпиричната формула (4), не дава възможност тя да се използува понастоящем за прогноза. Вероятно е в бъдеще да се увеличи броят на четните 11-годишни цикли, за които тя ще бъде в сила.

Ние ще приложим сега формулата (1) за прогноза на W_M^{20} на текущия 11-годишен цикъл № 20.

От табл. 1 се вижда, че за 11-годишния цикъл № 19 $W_M^{19} = 190{,}2$. Замествайки тази стойност на M_M^{19} във формула (1), получаваме

$W_M^{18} + W_M^{19} = 0{,}675 \, . \, 190{,}2 + 139{,}6 = 268{,}0$. Но $W_M^{18} = 151{,}6$ (табл. 1), следователно

$$W_M^{20} = 268{,}0 - 151{,}6 = 116{,}4.$$

Като вземем пред вид вероятната грешка, виждаме, че относителното число на Wolf в епохата на максимума на 11-годишния цикъл № 20 ще бъде между 111,1 и 121,7, т. е. $111{,}1 < W_M^{20} < 121{,}7$. Този резултат за стойността на W_M^{20} е в пълно съгласие със стойността, която получава Оль [7], прилагайки други методи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Waldmeier M., Actr. Mtt., Nr. 135, 1935.
2. Гневышев М. Н. и А. И. Оль, Астр. журнал, **25**, 1, 1948.
3. Бонов А., Бюлл. ВАГО, № 21, 1958.
4. Бонов А., Годишник на Соф. у-т, Физ. ф-т, **49**, 1964/1965.
5. Чистяков В. Ф., Бюлл. ВАГО, № 25, 1959.
6. Waldmeier M., The Sunspot-Activity in the Years 1610—1960, Zürich, 1961.
7. Оль А. И., Солнечные данные, № 12, 1966.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ТРЕМЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ 11-ЛЕТНИМИ ЦИКЛАМИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А. Бонов

(Резюме)

Согласно первоначальной форме взрывной гипотезы Waldmeier'а каждый 11-летний цикл солнечной активности уподобляется взрывному процессу и никак не связан с другими, даже соседними 11-летними циклами.

Существование 22-летнего и векового циклов показывает, что 11-летние циклы не независимы друг от друга.

В настоящей работе устанавливается связь между каждыми тремя последовательными 11-летними циклами солнечной активности.

Обозначая W_M^{2n+1} относительное число Wolf'a в эпохе максимума 11-летнего цикла, имеющего по цюрихской нумерации нечетный номер, и $W_M^{2n}+W_M^{2n+2}$ сумму относительных чисел Wolf'a в эпохах максимумов соседних ему четных 11-летних циклов, устанавливаем, что для большинства 11-летних циклов (рис. I) в силе следующая эмпирическая формула:

(1) $$W_M^{2n}+W_M^{2n+2}=0{,}675\,W_M^{2n+1}+139{,}6.$$

Обозначая W_M^{2n} относительное число Wolf'a в эпохе максимума четного 11-летнего цикла и $W_M^{2n-1}+W_M^{2n+1}$ сумму относительных чисел Wolf'a в эпохах максимумов соседних ему нечетных 11-летних циклов, устанавливаем, что для большинства 11-летних циклов (рис. 2) в силе следующая эмпирическая формула

(2) $$W_M^{2n-1}+W_M^{2n+1}=0{,}616\,W_M^{2n}+177{,}3.$$

Применяя формулу (1) для прогноза относительного числа Wolf'a в эпохе максимума текущего 11-летнего цикла № 20, получаем

(3) $$111{,}1<W_M^{20}<121{,}7,$$

что полностью согласуется со значениями W_M^{20}, полученными различными методами другими авторами.

CORRÉLATION ENTRE TROIS CYCLES DE ONZE ANS CONSÉCUTIFS D'ACTIVITÉ SOLAIRE

A. Bonov

(Résumé)

D'après la version initiale de l'hypothèse éruptive de Waldmeier, chaque cycle de onze ans d'activité solaire ressemble à un processus d'éruptions et n'est pas en aucune relation avec les autres cycles de onze ans, même avec les cycles voisins, précédent et suivant.

L'existence même du cycle de 22 ans et du cycle séculaire montre que les cycles de 11 ans ne sont pas indépendants l'un de l'autre. Dans le présent article nous établissons une corrélation entre chaque trois cycles de onze ans consécutifs d'activité solaire.

Marquant le nombre relatif de Wolt par W_M^{2n+1}, à l'époque maximum d'un cycle de onze ans, d'un numéro impair, selon la numération zurichoise, et par $W_M^{2n}+W_M^{2n+2}$ la somme des nombres relatifs de Wolt aux époques des maximums des cycles de 11 ans pairs qui lui sont voisins, nous établissons que, pour la plupart des cycles de onze ans (fig. 1) est en vigueur la formule empirique suivante:

$$W_M^{2n}+W_M^{2n+2}=0{,}675\ W_M^{2n+1}+139{,}6. \tag{1}$$

Marquant par W_M^{2n} le nombre relatif de Wolt à l'époque du maximum d'un cycle de 11 ans pair, et par $W_M^{2n-1}+W_M^{2n+1}$ la somme des nombres relatifs de Wolt à l'époque des maximums des deux cycles de 11 ans voisins, impairs, nous établissons que, pour la plupart des cycles de 11 ans (fig. 2) est valable la formule suivante:

$$W_M^{2n-1}+W_M^{2n+1}=0{,}616\quad W_M^{2n}+177{,}3. \tag{2}$$

Nous appliquons la formule (1) pour le pronostic du nombre relatif de Wolt à l'époque du maximum du cycle de 11 ans courant N°20 et obtenons

$$111{,}1-W_M^{20}-121{,}7. \tag{3}$$

Ce résultat est tout à fait d'accord avec les valeurs de W_M^{20} obtenues par d'autres auteurs suivant d'autres méthodes.