

УДК 523.947; 523.98:523.985-125

М. Пішкало, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

СОНЯЧНА КОРОНА І ПРОГНОЗ АМПЛІТУДИ 24-ГО ЦИКЛУ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

За спостереженнями корони під час повних сонячних затемнень у мінімумі активності 11–23 сонячних циклів проведено дослідження залежності амплітуди сонячного циклу від таких кількісних характеристик форми і структури сонячної корони як індекси фотометричної і геометричної стиснутості корони і протяжність полярних променевих систем уздовж лімба. За значеннями вказаних індексів під час мінімуму 24-го циклу сонячної активності зроблено прогноз амплітуди циклу. 24-й цикл очікується слабшим за попередній 23-й цикл, число Вольфа у максимумі циклу становитиме 83–113.

Investigation of the solar cycle amplitude dependence on such quantitative parameters of shape and structure of the solar corona as indexes of photometrical and geometrical flattening and extension of polar coronal rays along the solar limb have been made. Observation of the solar corona during total solar eclipses in solar cycles 11–23 were used. The amplitude of solar cycle 24 was predicted on the basis of the parameters values at the cycle minimum. Solar cycle 24 is expected to be weaker than previous cycle 23. The Wolf number in the cycle maximum will amount to 83–113.

Вступ. Згідно з теорією сонячного динамо типу Бєбкока-Лейтона [4, 5], величина полоїдального (полярного) магнітного поля Сонця в мінімумі активності визначає величину тороїдального поля у максимумі активності. Тороїдальне поле пов'язане з активними областями і сонячними плямами і є максимальним у максимумі циклу активності. На цій закономірності ґрунтується метод передвісників прогнозування амплітуди сонячного циклу, коли певна характеристика сонячної активності в полярних регіонах у мінімумі циклу визначає, яким буде максимум циклу.

Форма і структура сонячної корони, що спостерігається під час повних сонячних затемнень, змінюється із рівнем сонячної активності. У мінімумі активності корона характеризується двома яскравими променями-стрімерами, орієнтованими уздовж екватора, у максимумі активності вона складається із великої кількості орієнтованих по всьому лімбу переважно радіальних яскравих променів. Саме тому різні індекси і величини, що характеризують форму і структуру корони в мінімумі циклу активності, можуть бути використані як передвісники амплітуди циклу.

У даній роботі за спостереженнями корони під час повних сонячних затемнень у мінімумі 11–23 циклів сонячної активності проведено дослідження залежності амплітуди сонячного циклу від величини таких кількісних характеристик форми і структури сонячної корони як індекси фотометричної і геометричної стиснутості корони і протяжність полярних променевих систем уздовж лімба. За значеннями вказаних індексів під час мінімуму 24-го циклу сонячної активності зроблено прогноз амплітуди циклу.

Дані. Індекс фотометричної стиснутості сонячної корони $a+b$ був введений Людendorфом у 1928 р. [7] (див. також [10]), індекс геометричної стиснутості H – Нікольським у 1956 р. [1]. Протяжність полярних променевих систем уздовж лімба L визначається у градусній мірі як сумарна довжина дуги по лімбу, яку займають полярні променеві системи із променями-щіточками в північній і південній півкулях Сонця. У таблиці 1 зібрані значення вказаних параметрів для сонячної корони, що спостерігалася під час повних сонячних затемнень поблизу мінімуму

© Пішкало М., 2012

11–24 циклів. Ці величини є кількісними характеристиками форми і структури корони. Вони були взяті із опублікованих робіт (зокрема, [1, 3, 6]) або ж безпосередньо отримані під час виконання даного дослідження. Значення числа Вольфа (міжнародне відносне число сонячних плям) у максимумі активності циклу взято із сайту NGDC (the National Geophysical Data Center; www.ngdc.noaa.gov).

Результати та обговорення. На рис. 1–3 наведено залежності числа Вольфа в максимумі циклу W_{\max} від протяжності полярних променевих систем сонячної корони уздовж лімба (індекс Π) та індексів геометричної (індекс H) і фотометричної (індекс $a+b$) стиснутості сонячної корони в мінімумі циклу. Верхні і нижні панелі відповідно демонструють вказані залежності для тих затемнень, що відбулися в інтервалі ± 1.5 року і ± 0.5 року від мінімуму активності. Прямі пунктирні лінії відображають апроксимацію точок лінійною залежністю. Мінімуми і максимуми активності були обраховані як екстремуми місячного числа Вольфа, двічі згладженого ковзаючим усередненням по 13-ти точках. Місячні числа Вольфа були взяті на сайті <http://sidc.oma.be>.

Рівняння прямих ліній на нижніх панелях Рис. 1–3 мають такий вигляд:

$$W_{\max}(\Pi) = 103.1 + 0.098 \cdot \Pi,$$

$$W_{\max}(H) = -68.92 + 92.72 \cdot H,$$

$$W_{\max}(a + b) = -65.45 + 658.3 \cdot (a + b).$$

Якщо у ці рівняння підставити середні значення відповідних параметрів по затемненнях 2008 і 2009 рр. ($\Pi = 102$, $H = 1.815$, $a+b = 0.225$, див. табл. 1), то отримаємо що максимальне число Вольфа у 24-му циклі становитиме: $W_{\max}(H) = 99$, $W_{\max}(\Pi) = 113$, $W_{\max}(a+b) = 83$.

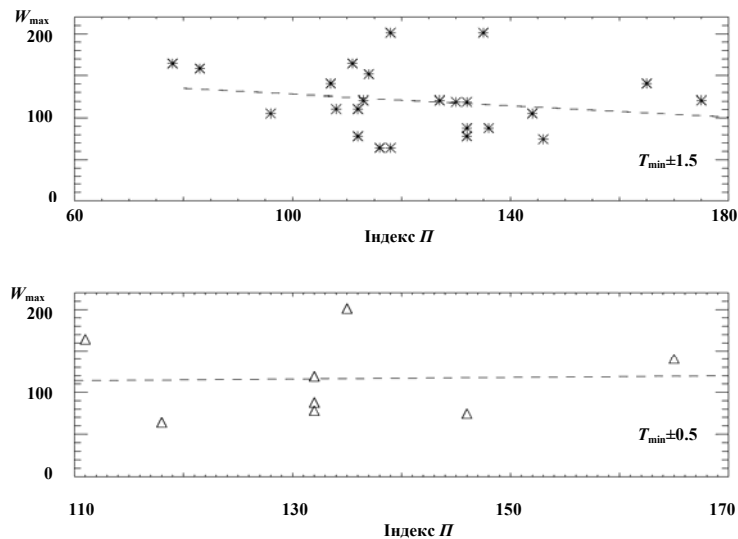


Рис. 1. Залежність числа Вольфа в максимумі циклу W_{\max} від протяжності полярних променевих систем сонячної корони уздовж лімба (індекс Π) в мінімумі циклу. Верхня і нижня панелі відповідно – для затемнень, що відбулися 1.5 і 0.5 року до чи після мінімуму активності

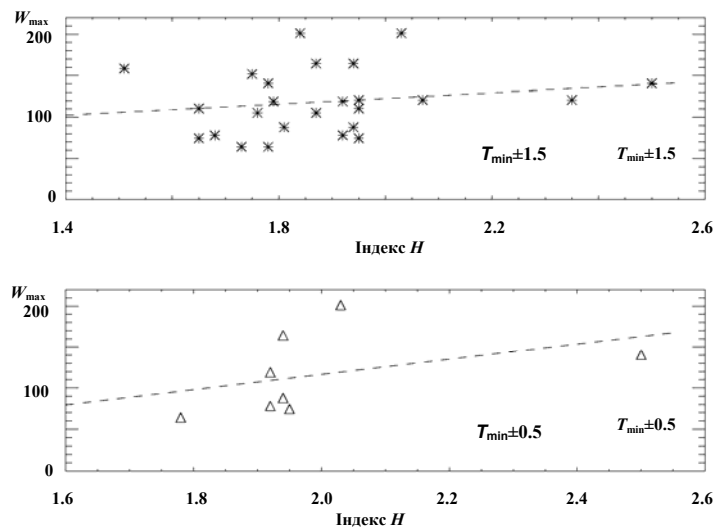


Рис. 2. Залежність числа Вольфа в максимумі циклу W_{\max} від індексу геометричної стиснутості сонячної корони (індекс H) в мінімумі циклу. Верхня і нижня панелі відповідно – для затемнень, що відбулися 1.5 і 0.5 року до чи після мінімуму активності

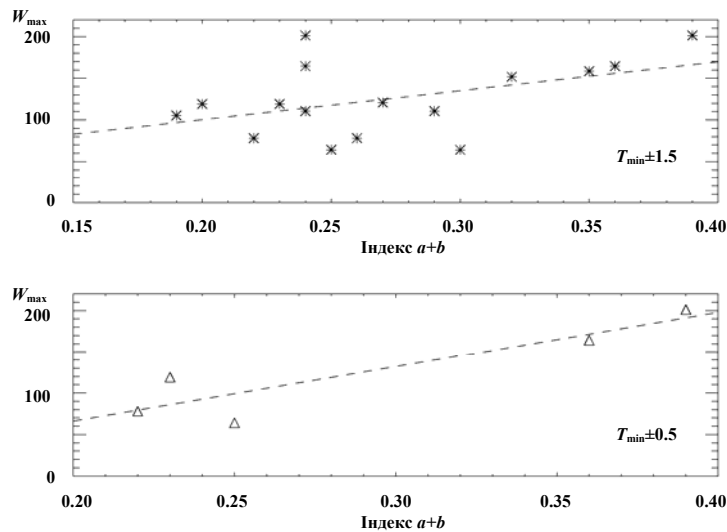


Рис. 3. Залежність числа Вольфа в максимумі циклу W_{max} від індексу фотометричної стиснутості сонячної корони (індекс $a+b$) в мінімумі циклу. Верхня і нижня панелі відповідно – для затемнень, що відбулися 1.5 і 0.5 року до чи після мінімуму активності

Таблиця 1

Значення числа Вольфа в максимумі циклу активності та значення індексу фотометричної ($a+b$) і геометричної (H) стиснутості сонячної корони та протяжності полярних променевих систем уздовж лімба (Π) під час повних сонячних затемнень у мінімумі циклу

Цикл	W_{max}	Затемнення	Індекс H	Індекс Π	Індекс $a+b$
11	140.5	29.08.1867	2.50	1.65	-
11	140.5	18.08.1868	1.78	107	-
12	74.6	29.07.1878	1.95	146	-
12	74.6	11.01.1880	1.65	-	-
13	87.9	01.01.1889	1.81	136	-
13	87.9	21.12.1889	1.94	132	-
14	64.2	28.05.1900	1.73	116	0.30
14	64.2	17.05.1901	1.78	118	0.25
15	105.4	28.04.1911	1.87	144	-
15	105.4	21.08.1914	1.76	96	0.19
16	78.1	20.09.1922	1.68	112	0.26
16	78.1	10.09.1923	1.92	132	0.22
17	119.2	31.08.1932	1.79	130	0.20
17	119.2	14.02.1934	1.92	132	0.23
18	151.8	09.07.1945	1.75	114	0.32
19	201.3	30.06.1954	2.03	135	0.39
19	201.3	20.06.1955	1.84	118	0.24
20	110.6	20.07.1963	1.65	108	0.29
20	110.6	30.05.1965	1.95	112	0.24
21	164.5	23.10.1976	1.94	111	0.36
21	164.5	13.10.1977	1.87	78	0.24
22	158.5	22.09.1984	1.51	83	0.35
23	120.8	03.11.1994	2.07	127	0.27
23	120.8	24.10.1995	2.35	175	0.27
23	120.8	09.03.1997	1.95	113	0.27
24	-	01.08.2008	1.75	110	0.21
24	-	22.07.2009	1.88	94	0.24
24	-	11.07.2010	1.52	62	0.24

Тобто, всі три кількісні характеристики сонячної корони поблизу мінімуму 24-го циклу вказують на те, що 24-й цикл буде слабшим за попередній 23-й цикл. Варто відзначити, що із трьох досліджених нами характеристик найменший прогноз дає індекс фотометричної стиснутості корони $a+b$, ймовірно, цей прогноз можна вважати і найвірогіднішим, виходячи з того, що лінійна залежність $W_{max}(a+b)$ є найкращою і найобґрунтованішою із усіх трьох подібних залежностей. Так, для затемнень, що відбулися ± 1.5 і ± 0.5 року від мінімуму активності, коефіцієнт кореляції між величинами W_{max} і Π становить -0.19 і 0.03 , відповідно; між величинами W_{max} і H – 0.18 і 0.41 , між величинами W_{max} і $a+b$ – 0.46 і 0.90 .

Отримане нами прогнозоване значення максимуму 24-го циклу добре узгоджується із прогнозами, що базуються на використанні спостережених значень полярного магнітного поля Сонця поблизу мінімуму 24-го циклу [2, 8, 9].

Висновки. Проведене дослідження дозволяє сформулювати наступні висновки:

Такі кількісні характеристики форми сонячної корони, що спостерігається під час повних сонячних затемнень поблизу мінімуму циклу активності, як індекси фотометричної і геометричної стиснутості корони і протяжність полярних променевих систем уздовж лімба, можуть слугувати передвісниками амплітуди циклу.

Форма сонячної корони в мінімумі 24-го циклу вказує на те, що 24-й цикл сонячної активності буде дещо слабшим за попередній 23-й цикл (амплітуда у числах Вольфа 83–113 і 120 одиниць, відповідно).

Індекс фотометричної стиснутості сонячної корони краще, ніж індекс геометричної стиснутості корони чи протяжність полярних променевих систем, інформує про майбутню амплітуду циклу.

1. *Никольский Г.М.* О форме солнечной короны // Астрон. журн. – 1956. – Т. 33, № 1. – С. 84–86.
2. *Пижало Н.И.* Прогноз максимума 24-го цикла солнечной активности // Космична наука і технологія. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 32–38.
3. *Солнечная корона и корпускулярное излучение в межпланетном пространстве.* Под ред. проф. С.К. Всехсвятского. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1965. – С. 73–117.
4. *Babcock H.W.* The topology of the Sun's magnetic field and the 22-year cycle // *Astrophys. J.* – 1961. – Vol. 133. – P. 572–587.
5. *Leighton R.B.* A magneto-kinematic model of the solar cycle // *Astrophys. J.* – 1969. – Vol. 156. – P. 1–26.
6. *Loucif M.L., Koutchmy S.* Solar cycle variations of coronal structures // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* – 1989. – Vol. 77. – P. 45–66.
7. *Ludendorff H.* Über die Abhängigkeit der Form der Sonnenkorona von der Sonnenfleckenhäufigkeit // *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-Math. Klasse.* – 1928. – Т. 16. – P. 185–214.
8. *Pesnell W.D.* Predictions of solar cycle 24 // *Solar Phys.* – 2008. – Vol. 252. – P. 209–220. – DOI:10.1007/s11207-008-9252-2.
9. *Pishkalo M.I.* Prediction of amplitude of solar cycle 24 based on polar magnetic field of the sun at cycle minimum // *Sun and Geosphere.* – 2010. – Vol. 5, No 2. – P. 47–51.
10. *Pishkalo M.I.* Flattening Index of the Solar Corona and the Solar Cycle // *Solar Phys.* – 2011. – Vol. 270. – P. 347–362.

Надійшла до редколегії 15.11.11