

УДК 523.98

М. І. Пішкало

Науково-дослідна лабораторія «Астрономічна обсерваторія»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
04053 Київ-53, вул. Обсерваторна 3

Попередній прогноз 24-го і 25-го циклів сонячної активності на основі кореляції між характеристиками циклів

Досліджено кореляцію між різними характеристиками 1–23 циклів сонячної активності, і на основі знайдених регресійних співвідношень дано прогноз для 24-го і 25-го циклів. Очікується, що 24-й сонячний цикл досягне максимальної амплітуди 110.2 ± 33.4 у квітні — червні 2012 р., а наступний мінімум припадатиме на грудень 2018 р. — січень 2019 р. Тривалість 24-го циклу становитиме приблизно 11.1 р. 25-й цикл досягне максимальної амплітуди 112.3 ± 33.4 приблизно у квітні — червні 2023 р.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ 24-го И 25-го ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВАНИИ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЦИКЛОВ, Пишкало Н. И. — Исследована кореляция между различными характеристиками 1–23 циклов солнечной активности, и на основании полученных регрессионных соотношений дан прогноз для 24-го и 25-го циклов. Ожидается, что 24-й цикл достигнет максимальной амплитуды 110.2 ± 33.4 в апреле — июне 2012 г., а следующий минимум придется на декабрь 2018 г. — январь 2019 г. Длительность 24-го цикла составит приблизительно 11.1 г. 25-й цикл достигнет максимальной амплитуды 112.3 ± 33.4 приблизительно в апреле — июне 2023 г.

PRELIMINARY PREDICTION FOR SOLAR CYCLES 24 AND 25 ON THE BASIS OF CORRELATION BETWEEN PARAMETERS OF CYCLES, by Pishkalo M. I. — The correlation between different parameters of the solar cycles 1–23 was investigated. Predictions for the solar cycles 24 and 25 were made using the regressions obtained. The solar cycle 24 is expected to reach its maximal amplitude of 110.2 ± 33.4 in April — June 2012, the next minimum will be in December 2018 — January 2019. Duration of the solar cycle 24 will be about 11.1 years. The solar cycle 25 will reach its maximal amplitude of 112.3 ± 33.4 in April — June 2023.

ВСТУП

Сонячна активність змінюється з періодом близько 11 років. Зміни сонячної активності викликають зміни в міжпланетному і навколоземному кос-

мічному просторі, які, у свою чергу, впливають на функціонування космічних і наземних технологічних систем (пілотовані космічні польоти, космічна і аеронавігація, радары, високочастотний радіозв'язок, наземні лінії електропередач і т. ін.), а також певною мірою на клімат і життєдіяльність живих організмів на Землі. Саме тому важливо знати наперед величину сонячної активності у циклі.

Найбільш уживаною характеристикою сонячної активності є число Вольфа, яке відображає кількість плям на видимій поверхні Сонця. На сьогодні запропоновано багато методів прогнозування сонячної активності, що базуються на аналізі періодичностей у часових рядах різних явищ на Сонці і взаємозв'язку між ними, на аналізі геофізичних і кліматологічних даних, на комп'ютерному моделюванні числових рядів і штучних нейронних мереж [2, 20, 26]. Більшість методів прогнозування сонячної активності дають лише прогноз максимального значення числа Вольфа у циклі, часто ці прогнози досить суттєво відрізняються один від одного.

У даній роботі досліджується кореляція між різними характеристиками циклів сонячної активності 1—23 і на цій основі робиться прогноз сонячної активності у 24-му і 25-му циклах.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ми використали такі характеристики сонячних циклів 1—23, отримані за згладженими місячними значеннями відносного числа сонячних плям: епохи мінімумів і максимумів, відповідні значення амплітуд у мінімумі і максимумі, тривалість циклу, тривалість фази росту та спаду. Ці дані були взяті на сайті Національного геофізичного центру даних США (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/maxmin.new). Для циклу 23 значення були уточнені на основі місячних чисел Вольфа, взятих на сайті Бельгійської Королівської обсерваторії (<http://sidc.oma.be>). На кінець листопада 2007 р. сонячна активність перебувала на дуже низькому рівні, і, ймовірно, перебувала у мінімумі з амплітудою 5.4, знайденою шляхом подвійного згладження місячних чисел Вольфа ковзаючим усередненням за 13 точками. Надалі приймаємо, що на початок 24-го циклу амплітуда відносного числа сонячних плям становить 5.4 на момент часу 2007.9. У подальших розрахунках ми будемо користуватися цим значенням, хоча, звичайно, приблизно через рік після мінімуму активності його можна визначити точніше. Тому отриманий нижче прогноз має попередній характер.

Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції між різними характеристиками сонячних циклів

Параметр	W_{\min}	$W_{\min}^{(-1)}$	W_{\max}	$W_{\max}^{(-1)}$	$T_{\text{rise}}, \text{p.}$	$T_{\text{rise}}^{(-1)}, \text{p.}$	$T_{\text{fall}}, \text{p.}$	$T_{\text{fall}}^{(-1)}, \text{p.}$	$T, \text{p.}$	$T^{(-1)}, \text{p.}$
W_{\min}	1	0.43	0.56	0.50	-0.55	-0.33	0.35	-0.22	-0.17	-0.56
W_{\max}			1	0.36	-0.82	-0.38	0.43	-0.22	-0.35	-0.62
$T_{\text{rise}}, \text{p.}$					1	0.24	-0.52	0.31	0.41	-0.19
$T_{\text{fall}}, \text{p.}$							1	-0.03	0.55	0.27
$T, \text{p.}$									1	0.10

Примітка. Величини з індексом (-1) стосуються попереднього циклу

Спершу були розраховані попарно коефіцієнти кореляції між числами Вольфа у мінімумі (W_{\min}) і максимумі (W_{\max}), тривалістю циклу (T), тривалістю фази росту (T_{rise}) та спаду (T_{fall}) за даними по сонячних циклах 1—23, а також коефіцієнти кореляції між значеннями цих параметрів для поточного і попереднього циклів. Вони наведені у табл. 1. Найвищим є коефіцієнт кореляції між W_{\max} і T_{rise} , він становить -0.82 . Аналіз показав, що значення коефіцієнтів кореляції, які за абсолютною величиною перевищують 0.5, є достовірними з рівнем значимості $p < 0.01-0.02$.

Враховуючи суттєву кореляцію між певними характеристиками сонячних циклів, далі ми спробуємо за визначеним нами W_{\min} на початок 24-го циклу знайти інші характеристики цього циклу. Розрахунок будемо проводити за такою схемою-ланцюжком: за відомим значенням W_{\min} знаходимо W_{\max} і T_{rise} , далі за знайденим T_{rise} знаходимо T_{fall} , а отже і T , і насамкінець за відомим T знаходимо W_{\min} на початку наступного циклу. Очевидно, що отримані таким чином прогнозовані параметри 24-го циклу будуть характеризувати його як деякий «середній» цикл.

Вказана схема попередньо була застосована для отримання прогнозів циклів 22 і 23 за відомими характеристиками циклів 1—21 і 1—22 відповідно. У табл. 2 порівнюються прогнозовані і реальні характеристики вказаних циклів; для деяких параметрів (W_{\max}^{22} , W_{\max}^{23} , W_{\min}^{23} і T_{rise}^{23}) узгодження добре, а для решти — задовільне.

Таблиця 2. Порівняння прогнозованих і реальних характеристик циклів активності 22 і 23

Знайдений параметр A за відомим параметром B $A(B)$	Цикл 22		Цикл 23	
	прогноз	реально	прогноз	реально
$W_{\max}(W_{\min})$	a: 150.46±35.03	158.5	a: 126.01±34.22	120.8
$W_{\max}(T_{-1})$	b: 129.90±31.58	158.5	b: 141.60±32.23	120.8
$T_{\text{rise}}(W_{\min})$	c: 3.31±0.71	2.8	c: 3.98±1.02	4.0
$T_{\text{rise}}(W_{\max})$	a: 3.41±1.04	2.8	a: 4.24±0.70	4.0
	b: 3.90±1.04	2.8	b: 4.27±0.70	4.0
$T_{\text{fall}}(T_{\text{rise}})$	a: 7.22±1.10	6.8	a: 6.68±1.09	7.5
	b: 6.93±1.10	6.8	b: 6.66±1.09	7.5
	c: 7.28±1.10	6.8	c: 6.82±1.09	7.5
$T = T_{\text{rise}} + T_{\text{fall}}$	a: 10.63±1.10	9.7	a: 10.92±1.09	11.5
	b: 10.83±1.10	9.7	b: 10.93±1.09	11.5
	c: 10.59±1.10	9.7	c: 10.80±1.09	11.5
$W_{\min}(T_{-1})$	6.77±3.12	12.3	8.17±3.18	8.0

Примітка. Ланцюжок а починається із рівняння типу (1), ланцюжок б — з рівняння типу (2), ланцюжок с — з рівняння типу (3)

На рис. 1 подано залежність W_{\max} від W_{\min} у циклах активності 1—23 (коефіцієнт кореляції 0.56, $p < 0.01$). Суцільна лінія — лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія вказує, як по значенню W_{\min} можна знайти значення W_{\max} для 24-го циклу сонячної активності.

Суцільна лінія відображає рівняння регресії

$$W_{\max} = 77.99 (\pm 13.7) + 5.97 (\pm 1.93) W_{\min}. \quad (1)$$

Для максимуму 24-го циклу сонячної активності отримуємо значення

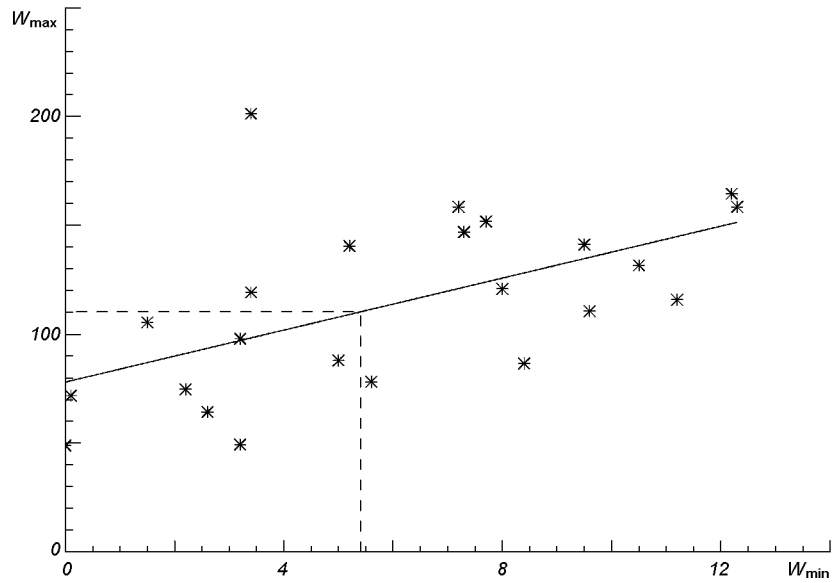


Рис. 1. Залежність максимального числа Вольфа у циклі від мінімального числа Вольфа на початку циклу. Суцільна лінія — лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія вказує значення для 24-го циклу сонячної активності

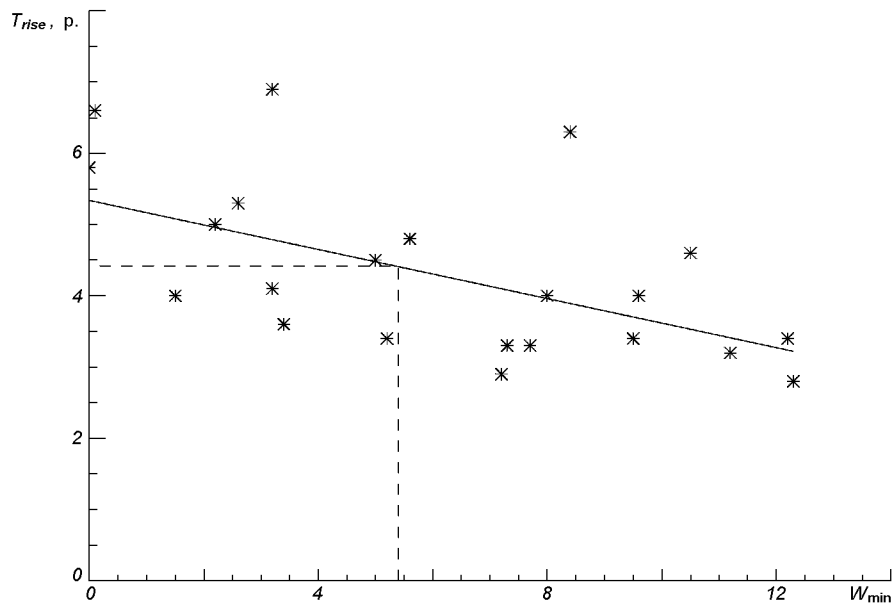


Рис. 2. Залежність тривалості фази росту циклу від мінімального числа Вольфа на початку циклу. Суцільна лінія — лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія вказує значення для 24-го циклу сонячної активності

$W_{\max} = 110.2 \pm 33.4$, де 33.4 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 25.4).

Прогнозоване значення W_{\max} також можна знайти, знаючи тривалість попереднього циклу T_{-1} (коефіцієнт кореляції між цими параметрами становить -0.62 , $p < 0.02$). У цьому випадку рівняння регресії має вигляд

$$W_{\max} = 340.63 (\pm 63.50) - 20.71 (\pm 5.77) T_{-1} . \quad (2)$$

Для максимуму 24-го циклу сонячної активності із рівняння (2) отримуємо значення $W_{\max} = 102.5 \pm 31.8$, де 31.8 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 25.3). Бачимо, що обидва значення W_{\max} у 24-му циклі, отримані за формулами (1) і (2), є близькими.

Залежність тривалості фази росту циклу T_{rise} від мінімального числа Вольфа на початок циклу W_{\min} (коефіцієнт кореляції -0.55 , $p < 0.01$) наведено на рис. 2. Суцільною лінією показана лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія вказує, як по значенню W_{\min} у 24-му циклі можна знайти тривалість фази росту циклу.

З рівняння регресії

$$T_{\text{rise}} = 5.34 (\pm 0.41) - 0.17 (\pm 0.06) W_{\min} \quad (3)$$

і рис. 2 для тривалості фази росту 24-го циклу отримуємо значення 4.42 ± 1.00 , де 1.00 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 0.76).

Прогнозоване значення T_{rise} також можна визначити, знаючи W_{\max} . Коефіцієнт кореляції між даними параметрами становить -0.82 ($p < 0.01$), а рівняння регресії має вигляд

$$T_{\text{rise}} = 7.07 (\pm 0.44) - 0.024 (\pm 0.004) W_{\max} . \quad (4)$$

Для тривалості фази росту 24-го циклу сонячної активності з рівняння (4) отримуємо значення 4.42 ± 0.68 і 4.61 ± 0.68 року відповідно за значеннями $W_{\max} = 110.2$ і 102.5 . Тут 0.68 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 0.53). Значення T_{rise} для 24-го циклу, отримані за формулами (3) і (4), є близькими.

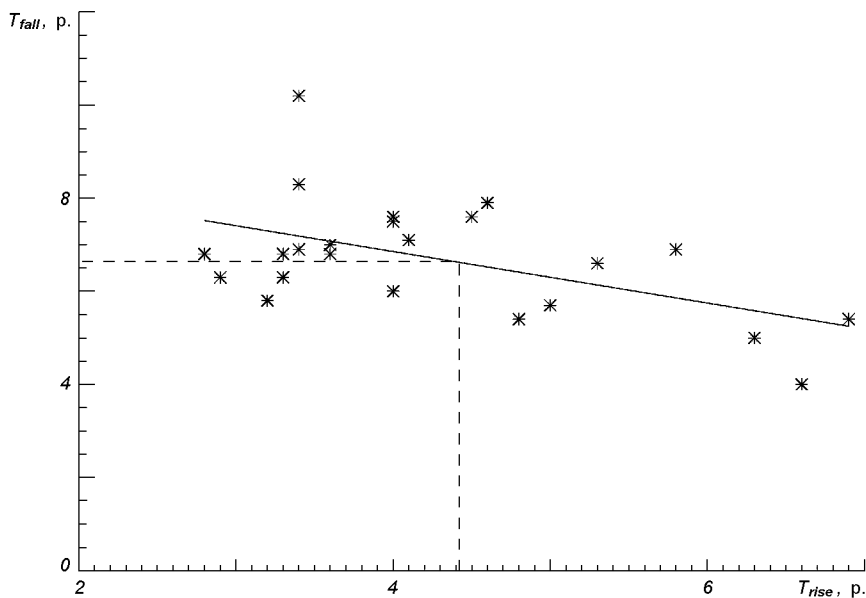


Рис. 3. Залежність тривалості фази спаду циклу від тривалості фази росту циклу. Суцільна лінія — лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія показує, як за значенням тривалості фази росту 24-го циклу сонячної активності знайти тривалість фази спаду циклу

Рис. 3 ілюструє залежність тривалості фази спаду циклу T_{fall} від тривалості фази росту циклу T_{rise} (коефіцієнт кореляції -0.52 , $p < 0.02$). Суцільною лінією показана лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія показує, як по значенню T_{rise} для 24-го циклу можна знайти значення T_{fall} . Рівняння регресії у даному випадку має вигляд

$$T_{fall} = 9.07 (\pm 0.88) - 0.55 (\pm 0.20) T_{rise} . \quad (5)$$

Таблиця 3. Прогноз 24-го і 25-го циклів сонячної активності

Літературне джерело	Рік мінімуму	W_{min}	Рік максимуму	W_{max}	T_{rise} , р.	T_{fall} , р.	T , р.
ЦИКЛ 24							
Дана робота	2007.9	5.4	2012.5±0.7	110.2±33.4	4.5 ±0.7	6.6 ±1.1	11.1 ±1.1
[5]	2011.4		2016.0	88			
[3]			2013	113			
[29]	2008		2014	180			
[6]	2006—2007		2010—2011	50			
[4]			2011.3	127±30			10.8 ±0.7
[30]				101.3±18.1			
[9]				87.5±23.5			
[24]			2011	115±21			
[13]			2010	145±30			
[25]			2011	75±8			
[21]	2006.9 2008.5		2011.3 2013.2	189.9±15.5 137 (80)			
[23]				80±30			
[7]				42±34			
[10]				150.3±22.4			
[11]				114.8±17.4			
[12]				149.5±27.6			
[14]				160±25			
[19]			2011	108±38			
[22]	2006.5	18	2009.9	145			
[1]				70±10			
[15]	2007.73			110±11			9.34
[16]				74±10			
[17]			2011—2012	142±24			
[18]				129.7±16.3			
[27]			2011.3±0.7	110±27			
[28]				135±12			
ЦИКЛ 25							
Дана робота	2019.0±1.1	5.8±3.1	2023.4±0.7	112.3±33.4	4.4 ±0.7	6.6 ±1.1	11.0 ±1.1
[5]	2024.6		2028.5	121			
[3]			2024	117			
[13]			2023	70±30			
[10]				102.6±22.4			
[11]				111.6±17.4			
[12]				144.3±27.6			
[1]				50±15			
[15]	2017.07			110±11			12.49

Для тривалості фази спаду 24-го циклу за отриманим вище значенням $T_{rise} = 4.42$ знаходимо $T_{fall} = 6.64 \pm 1.07$, де ± 1.07 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 0.86).

Просумувавши отримані значення T_{rise} і T_{fall} , знаходимо тривалість циклу T . Вона становить приблизно 11.1 р. Тобто, 24-й сонячний цикл досягне максимуму 110.2 у квітні — червні 2012 р., а наступний мінімум припадатиме на грудень 2018 р. — січень 2019 р.

У табл. 3 у хронологічно-алфавітному порядку наведено отримані нами прогнозовані характеристики сонячного циклу 24 і опубліковані прогнози інших авторів. Із робіт, що не увійшли до табл. 3, відзначимо роботу [8], де отримано, що 24-цикл буде на 30—50 % потужнішим від попереднього 23-го циклу, тобто його амплітуда становитиме 155—180.

Отримане нами прогнозоване значення числа Вольфа у максимумі 24-го циклу (110.2 ± 33.4) добре узгоджується із прогнозами, наведеними у роботах [3, 15, 19, 27, 30], і є значно меншим, ніж дають прогнози на основі геомагнітних даних у роботах [14, 17]. У той же час у кількох роботах [1, 6, 7, 16, 25] отримано значно нижчі прогнози амплітуди 24-го циклу.

На рис. 4 показано залежність мінімального числа Вольфа у циклі W_{min} від тривалості попереднього циклу T_{-1} (коефіцієнт кореляції -0.56 , $p < 0.01$). Суцільною лінією зображена лінійна МНК-апроксимація, якій відповідає рівняння регресії

$$W_{min} = 25.47 (\pm 6.24) - 1.77 (\pm 0.55) T_{-1}, \quad (6)$$

штрихова лінія вказує, як по значенню тривалості 23-го циклу сонячної активності можна знайти значення числа Вольфа у мінімумі 24-го циклу, пунктир вказує, як по значенню тривалості 24-го циклу сонячної активності можна знайти значення числа Вольфа у мінімумі 25-го циклу.

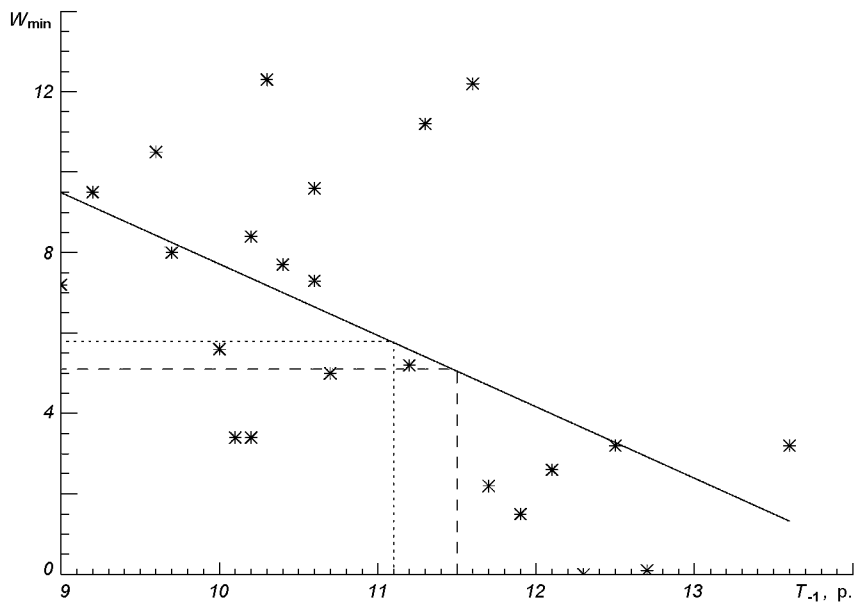


Рис. 4. Залежність мінімального числа Вольфа у циклі від тривалості попереднього циклу. Суцільна лінія — лінійна МНК-апроксимація, штрихова лінія вказує значення мінімального числа Вольфа для 24-го циклу сонячної активності, пунктирна лінія — для 25-го циклу

Для мінімального числа Вольфа у 24-му і 25-му циклах сонячної активності отримуємо відповідно значення 5.1 ± 3.1 і 5.8 ± 3.1 за значеннями тривалості циклів, що становлять 11.5 (цикл 23) і 11.1 (цикл 24). Тут 3.1 — середнє квадратичне відхилення (середнє абсолютне відхилення становить 2.4). Прогнозоване значення мінімуму на початок 24-го циклу добре узгоджується із отриманим вище мінімальним значенням числа Вольфа.

Якщо отримане нами мінімальне значення числа Вольфа на початку 25-го циклу (яке становить 5.8) використати за описаною вище схемою для знаходження характеристик 25-го циклу, то отримаємо, що максимальне значення згладженого місячного числа Вольфа у 25-му циклі становитиме 112.3 на момент часу 2023.4, а мінімум 26-го циклу настане у момент 2030.0. При цьому тривалість 25-го циклу становитиме 11.0 р., тривалість фази росту — 4.4 р., тривалість фази спаду — 6.6 р. Результат не залежить від того, 23 чи 24 попередніх цикли вибрано для отримання регресійних співвідношень (1), (3), (5). Отриманий нами прогноз сонячного циклу 25 та інші прогнози зведені у табл. 3.

ВИСНОВКИ

На основі знайдених регресійних співвідношень між різними характеристиками 1—23-го циклів сонячної активності зроблено прогноз 24-го і 25-го циклів.

Згладжене місячне число Вольфа у 24-му сонячному циклі досягне максимального значення 110.2 ± 33.4 у квітні-червні 2012 р., а наступний мінімум з амплітудою 5.8 ± 3.1 припадатиме на грудень 2018 р. — січень 2019 р. Тривалість 24-го циклу становитиме приблизно 11.1 р., тривалість фази росту — 4.5 р., тривалість фази спаду — 6.6 р.

Максимальна амплітуда у 25-му циклі становитиме 112.3 ± 33.4 у квітні — червні 2023 р., мінімум наступного 26-го циклу настане в кінці 2029 — на початку 2030 р. Тривалість 25-го циклу становитиме 11.0 р., тривалість фази росту — 4.4 р., тривалість фази спаду — 6.6 р.

Робота виконана за часткової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень України (проект № Ф25.2/094).

1. Абдусаматов Х. И. Об оптимальном прогнозировании высоты следующего 11-летнего цикла активности и нескольких последующих циклов на основе долговременных вариаций радиуса Солнца или солнечной постоянной // Кинематика и физика небес. тел.—2007.—23, № 3.—С. 141—147.
2. Витинский Ю. И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. — Л.: Наука, 1973.—257 с.
3. Контор Н. Н., Любимов Г. П., Переслегина Н. В., Хотилова Т. Г. Прогноз максимального числа солнечных пятен в 11-летних циклах 22—44 // Солнеч. данные.—1983.—№ 11.—С. 74—79.
4. Храмова М. Н., Красоткин С. А., Кононович Э. В. Прогнозирование солнечной активности методом фазовых средних // Электрон. журн. «Исследовано в России».—2001.—1—4.—С. 1169—1176. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/107.pdf>
5. Чистяков В. Ф. Прогноз солнечной активности до 2030 года // Солнеч. данные.—1983.—№ 1.—С. 97—100.
6. Badalyan O. G., Obridko V. N., Sykora J. Brightness of the coronal green line and prediction for activity cycles 23 and 24 // Solar Phys.—2001.—199, N 2.—P. 421—435.
7. Clilverd M. A., Clarke E., Ulich T., et al. Predicting solar cycle 24 and beyond // Space weather.—2006.—4.—S09005.-doi:10.1029/2005SW000207

8. *Dikpati M., de Toma G., Gilman P. A.* Predicting the strength of solar cycle 24 using a flux-transport dynamo-based tool // *Geophys. Res. Lett.*—2006.—33.—L05102.—doi:10.1029/2005GL025221
9. *Duhau S.* An early prediction of maximum sunspot number in solar cycle 24 // *Solar Phys.*—2003.—213, N 1.—P. 203—212.
10. *Du Z. L.* Relationship between solar maximum amplitude and max-max cycle length // *Astron. J.*—2006.—132, N 4.—P. 1485—1489.
11. *Du Z., Du Sh.* The relationship between the amplitude and descending time of a solar activity cycle // *Solar Phys.*—2006.—238, N 2.—P. 431—437.
12. *Du Z.-L., Wang H.-N., He X.-T.* The relation between amplitude and the period of solar cycles // *Chin. J. Astron. Astrophys.*—2006.—6.—P. 489—494.
13. *Hathaway D. H., Wilson R. M.* What the sunspot record tell us about space climate // *Solar Phys.*—2004.—224, N 1—2.—P. 5—19.
14. *Hathaway D. H., Wilson R. M.* Geomagnetic activity indicates large amplitude for sunspot cycle 24 // *Geophys. Res. Lett.*—2006.—33.—L18101.—doi:10.1029/2006GL027053.
15. *Hiremath K. M.* Prediction of solar cycle 24 and beyond // 2007.—arXiv:0704.1346v1 [astro-ph]
16. *Javaraiah J.* North-south asymmetry in solar activity: predicting the amplitude of the next solar cycle // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2007.—377, N 1.—P. L34—L38.
17. *Kane R. P.* A preliminary estimate of the size of the coming solar cycle 24, based on Ohl's precursor method // *Solar Phys.*—2007.—243, N 2.—P. 205—217.
18. *Kane R. P.* Solar cycle predictions based on solar activity at different solar latitudes // *Solar Phys.*—2007.—246, N 2.—P. 471—485.
19. *Lantos P.* The skewness of a solar cycle as a precursor of the amplitude of the next // *Solar Phys.*—2006.—236, N 1.—P. 199—205.
20. *Lantos P., Richard O.* On the prediction of maximum amplitude for solar cycles using geomagnetic precursors // *Solar Phys.*—1998.—182, N 1.—P. 231—246.
21. *Li K.-J., Gao P.-X., Su T.-W.* Estimating the size and timing of the maximum amplitude of solar cycle 24 // *Chin. J. Astron. Astrophys.*—2005.—5, N 5.—P. 539—545.
22. *Maris G., Oncica A.* Solar cycle 24 forecasts // *Sun and Geosphere.*—2006.—1, N 1.—P. 8—11.
23. *Schatten K.* Fair space weather for solar cycle 24 // *Geophys. Res. Lett.*—2005.—32.—L21106.—doi:10.1029/2005GL024363.
24. *Sello S.* Solar cycle activity: A preliminary prediction for cycle #24 // *Astron. and Astrophys.*—2003.—410.—P. 691—693.
25. *Svalgaard L., Cliver E. W., Kamide Y.* Sunspot cycle 24: Smallest cycle in 100 years? // *Geophys. Res. Lett.*—2005.—32.—L01104.—doi:10.1029/2004GL021664.
26. *Thompson R. J.* A technique for predicting the amplitude of the solar cycle // *Solar Phys.*—1993.—148, N 2.—P. 383—388.
27. *Tlatov A. G.* Search for relationship between duration of the extended solar cycles and amplitude of sunspot cycle // 2007.—arXiv:astro-ph/0703681v1
28. *Tlatov A. G.* Some notes concerning the prediction of the amplitude of the two solar activity cycles // 2007.—arXiv:0706.1624v1 [astro-ph]
29. *Tsirulnik L. B., Kuznetsova T. V., Oraevsky V. N.* Forecasting the 23rd and 24th solar cycles on the basis of MGM spectrum // *Adv. Space Res.*—1997.—20, N 12.—P. 2369—2372.
30. *Wang J.-L., Gong J.-C., Liu S.-Q., et al.* The prediction of maximum amplitudes of solar cycles and the maximum amplitude of solar cycle 24 // *Chin. J. Astron. Astrophys.*—2002.—2.—P. 557—562.

Надійшла до редакції 13.12.07