

ХАРАКТЕРИСТИКИ 24-ГО ЦИКЛУ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ, ОТРИМАНІ ІЗ ТРИВАЛОСТІ 23-ГО ЦИКЛУ

Досліджено кореляційні зв'язки між тривалістю сонячного циклу і амплітудою у мінімумі та максимумі і тривалістю фази росту активності наступного циклу. Отримано, що між указаними параметрами є статистично значима кореляція з помірним коефіцієнтом кореляції (-0.558, -0.624 і 0.572 відповідно). Знайдено лінійні залежності між параметрами, що дозволяє за відомою тривалістю 23-го циклу отримати прогнозовані значення для 24-го циклу. Прогнозована амплітуда 24-го циклу становить 78 ± 10 , а тривалість фази росту циклу – 5.15 ± 4.10 р.

Ключові слова: сонячна активність, цикл.

Вступ. Загальновідомо, що сонячна активність змінюється з періодом близько 11 років. Сонячні цикли суттєво різняться своєю амплітудою і тривалістю. Зміни сонячної активності викликають зміни в міжпланетному та навколоземному просторі, які, у свою чергу, певним чином впливають на функціонування космічних та наземних технологічних систем, на життєдіяльність живих організмів на Землі, на клімат. Тому важливо знати наперед, коли і яким буде максимум активності.

Вченими запропоновано багато методів прогнозування сонячної активності, що базуються на взаємозв'язках різних явищ на Сонці і в міжпланетному просторі, на фізичних закономірностях, на аналізі періодичностей у спостережених явищах і спектральному аналізі, на комп'ютерному моделюванні числових рядів і процесів активності [2, 3, 6–8]. Більшість методів дають лише прогноз активності у максимумі циклу. На даний час опубліковано вже біля сотні прогнозів максимуму активності 24-го циклу. Вони розкидані у широкому діапазоні значень – від 42 [1] до 190 [4]. Найбільша підбірка прогнозів амплітуди 24-го циклу сонячної активності міститься у недавній роботі Песнела [5], який зібрав і проаналізував 75 прогнозів.

У даній роботі буде проаналізовано залежність амплітуди та тривалості фази росту активності сонячного циклу від тривалості попереднього циклу та зроблено прогноз характеристик 24-го циклу, виходячи із тривалості попереднього 23-го циклу.

Дані та їх аналіз. Для аналізу були взяті місячні згладжені значення міжнародного відносного числа сонячних плям (числа Вольфа), розташовані на сайті Королівської обсерваторії Бельгії (<http://sidc.oma.be/html/sunspot.html>). Для кожного сонячного циклу були знайдені епохи мінімуму ($T_{\min}$) та максимуму ($T_{\max}$) циклу, відповідні амплітуди у мінімумі ($R_{\min}$) та максимумі ($R_{\max}$), тривалості фази росту (T_{rise}) та фази спаду (T_{fall}) циклу і сумарні тривалості циклів (T_{cycle}). Тривалість циклу визначалася як часовий проміжок між мінімумами на початку і в кінці циклу; очевидно, що $T_{\text{cycle}} = T_{\text{rise}} + T_{\text{fall}}$.

Надалі були досліджені кореляційні зв'язки між тривалістю сонячного циклу (від 0-го до 22-го циклу) і такими характеристиками наступного циклу (від 1-го до 23-го), як рівень сонячної активності у мінімумі та максимумі і тривалість фази росту циклу.

Результати та обговорення. На рис. 1 показано залежність амплітуди у мінімумі циклу від тривалості попереднього сонячного циклу. Бачимо, що в середньому чим довшим є попередній сонячний цикл, тим меншим є рівень активності у мінімумі наступного циклу. Пряма лінія на рисунку відповідає лінійній залежності між вказаними параметрами і може бути описана рівнянням

$$R_{\min}(n+1) = 25.70 (\pm 6.41) - 1.796 (\pm 0.583) \times T_{\text{cycle}}(n),$$

де в дужках наведені $\pm 1 \sigma$ значення для відповідних числових коефіцієнтів. Штрихові лінії показують 95% довірчі інтервали для залежного параметра ($R_{\min}$). Бачимо, що лише одне значення, яке характеризує 21-й цикл сонячної активності, виходить за межі 95% довірчого інтервалу.

Коефіцієнт кореляції Пірсона між параметрами $T_{\text{cycle}}(n)$ і $R_{\min}(n+1)$ становить $r = -0.558$ із ймовірністю P помилкової кореляції $0.005 < P < 0.01$. Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена r_s між цими ж параметрами має близьке значення і становить $r_s = -0.582$ ($P = 0.0060$). Кореляція є помірною і статистично значимою.

Тривалість попереднього сонячного циклу також анти-корелює із амплітудою наступного циклу (чим тривалішим є попередній цикл, тим нижчим буде наступний цикл). Коефіцієнти кореляції Пірсона і Спірмена між параметрами $T_{\text{cycle}}(n)$ і $R_{\max}(n+1)$ становлять $r = -0.642$ ($0.001 < P < 0.002$) і $r_s = -0.582$ ($P = 0.0036$) відповідно. У лінійному наближенні залежність між параметрами описується рівнянням

$$R_{\max}(n+1) = 348.89 (\pm 64.43) - 21.479 (\pm 5.863) \times T_{\text{cycle}}(n),$$

а сама ця залежність показана на рис. 2, де штрихові лінії показують 95% довірчі інтервали для параметра $R_{\max}$. Тут уже два значення (для 19-го і 21-го циклів) виходять за межі 95% довірчого інтервалу.

Значима позитивна кореляція спостерігається між тривалістю попереднього сонячного циклу $T_{\text{cycle}}(n)$ і тривалістю фази росту наступного циклу $T_{\text{rise}}(n+1)$. Коефіцієнти кореляції Пірсона і Спірмена становлять відповідно $r = 0.572$ ($0.002 < P < 0.005$) і $r_s = 0.458$ ($P = 0.0282$). Залежність між параметрами показана на рис. 3. Тут пряма лінія відповідає лінійній апроксимації спостережених даних і описується рівнянням

$$T_{\text{rise}}(n+1) = -1.85 (\pm 1.91) + 0.557 (\pm 0.174) \times T_{\text{cycle}}(n),$$

а штрихові лінії показують 95% довірчий інтервал для T_{rise} . За межі вказаного довірчого інтервалу виходить лише одне значення, що відповідає першому циклу сонячної активності.

Перейдемо тепер до прогнозу характеристик 24-го циклу. Тривалість 23-го циклу становить 12.59 року. Підставивши це значення у відповідні рівняння, отримуємо прогнозовані амплітуди у мінімумі і максимумі 24-го циклу і тривалість фази росту активності у 24-му циклі. Прогнозовані значення становлять: $R_{\min}(24) = 3.1 \pm 1.0$, $R_{\max}(24) = 78 \pm 10$ і $T_{\text{rise}}(24) = 5.15 \pm 4.10$ року. Спостережене значення числа Вольфа у мінімумі 24-го циклу становить 1.8, що непогано узгоджується із прогнозованим значенням.

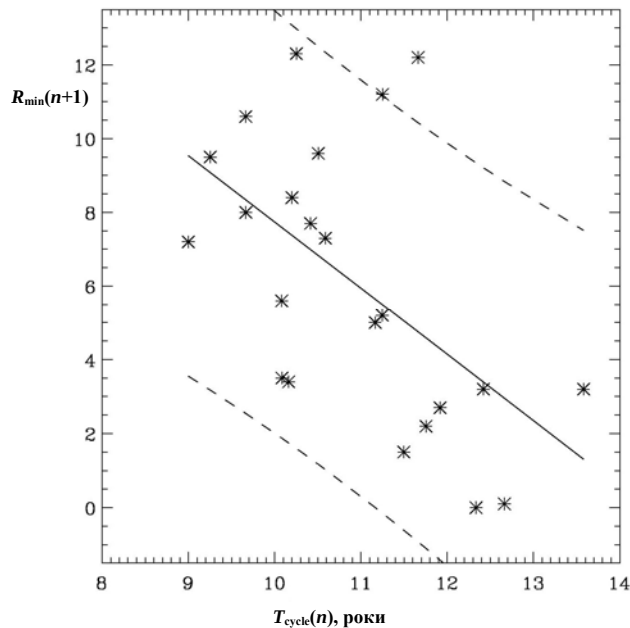


Рис. 1. Залежність числа Вольфа в мінімумі циклу $R_{\min}(n+1)$ від тривалості попереднього циклу $T_{\text{cycle}}(n)$. Пряма лінія відповідає лінійній залежності між параметрами, штрихові лінії – 95% довірчі інтервали для $R_{\min}$.

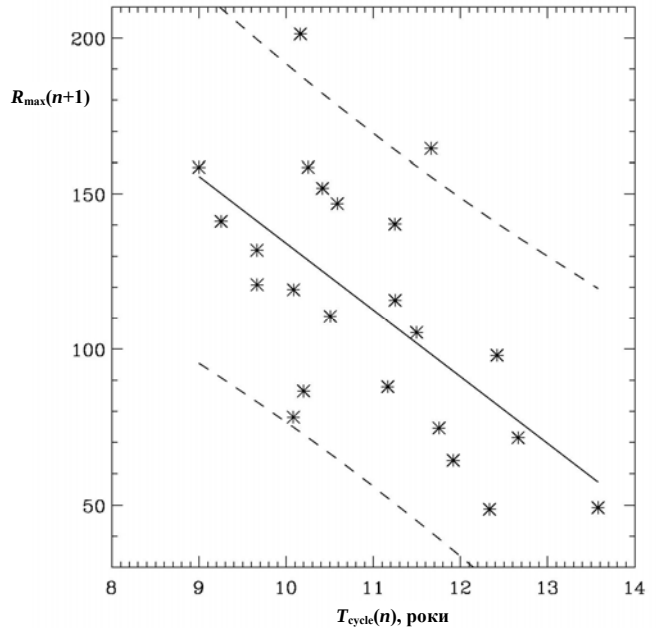


Рис. 2. Залежність числа Вольфа в максимумі циклу $R_{\max}(n+1)$ від тривалості попереднього циклу $T_{\text{cycle}}(n)$. Пряма лінія відображає лінійну залежність між параметрами, штрихові лінії – 95% довірчі інтервали для $R_{\max}$.

Отримане прогнозоване значення амплітуди 24-го сонячного циклу вказує на те, що 24-й цикл буде майже на третину слабшим від попереднього 23-го циклу. Прогнозована тривалість фази росту активності у 24-му циклі є більшою від середньої тривалості T_{rise} , яка для циклів 1–23 становить 4.23 р., і вказує на те, що максимум активності у 24-му циклі настане на початку 2014 року. Враховуючи даний прогноз і те, що за наявними на сьогодні даними (див., наприклад, <http://sidc.oma.be/html/wolfjmmms.html>) перший максимум числа Вольфа у 24-му циклі сонячної активності був на початку 2012 р., потім активність понизилася, а зараз вона знову пішла вгору, можемо прийти до висновку, що другий максимум активності у 24-му циклі буде вищим за перший.

Висновки. У результаті дослідження кореляційних зв'язків між тривалістю сонячного циклу і такими характеристиками наступного циклу як амплітуда у мінімумі та максимумі і тривалість фази росту активності циклу отримано, що між указаними параметрами є помірна статистично значима кореляція. Отримані лінійні залежності дозволяють за відомою тривалістю 23-го циклу отримати прогнозовані значення $R_{\min}$, $R_{\max}$ і T_{rise} для 24-го циклу. Прогнозована амплітуда і тривалість фази росту 24-го циклу становлять 78 ± 10 і 5.15 ± 4.10 р. відповідно.

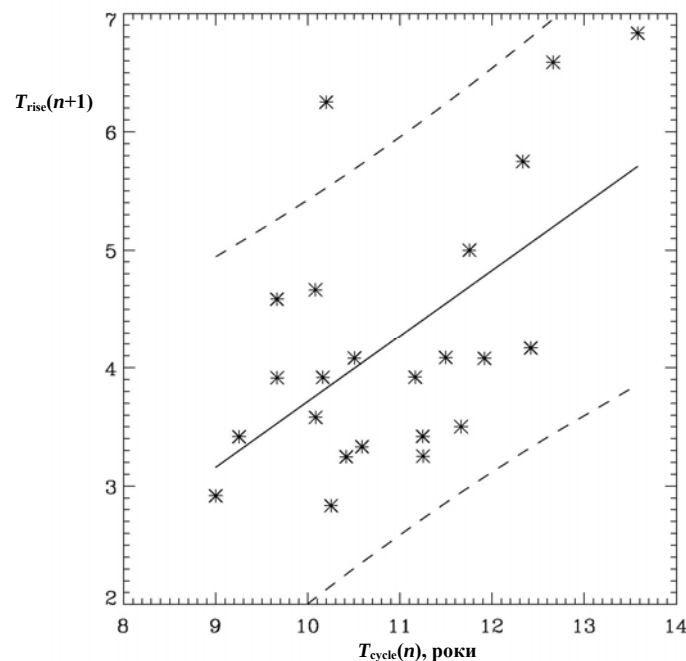


Рис. 3. Залежність тривалості фази росту циклу $T_{\text{rise}}(n+1)$ від тривалості попереднього циклу $T_{\text{cycle}}(n)$. Пряма лінія відображає лінійну залежність між параметрами, штрихові лінії – 95% довірчі інтервали для T_{rise} .

Список використаних джерел:

1. Clilverd M. A., Clarke E., Ulich T., Rishbeth H., Jarvis M. J. Predicting solar cycle 24 and beyond // Space weather. – 2006. – Vol. 4. – S09005.
2. Hathaway D. H. Solar cycle forecasting // Space Sci. Rev. – 2009. – Vol. 144, N 1–4. – P. 401–412.
3. Kane R. P. Solar cycle predictions based on extrapolation of spectral components: An update // Solar Phys. – 2007. – Vol. 246, N 2. – P. 487–493.
4. 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. – Vol. 5, N 5. – P. 539–545.
5. Pesnell W. D. Solar cycle predictions (Invited review) // Solar Phys. – 2012. – Vol. 281, N 1. – P. 507–532.
6. Petrovay K. Solar cycle prediction // Living Rev. Solar Phys. – 2010. – Vol. 7, N 6. – 59 p.
7. Thompson R. J. A technique for predicting the amplitude of the solar cycle // Solar Phys. – 1993. – Vol. 148, N 2. – P. 383–388.
8. Wang Y. M., Sheeley N. R. Understanding the geomagnetic precursor of the solar cycle // Astrophys. J. – 2009. – Vol. 694, N 1. – P. L11–L15.

Надійшла до редколегії 08.04.13

М. Пишкало, канд. физ.-мат. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ХАРАКТЕРИСТИКИ 24-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ 23-ГО ЦИКЛА

Исследованы корреляционные связи между продолжительностью солнечного цикла и амплитудой в минимуме и максимуме, а также, продолжительностью фазы роста активности следующего цикла. Получено, что между указанными параметрами являются статистически значимая корреляция с умеренным коэффициентом корреляции (-0.558, -0.624 и 0.572 соответственно). Найдено линейные зависимости между параметрами, что позволяет с известной продолжительностью 23-го цикла получить прогнозируемые значения для 24-го цикла. Прогнозируемая амплитуда 24-го цикла составляет 78 ± 10 , а продолжительность фазы роста цикла – 5.15 ± 4.10 г.

Ключевые слова: солнечная активность, цикл.

M. Pishkalo, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

CHARACTERISTICS OF SOLAR CYCLE 24 BASED ON DURATION OF SOLAR CYCLE 23

Correlation relations between duration of solar cycle and amplitudes at minimum and maximum and duration of ascending phase in the next solar cycle were studied. Moderate statistically significant correlation with correlation coefficient of -0.558, -0.624 and 0.572 respectively was found between the parameters. Linear equations connecting the parameters allow to predict amplitude and duration of the ascending phase in solar cycle 24. Predicted amplitude and duration of ascending branch in solar cycle 24 are found to be of 78 ± 10 and 5.15 ± 4.10 years.

Key words: Solar activity, cycle.

УДК 521.852

В. Клецонок, канд. фіз.-мат. наук, М. Буромський, пров. інж., В. Мазур, інж.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ТЕЛЕВІЗІЙНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКРИТЬ ЗІР МІСЯЦЕМ У 2012-2013 РР.

Приводиться опис телевізійних спостережень покрить подвійних і одинарних зір Місяцем у 2012-2013 рр. На основі аналізу фотометричних кривих покрить зроблені уточнення деяких параметрів подвійних зір та відкриті нові подвійні.

Ключові слова: Місяць, покриття зір.

Вступ. В астрономічній обсерваторії Київського університету спостереження покриттів зір Місяцем були розпочаті проф. С.Д.Чорним у 1923 р. Але довгий час такі спостереження виконувалися візуальним методом. В 2003 році було апробовано нову телевізійну систему "Спалах" [1,2] для спостереження покриттів. За цей час система "Спалах" показала надійність в роботі і високу точність визначення моментів покрить зір. В процесі спостережень проводилася також модернізація телевізійної системи, яка дозволила покращити її характеристики.

У 2012–2013 гг., проводилася модернізація телескопа АЗТ-14 (D=48см, F=216см), на якому отримано основний масив спостережень покрить. Для кращої роботи телевізійної системи "Спалах" з даним телескопом був виготовлений модуль кріплення та фокусування відеокамери у прямому фокусі [3]. Головна увага була приділена зменшенню розсіяного світла. Для цього було прибрано додаткове дзеркало, яке використовувалося в системі Ньютона, і була встановлена додаткова діафрагма. Дослідження показали, що в при такій переробці телескоп дає можливість спостерігати покриття зір на 0.5-1^m слабше, ніж це було до модернізації. На відеозапису темний край Місяця став чітко помітний навіть при малій висоті Місяця над горизонтом і при спостереженнях через легкий серпанок. Результати спостережень та обробки деяких цікавих явищ приведені в даній статті.

Спостереження та відеозапис. Програмний комплекс "Спалах" забезпечує точність абсолютної прив'язки часової шкали телевізійних кадрів до 20 мс. В процесі спостережень використовується програма Videocar, яка записує в окремий протокол системний час кожного кадру. Інша програма, яка працює в фоновому режимі, записує протокол поправок сигналів точного часу GPS і системного часу комп'ютера.

Для опрацювання спостережень використовується програма Occultdark, яка дає можливість отримати час запису явища та фотометричну криву поблизу моменту покриття / відкриття зорі Місяцем. Паралельно з фотометричною кривою покриття можна передивлятися відеозапис у збільшеному вигляді в покадровому режимі, а також використовувати декілька чисельних фільтрів, які дозволяють точно визначати момент покриття навіть для слабких зір. Використання фотометричної кривої покриття дає також можливість знаходити різні ефекти, зокрема подвійність зорі. Результати обробки спостережень зберігаються в електронній базі даних. За 2012-2013 рр. всього було отримано більше ніж 300 спостережень явищ покрить / відкриттів зір. На жаль частина спостережень була отримана із порівняно великими похибками у часі через проблеми з GPS приймачем. Після його заміни звичайна точність моментів часу була відновлена.

Найбільш цікавими є спостереження подвійних зір. Вони дозволяють визначити певні співвідношення між позиційним кутом та відстанню між компонентами. Іноді вдається таким чином відкрити подвійність зорі, про яку раніше