

УДК 523.98  
PACS 95.85 Bh

## ОСОБЛИВОСТІ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ В НАДВІКОВОМУ ЦИКЛІ

М. Ковальчук, М. Гірняк, І. Лаба

*Астрономічна обсерваторія Львівського національного  
університету імені Івана Франка  
вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005 Львів, Україна  
e-mail: hirnyak@astro.franko.lviv.ua*

У даній роботі для вивчення тонкої структури сонячної активності проводяться дослідження північно-південної асиметрії згладжених площ і загальної напруженості магнітних полів сонячних плям за 1874-2013 рр. Виявилось, що асиметрія півкуль тісно пов'язана із 80-літнім або віковим циклом, який відображає квазіперіодичну зміну висот максимумів площ плям в 11-літніх циклах. Перш за все проявляється у значеннях площ плям, а також у часових змінах середньої напруженості магнітного поля груп плям. Індeksi просторової асиметрії площ сонячних плям, характерні найбільше для епох, близьких до максимумів 11-літніх циклів. Однак просторова асиметрія не виявляє чітко виражених закономірностей, тобто сонячна активність все одно має певні особливості в різних 11-літніх циклах, які вивчалися.

**Ключові слова:** північно-південна асиметрія сонячної активності

### 1 Вступ

Фундаментальною закономірністю, що визначає фізичне життя всіх спостережуваних елементів сонячної активності, є їх циклічна змінність у часі. Основні властивості сонячного циклу розглядаються на основі широковідомих індексів сонячної активності. Ці індeksi розділяють або за принципом відношення їх до певних активних явищ (плям, факелів тощо), або за способом виділення основних ознак будь-якого з цих явищ (частоти, середньої потужності тощо), або за характеристиками рентгенівського та радіовипромінювання.

Найбільш вживаним індексом просторово-часової циклічності сонячної активності є число сонячних плям, так зване число Вольфа  $W$ . Встановлено, що середня тривалість циклічного коливання числа сонячних плям близька до 11 років.

Згідно з цюрихською нумерацією 11-літніх циклів сонячних плям, початок 1-го циклу відноситься до 1755 року (епоха мінімуму). На сьогоднішній день є дані про числа Вольфа за 23 повних цикли і частину біжучого 24-го. Крім цього періоду, встановленого за числами Вольфа, існує ще ряд циклів, реальність яких підтверджується відповідними статистичними критеріями:

- 22-літній магнітний цикл, встановлений Хелом: при переході від одного 11-літнього циклу до другого полярність ведучих плям у групах в обох півкулях Сонця змінюється на протилежну;
- 80-90-літній або віковий цикл, який відображає квазіперіодичну зміну висот максимумів 11-літніх циклів, тобто проявляється перш за все у їх середній потужності, а також у часових змінах середньої напруженості магнітного поля груп плям;
- 169-літній надвіковий або подвійний цикл виявлений Андерсоном. На основі співставлення ходу середньорічних чисел Вольфа, а також із розгляду середньомісячних відносних чисел плям автор дійшов висновку про можливе існування 15-и циклового періоду сонячних плям.

На інших більш довготривалих циклах ми не зупиняємося, оскільки для їх виявлення використовується не матеріал сонячних спостережень, а опосередковані, в основному, геофізичні та метеорологічні дані.

Для вивчення особливостей сонячної циклічності необхідні знання всього комплексу явищ на Сонці, які складають сонячну активність, а також числові характеристики (індекси), які давали б можливість кількісно судити про стан всього Сонця за певний інтервал часу.

У зв'язку з цим відзначимо, що числа Вольфа не можна вважати найкращим індексом, бо з них не можна отримати кількісної оцінки особливостей сонячних циклів, їхньої тонкої структури. Більш об'єктивним індексом сонячної активності є сумарна площа  $S$  плям на видимому сонячному диску. Цей індекс вперше був введений у Грінвічі в 1874 р. і подається там регулярно. За цими даними зазвичай визначають характеристики 11-літніх циклів, що включають фазу росту, фазу максимуму, фазу спаду циклу, фазу мінімуму і наявність 1-го і 2-го максимумів. Ще одним з основних фізичних індексів циклічності сонячної активності є значення сумарної напруженості магнітного поля плям. У певному сенсі він може вважатися аналогом сумарної площі плям, тим більше, що між напруженістю магнітного поля і площею плям, як відомо, існує тісний зв'язок. Однак і таке відображення властивостей сонячного циклу є далеко неповним. Особливою і більш інформативною характеристикою сонячного циклу є асиметрія в розподілі сонячних плям між північною і південною півкулями Сонця, бо плямотворча активність в північній і південній сонячних півкулях часто сильно відрізняється, і ця відмінність може зберігатися протягом кількох років. Цикл сонячної активності може початися і досягнути максимуму в одній півкулі раніше, ніж у другій. Однак, наскільки відомо на сьогоднішній день, північно-південна асиметрія активності, здається, не підлягає якимось певним закономірностям. Це питання досі залишається відкритим.

## 2 Предмет і методика досліджень

У даній роботі з метою вивчення тонкої структури сонячної активності проведено дослідження північно-південної асиметрії площ сонячних плям протягом надвікового періоду (1874-2013 р.р.), а також співставлення поведінки загальної площі та загальної напруженості магнітного поля сонячних плям в 19-23-у циклах.

Однорідний спостережувальний матеріал є за досить обмежений проміжок часу: трохи більше, як за 250 років для чисел Вольфа [1], за 150 років для площ плям окремо в північній [2] і південній півкулях [3] і для сумарних площ плям на сонячній поверхні [4]. Ми також використали значення загальної напруженості магнітного поля плям в 19-23-у сонячних циклах [5]. Для виявлення циклічних закономірностей використано згладжені середньомісячні сумарні площі плям, отримані шляхом ковзаючого згладжування за 12 місяців за формулою:

$$\overline{S}_i = \frac{S_{i-6} + S_{i+6} + 2 \sum_{j=i-5}^{j=i+5} S_j}{24},$$

де  $S_i$  - спостережувані середньомісячні сумарні площі плям;  $S_j$  - ці ж величини за місяці від  $(i - 5)$ -го до  $(i + 5)$ -го. При цьому більш чітко виявляється хід 11-літнього циклу. Слід підкреслити, що це відноситься як до площ плям на всьому диску Сонця, так і окремо до північної і південної півкуль. Сумарна площа сонячних плям визначається як сума площ всіх груп плям, видимих на сонячному диску і виправлених за перспективне скорочення за формулою:

$$S = \sum_i S_i \sec \theta_i$$

тут  $\theta_i = r/R$ , де  $R$  - радіус видимого сонячного диску,  $r$  - віддаль від його центра до даної плями. Звичайно ця площа визначається в мільйонних долях видимої півсфери Сонця (м.д.п.).

Північно-південну асиметрію сонячної активності ми визначали, як звичайно, за формулою:

$$A = (S_N - S_S)/(S_N + S_S),$$

де  $S_N$  і  $S_S$  - значення згладжених сумарних середньомісячних площ плям для північної  $N$  і південної  $S$  півкуль, відповідно.

### 3 Отримані результати

На рис.1-14 співставлено часовий хід згладжених середньомісячних сумарних площ плям в межах 11-24-го циклів сонячної активності для північної і південної півкуль.

На рисунку 15 показано часовий хід згладжених середньомісячних сумарних площ плям у північній (а) півкулі і в південній (б) півкулях в межах 1874-2013 рр.(11-24-й цикли).

На рисунку 16 наведено поведінку загальних середньомісячних площ і загальних середньомісячних напруженостей магнітного поля плям в 19-23-у циклах сонячної активності.

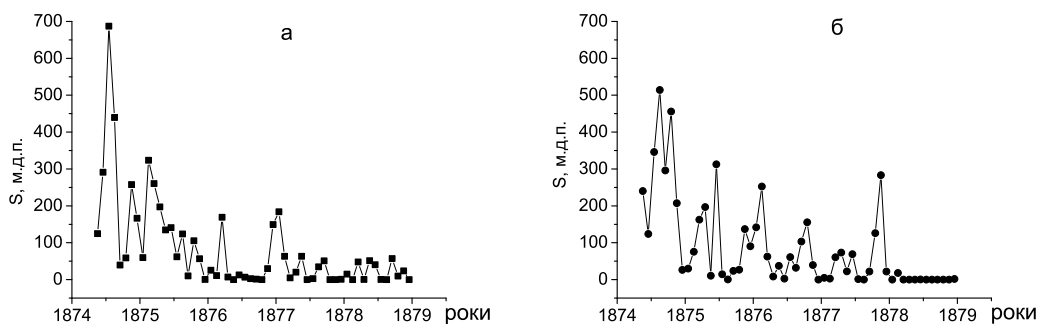


Рис. 1: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 11-го циклу сонячної активності.

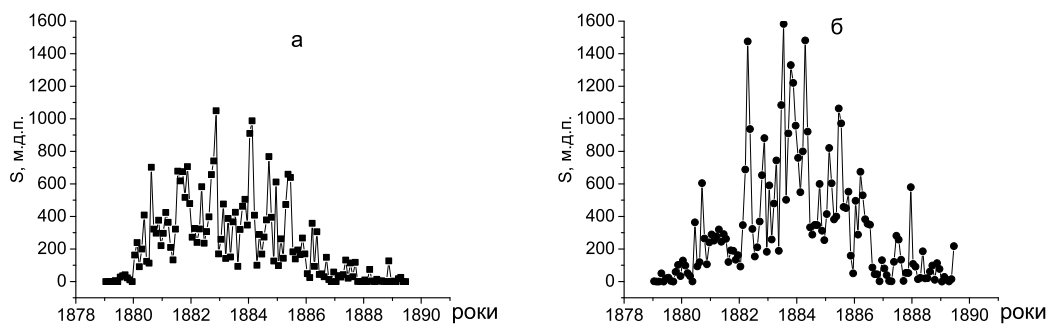


Рис. 2: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 12-го циклу сонячної активності.

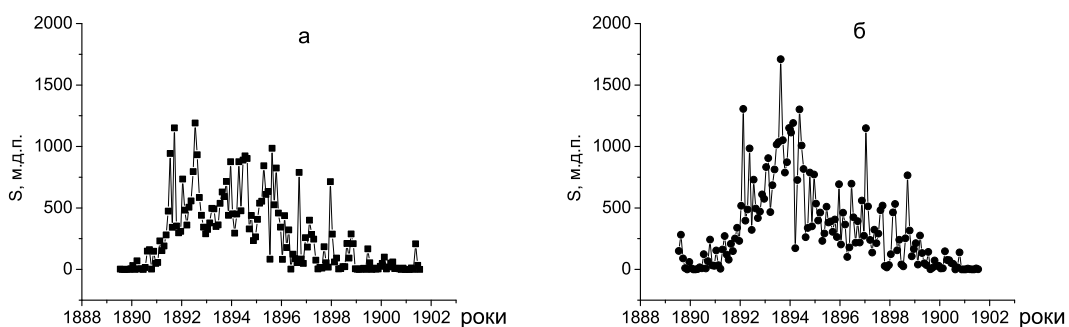


Рис. 3: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 13-го циклу сонячної активності.

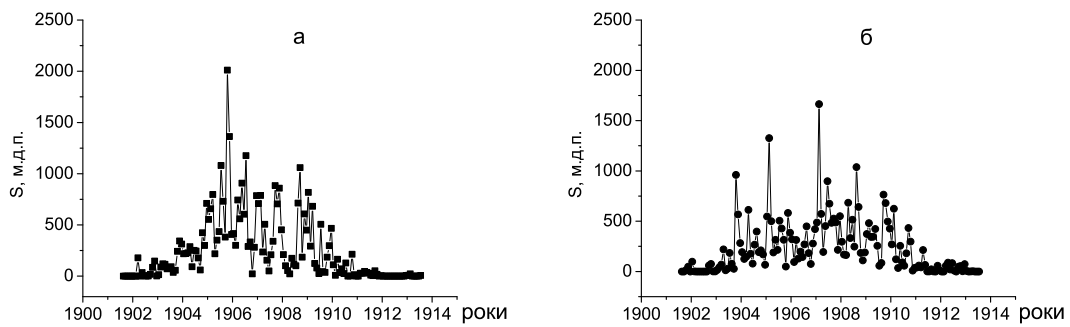


Рис. 4: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 14-го циклу сонячної активності.

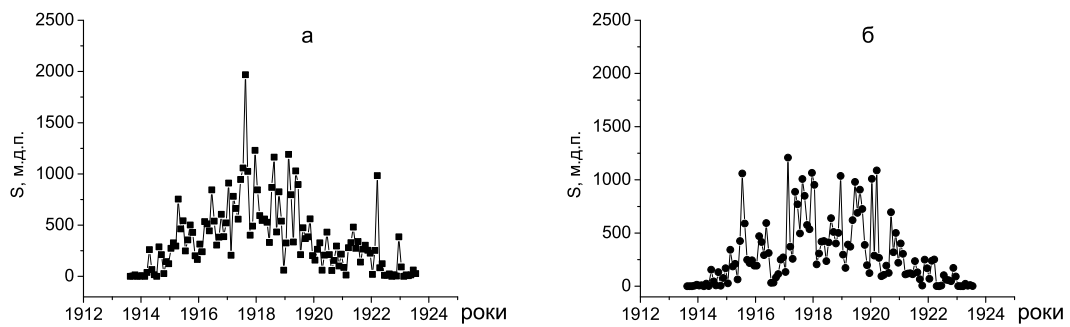


Рис. 5: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 15-го циклу сонячної активності.

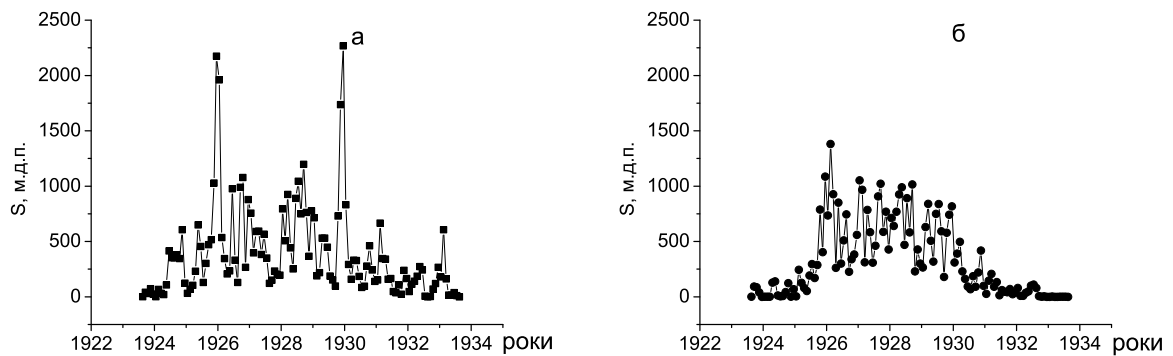


Рис. 6: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 16-го циклу сонячної активності.

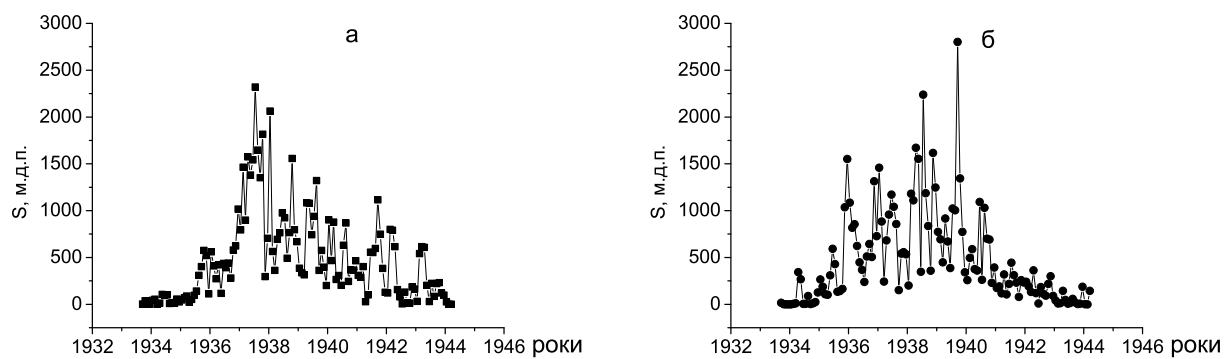


Рис. 7: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 17-го циклу сонячної активності.

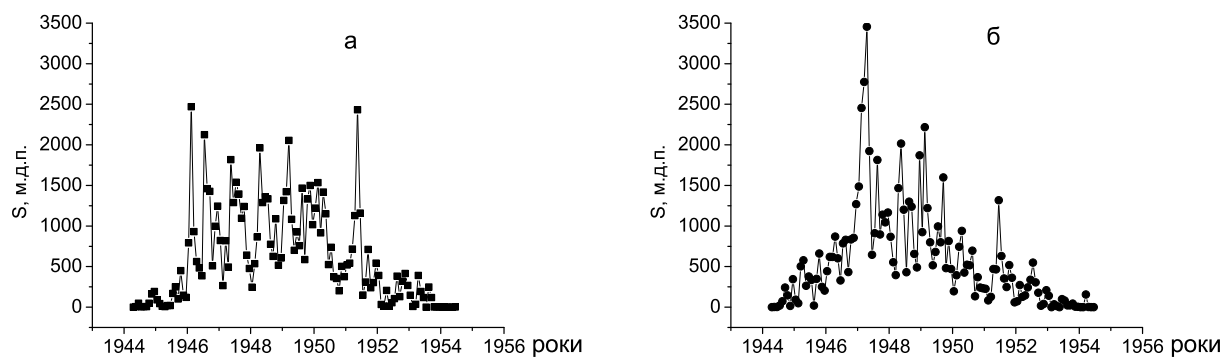


Рис. 8: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 18-го циклу сонячної активності.

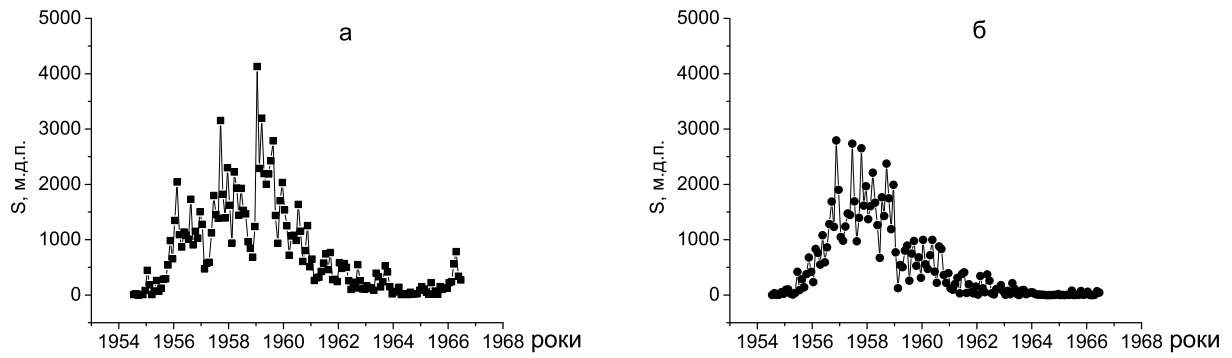


Рис. 9: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 19-го циклу сонячної активності.

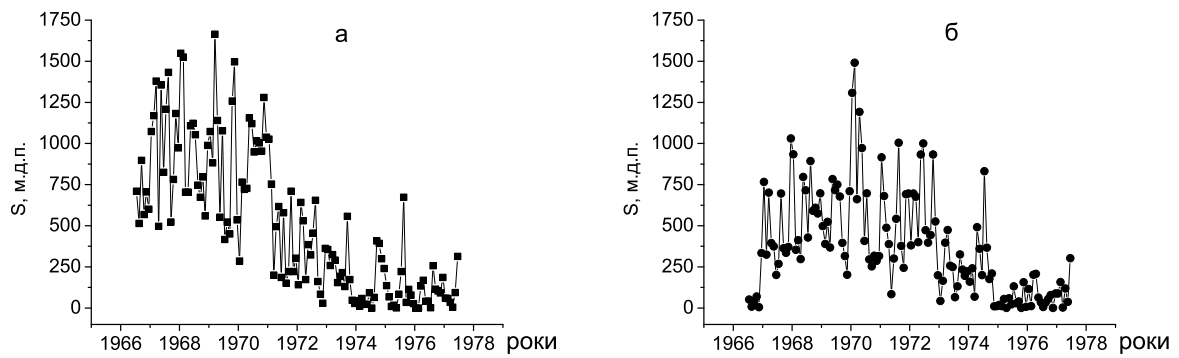


Рис. 10: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 20-го циклу сонячної активності.

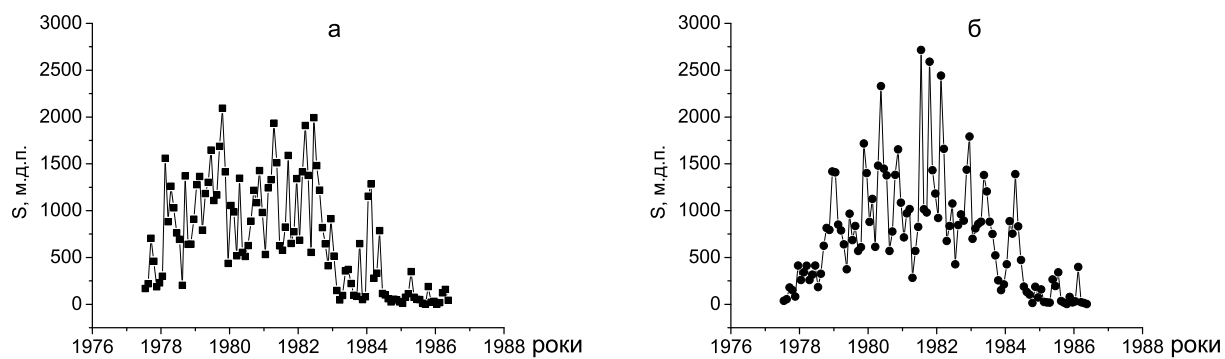


Рис. 11: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної(а) і південної(б) півкуль для 21-го циклу сонячної активності.

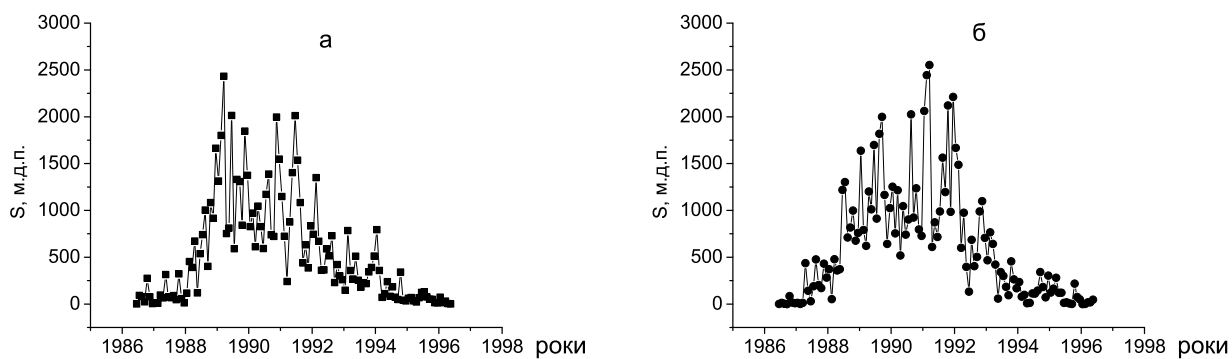


Рис. 12: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 22-го циклу сонячної активності.



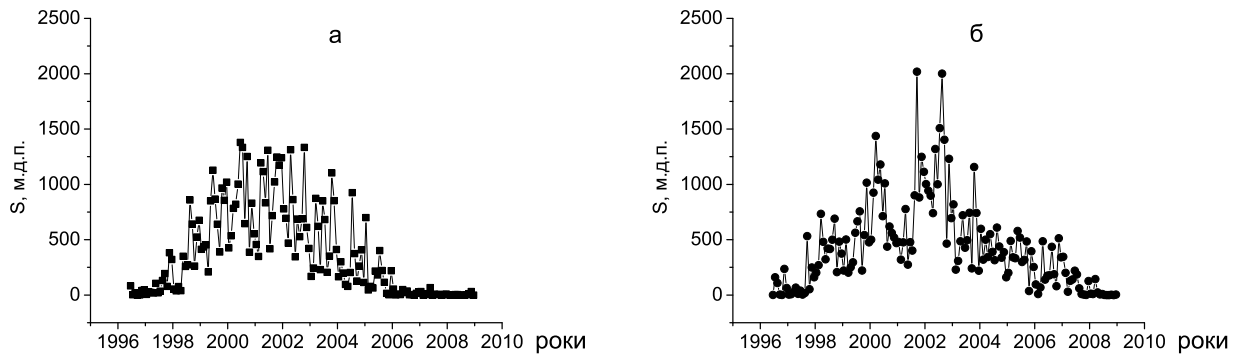


Рис. 13: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 23-го циклу сонячної активності.

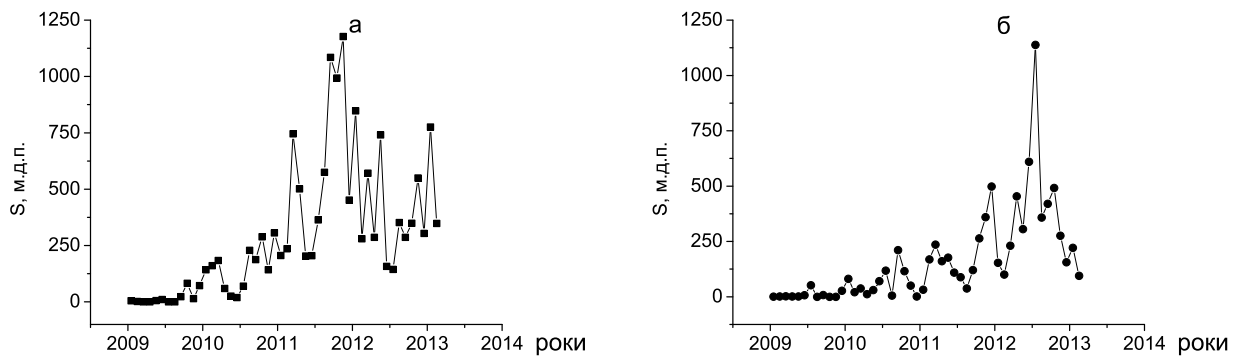


Рис. 14: Співставлення часового ходу згладжених середньомісячних сумарних площ плям для північної (а) і південної (б) півкуль для 24-го циклу сонячної активності.

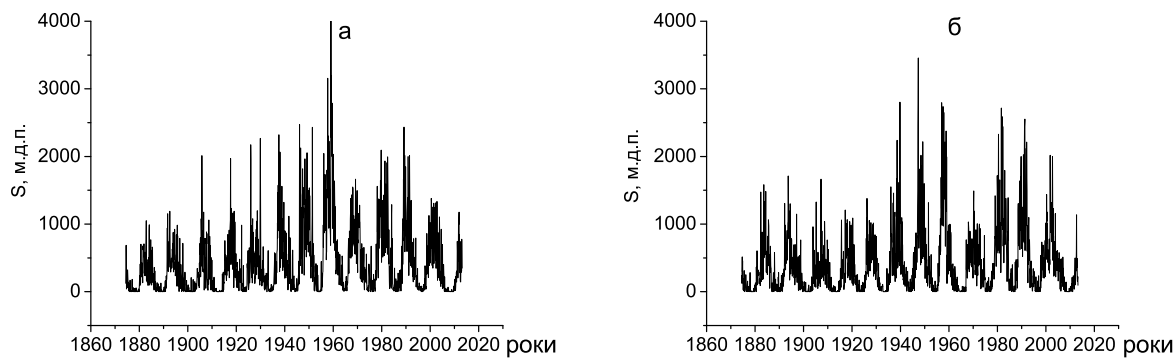


Рис. 15: Часовий хід згладжених середньомісячних сумарних площ плям в північній (а) і в південній (б) півкулях в 11-24-у циклах сонячної активності.

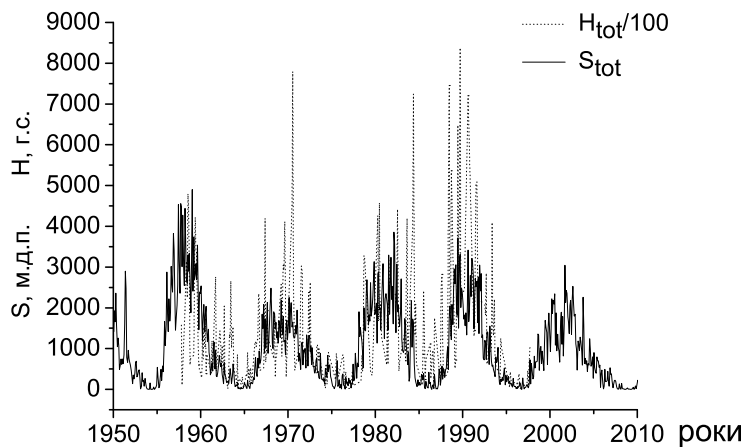


Рис. 16: Співставлення поведінки загальних середньомісячних площ і загальних середньомісячних напруженостей магнітного поля плям в 19-23-у циклах сонячної активності.

## 4 Висновки

Аналіз даних спостережень щодо просторового і часового розподілу індексів сонячної активності за надвіковий період 1874-2013 р.р. (рис.1-14) дав змогу дійти таких висновків:

1. Розвиток 11-літнього циклу сонячної активності в північній і південній півкулях Сонця відрізняється, тобто іде асинхронно, хоча охоплює обидві сонячні півкулі і при цьому середні річні значення площ груп плям в обох півкулях досить тісно корельовані.
2. Асиметрія в розвитку сонячної активності окремо в північній і південній півкулях характерна насамперед для епох, близьких до максимуму 11-літнього циклу.
3. На перший погляд, при загальному паралельному ході площ плям даний цикл переважно в північній півкулі розвивається як двовершинний, а в південній – як одновершинний, більше того – епохи екстремумів двовершинних циклів випереджають такі ж епохи одновершинних циклів. Максимальне розходження епох максимуму заплямованості по двох півкулях близьке до 2-х років, причому одновершинний цикл припадає на провал між двома вершинами циклічної кривої в іншій півкулі.
4. При детальнішому аналізі виявляється, що циклічність ходу сонячної активності (в північній півкулі – двовершинність, а в південній – одновершинність) порушується в межах надвікового циклу. Так, наприклад, в циклі № 14 (за цюріхською нумерацією), двовершинність ходу площі плям спостерігалась у південній півкулі; в 17-у циклі в обох півкулях Сонця спостерігалась одновершинність; у циклах №12,13,18,23 активність у південній півкулі була набагато вища, і максимум наступав на 2 роки раніше, ніж у північній; рівень активності в 20 і 21-у циклах був майже однаковий в обох півкулях.
5. Отже, така розмаїтість розвитку циклів активності в різних півкулях Сонця дозволяє стверджувати, що південно-північна асиметрія сонячної активності не показує певної черговості у появі одновершинних і двовершинних циклів в даній півкулі.
6. Важливою особливістю асиметрії півкуль є те, що вона чітко проявляється у відхиленнях від середньої циклічної кривої сонячної активності (рис.15) протягом вікового 80-90 літнього циклу. Поблизу епохи екстремуму цього вікового циклу відбулося найбільше порушення чергування форми кривих, що припадає на цикл №15.
7. Поведінка загальних середньомісячних напруженостей магнітного поля сонячних плям збігається з поведінкою загальних середньомісячних площ цих плям (рис. 16). Це ж відноситься до екстремальних точок - значень і моментів максимумів і мінімумів цих же параметрів в 11-літніх сонячних циклах.

Отже, сонячна активність в часовому інтервалі надвікового циклу має свої особливості в межах різних 11-літніх циклів, що не дає змоги встановити якісь точні закономірності в просторовому розподілі характеристик активних областей на Сонці.

### Список використаної літератури

1. <http://sidc.oma.be>.
2. [http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot\\_area\\_nouth.txt](http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot_area_nouth.txt).
3. [http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot\\_area\\_south.txt](http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot_area_south.txt).
4. [http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot\\_area.txt](http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/sunspot_area.txt).
5. A.A. Pevtsov, Yu.A. Nagovitsyn, A.G. Tlatov, A.L. Rybak, *The Astroph. J. L.* **742**, 36 (2011).

Стаття надійшла до редакції 1.10.2013  
прийнята до друку 6.11.2013

### THE PECULARITIES OF SOLAR ACTIVITY DURING OVER - AGE CYCLE

**M. Koval'chuk, M. Hirnyak, I. Laba**

*Astronomical Observatory of the Ivan Franko National University of  
Lviv*

*Kyrylo and Mefodiy St., 8, 79005 Lviv, Ukraine  
e-mail: hirnyak@astro.franko.lviv.ua*

The Northern-Southern asymmetry of smoothed areas and universal strengths of magnetic fields of sunspots during the period from 1874 to 2013 were explored to research into fine structure of solar activity. It was obtained that asymmetry of hemispheres is closely connected with an 80-years or an age cycle which represents a quasiperiodic change of heights of maxima of sunspot areas during 11-year cycles. First of all it has influence upon values of mean power of sunspot areas and temporal changes of mean magnetic field strengths of sunspot groups. The indexes of spatial asymmetry of sunspot areas are the most characteristic for pre-or-after maxima periods of 11-year cycles. However the spatial asymmetry do not show any clear conformity with a low that is to say solar activity has definite special features during different 11-year cycles which were studied.

**Key words:** the Northern-Southern asymmetry of solar activity

## ОСОБЕННОСТИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СВЕРХВЕКОВОМ ЦИКЛЕ

М. Ковальчук, М. Гирняк, И. Лаба

*Астрономическая обсерватория Львовского национального  
университета имени Ивана Франко  
ул. Кирилла и Мефодия 8, 79005 Львов, Украина  
e-mail: hirnyak@astro.franko.lviv.ua*

В данной работе для изучения тонкой структуры солнечной активности проведены исследования северно-южной асимметрии сглаженных площадей и общей напряженности магнитных полей солнечных пятен за 1874-2013 гг. Оказалось, что асимметрия полушарий тесно связана с 80-летним или вековым циклом, который отображает квазипериодическое изменение высот максимумов площадей пятен в 11-летних циклах. Прежде всего это проявляется в значениях средней мощности площадей пятен, а также во временных изменениях средней напряженности магнитного поля групп пятен. Индексы пространственной асимметрии площадей солнечных пятен наиболее характерны для эпох, близких к максимумам 11-летних циклов. Однако пространственная асимметрия не выявляет четко выраженных закономерностей, то-есть солнечная активность все равно имеет некоторые особенности в разных 11-летних циклах, которые нами изучались.

**Ключевые слова:** северно-южная асимметрия солнечной активности