





ВПЛИВ АСИМЕТРІЇ ПЕРЕПОЛЮСОВКИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ СОНЦЯ НА ГЕОМАГНІТНУ АКТИВНІСТЬ

О. А. Баран¹, М. М. Ковальчук¹, І. П. Лаушник², М. І. Стоділка¹, М. Б. Гіряк¹

¹Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 8, м. Львів, 79005, Україна,
e-mail: lesiaab@gmail.com

²Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту,
вул. І. Блажкевич, 12а, м. Львів, 79000, Україна

(Отримано 15 липня 2019 р.; в остаточному вигляді — 10 жовтня 2019 р.; прийнято до друку — 29 жовтня 2019 р.;
опубліковано онлайн — 05 березня 2020 р.)

У роботі подано результати порівняльного аналізу часових рядів чисел Вольфа, сумарних площ груп плям, щодобових характеристик великомасштабного магнітного поля Сонця (ВМПС), його двох складників — фотосферного і полярного магнітних полів із часовим рядом геомагнітного планетарного індексу A_p . Відслідковано циклічні зміни сонячної й магнітної активності та північно-південної асиметрії плямотворчої діяльності у 22–24-у циклах з метою встановити рівень залежності геомагнітної активності від динаміки магнітної активності в періоди переполюсовки магнітного поля Сонця. Використано повні однорідні ряди даних магнітографічних вимірів ВМПС (<http://wso.stanford.edu>), синоптичних карт полярностей фотосферних магнітних полів (<http://solis.nso.edu>), усереднених щодобових площ груп плям (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>) та усереднених щодобових значень A_p (<ftp.swpc.noaa.gov/pub/warehouse>). Ми застосовували кумулятивний метод графічного представлення досліджуваних спостережуваних даних.

Отримано, що максимуми активності в різних півкулях зміщені більше як на 1.5 року, що, можливо, свідчить про незалежність розвитку сонячного циклу в цих півкулях. Переполюсовка магнітного поля на полюсах проходить у періоди максимуму сонячної активності, причому не завжди одночасно. Геомагнітна активність повторює 11-літній сонячний цикл; геомагнітні збурення досягають максимальної частоти появи не в максимумі плямотворчої діяльності, а на 1–2 роки пізніше. Геомагнітна активність відображає північно-південну асиметрію сонячного циклу, а також пов'язану з нею переполюсовку магнітного поля Сонця.

Ключові слова: 22-літній магнітний цикл сонячної активності, асиметрія північної і південної півкуль Сонця, геомагнітна активність.

DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.24.1901>

І. ВСТУП

Із сучасної електронної бази даних, створеної з високоякісних космічних та наземних спостережень, стало можливим отримати параметри тонкої структури сонячної активності (СА), напруженості та варіації магнітного поля Сонця, геофізичні показники впливу СА і сонячного магнітного поля на атмосферу Землі. Тривалі спостереження магнітних полів по всьому диску Сонця встановили існування великомасштабного магнітного поля Сонця (ВМПС). Відомо, що ВМПС має два складники. Один — це сильне тороїдальне поле, розміщене вздовж паралелей на низьких і середніх геліографічних широтах, так зване фотосферне магнітне поле Сонця (ФМПС). Основною характеристикою широтного розподілу цього поля є потужні магнітні потоки ведучої полярності на цих широтах, тобто в місцях, де наявні активні області (АО) з їхніми структурними елементами — порами, біполярними групами плям, факелами тощо. Як стверджують дослідники, це є наслідком того, що магнітний потік поступає у видимі шари фотосфери саме на цих широтах. Другий складник ВМПС — полоїдальне поле, витягнуте вздовж меридіан. Воно спостерігається як полярне магнітне поле Сонця (ПМПС) на високих широтах і проявляється у вигляді структурних утворень

— полярних факелів, що мають таку ж полярність, що й хвостові частини АО.

Регулярні структури, які ми описали в розподілі сонячних магнітних полів за геліографічною широтою, характерні й для розподілу за довготою. Типовою властивістю довготного розподілу магнітних полів є зосередження площі однієї полярності в полярних факелах переважно в одній сонячній півкулі, а протилежної полярності — в іншій півкулі, причому в дуже вузькій довготній смузі 20°–40°. Цікаво, що цей довготний розподіл магнітних полів визначає положення корональних дір (КД) [1]. Отже, КД є досить надійним індикатором структури ВМПС у короні [2]. Щодо цього напрошуються аналогія з сонячними плямами: останні фіксують місця найвищих напруженостей ФМПС, а КД дають те ж щодо ВМПС у короні.

Найважливіша особливість СА полягає в наявності асиметрії щодо північної (N) і південної (S) півкуль. На сьогодні виявлено, що N-S асиметрія є глобальною рисою СА; вона характерна для всіх видів активності. Сонячні плями — найяскравіший прояв N-S асиметрії. Цикл полярних факелів починається після зміни знака ПМПС і перебуває у протифазі з активністю плям. Він продовжується до наступної переполюсовки. Магнітне поле в перших полярних факелах, що з'явилися після переполюсовки, має полярність, протилежну



до магнітного поля плям біжучого циклу, але збігається з розподілом поля плям наступного циклу. Це означає, що новий цикл активності починається в полярних зонах після переполюсовки. Повна тривалість глобального циклу активності магнітного поля становить 22 роки. Кожна нова пара 22-літнього магнітного циклу починається з парного 11-літнього магнітного циклу [3], оскільки коефіцієнт кореляції між сумою чисел Вольфа за цикл для пар парний-непарний становить 0.91, тоді як для пар непарний-парний — тільки 0.50. При цьому спостерігається вище значення напруженості магнітного поля в одній півкулі порівняно з іншою.

Установлено, що у варіаціях земного магнітного поля проявляється така ж циклічність, що й в інших сонячних індексах. Геомагнітні збурення є відгуком на варіації сонячної та магнітної активності. Є декілька способів кількісних оцінок геомагнітної активності, встановлених на основі аналізу багаторічних даних і прийнятих усіма країнами. Відповідно до міжнародної угоди ряд обсерваторій складає місцеві геомагнітні індекси, за якими пізніше обчислюють планетарні характеристики геомагнітної активності.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У роботі наведено результати порівняльного аналізу часових рядів чисел Вольфа, сумарних площ груп плям, щодобових характеристик ВМПС і складника магнітного поля Сонця — ПМПС та синоптичні карти полярності ФМПС, відслідковано циклічні зміни СА й асиметрію переполюсовки магнітного поля у двох півкулях Сонця. У центрі уваги цього дослідження було встановити рівень залежності геомагнітної активності від динаміки магнітної активності в періоди переполюсовки магнітного поля Сонця. Для опису геомагнітних збурень ми використовували часові ряди геомагнітного планетарного індексу A_p , який характеризує стан йоносфери та відображає рівень активності магнітного поля Землі.

Дослідженнями охоплені пара парного 22-го і непарного 23-го циклів (1986–2009 рр.) та біжучий 24-й цикл СА (2009–2019 рр.).

III. СПОСТЕРЕЖУВАНИЙ МАТЕРІАЛ

Ми використовували повні однорідні ряди даних щодобових чисел Вольфа та площ груп плям (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>), ряди даних стенфордських щодобових вимірів ПМПС (<http://wso.stanford.edu>) та синоптичні карти полярності ФМПС SOLIS (<http://solis.nso.edu>), в яких подано значення асиметрії $\alpha = (S_N - S_S) / (S_N + S_S)$, де S_N і S_S — площі областей магнітного поля в північній і південній півкулях відповідно, усереднені щодобові значення A_p з бази геофізичних даних (<ftp.swpc.noaa.gov/pub/warehouse>), які базуються на вимірах наземних магнітометричних станцій.

IV. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Класичний спосіб опису фізичних явищ ґрунтується на зображенні досліджуваних характеристик неперервними функціями часу. Однак ми скористалися іншим описом фізичних явищ — графічним зображенням, яке визначає характер типових часових змін процесу. Під час вивчення явищ, пов'язаних із СА, виникає необхідність отримати залежність характеристик цього явища від фази СА. Для цього ми розбивали досліджуваний ряд на кілька послідовних частин, що відповідають певним часовим інтервалам (цикли, окремі фази циклів). Ми використали кумулятивний метод [4] графічного зображення часового ряду досліджуваного явища, наприклад, середньорічних спостережуваних чисел Вольфа, які послідовно сумували протягом 22-го і 24-го 11-літніх парних циклів. Далі, навпаки, протягом 23-го непарного циклу ми від отриманої суми ці числа послідовно віднімали. Так ми отримали хід СА у вигляді синусоїдальної кривої, у якій парний 11-літній цикл утворює висхідну гілку синусоїди, а непарний — низхідну гілку. Максимуми синусоїдальної кривої збігаються із часовими інтервалами, протягом яких магнітні поля на високих геліографічних широтах північної півкулі Сонця мали додатний знак своєї полярності, а мінімуми синусоїди збігалися з часом, коли магнітні поля цієї частини сонячної поверхні були від'ємними. У південній півкулі картина обернена, що є характерною рисою асиметрії N-S півкуль.

Так проводили порівняльний аналіз тонкої структури СА у відповідних часових діапазонах, що давало уявлення про залежність характеристик досліджуваного процесу від ходу СА.

Для визначення вигляду й часу прояву певних періодичностей на різних фазах розвитку окремого 22-літнього циклу ми порівнювали отримані дані про часові зміни розподілу СА і магнітного поля на сонячній поверхні з їхнім геофізичним відгуком за цей же період.

V. ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

1. Основні властивості сонячної циклічності ми отримали на основі відомих індексів СА, зокрема числа Вольфа — W , сумарна величина площі груп плям — S (вимірюється в мільйонних долях поверхні Сонця), і за величиною сонячного магнітного поля — H (в мкТл).

Для оцінки СА використано розрахунки щоденних і щомісячних величин цих індексів та їхніх згладжених значень, що визначаються методом ковзаючого згладження за певний період. Такі розрахунки проводять як для всього диска Сонця, так і окремо для північної та південної півкуль. За цими даними визначають основні характеристики сонячних циклів — фазу росту, фазу максимуму, фазу спаду циклу, фазу мінімуму, наявність 1-го і 2-го або кількох максимумів,

період та тривалість переполюсовки магнітного поля, N-S асиметрію індексів сонячної й магнітної активності тощо.

На рис. 1 відслідковано N-S асиметрію плямотворчої діяльності Сонця у 22–24-у циклах.

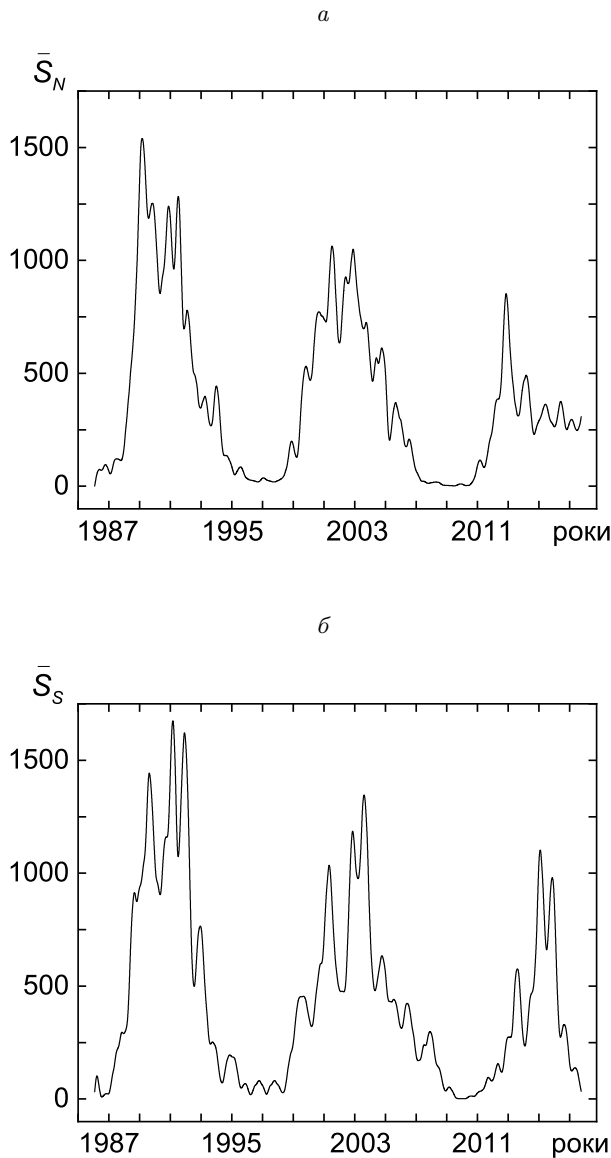


Рис. 1. Згладжені середньомісячні величини площ груп плям \bar{S}_N (а) у північній (N) та \bar{S}_S (б) у південній (S) півкулях у 22–24-у циклах СА.

Із цього рисунка видно, що згладжені середньомісячні величини площ груп плям \bar{S} по-різному змінюються у всіх трьох циклах СА. У південній півкулі цих циклів вирізняються по два чіткі максимуми. На вітках спаду активності циклів переважає своєю плямотворчою діяльністю південна півкуля, тобто відзна-

чається від'ємна асиметрія. Добре виражена динаміка переходів від епохи максимуму до епохи його спаду. Розвиток активності у північній півкулі показує наявність трьох максимумів. Щобільше, 23-й цикл СА є виразно аномальним — він слабший від 22-го за основними характеристиками: числом, площею, середньорічними широтами виникненням плям. Специфіка 23-го циклу полягає ще й в тому (це показано в роботі [5]), що на фазі спаду циклу було незвично велике число КД. Цікавими є явні провали на цих циклічних кривих на фазі спаду в північній півкулі та, навпаки, — провали на фазі росту в південній півкулі. Це також є додатковим фактом вияву N-S асиметрії СА. У 22-у циклі максимум настає на третьому році розвитку — це друга половина 1989 р., а у 23-у циклі пізніше — на четвертому році — у першій половині 2000 р. Максимум 24-го циклу наступив ще пізніше — на п'ятому році — у 2014 р. Щобільше, максимуми активності в різних півкулях зміщені більше як на 1.5 року. Вважається, що такі результати свідчать про асинхронність і, можливо, незалежність розвитку сонячного циклу в північній та південній півкулях [6].

2. Як відомо, зародження активної зони починається з появи нового магнітного потоку в фотосфері в ділянці старого поля або поблизу нього. Цей магнітний потік є першим складником великомасштабного магнітного поля (ВМПС) і становить фотосферне магнітне поле Сонця (ФМПС), величина якого пропорційна сумарній за поверхнею площі сонячних плям. Максимальна напруженість поперечного магнітного поля спостерігається на межі розподілу полярностей [7]. Такий висновок впливає зі спостережень у Стенфордській обсерваторії, наведених на рис. 2. Тут кольорові лінії відповідають ізолініям магнітного поля (чорним кольором позначено нейтральні лінії магнітного поля, синім — додатні, червоним — від'ємні).

Як приклад, на цій синоптичній карті ФМПС у північній і південній півкулях керінгтонівського оберту №2174, що відповідає періоду 16.02–17.03.2016 р., показано появу активної області, у якій основні поля обох полярностей сильно притиснуті одні до одних на рівні фотосфери.

За 2–3 дні після появи нового магнітного поля у фотосфері починають зароджуватися пори і плями. Своєю чергою кілька поряд розміщених пор однакової полярності об'єднуються й утворюють пляму. Послідовність подій, що спостерігаються у фотосфері, хромосфері та короні, показала, що магнітне поле поширюється вгору. Так звані імпульси плямотворчої активності є джерелом хвиль полярності до полюсів, що і приводить до зміни полярності магнітного поля на полюсах [8].

3. Варіації часових значень напруженостей ПМПС в 22–24-у циклах, отриманих у Стенфордській обсерваторії, наведені на рис. 3. Значення величин напруженості H змінюються від 10–30 мкТл у мінімумі активності, до 200 мкТл — у максимумі.

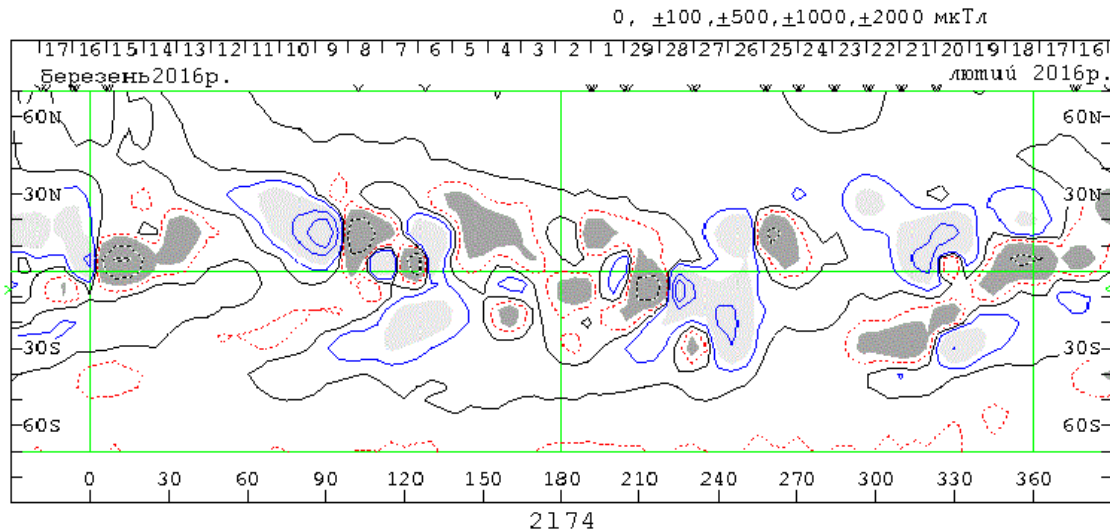


Рис. 2. Синоптична карта фотосферного магнітного поля в північній (N) та південній (S) півкулях. Вище від $\pm 70^\circ$ поле нерозділене. Керінгтонівський оберт № 2174, що відповідає періоду з 16 лютого до 17 березня 2016 р.

На відміну від зміни знаків полярностей ведучих плям, що відбуваються на початку кожного циклу СА (рис. 1), переполюсовка магнітного поля H на полюсах проходить у періоди максимумів СА, причому не завжди одночасно (рис. 3). Наприклад, у поточному 24-у циклі переполюсовка на S-полюсі відбулась пізніше — у 2015 р., ніж на N-полюсі — у 2014 р. Те ж саме відбувалося у 22-у циклі: на N-полюсі — у 1990 р., на S-полюсі — у 1991 р. У 23-у циклі переполюсовка на обох полюсах проходила майже одночасно — у 2000 р. Щобільше, як виявлено в роботі [9], у 24-у циклі в північній півкулі відбулася потрібна зміна полярності магнітного поля, а в південній — однократна.

Часові ряди ПМПС окремо для північної і південної півкуль ми аналізували, як у роботі [10] — за допомогою кумулятивних сум. Як було показано вище, кумулятивна функція додає поточне значення часового ряду до всіх попередніх. Якщо кумулятивна сума зростає, то переважають додатні значення, якщо зменшується — то від'ємні.

На рис. 4 наведено кумулятивні суми ПМПС окремо для напруженостей H_N північної та H_S південної півкуль. Криві кумулятивних сум $[H_N]$ та $[H_S]$ мають синусоїдальний вигляд. Фази росту і спаду тривають по 11 років. Віддалі між двома мінімумами (N-півкуля) і двома максимумами (S-півкуля) у часовому масштабі становлять 22 роки. Підкреслимо, що максимум кумулятивної суми поля на N-полюсі збігається з максимумом непарного 23-го циклу чисел Вольфа. У S-півкулі максимумами збігаються з максимумами парних 22-го і 24-го циклів СА. Отже, отриманий період кумулятивної суми ПМПС становить 22 роки на кожному з полюсів спаду і зростання, що підтверджує закон полярності Хейла, а тривалість фаз відповідає циклу СА.

4. Зміна з часом значень великомасштабного магнітного поля $[H_0]$ в 22–24-у циклах, отриманих в Стенфордській обсерваторії, показана на рис. 5.

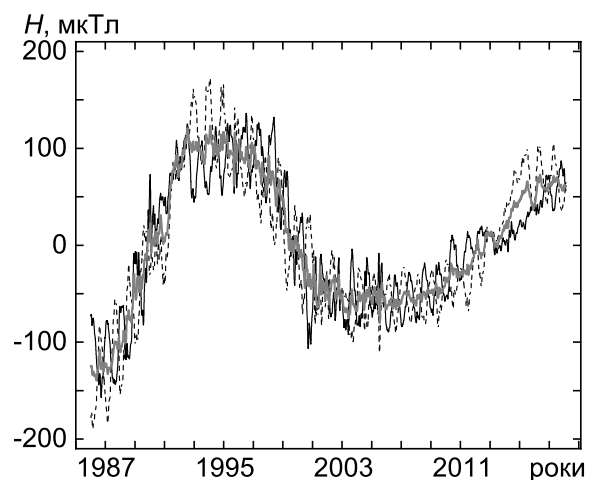


Рис. 3. Зміна з часом полярного магнітного поля напруженості H (22–24 цикли СА). Чорна тонка лінія — H_N (у N-півкулі); пунктир — $-H_S$ (у S-півкулі); сіра жирна лінія — усереднені значення $(H_N - H_S)/2$.

Варіації кумулятивної суми $[H_0]$ рядів ВМПС наведені на рис. 6. Як бачимо, кумулятивна сума ВМПС протягом 22–24-го циклів має два максимуми, причому другий чітко двогорбий, а тривалий мінімум між ними простягається до початку затяжного 23-го циклу СА.

На рис. 7 показано широтно-часовий розподіл площ домінуючої полярності у 22–24-у циклах, отриманий на основі синоптичних карт (Стенфордська обсерваторія)

Оскільки магнітні потоки цих плям є основним джерелом наповнення потоку ВМПС, то наведений рисунок опосередковано показує всю складну просто-

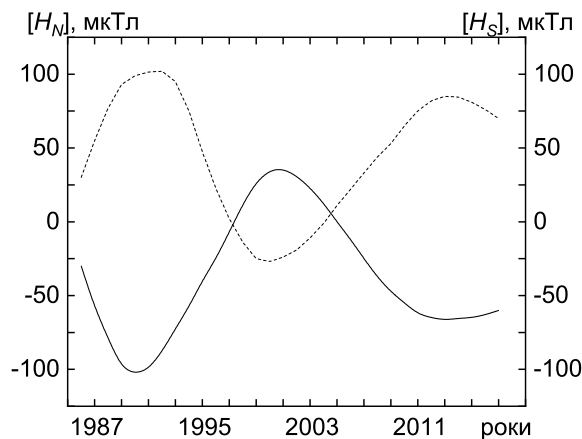


Рис. 4. Зміна з часом згладжених кумулятивних сум ПМПС $[H_N]$ (суцільна лінія) у північній (N) та $[H_S]$ (пунктир) у південній (S) півкулях у 22–24-у циклах СА.

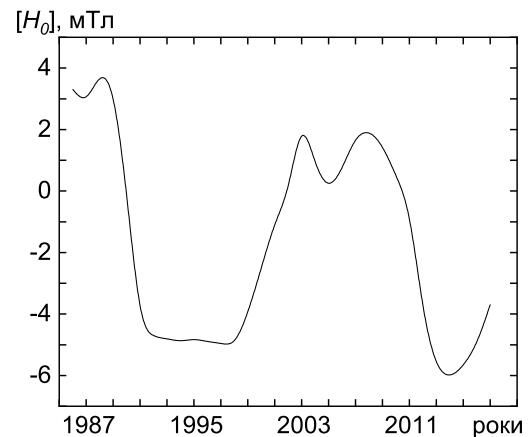


Рис. 6. Згладжені варіації кумулятивної суми ВМПС $[H_0]$ у 22–24-у циклах СА.

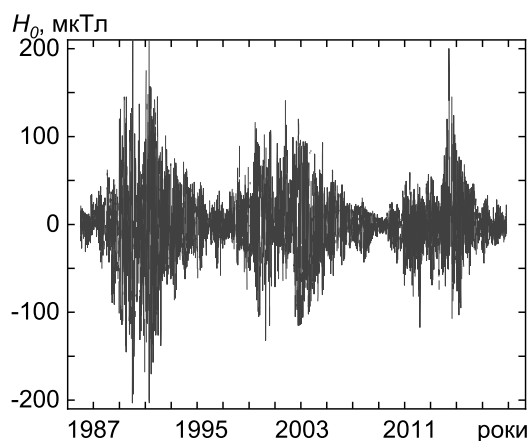


Рис. 5. Зміна з часом великомасштабного магнітного поля H_0 (22–24 цикли СА).

рову й часову структуру ВМПС: простежуються чіткі зміни знака магнітного поля під час переходу від північного полюса до південного. Це дає змогу простежити еволюцію переполусовки ВМПС від циклу до циклу на всіх геліографічних широтах. Якісний аналіз рис. 6 і рис. 7 показує, що 23-й цикл відрізняється від попереднього 22-го і наступного 24-го як за потужністю, так і за тривалістю: він менш потужний і довготриваліший. У 22-му циклі переважає від'ємна полярність, а в 23-у — додатна. Очевидно, що активність високоширотного і низькоширотного полів розвивається у протифазі. У 24-у циклі видно трикратні зміни знака магнітного поля (рис. 7).

5. Вважається, що варіації магнітного поля Сонця в періоди переполусовки знаходять свій відгук у появі КД, зміні швидкості сонячного вітру, в геомагнітній активності. Порівняльний аналіз часових рядів

різних індексів СА і геомагнітного індексу A_p дозволив отримати докладну картину еволюції розподілу як сонячної, так і геомагнітної активності у 22–24-у циклах.

На рис. 8 зображено хід СА в індексах чисел Вольфа \bar{W} та планетарного геомагнітного параметра \bar{A}_p . Крива індексу геомагнітної активності \bar{A}_p як відгук повторює 11-літній хід СА (крива часового ряду чисел Вольфа \bar{W}). Для циклів, які ми розглядаємо, геомагнітна активність (\bar{A}_p) досягає мінімуму в області мінімальних значень сонячної активності (\bar{W}), максимум геомагнітного поля зміщений щодо максимуму сонячної активності та може бути на вітці спаду (цикли 23–24). Напередодні 24-го циклу геомагнітна активність була мінімальною і протягом поточного циклу теж була невисокою.

Як показано в роботі [9], на фазі спаду 24-го циклу, як і в попередньому 23-му, також з'являються великі КД, витягнуті від полюса до екватора. Щобільше, ці структури (КД) існують у всіх останніх трьох циклах активності (1986–2019 рр.). У всіх трьох досліджуваних циклах геомагнітні збурення досягають максимальної частоти появи не в максимумі плямотворчої діяльності, а на кілька років пізніше. На рис. 8 бачимо, що запізнення сягає 1–2 років від максимуму плямотворчої діяльності.

На рис. 9 ми зіставили згладжені значення північно-південної асиметрії \bar{a} та геомагнітного планетарного індексу A_p у 22–24-у циклах СА, а також вертикальними лініями позначили час, коли полярне магнітне поле Сонця змінює знак. Бачимо, що максимум геомагнітної активності настає після переполусовки магнітного поля Сонця. Крім цього, мінімуми геомагнітної активності відповідають мінімумам північно-південної асиметрії.

Отже, геомагнітна активність відображає північно-південну асиметрію сонячного циклу, а також пов'язану з нею переполусовку магнітного поля Сонця.

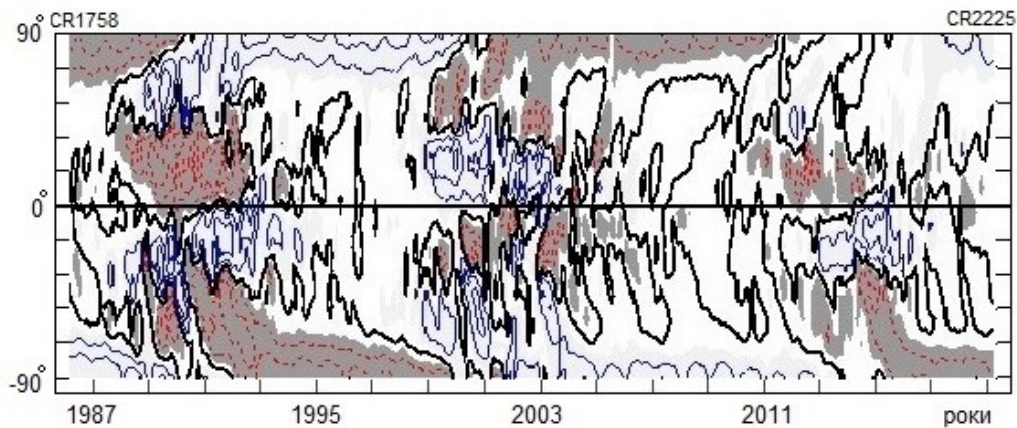


Рис. 7. Широтно-часовий розподіл площ різної полярності (від'ємна полярність затемнена). Позначення такі ж, як на рис. 2.

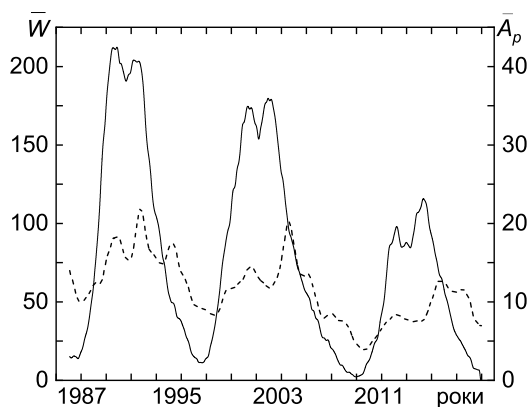


Рис. 8. Згладжені часові ряди чисел Вольфа \bar{W} (суцільна лінія) та геомагнітного планетарного індексу \bar{A}_p (штрих) у 22-24-у циклах СА.

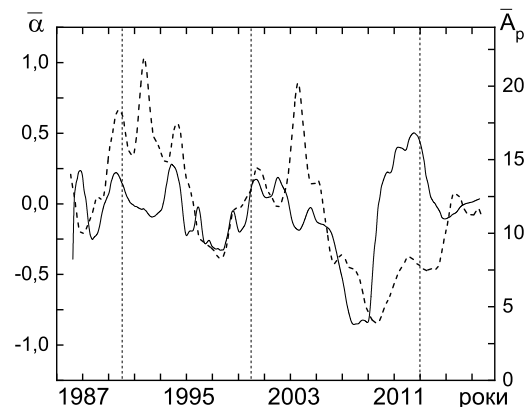


Рис. 9. Згладжені значення північно-південної асиметрії $\bar{\alpha}$ (суцільна лінія) та геомагнітного планетарного індексу \bar{A}_p (штрих) у 22-24-у циклах СА; час переполюсовки магнітного поля Сонця позначений вертикальними точковими лініями.

VI. ВИСНОВОК

У роботі наведено дані, що ілюструють циклічні та довгоперіодичні зміни сонячної та геомагнітної активності.

За допомогою методу кумулятивних сум проаналізовано варіації різних індексів СА та часових змін ВМПС, його складників — ПМПС та ФМПС; зазначено, що сонячне магнітне поле характеризується значною асиметрією між північною та південною півкулями; простежено асиметрію переполюсовки 22-літнього магнітного циклу Хейла та її впливу на періоди найбільшої геомагнітної активності.

На основі порівняльного аналізу тонкої структури часових рядів індексів плямтворчої діяльності Сонця, розподілу домінантних полярностей фотосферного та полярного магнітних полів і зіставленим із планетарним геомагнітним індексом отримано детальну картину еволюції як сонячної, так і геомагнітної

активності у 22-24-у циклах. Зокрема, максимуми активності в різних півкулях зміщені більше як на 1.5 року, що, можливо, свідчить про незалежність розвитку сонячного циклу в цих півкулях. Переполюсовка магнітного поля на полюсах відбувається в періоди максимуму сонячної активності, причому не завжди одночасно. Геомагнітна активність повторює 11-літній сонячний цикл; геомагнітні збурення досягають максимальної частоти появи не в максимумі плямтворчої діяльності, а на 1-2 роки пізніше. Геомагнітна активність відображає північно-південну асиметрію сонячного циклу, а також пов'язану з нею переполюсовку магнітного поля Сонця.

На завершення підкреслюємо, що й надалі існує важлива проблема зв'язку між сонячними й земними явищами, що потребує чіткого прогнозу земних збурень на основі спостережень Сонця.

-
- [1] Е. В. Иванов, Солн. данные **7**, 61 (1986).
 [2] В. Н. Обридко, Б. Д. Шельтинг, Солн. данные **1**, 89 (1988).
 [3] М. Н. Гневышев, А. И. Оль, Солн. данные **8**, 90 (1987).
 [4] A. V. Mordvinov, Astron. Rep. **50**, 936 (2006); <https://doi.org/10.1134/S1063772906110072>.
 [5] V. N. Obridko, B. D. Shelting, Astron. Lett. **35**, 247 (2009); <https://doi.org/10.1134/S1063773709040045>.
 [6] О. Г. Бадалян, в кн. *Тр. конф. "Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика — 2009"*, (Санкт-Петербург, 2009), с. 35; http://www.gaoran.ru/russian/publ-s/conf_2009/conf_2009.pdf.
 [7] И. Н. Атрощенко и др., *Вариации глобальных характеристик Солнца* (Наукова думка, Київ, 1991).
 [8] M. I. Pishkalo, U. M. Leiko, Kinem. Phys. Celest. Bodies **32**, 78 (2016); <https://doi.org/10.3103/S0884591316020069>.
 [9] Д. И. Понявин, в кн. *Тр. конф. "Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика — 2015"*, (Санкт-Петербург, 2015), с. 305; http://www.gaoran.ru/russian/publ-s/conf_2015/conf_2015.pdf.
 [10] U. M. Leiko, Kinem. Phys. Celest. Bodies **32**, 299 (2016); <https://doi.org/10.3103/S0884591316060040>.

INFLUENCE OF THE ASYMMETRY OF THE SOLAR MAGNETIC FIELD POLARITY REVERSAL ON GEOMAGNETIC ACTIVITY

O. A. Baran¹, M. M. Koval'chuk¹, I. P. Laushnyk², M. I. Stodilka¹, M. B. Hirnyak¹

¹*Astronomical Observatory of the Ivan Franko National University of Lviv,
 8, Kyryla i Mefodia St., Lviv, UA-79005, Ukraine
 e-mail: lesiaab@gmail.com,*

²*Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport,
 12-A, I. Blazhkevych St., 12-A, Lviv, UA-79000, Ukraine*

The paper presents the results of a comparative analysis of time series of Wolf numbers, total squares of spots groups, daily characteristics of the solar large-scale magnetic field (LSMF), its two components — photospheric and polar magnetic fields — with time series of the geomagnetic planetary index A_p . The cyclic changes of solar and magnetic activity and the asymmetry of magnetic field polarity reversal in two solar hemispheres were observed. The focus of this study was to determine the level of dependence of the geomagnetic activity on the dynamics of magnetic activity during the periods of the solar magnetic field polarity reversal. We used the complete homogeneous data series of magnetographic LSMF measurements (<http://wso.stanford.edu>), the synoptic maps of photosphere magnetic fields polarities (<http://solis.nso.edu>), the averaged daily squares of spots groups (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>), and the average daily values of A_p (<ftp.swpc.noaa.gov/pub/warehouse>). The pair of 22-23 cycles and the running 24 cycle of solar activity were investigated. We used a cumulative method of graphical representation of the studied observational data. The results are:

- The north-south asymmetry of spots formation was found during 22–24 cycles. It has been established that the maxima of activity in different hemispheres are shifted by more than 1.5 years. This may be indicative of the independence of the solar cycles' development in these hemispheres.
- In the leading spots, the polarities change signs at the beginning of each cycle. At the solar poles, the magnetic field polarity reversal takes place during periods of solar activity maximum and not always at the same time. It is supposed that such an evolution of the solar magnetic field leads to the appearance of coronal holes and geomagnetic activity.
- The evolution of the distribution of both solar and geomagnetic activity in the last three cycles (1986–2019) was investigated in detail. The geomagnetic disturbances are not maximal during the period of maximal spots formation, but 1–2 years later. The geomagnetic activity reflects the north-south asymmetry of the solar cycle and also the process of the solar magnetic field polarity reversal associated with it.