

ЩОДО АНОМАЛЬНОЇ ДОВГОТРИВАЛОСТІ 23-ГО ЦИКЛУ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Для пояснення на основі моделі $\alpha\Omega$ -динамо загадки подовженої тривалості 23-го сонячного циклу близько 13 років ми взяли до уваги новітні спостережені дані щодо суттєвого зростання річного модуля магнітних полів сонячних плям B_{sp} [9] і пригнічення α -ефекту, яке пов'язане з цим спостереженим фактом. Період сонячного циклу в моделі $\alpha\Omega$ -динамо визначається виразом $T \approx 2\pi \{ (\frac{1}{2}) |\alpha \partial \Omega / \partial r| \}^{1/2}$, де α – параметр спіральності турбулентних пульсацій, а $\partial \Omega / \partial r$ – радіальний градієнт внутрішнього обертання Сонця в конвективній зоні. Магнітний вплив на α -ефект описується виразом $\alpha(B) = \alpha_0 \Psi_\alpha(B)$, де α_0 – "немагнітне" значення α -параметра, а $\Psi_\alpha(B) \sim B^{-3}$ – квенчінг-функція (функція пригнічення) магнітної індукції B . Згідно з дослідженням [9] середні величини індукції магнітного поля сонячних плям великих розмірів в першій половині 23-го циклу були значно вищими (приблизно на 13%), ніж в останніх трьох циклах. У відповідності до цих спостережених даних величина функції магнітного пригнічення $\Psi_\alpha(B_{sp})$ в максимумі 23-го циклу дорівнювала близько 0,7 її значення в мінімумі 22-го циклу. Тоді α -параметр також був пригнічений в такій же мірі. В такому разі розрахований динамо-період 23-го циклу мусить бути більшим в 1,2 рази. Якщо взяти до уваги середню протяжність сонячних циклів близько 11 років, то розрахований динамо-період 23-го циклу становитиме близько 13 років.

To find an explanation on the base of $\alpha\Omega$ -dynamo model for the mystery of the extended 23rd solar cycle duration about 13 years we take into account the up-to-date observed data on the essential increase of averaged annual module of sunspot magnetic fields B_{sp} [9], and the quenching of the α -effect, which is application-dependent with this observed fact. The period of the solar cycle in $\alpha\Omega$ -dynamo model is defined by the expression $T \approx 2\pi \{ (\frac{1}{2}) |\alpha \partial \Omega / \partial r| \}^{1/2}$, where α is the helicity parameter of the turbulent pulsations, and $\partial \Omega / \partial r$ is the radial gradient of the inner rotation of the Sun in the convection zone. The magnetic back reaction on the α -effect could be described by the equation $\alpha(B) = \alpha_0 \Psi_\alpha(B)$, where α_0 is the "nonmagnetic" value of the α -parameter, and $\Psi_\alpha(B) \sim B^{-3}$ is the decreasing (quenching) function of magnetic field intensity B . According to the study [9] the average values of magnetic induction for large scale sunspots B_{sp} in the first half of the 23rd cycle were really higher (about 13%) then in three last cycles. In accordance these observed data the value of the magnetic quenching function $\Psi_\alpha(B_{sp})$ in the maximum of the 23rd cycle was equal about 0.7 quenching-function value in the minimum of the 22nd cycle. Then the α -parameter also was quenched just the same degree. In this case the calculated dynamo-period of the 23rd cycle must be increaser in 1.2 times. If we take into account that the average solar cycle duration is about 11 years, and then calculated 23 cycle dynamo-period will be about 13 years.

Вступ. Як відомо, тривалість 23-го циклу сонячної активності становила близько 13 років і помітно перевищила середній період сонячних циклів 11 років [1]. Сонце в черговий раз кинуло виклик геліофізикам, які прогнозували епоху мінімуму 23-го циклу в 2007 році (рис.1).

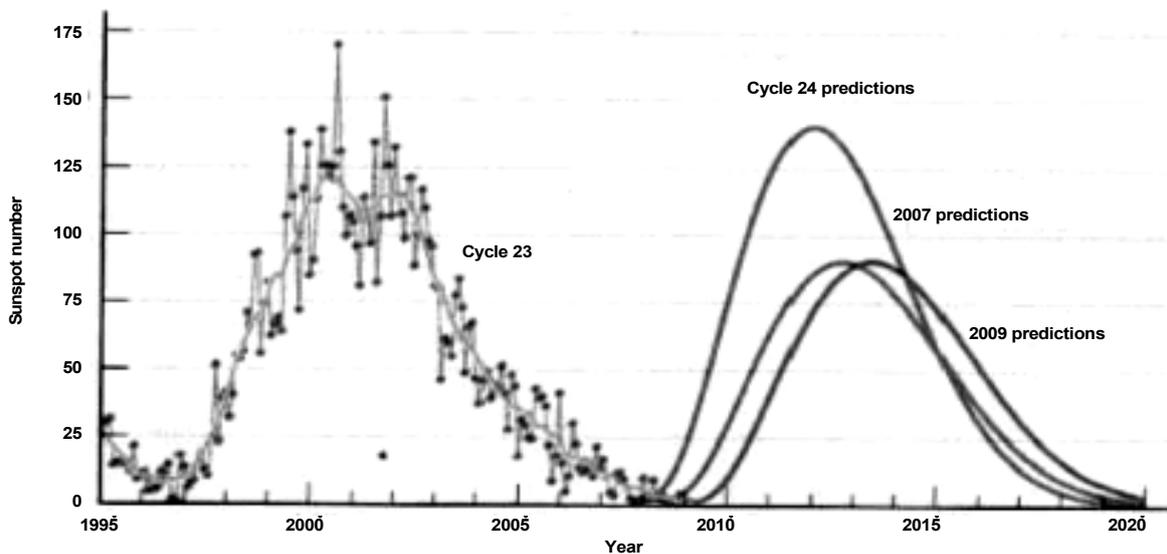


Рис.1. Числа Вольфа: спостереження в 23-му циклі і прогнози 24-го циклу, зроблені в 2007 і 2009 роках [1]

В дійсності ж новий 24-й цикл розпочався тільки в середині 2009 року [http://www.swpc.noaa.gov/Solar Cycle] (див. також роботу [2]). Тому виникає необхідність пояснення аномалії затяжної тривалості періоду 23-го циклу.

Модель $\alpha\Omega$ -динамо сонячного циклу. Відомо, що послідовні цикли активності Сонця трохи відрізняються один від іншого за амплітудою, тривалістю та іншими характеристиками. Фізичне пояснення цих відмінностей може полягати в тому, що основні характеристики циклу залежать від параметрів, які керують циклом. Випадкові короткотривалі і незначні флуктуації керуючих параметрів можуть допомогти пояснити спостережені варіації та аномалії сонячних циклів.

Згідно зі стандартним поясненням фізична природа циклу сонячної активності полягає в поширенні квазіперіодичних хвиль магнітного поля, які збуджуються механізмом $\alpha\Omega$ -динамо в сонячній конвективній зоні (СКЗ). В схемі цього механізму диференціальне обертання Сонця створює із пологої магнітного поля тороїдальне (Ω -ефект), тоді як спіральні турбулентні (конвективні) пульсації, діючи на тороїдальне поле, регенерують нове пологоїдальне поле, протилежного спрямування по відношенню до вихідного (α -ефект) [3]. Таким чином відбувається замикання ланки

самозбудження магнітного поля. В результаті виникає хвиля тороїдального магнітного поля (т.з. динамо-хвиля), яка поширюється в широтному напрямі (вздовж меридіанів). Напрямок міграції динамо-хвилі залежить від знаку добутку параметрів α і $\partial\Omega/\partial r$, які керують циклом, тоді як час поширення динамо-хвилі, який відіграє роль періоду динамо-циклу сонячної активності, залежить від величин цих правлячих параметрів і визначається виразом [3-5]

$$T \approx 2\pi \{ (\frac{1}{2}) |\alpha \partial\Omega/\partial r| \}^{1/2}, \tag{1}$$

де

$$\alpha \approx -\frac{\tau}{3} (\mathbf{v} \cdot \text{rot } \mathbf{v}) \approx -\frac{2}{3} \Omega^2 (\nabla \rho + \nabla \varphi) \tag{2}$$

– параметр спіральності турбулентних (конвективних) потоків, \mathbf{v} – вектор поля турбулентних швидкостей; τ , l і v – відповідно характерні час, масштаб і середньоквадратична швидкість $v = \langle \mathbf{v}^2 \rangle^{1/2}$ турбулентних пульсацій; ρ – густина сонячної плазми; $\partial\Omega/\partial r$ – радіальний градієнт кутової швидкості в СКЗ, кутові дужки $\langle \rangle$ означають операцію усереднення за просторовими масштабами або проміжками часу, які значно перевищують відповідні масштаби турбулентності. Розрахунки в кінематичному (лінійному) наближенні давали оцінку для величини періоду динамо-хвилі близько одного року [3].

Необхідно відзначити, що зростаюче тороїдальне магнітне поле B , відповідальне за появу на сонячній поверхні плям, в динамічному (нелінійному) режимі приводить до насичення (пригнічення) α -ефекту (т.з. альфа-квенчінг) [6]. Магнітне насичення параметру α описується виразом

$$\alpha(\beta) = \alpha_0 \Psi_\alpha(\beta), \tag{3}$$

де α_0 – "немагнітне" значення параметру спіральності (2), $\beta = B/B_{\text{eq}}$ – параметр нормованого магнітного поля, $B_{\text{eq}} \approx v(4\pi\rho)^{1/2}$ – рівнорозподілена магнітна індукція, збуджена маломасштабними турбулентними пульсаціями v , ρ – густина сонячної плазми, а

$$\Psi_\alpha(\beta) = \frac{15}{32\beta^4} \left[1 - \frac{4\beta^2}{3(1+\beta^2)^2} - \frac{1-\beta^2}{\beta} \arctg \beta \right] \tag{4}$$

нормована на одиницю при $\beta = 0$ функція магнітного насичення α -ефекту (т.з. квенчінг-функція) [6]. При сильному зростанні поля квенчінг-функція стає пропорційною β^{-3} (див., [6]):

$$\Psi_\alpha(\beta) = 15\pi/64\beta^3. \tag{5}$$

Раніше ми показали, що розрахований період динамо-хвилі $T \approx 7$ років за порядком величини близький до середньої протяжності сонячних циклів [4]. Результати наших останніх уточнених розрахунків параметрів 23-го циклу (виконаних в епоху максимуму 23-го циклу) дають $T \approx 11$ років. При розрахунках T значення параметру $\partial\Omega/\partial r \approx 3,3 \cdot 10^{-18}$ рад/с·см було визначено на основі даних геліосейсмологічних експериментів [7], а для оцінки параметру спіральності $\alpha(\beta) = \alpha_0 \Psi_\alpha(\beta)$ було використано власні розрахунки [5] для моделі СКЗ Стікса [8], що дало: $\alpha_0 \approx 7 \cdot 10^2$ см/с; $\beta \approx -0,9$; $\Psi_\alpha(\beta) \approx 0,3$; що дало $\alpha(\beta) \approx 2 \cdot 10^2$ см/с. Необхідне для розрахунку квенчінг-функції $\Psi_\alpha(\beta)$ значення усталеного тороїдального магнітного поля ми визначали із балансу двох конкуруючих ефектів радіального перенесення великомасштабного горизонтального магнітного поля в СКЗ: магнітної плавучості Паркера і спрямованого донизу макроскопічного діамантного витіснення магнітного поля [4,5]. В діапазоні глибин 140 – 160 тис. км найбільш ефективного $\alpha\Omega$ -збудження величина стаціонарного тороїдального поля B становить 2000-2300 Гс [5]. Сильніші поля перемагають спрямоване донизу діамантне перенесення і, спливаючи на поверхню, породжують сонячні плями.

Спостережені дані. Зростання магнітних полів сонячних плям в 23-му циклі. Як уже зазначено вище, протяжність 23-го циклу, на подив всіх геліофізиків-прогнозістів, виявилася більшою, ніж 11 років. Пояснити цю аномалію можна, на наш погляд, взявши до уваги останні результати досліджень [9] щодо помітного зростання величини модуля магнітних полів сонячних плям впродовж першої половини 23-го циклу. Автори роботи [9] використали дані телескопічних спектральних спостережень сонячних плям чотирьох обсерваторій: Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Кримської астрофізичної обсерваторії, Астрономічної обсерваторії Уральського університету і обсерваторії Маунт Вілсон. Ними було опрацьовано більше 2000 візуальних вимірів магнітних полів великих за розмірами плям (діаметром 30-60") на фазах підйому і максимуму 23-го циклу (з 1996 по 2004 рік). В результаті проведеного аналізу було знайдено достовірне зростання значень міжрічних варіацій модуля магнітних полів сонячних плям (яке вони назвали індексом B_{sp}) (рис.2). За досліджений час приріст величини B_{sp} склав близько 300 Гс (2700 – 2400 Гс) (рис.2), або у відносному вимірі $\approx 13\%$. Фактично в такій же мірі зріс і індекс середніх значень максимальної магнітної індукції груп плям B_{max} , розрахований авторами статті [9] за даними вимірювань обсерваторії Маунт Вілсон. Індекс B_{max} був введений раніше Ю.Вітінським [10]. Це, в свою чергу, свідчить про підсилення в такій же мірі впродовж цього часу усталеного тороїдального магнітного поля (і відповідно параметра нормалізованого магнітного поля β) в підфотосферних шарах, яке зумовлює магнітне пригнічення α -ефекту. Це, в свою чергу, свідчить про підсилення в такій же мірі впродовж цього часу усталеного тороїдального магнітного поля (і відповідно параметра нормалізованого магнітного поля β) в підфотосферних шарах, яке зумовлює магнітне пригнічення α -ефекту. Отримані результати спростовують твердження інших дослідників про те, що 23-й цикл сонячної активності був магнітно-слабкий [11-13]. Це, в свою чергу, свідчить про підсилення в такій же мірі впродовж цього часу усталеного тороїдального магнітного поля (і відповідно параметра нормалізованого магнітного поля β) в підфотосферних шарах, яке зумовлює магнітне пригнічення α -ефекту.

Наразі звертаємо увагу на дуже важливу, на наш погляд, обставину спостережених даних, яка полягає в наступному. Із рис.2 видно, що для індексів потужних магнітних полів плям на фазі росту 23-го циклу притаманні короткотривалі флуктуації з періодом один рік: зменшення полів на величину ≈ 50 Гс, або у відносному вимірі на $\approx 2\%$.

Відзначимо ще один важливий спостережений результат. Згідно з даними, приведеними в огляді В.Н.Обридка [14] (на підставі даних обсерваторії Маунт Вілсон і обсерваторії Джона Вілкокса в Стенфорді), значення магнітного

поля на полюсах Сонця (яке зумовлене полоїдальною компонентою) в кінці 23-го циклу було на 40% нижче, ніж в попередньому циклі.

Аналіз. Вважаємо, що виявлене спостереженнями зростання в часі модуля магнітних полів плям на фазі росту 23-го циклу [9] може допомогти пояснити його аномальну тривалість на основі динамо-моделі. Проведемо для цього деякі оцінки. У відповідності до даних спостережень [9] щодо росту приблизно на 13% величини магнітного поля великих плям B_{sp} в максимумі 23-го циклу в такій же мірі (в 1,13 раз) зріс і параметр нормованого магнітного поля $\beta_{sp} \approx B_{sp}/B_{eq}$ (в порівнянні з його значенням в епоху мінімуму 23-го циклу). Тому квенчінг-функція повинна зменшитися в 1,44 раз, оскільки, як зазначалося, у випадку сильних полів її величина пропорційна β_{sp}^3 . Таким чином, у максимумі 23-го циклу вона становила біля 70% її значення в мінімумі циклу: $\Psi_{\alpha}^{23max}(\beta_{sp}) \approx 0,7 \Psi_{\alpha}^{23min}(\beta_{sp})$, що, в свою чергу, привело до зменшення на 30% параметра спіральності $\alpha^{23max}(\beta_{sp}) = \alpha_0 \Psi_{\alpha}^{23min}(\beta_{sp})$, який збуджує нове полоїдальне поле. Із отриманих оцінок випливає, що тривалість динамо-циклу ($T \sim \alpha^{-1/2}$) мусить збільшитися в $[0,7]^{-1/2} \approx 1,2$ раз. Тому отримуємо, що для 23-го циклу тривалість динамо-періоду становить близько 13 років.

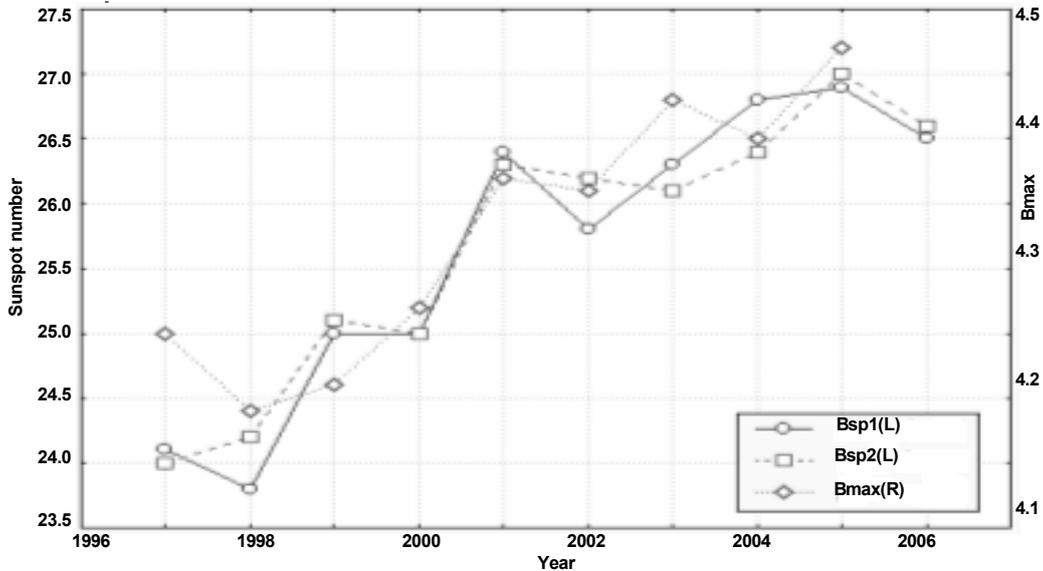


Рис.2. Зростання індукції магнітного поля сонячних плям великих розмірів в 23-му циклі сонячної активності (рисунок взято із роботи [9] з люб'язного дозволу її авторів), представлений індексами $B_{sp} 1$ (середньорічне значення модуля магнітного поля плям діаметром 30-60', отриманого як середньозважені величини всього масиву річних вимірів 4-х обсерваторій), $B_{sp} 2$ (теж саме, але значення отримані усередненням по обсерваторіям без врахування кількості вимірів на кожній із них) і B_{max} (середньорічна максимальна щоденна індукція магнітного поля груп плям)

Зауваження щодо полярних магнітних полів. Відомо, що колоїдальне поле в рамках динамо-моделі досягає свого максимального значення в кінці циклу [15]. Тому зменшення параметра α -ефекту приблизно 1,44 раз повинно зумовлювати відповідне зменшення величини полоїдального поля, яке визначає інтенсивність поля поблизу полюсів Сонця. І саме таке зменшення (приблизно на 40%) магнітного поля на полюсах в кінці 23-го циклу, як уже згадувалося вище, відзначено в роботі [14].

Тепер щодо можливих причин зростання та флуктуацій в часі потужних магнітних полів плям. На наш погляд, ці зміни пов'язані з часовими варіаціями глибинної кутової швидкості в СКЗ. Дві незалежні групи дослідників в епоху мінімуму і на фазі росту 23-го циклу активності (в період з 1995 по 2006 рік) здійснили взаємно доповнюючі один одного геліосейсмологічні експерименти, суть яких полягала у майже неперервних спостереженнях поля доплерівських швидкостей, що охоплюють увесь сонячний диск [7, 16]. Перша група проводила спостереження в рамках проекту наземної мережі шести обсерваторій Global Oscillation Network Group (GONG), а інша – з допомогою інструменту Michelson Doppler Imager (MDI), встановленого на борту космічної станції SOHO. В результаті розв'язку оберненої задачі обертового розщеплення частот акустичних і гравітаційних (p - і f -мод) глобальних коливань були виявлені в околі тахокліну помітні часові варіації (флуктуації) кутової швидкості відносно її усереднених значень Ω за майже 11 років [7, 16]. Поблизу екваторіальної площини нижче тахокліну (на відстані $r \approx 0.72R$ від центра Сонця, R – радіус Сонця) розмах варіацій частоти залишкової кутової швидкості $\delta\Omega/2\pi$ з періодом $\approx 1,3$ року досягає 6 нГц (у відносному виміру $\approx 1,5\%$), тоді як на високих широтах період коливань складає близько *одного року*, а розмах збільшується до 12 нГц ($\approx 2\%$). Відзначимо, що ці виявлені варіації кутової швидкості добре корелюють з часовими і амплітудними флуктуаціями потужних магнітних полів плям, визначених із спостережень [9]. В рамках динамо-моделі магнітного циклу Сонця саме величина кутової швидкості визначає потужність тороїдального поля (Ω -ефект). Останнє, спливаючи на поверхню, в свою чергу, визначає величину магнітних полів плям. Таким чином, якщо врахувати результати геліосейсмологічних експериментів, то можна пояснити причину спостережених флуктуацій (з періодом один рік) потужних магнітних полів плям на фазі зростання 23-го циклу. Залишилося ще не з'ясованим ефект монотонного зростання магнітних полів плям в цей період. Очевидно, це також пов'язано з перебудовою внутрішнього обертання Сонця і тимчасовим зростанням кутової швидкості. Це припущення можна буде перевірити після отримання нових результатів геліосейсмологічних експериментів.

Повертаємося до твердо установлених спостережених результатів. Основна особливість 23-го циклу полягає в тому, що тороїдальна компонента глобального магнітного поля в ньому зросла, тоді як полоїдальна компонента – зменшилася. Саме ця особливість дала підставу деяким дослідникам [10-12], які не розмежували великомасштабних полів плям (породжених потужною тороїдальною компонентою) і слабких полярних полів (породжених слабким полоїдальним полем), а також брали до уваги плями невеликих розмірів і пори, заявляти, що 23-й цикл був магнітно-слабким. Дійсно, якщо орієнтуватися на відносне число сонячних плям (числа Вольфа), яке враховує маленькі плями і навіть пори, то 23-й цикл можна вважати слабким в порівнянні з попередніми двома циклами (див., наприклад, роботу [2]). Але якщо брати до уваги тільки плями великих розмірів, породжені потужним магнітним полем, то все виглядатиме навпаки: перша половина 23-го циклу в магнітному сенсі була дуже потужною. Тому ми не вбачаємо протиріччя між спостереженими даними 23-го циклу і його теоретичною моделлю в рамках механізму $\alpha\Omega$ -динамо. На наш погляд, перша половина 23-го циклу була магніто-сильною, тоді як кінцеву його стадію активності (визначену як за полярними полями, так і за величиною магнітних полів плям), дійсно, можна вважати магніто-слабкою.

Коротко щодо наступного 24-го циклу. Відзначене в огляді [14] зменшення величини полярного магнітного поля в поточному циклі свідчить про те, що в рамках динамо-моделі наступний 24-й цикл, очевидно, буде слабкіший в магнітному сенсі. Водночас кінцева магніто-слабка стадія активності 23-го циклу (зменшення величини магнітних полів великих плям після 2004 року (див. рис. 2), повинна сприяти послабленню магнітного альфа-квенчінга. Тому тривалість динамо-періоду наступного 24-го циклу, очевидно, зменшиться в порівнянні з 23-м циклом і буде відповідати середній тривалості циклів.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз дозволяє припустити, що виявлене наземними спостереженнями зростання в першій половині 23-го циклу модуля магнітної індукції полів сонячних плям (на 300 Гс) призвело до зменшення величини параметру α -ефекту приблизно на 30%. І оскільки тривалість динамо-циклу обернено пропорційна величині параметру спіральності ($T \sim \alpha^{-1/2}$), то при зменшенні коефіцієнту α період динамо-циклу мусить збільшуватися. Дійсно, розрахована нами протяжність динамо-циклу з урахуванням магнітного альфа-квенчінгу збільшилася приблизно на 2 роки в порівнянні з середнім значенням тривалості сонячних циклів (11 років) і склала ~ 13 років [17, 18].

Разом з тим, в наземних телескопічних спостереженнях при монотонному зростанні магнітних полів великих плям фіксувалися флуктуації (тимчасові зменшення) величини модуля полів з періодом $\approx 1,3$ року). Причиною цих магнітних флуктуацій можуть служити варіації глибинної кутової швидкості обертання Сонця поблизу тахокліна (також з періодом $\approx 1,3$ року), виявлені в геліосейсмологічних експериментах

Магнітне пригнічення α -ефекту зумовило суттєве зменшення в кінці 23-го циклу – в порівнянні з попередніми циклами – величини полярних полів, які визначаються полоїдальною компонентою глобального поля. Тому першу половину 23-го циклу можна кваліфікувати магніто-сильною фазою циклу, тоді як кінцеву фазу циклу можна віднести до магніто-слабких.

Наступний 24-ий цикл, очевидно, буде відносно слабким в магнітному сенсі, а його тривалість буде близькою до середньої тривалості циклів.

Робота виконана за часткової підтримки гранту Ф25.2/094 Державного фонду фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України.

- Zimmerman R. What's wrong with our Sun?//Sky and Telescope. – 2009, August. – V.118, No.2. – P.26-29. 2 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. – V.5, No.2. – P.7-11. 3. Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. Турбулентное динамо в астрофизике. – М., 1980. 4. Криводубський В.Н. Про динамо-період сонячного циклу // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Астрономія. – 2003. – № 39-40. – С.10-13. 5. Krivodubskij V.N. Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone // Astron. Nachr. – 2005. – V. 326, No 1. – P. 61-74. 6 Rüdiger G., Kitchatinov L.L. Alpha-effect and alpha-queenching // Astron. Astrophys. – 1993. – V. 269. – P. 581-588. 7. Howe R., Christensen-Dalsgaard J., Hill F. et al. Dynamic variations at the base of the solar convection zone // Science. – 2000. – V. 287. – P. 2456-2461. 8. Stix M. The Sun. – Berlin-Heidelberg-New York, 1989. 9. Лозицкая Н.И., Лямова Г.В., Малащук В.М. Сравнение результатов визуальных измерений магнитных полей крупных солнечных пятен, выполненных в разных обсерваториях в 23 цикле солнечной активности // Изв. КрАО. – 2007. – Т.103, № 4. – С.59-67. 10. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. – Ленинград, 1973. 11. Livingston W. Sunspots observed to physically weaken in 2000-2001// Solar Phys. – 2002 – V.207. – P.41-45. 12. Ataç T., Özgüç A. Overview of the solar activity during solar cycle 23 // Solar Phys. – 2006 – V.233. – P.139-153. 13. Livingston W., Penn M. Are sunspots different during this solar minimum? // EOS, Transactions American Geophysical Union. – 2009. – V.90. – No.30. – P.257. 14. Обридко В.Н. Введение. Циклы активности на Солнце и некоторые особенности 23 цикла // В кн.: Циклы активности на Солнце и звездах. – М., 2009. – С.9-18. 15. Моффат Г. 1980. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. – М., 1980. 16. Howe R. Seismic results on temporal variation of the solar rotation// Proceedings of SOHO 18/GONG 2006/HELAS I, Beyond the spherical Sun (ESA SP-624). 7-11 August 2006, Sheffield, UK. Editor: Karen Fletcher. Scientific Editor: Michael Thompson, Published on CDROM, p.6.1. 17. Krivodubskij V. On the apparent mystery of 23rd solar cycle period // IAU Symp. 273 "Physics of Sun and Star Spots", Ventura, California, USA, 23-26 August, 2010. Poster Abstracts – 0046. P.44-45. 18. Krivodubskij V.N. On the mystery of the 23rd solar cycle period // 10th Ukrainian conference on space research. Yevpatoria, Crimea, Ukraine. August 30 – September 4. Abstracts, Kyiv 2010. P.100.

Надійшла до редколегії 18.06.10

УДК 524.1+524.7

Т. Богдан, Б. Гнатик, О. Кобзар, В. Марченко, О. Суцов

ЦЕНТАВР А ЯК ДЖЕРЕЛО КОСМІЧНИХ ПРОМЕНІВ НАДВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

Розглянуто поширення космічних променів надвисоких енергій різного хімічного складу в галактичному та позагалактичному магнітних полях. Було досліджено можливість кореляції деяких подій, зареєстрованих обсерваторією AUGER, з радіогалактикою Центавр А. Показано, що деякі з цих космічних променів дійсно можуть походити з області Центавр А.

Propagation of different chemical composition of UHECR in galactic and extragalactic magnetic fields was simulated. The simulation for the ultra high energy events, registered by the AUGER observatory in the sky region near Centaurus A was performed. It is shown that some of these events actually could originate from Centaurus A.

1. Вступ. Проблема прискорення космічних променів надвисоких енергій (КПНВЕ) є однією з найактуальніших в астрофізиці високих енергій. Найбільш популярними кандидатами на роль прискорювачів КПНВЕ є достатньо близькі (до 75 Мпк) активні ядра галактик, які виявляють кореляцію із зареєстрованими обсерваторією AUGER подіями з енергією понад 60 EeV [1] (рис. 1). Більше того, останні дані спостережень обсерваторії AUGER свідчать про певну

© Богдан Т., Гнатик Б., Кобзар О., Марченко В., Суцов О., 2011