

УДК 523.9-337

Особенности асимметрии солнечной активности в течение различных временных интервалов

У.М. Лейко

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Т. Шевченко,
ул. Обсерваторная, 3, Киев, Украина, 04053
leikoum@ukr.net

Поступила в редакцию 28 октября 2013 г.

Аннотация. Представлены результаты исследования северо-южной асимметрии солнечных магнитных полей, полученные посредством анализа кумулятивной суммы долговременных рядов наблюдений: гринвичский ряд среднемесячных значений площади солнечных пятен SQ, стэнфордский временной ряд наблюдений общего магнитного поля Солнца (ОМПС) как звезды, временной ряд фонового магнитного поля Солнца (ФМПС).

Экстремумы кумулятивной функции SQ указывают, что северное полушарие было более активным на временном интервале 1910–1980 гг. (кумулятивная функция возрастает), южное – 1875–1910 гг., 1980–2012 гг., а также на существование длительного 160-летнего периода северо-южной асимметрии пятнообразования. Кумулятивная функция SQ на исследуемом интервале наблюдений имеет положительный линейный тренд, ФМПС – отрицательный. Кумулятивная сумма ОМПС на исследуемом интервале имеет два максимума (около 1982 г. и 2005 г.) и один растянутый минимум (1991–1998 гг.). То есть наблюдаем полный цикл асимметрии глобального магнитного поля Солнца длиной около 23 лет. Все три кумулятивные кривые имеют максимум приблизительно в 1980 г. и отрицательный линейный тренд на интервале 1980–2012 гг.

PECULIARITIES OF ASYMMETRY OF THE SOLAR ACTIVITY AT DIFFERENT TIME INTERVALS, *by U.M. Leiko*. We report the results of investigation of the north-south asymmetry of solar magnetic fields. The analysis is based on the greenwich sunspot data time series SQ, solar mean magnetic field (SMMF) and large-scale solar background magnetic field (SBMF) time series.

The extrema of cumulative sum SQ indicate intervals of dominant activity of the north hemisphere (1910–1980) and south hemisphere (1875–1910, 1980–2012) and long-term period of about 160 years. The linear trend of SQ cumulative sum is positive but linear trend of SBFM cumulative sum is negative at all the investigated interval. SMMF cumulative sum has two maximums (1982 and 2005) and one minimum (1991–1998) so we observe the whole asymmetry cycle of the global solar magnetic field of about 23 years. All three cumulative sums have maximum in 1980 and negative linear trend at the interval 1980–2012.

Ключевые слова: Солнце, солнечная активность, северо-южная асимметрия

1 Введение

Северо-южная асимметрия солнечной активности является особой, фундаментальной характеристикой солнечной активности. Феномен северо-южной асимметрии изучается уже длительное время по различным индексам солнечной активности, относящимся к различным слоям Солнца. Наиболее подробно была исследована северо-южная асимметрия пятнообразовательной деятельности Солнца. Несмотря на многочисленные и разносторонние исследования феномен северо-южной асимметрии во многом остается загадочным. Необъяснимой пока еще остается причина ее происхождения, не до конца ясна связь (или отсутствие таковой) с общей цикличностью солнечной активности. Поэтому продолжение исследований свойств этого феномена остается актуальной задачей (Бадалян, 2011). Наиболее часто изучаются ненормированные (абсолютные) NSA и нормированные NSA_n-индексы северо-южной асимметрии солнечной активности. Следует отметить, что изменение со временем этих индексов не идентично и определение периодичностей северо-южной асимметрии по рядам абсолютного и нормированного индексов асимметрии дает неидентичные результаты (Лейко, 2011а). Северо-южная асимметрия также проявляется в различной длительности процессов активности в северном и южном полушариях. Например, циклы пятнообразования в северном и южном полушариях начинаются не одновременно и их длительность по полушариям различна (Лейко, 2011б). Ряд интересных закономерностей долговременных изменений асимметрии магнитного поля Солнца и гелиосферы было обнаружено посредством анализа кумулятивных функций различных магнитных индексов (Мордвинов, 2006).

В представленной работе исследованы долговременные вариации асимметрии солнечной активности и солнечных магнитных полей посредством анализа временного хода кумулятивной суммы рядов среднемесячных значений площади солнечных пятен, наблюдений магнитного поля Солнца как звезды и фонового магнитного поля Солнца.

2 Данные и методика исследования

В представленной работе долговременные изменения асимметрии солнечных магнитных полей исследовались по рядам:

- абсолютного и нормированного индексов северо-южной асимметрии, вычисленным по среднемесячным значениям площади солнечных пятен SQ (гринвичский ряд, 1875–2012 гг.),
- фонового магнитного поля Солнца (ФМПС) приэкваториальной области $\pm 20^\circ$ (1904–2001 гг.),
- общего магнитного поля Солнца (ОМПС) (1975–2012 гг.).

Солнечные пятна являются наиболее ярким проявлением магнитных локальных полей. Суммарная по диску площадь пятен пропорциональна полному магнитному потоку пятен (Наговицын, 2005).

Кумулятивная функция суммирует текущее значение анализируемого ряда со всеми предшествующими, усредняет короткопериодические изменения и выявляет долговременные: если кумулятивная сумма возрастает, то доминируют положительные значения, если убывает – отрицательные.

Для этих рядов были получены кумулятивные функции и проанализированы особенности их временного хода.

Сравнительный анализ временного хода кумулятивных функций длительных выбранных рядов дает возможность обнаружить общие и отличительные закономерности северо-южной асимметрии сильных локальных и слабых крупномасштабных магнитных полей Солнца.

3 Результаты и выводы

Вариации кумулятивной суммы исследуемых рядов и их линейные тренды приведены на рис. 1. Во временном ходе кумулятивной суммы рядов абсолютного NSA и нормированного NSA_n индексов юго-северной асимметрии среднемесячных значений площади солнечных пятен SQ (верхняя панель рис. 1) наблюдаются кратковременные циклические вариации, подобные 11-летним. Минимум кумулятивной функции абсолютного индекса NSA имеет место в 1902 г., нормированного NSA_n – в

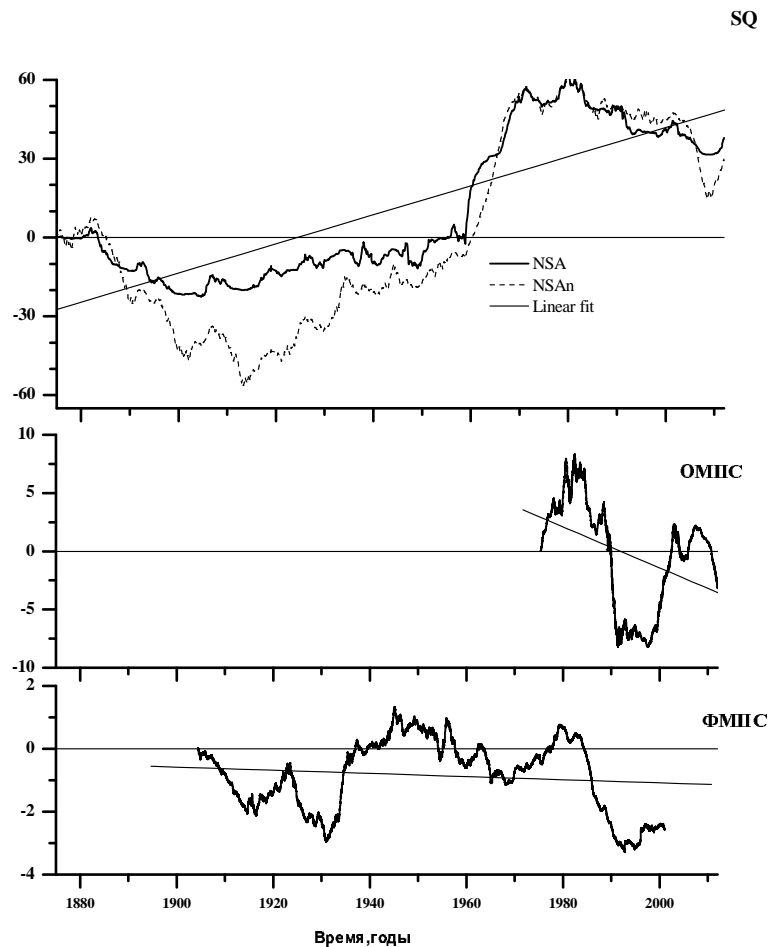


Рис. 1. Временной ход абсолютного NSA (верхняя панель, сплошная линия) и нормированного NSA_n (верхняя панель, штриховая линия) индексов асимметрии среднемесячных значений площади солнечных пятен SQ, общего магнитного поля Солнца ОМПС (средняя панель) и фонового магнитного поля Солнца ФМПС (нижняя панель). Тонкие сплошные линии – линейные тренды

1912 г. Максимум кумулятивной суммы обоих индексов совпадает в 1980 г. Характер временного хода кумулятивной суммы обоих индексов указывает на существование долговременного периода асимметрии, который, очевидно, длиннее исследуемого интервала наблюдений. Можно предположить, что интервал между двумя экстремумами (70–80 лет) – это ветвь роста долговременного, 160-летнего, цикла юго-северной асимметрии пятнообразования. Экстремумы временного хода кумулятивной функции указывают, что северное полушарие было более активным в 1910–1980 гг. (кумулятивная функция возрастает), в остальное время исследуемого интервала (1875–1910 гг., 1980–2012 гг.) преобладало южное полушарие.

Асимметрия крупномасштабных фоновых магнитных полей цикличности, подобной 11-летней, не имеет. В ходе кумулятивной функции ФМПС на исследуемом интервале наблюдается несколько циклов различной длительности. Из рис. 1 видно, что на исследуемом достаточно длинном интервале кумулятивная сумма асимметрии площади солнечных пятен имеет положительный линейный тренд (одинаковый для обоих индексов асимметрии), а кумулятивная сумма ФМПС – отрицательный линейный тренд. Очевидно, это указывает на то, что асимметрия этих двух явлений на Солнце развивается в противофазе.

Кумулятивная сумма ОМПС на исследуемом (наблюдаемом) интервале имеет два двугорбых максимума (1982 г. и 2005 г.) и один растянутый минимум (1991–1998 гг.). Таким образом, на исследуемом интервале времени мы наблюдаем полный цикл асимметрии глобального поля длиной приблизительно в 23 года. Временной ход кумулятивной функции ОМПС подобен ходу кумулятивной функции ФМПС на общем интервале наблюдений. Это подтверждает гипотезу, что основной вклад в сигнал магнитографа при измерении ОМПС дают слабые фоновые поля центральной области видимого диска (Котов, 2009). Таким образом, цикличность асимметрии сильных локальных и слабых крупномасштабных магнитных полей имеет существенно различный характер. Этот вывод является дополнительным аргументом в пользу пространственно-распределенного динамо (Обридко и др., 2011). Общим для всех трех кумулятивных кривых на рис. 1 является то, что они все имеют максимум приблизительно в 1980 г. и отрицательный линейный тренд на интервале 1980–2012 гг. Это можно объяснить совпадением максимумов цикличности различной длины различных явлений солнечной активности.

Автор выражает благодарность А.Г. Тлатову за предоставленный ряд ФМПС, а также всем наблюдателям, чьи наблюдения были использованы в представленной работе.

Литература

- Бадалян О.Г. // Астрон. журн. 2011. Т. 88. № 10. С. 1008.
Котов В.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2009. Т. 75. № 1. С. 75.
Лейко У.М. // Вісн. Київ. Унів. Серія Астрономія. 2011а. № 47. С. 23.
Лейко У.М. // Тезисы Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца “Солнечно-земная физика 2011”. СПб.: 2011б. С. 62.
Мордвинов А.В. // Астрон. журн. 2006. Т. 83. № 11. С. 1042.
Наговицын Ю.А. // Письма в Астрон. журн. 2005. Т. 31. № 8. С. 622.
Обридко В.Н., Наговицын Ю.А., Георгиева К. // Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца “Солнечно-земная физика 2011”. СПб.: ГАО РАН. 2011. С. 3.