

УДК 523.982+523.37

Анализ вариаций магнитного поля солнечных пятен с шагом в кэррингтоновский оборот

В.М. Малащук¹, Н.И. Лозицкая²

¹ НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, Научный, АР Крым, Украина, 98409
mvm@crao.crimea.ua

² Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, Киев, 04053

Поступила в редакцию 31 октября 2012 г.

Аннотация. В работе впервые проведено сравнение вариаций магнитных полей солнечных пятен по визуальным и магнитографическим наблюдениям с шагом в один кэррингтоновский оборот. Рассчитаны магнитографический индекс магнитных полей пятен по наблюдениям в обсерватории Маунт Вилсон, а также два индекса визуально измеренных магнитных полей пятен по наблюдениям в обсерваториях КраО и Маунт Вилсон. Магнитографические измерения лучше согласуются с визуальными обсерватории КраО, чем с визуальными, проведенными на том же телескопе обсерватории Маунт Вилсон. На протяжении трех циклов солнечной активности (с 1976 по 2012 гг.) наблюдаются выраженные вариации магнитных полей пятен с периодом, близким к 11 годам, причем долговременный тренд отсутствует.

ANALYSIS OF SUNSPOT MAGNETIC FIELD VARIATIONS WITH A STEP OF ONE CARRINGTON ROTATION, *by V.M. Malaschuk, N.I. Lozitskaya.* The comparison of sunspot magnetic field variations was firstly carried out based on visual and magnetographic observations with a step of one Carrington rotation. The magnetographic index of sunspot magnetic fields derived from Mt Wilson observations, as well as two indexes, based on visual measurements at Crimean and Mt Wilson observatories, were calculated. Magnetographic observations agree better with visual ones at CrAO than with the same at Mt Wilson. There are distinct 11-year patterns of magnetic field variations for three sunspot activity cycles (1976–2012) while the long-term trend is absent.

Ключевые слова: магнитные поля солнечных пятен, цикл солнечной активности

1 Введение

Многолетние вариации магнитных полей солнечных пятен значительно меньше изучены, чем такие показатели солнечной активности, как числа Вольфа, числа групп, суммарные площади пятен. В последние 5 лет большое внимание уделяется проблеме существования долговременных трендов в величине магнитного поля солнечных пятен. Так, в работе Ливингстон и др. (2012) говорится о заметном уменьшении напряженностей магнитных полей солнечных пятен с 1998 г. Для изучения вариаций магнитного поля активных областей Солнца нами выбраны гелиомагнитные индексы: B_{max} , H_m , B_{av} (Лозицкая, 2010).

B_{max} – индекс максимальных магнитных полей групп пятен, вычисляется как среднее арифметическое из ежедневно измеренных максимальных величин магнитного поля в каждой группе пятен за выбранный для исследования интервал времени, например, в литературе предложено проводить усреднение за год (Витинский, 1973). Ежедневные значения B_{max} публикуются обсерваторией Маунт Вилсон в преобразованном виде, а именно, магнитное поле до 50 мТл получает код “1”, от 50 до 100 мТл – “2”, от 110 до 150 мТл – “3”, и так далее до “6” с шагом в 50 мТл. Надежно можно измерять магнитные поля пятен, в которых напряженность превышает 150 мТл, т. е. начиная с кода “4”, что и взято за нижнюю границу в данной работе.

H_m – индекс максимальных магнитных полей пятен, рассчитывается как среднее из всего массива ежедневно измеренных максимальных напряженностей каждого пятна за выбранный для усреднения интервал времени. Для удобства сравнения с индексом B_{max} , индекс H_m тоже можно вычислить, преобразовав измеренные напряженности в относительные значения, начиная с “4”. При усреднении пятна с меньшей напряженностью не учитывались.

Третий индекс магнитных полей пятенных областей $B_{av} = MWSI/RI$. Индекс $MWSI$ (Maunt Wilson Spot Index) – магнитографический индекс напряженностей магнитного поля солнечных пятен обсерватории Маунт Вилсон; поделенный на индекс числа пятен, он преобразовывается в относительный индекс средней напряженности магнитного поля по всей площади пятен, где магнитограф обсерватории Маунт Вилсон показывал >10 мТл, т. е. по всей площади пятна.

2 Данные наблюдений и их обработка

Нами вычислены H_m по измерениям в обсерватории КраО для каждого кэррингтоновского оборота (CR) с CR 1915 до CR 2125 (23–24-е циклы солнечной активности (рис. 1)). Данные измерений КраО взяты на страничках “Магнитные поля солнечных пятен” сайта <http://solar.crao.crimea.ua/> и “Объединенная база данных магнитных полей солнечных пятен” <http://gao.spb.ru/>. Данные измерений института Маунт Вилсон взяты на страничке <http://obs.astro.ucla.edu/intro.html>.

Средняя величина магнитного поля пятен в диапазоне свыше 150 мТл по наблюдениям в КраО составляла в указанный период 203 ± 1 мТл, что в относительных единицах соответствует $H_m = 4.5$.

В рядах визуальных измерений есть пропуски как в данных КраО, так и Маунт Вилсон. Некоторые пропуски обусловлены солнечной причиной, например, в нескольких кэррингтоновских оборотах в 2007, 2008, 2009 гг. не оказалось пятен с магнитным полем свыше 150 мТл. На БСТ-2 КраО не было наблюдений в период глубокого минимума солнечной активности с октября 2008 г. по июль 2009 г. (CR 2075 – CR 2085). В обсерватории Маунт Вилсон не проводили регулярных измерений магнитных полей пятен с сентября 2004 г. по январь 2007 г. (CR 2021 – CR 2051). Для измерений в КраО, согласно исследованию (Лозицкая и др., 2008), с CR 2028 по CR 2047 нами введена поправка $+0.3$ (в указанных выше относительных единицах).

Между H_m и B_{max} коэффициент корреляции 0.56. Проведен также статистический анализ связи магнитографического индекса B_{av} с индексами визуально измеренных магнитных полей в обсерваториях КраО и Маунт Вилсон (рис. 2). При сравнении рядов индексов H_m и B_{av} длиной в 148 кэррингтоновских оборотов получено значение коэффициента корреляции r между ними 0.48, вероятность нулевой гипотезы в обоих случаях меньше 0.01. Коэффициент корреляции между визуально и магнитографически измеренными магнитными полями пятен в обсерватории Маунт Вилсон на протяжении этого же промежутка времени несколько меньше, $r = 0.36$ при том же доверительном уровне.

B_{max} и B_{av} нами вычислены по результатам наблюдений, проводимых по синоптической программе на башенном 150-футовом Солнечном телескопе обсерватории Маунт Вилсон в CR 1557 – 2125. Коэффициент корреляции между B_{max} и B_{av} за три цикла солнечной активности (518 кэррингтоновских оборотов, в которых были наблюдения пятен с полем свыше 150 мТл), равен 0.33 (рис. 2).

Ряды среднегодовых значений B_{av} и H_m (КраО), B_{av} и B_{max} (Mt Wilson) также статистически связаны ($r = 0.51$ и $r = 0.42$ соответственно).

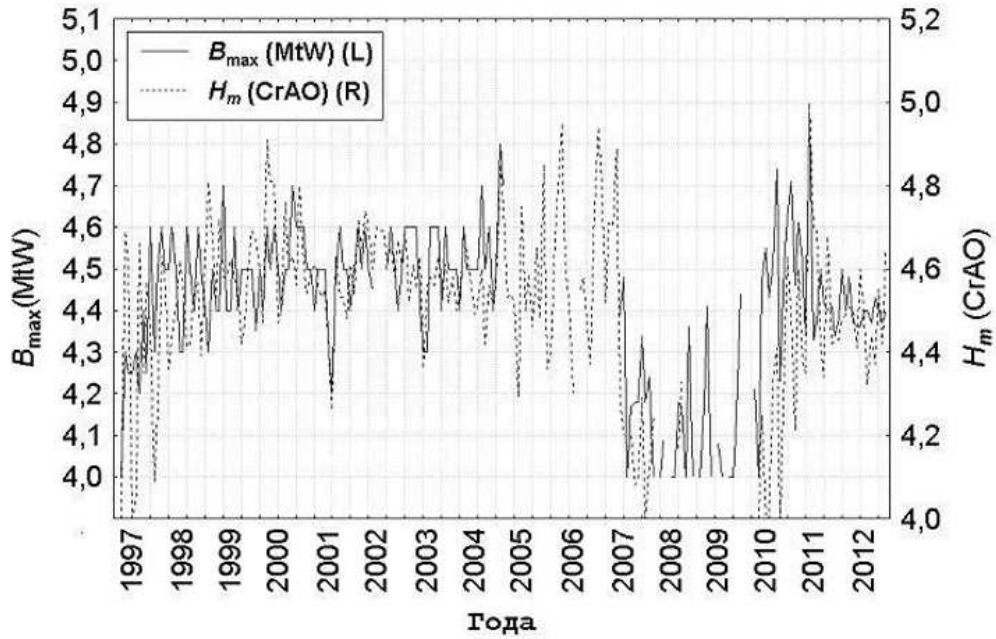


Рис. 1. Сравнение вариаций максимальных магнитных полей групп B_{max} и максимальных магнитных полей пятен H_m , усредненных по кэррингтоновским оборотам. По левой (L) и правой (R) оси величина магнитного поля пятен представлена в относительных единицах в масштабе 1 ед. = 50 МТл

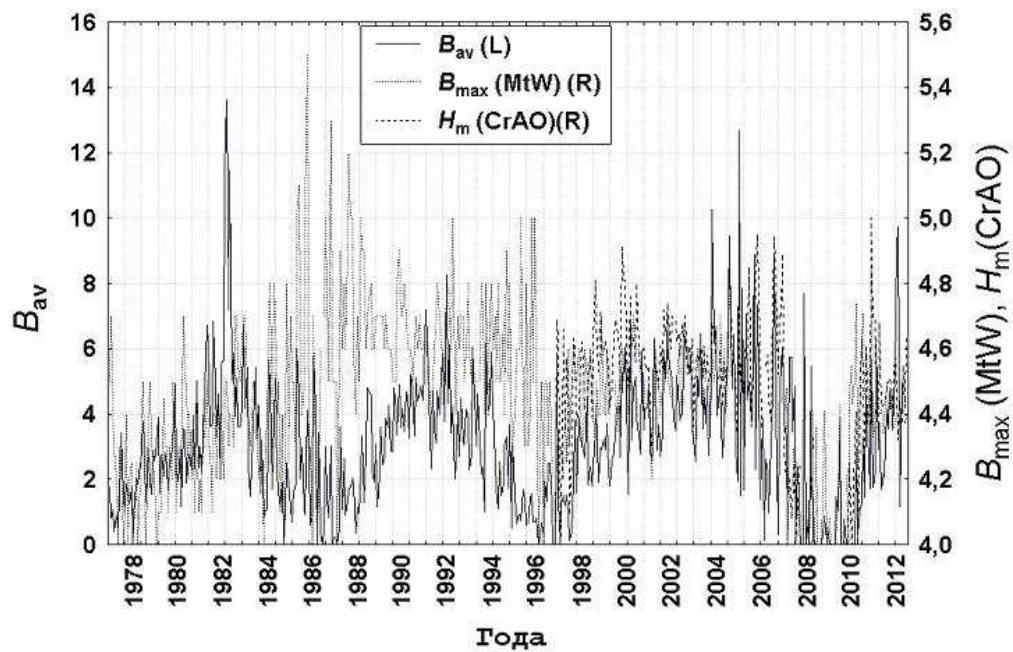


Рис. 2. Квазипериодические вариации различных индексов магнитных полей солнечных пятен в относительных единицах

3 Выводы

Магнитные поля пятен, усредненные за длительные промежутки времени, показывают квазипериодические вариации без катастрофических трендов. Это опровергает заключение работы (Ливингстон и др., 2012) об уменьшении магнитных полей солнечных пятен с 1998 г., которое вскоре приведет к их исчезновению, когда магнитные поля пятен уменьшатся до 150 мТл.

Наилучшее согласие с магнитографическими наблюдениями активных областей показывают визуальные измерения магнитных полей солнечных пятен в Крымской астрофизической обсерватории. На этом основании можно считать наблюдения магнитных полей на БСТ-2 КрАО эталонными, при сравнении с которыми можно выявить систематические ошибки визуальных измерений магнитных полей на других инструментах.

Литература

- Витинский Ю.И. // Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука. 1973. С. 258.
Ливингстон и др. (Livingston W., Penn M.J., Svalgaard L.) // *Astrophys. J. Lett.* 2012. V. 757. № 1. article id. L8.
Лозицкая Н.И., Степанян Н.Н., Малащук В.М., Лозицкий В.Г., Сидоренко М.Е. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2008. Т. 104. № 3. С. 33.
Лозицкая Н.И. // *Космічна наука і технологія.* 2010. Т. 16. № 4. С. 30.