

СРЕДНЕСРОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Птицына Н.Г., Демина И.М.

Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

MIDTERM OSCILLATIONS IN SOLAR ACTIVITY AND GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS

Ptitsyna N.G., Demina I.M.

St. Petersburg Filial of IZMIRAN, St. Petersburg, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-273-276>

In solar activity, in addition to the 11-year Schwabe cycle, there are also shorter-period variations lying between 27 days and 11 years, which are called midterm. Using wavelet analysis, quasi-six-year oscillations in solar activity, expressed by the number of SN sunspots, were identified and the characteristics of these variations in 1750-2020 were investigated. Similar periodicities in the spectrum of the geomagnetic field secular variations were revealed on the basis of data from the Harland magnetic observatory. Possible causes of the 6-year cycle are discussed.

1. Введение

Спектральные пики в диапазоне ~5–6 лет неоднократно обнаруживались в различных индексах солнечной активности солнечной активности (СА), а также в некоторых параметрах магнитного поля Солнца [1, 2]. С другой стороны, существование таких ~6-летних квазипериодичностей подвергается сомнению. В частности, в работе [3] показано, что периодичность 5.5 лет не является реальной вариацией, а получается за счет увеличения мощности второй гармоники в спектре. Цель нашей работы – исследование ~6-летних периодичностей на основе данных о числе солнечных пятен и данных о вариациях компонент геомагнитного поля.

В качестве индекса СА (1700–2020) использованы сглаженные месячные значения числа солнечных пятен *SN* <http://www.sidc.be/silso/datafiles>. Для анализа геомагнитных вариаций – среднемесячные данные обс. Hartland (1930–2015) http://www.bcmt.fr/databank/world_monthly_means/data. В работе использовался вейвлет анализ на базе функции Морли.

2. Вейвлет анализ ряда солнечных пятен *SN* ($T \leq 20$ лет)

Для ряда *SN* был вычислен вейвлет спектр (рис. 1). На рис. 1 в 1750–2020 гг. видно достаточно стабильное присутствие ~6-летнего цикла. В минимуме Дальтона (1800 г.) заметно удлинение периодов.

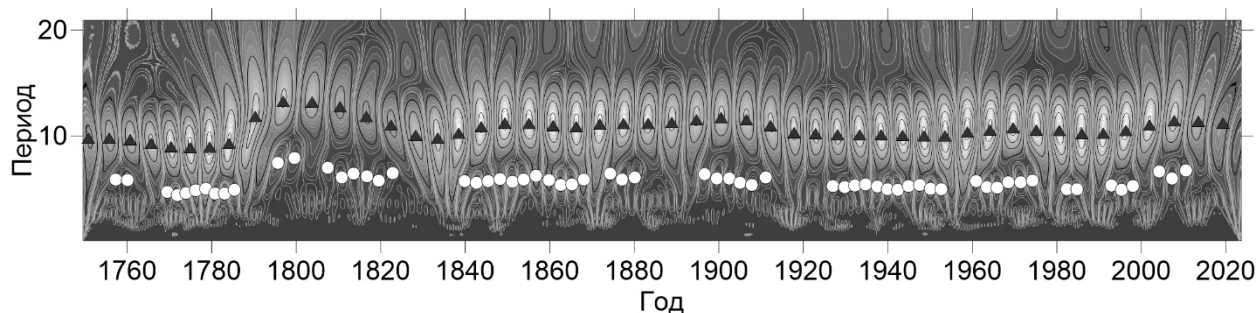


Рис. 1. Вейвлет спектр SN . Треугольники – локальные максимумы 11-летней составляющей. Круги – максимумы составляющих с периодами $4.5 < T < 8$.

3. Возможные причины появления ~6-летнего колебания в СА

Предположим, что за счет не гармоничности 11-летнего цикла в спектре появляются гармоники. Построим возможную 2-ю гармонику и сравним с найденными на рис. 1 максимумами. На рис. 2 видно, что в отдельные моменты времени 2-ая гармоника 11-летней составляющей и 6-летнее колебание схожи по форме, но значительно отличаются по величине.

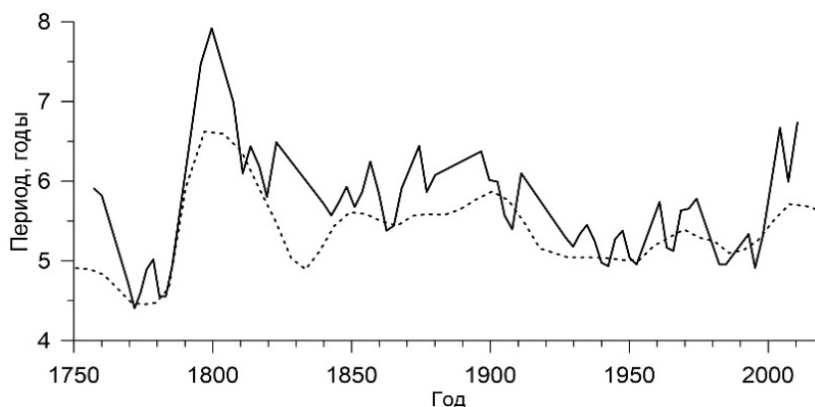


Рис. 2. Сравнение 2-ой гармоники (показана пунктиром) с найденной 5–8 летней (черная сплошная).

Наибольшая разница заметна в 1750–1900 гг. и в ~ 2000 г. Можно заключить, что найденная 5–8-летняя составляющая не является 2-ой гармоникой 11-летнего цикла.

Далее мы проверили, присутствуют ли вообще в исходном сигнале какие-либо периодические составляющие, не связанные с изменением 11-летнего цикла. Для этого было необходимо снизить его влияние. Исходный временной ряд SN был аппроксимирован кривой, сохраняющей только общую форму 11-летних колебаний. Удалив полученный таким образом тренд из исходного ряда, в дальнейшем мы рассматривали остаток, для которого вычислили вейвлет спектр (рис. 3).

Действительно, на рис. 3 видим снижение амплитуды 11-летнего цикла, в результате чего он более не доминирует в спектре. Выделив

~6-летнюю составляющую, сравним ее с полученной ранее (рис. 2). Результат показан на рис. 4.

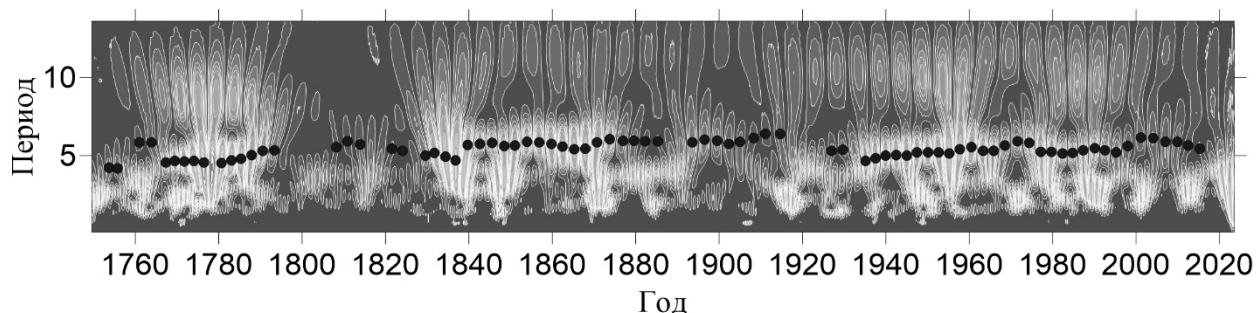


Рис. 3. Вейвлет спектр остатка, полученного после вычитания 11-летнего тренда. Кругами выделены максимумы спектра.

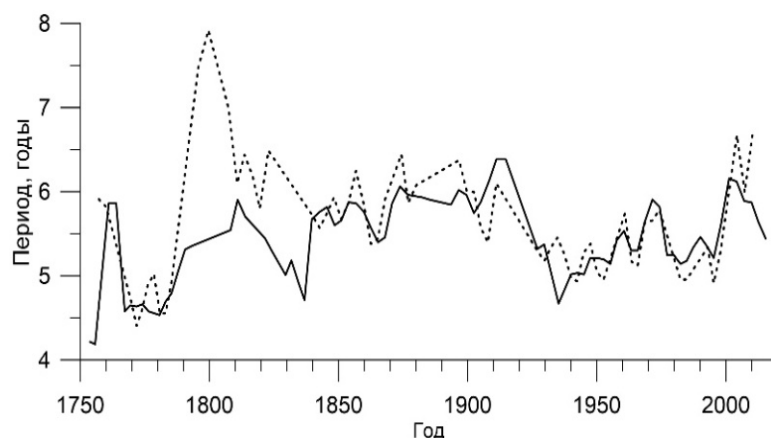


Рис. 4. Околошестилетняя составляющая (черная сплошная) после снижении влияния 11-летнего цикла в сравнении с полученной ранее из рис. 2 (пунктир).

На рис. 4 вблизи 1800 г. видна существенная разница между кривыми из-за того, что в диапазон ~6-летних колебаний на рис. 2 были включены 7–8-летние периоды. В остальное время кривые очень близки, что говорит о независимости 5-6-летней составляющей от влияния 11-летней.

4. Вейвлет анализ геомагнитных данных

Чтобы исключить вклад главного магнитного поля, из временного ряда среднемесячных значений Z компоненты обс. Hartland (1930–2015 гг.) был удален длинноволновый тренд. Затем был вычислен вейвлет спектр этого ряда, который представлен на рис. 5а. На рис. 5а можно отметить стабильное присутствие около 6-летней составляющей.

Для сравнения на рис. 5б приведен фрагмент вейвлет спектра СА без тренда в том же диапазоне периодов. Символами отмечены максимумы в спектрах. Несмотря на видимые различия, ход ~6-летней составляющей в вариации геомагнитного поля и СА аналогичен.

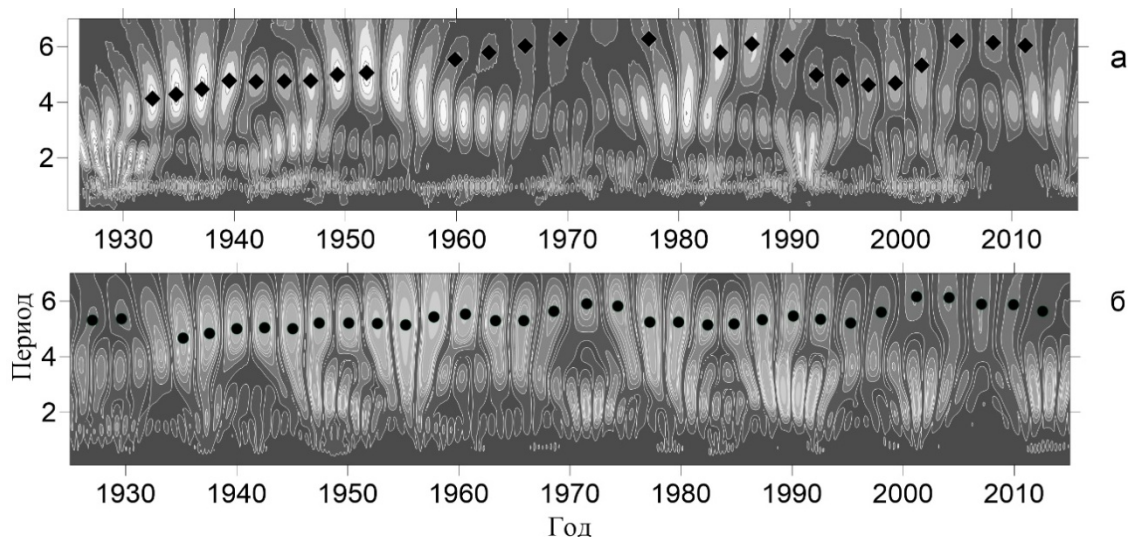


Рис. 5. Сравнение вейвлет спектров Z компоненты обсерватории HAD (а) и SN (б).

5. Заключение

В ряду SN в 1750–2020 гг. выявлено наличие ~6-летнего цикла. Анализ показал, что этот цикл не является гармоникой 11-летнего цикла и не связан с изменением амплитуды и периода цикла Швабе, а является реальным самостоятельным колебанием. Кроме того, в данных обсерватории Hartland, мы нашли 4–6 летние колебания в вариациях геомагнитного поля в 1930–2015 гг.

Хотя в [4] на основе анализа моделей геодинамо показана возможность существования торсионной волны на границе ядро-мантии, повторяющейся каждые 6 лет, эти периоды не наблюдаются на поверхности Земли из-за «мантийного фильтра». Наш результат свидетельствует о том, что, скорее всего, вариации геомагнитного поля в диапазоне 4–6 лет могут быть вызваны влиянием СА в том же диапазоне периодов, что, в свою очередь, является косвенным свидетельством реального присутствия таких периодов в СА. В то же время наличие ряда близких периодов в геодинамо, СА и вариациях длительности суток может свидетельствовать о синхронности многих гео- и гелиодинамических процессов.

Литература

1. Djurović D., Pâquet P. The common oscillations of solar activity, the geomagnetic field and the Earth rotation // *Sol. Phus.* 1996. V. 167. P. 427-439.
2. Sokoloff D.D., Shibalova A.S., Obridko V.N., Pipin V.V. // *MNRAS*. 2020. V. 497, Is.4. P. 4376–4383. <https://doi.org/10.1093/mnras/staa2279>.
3. Mursula K., I. Usoskin, Zieger B. On the claimed 5.5-year periodicity in solar activity // *Solar Physics*. 2001. 176 (1). DOI:10.1023/A:1004982203293.
4. Gillet N., Jault D., Canet E., Fournier A. Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth core // *Nature*. 2010. V. 465. P. 74-77.