

ШАБЛОН ПЕРИОДА «ОГИБАЮЩЕЙ» МАКСИМУМЫ ДОСТОВЕРНЫХ ЦИКЛОВ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

Шибает И.Г.¹, Шибает А.И.²

¹*ИЗМИРАН, Москва Россия*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

PATTERN OF THE PERIOD OF «ENVELOPE» MAXIMUM RELIABLE CYCLES OF A SERIES OF WOLF NUMBERS

Shibaev I.G.¹, Shibaev A.I.²

¹*IZMIRAN, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-369-372>

The presence of groups of cycles with larger/smaller amplitudes and the alternation of these groups suggests the existence of a long-period cycle of solar activity with periods of increased/decreased activity. Therefore, it is wise to have a portrait (template), reflecting the main characteristics of these groups, which will allow us to provide high-quality and semi-quantitative assessment of solar activity epochs in the past and future.

Based on the long-period component and the envelopes of the fundamental and second harmonics reliable part of the WSN series, an envelope of the maxima of cycles 10÷23 and its template is formed. Taking into account differences in the duration of periods of increased/decreased activity will allow a more realistic description of their levels.

1. Введение

Наличие групп циклов с большими / меньшими амплитудами и **чередование** этих групп позволяет говорить о длиннопериодном цикле солнечной активности (СА) с эпохами повышенной / пониженной активности. Низкие циклы, как правило, имеют большую длительность, т. е. кроме уровня СА эпохи могут различаться и длительностью. Так как СА и её изменение существенно влияют, через околоземное пространство, на климат и человека, то разумно иметь портрет (шаблон), отражающий основные характеристики этих групп, что позволит давать качественную и полуквантитативную оценку эпох СА в прошлом и будущем.

Работа опирается на старую версию ряда ежемесячных чисел Вольфа (WSN, v.1), который включает восстановленные данные Wres с 1749 по 1849 гг. и далее данные регулярных наблюдений – достоверные данные Wtool. Данные Wres – это объединение отрывочных показаний с различными масштабированием, плотностью наблюдений, амплитудным разрешением, что нарушает согласованность временных фрагментов разного масштаба (например, структура циклов и их взаимосвязь). Всё это значимо проявилось при формировании восстановленного ряда Wres, но на это обращают мало внимания, хотя влияние этих факторов не оценивалось.

При переходе к новой версии цикла $1 \div 21$ сохранили длительности цикла и ветви роста. У групп циклов $1 \div 9$ и $11 \div 17$ отношение максимумов циклов обеих версий постоянно (обзор отношения показаний новой и старой версий ряда показан на рис. 1). Фактически свойства **16 циклов**, включая всю восстановленную часть ряда, сохранены и перенесены в новую версию. Начиная с 18 цикла, трансформация имеет более сложный амплитудный характер (особенно циклы $22 \div 24$). Возникают вопросы о согласованности различных фрагментов, т. к. к «дефектам» старой версии добавятся «дефекты» перехода к новой.

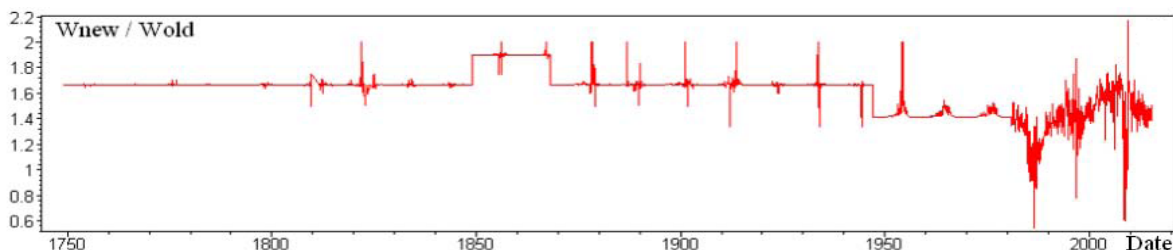


Рис. 1. Обзор отношения показаний новой и старой версий ряда WSN.

Определенное подтверждение этого демонстрируют результаты работы [1], где для прогнозирования солнечной активности использован один из ансамблевых алгоритмов машинного обучения, а именно Random Forest Regressor. При обучении алгоритма на циклах с 10-го по K , и оценке оптимального сочетания гиперпараметров на $(K+1)$ -ом цикле ($K = 21, 22, 23$) отмечено, что область гиперпараметров, где достигается минимум ошибки прогноза (RMSE) на отложенном $(K+1)$ -ом цикле, для WSN v1 не меняется (у циклов $22 \div 24$ область не зависит от K). Для WSN v.2 ситуация иная — для циклов 22 и 24 области минимума ошибки не совпадают и алгоритму требуются существенно отличающиеся значения параметров для улавливания закономерностей. Также незначительное увеличение данных (добавление одного цикла) сильно изменяет оптимальную область параметров. Эта нестабильность для v2, скорее всего, связана с трансформацией возникшей при переходе от v.1. Для WSN v.1 ситуация устойчива.

Наблюдения по новым правилам ведутся *восемь лет* (нет даже полного цикла) и наработки по старой версии вполне могут быть полезными.

Далее рассмотрен вариант конструирования «оггибающей» максимумы циклов, которая служит основой формирования шаблона.

2. Длиннопериодная составляющая WSN и её синус-аппроксимация

В 1939 г. Гляйсберг, опираясь на Цюрихский ряд (1750–1928 гг.) и сглаживая максимумы циклов по четырем значениям, выделил среди них два максимума и два минимума, что указывало на длиннопериодную составляющую ряда (цикл Гляйсберга или «вековая» гармоника) с периодичностью их максимумов / минимумов в семь-восемь циклов [2], а позже дал уточненное значение периода ~ 80 лет. Фактически анализировалось 16

циклов: 9 циклов из восстановленных данных и 7 циклов из достоверных. Определяющую роль в этой оценке играет координата минимума Дальтона (циклы $5 \div 7$) с группой низких достоверных циклов $12 \div 14$. При накоплении доли достоверных данных и увеличении длины ряда чисел Вольфа от 18 до 24 циклов этот период плавно возрастает до десяти-одиннадцати циклов [3], что демонстрирует рис. 2. Полученная в работе неустойчивая (растущая) оценка периода «вековой» гармоники затрудняет экстраполяцию её на внешний временной интервал.

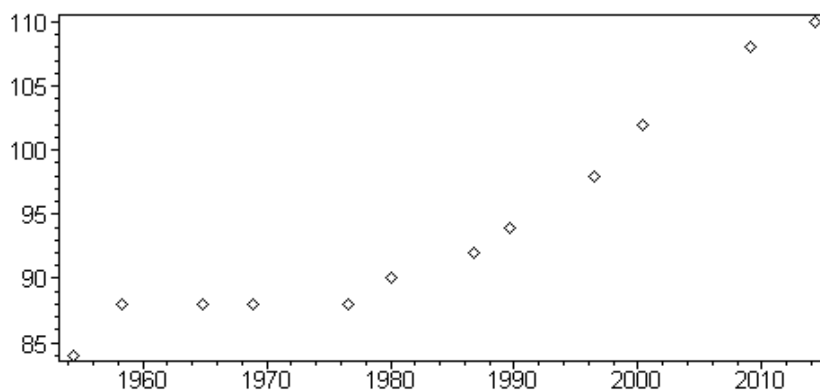


Рис. 2. Зависимость периода (ось ОУ в годах) синус-аппроксимации ряда WSN от длины ряда (ось ОХ – дата конца фрагмента).

При анализе только достоверной части ряда Wtool была выделена 150-летняя гармоника [4], это соответствует периодичности максимумов в **четырнадцать циклов**, что разумно взять за асимптотику периода синус-аппроксимации всего ряда WSN.

3. «Огибающая» максимумы достоверных циклов

В работе [4], при анализе спектра ряда WSN показано, что свойства циклов хорошо описываются суммой компонент $P13(t) = P1(t) + P2(t) + P3(t)$: P1 длиннопериодная компонента ряда, P2 и P3 соответственно основная и вторая гармоники. Обзор спектра и компонент показан на рис. 3., где для рядов P2/P3 нанесены и их огибающие A2/A3.

Так как сумма рядов P1 и P2 отражает основные временные и амплитудные характеристики циклов, а ряд P3 корректирует ветви роста и спада, то следует ожидать, что комбинация длиннопериодной компоненты с огибающими, т.е. кривая $A13 = P1 + A2 + A3$ корректно опишет максимумы циклов. Тогда фрагмент этой кривой, соответствующий 14 циклам, отразит период и динамику эпох максимума / минимума СА. Для циклов $10 \div 23$ (14 циклов длительностью в 153 года) всё это наглядно демонстрирует левая часть рис. 4 и кривую A13 можно условно трактовать, как «огибающую» максимумы циклов. Есть разные варианты сформировать шаблон «огибающей» A13 и один из них представлен на рис. 4 справа. Теперь несложно продлить шаблон на больший временной интервал и наложить (рис. 5) на весь ряд WSN.

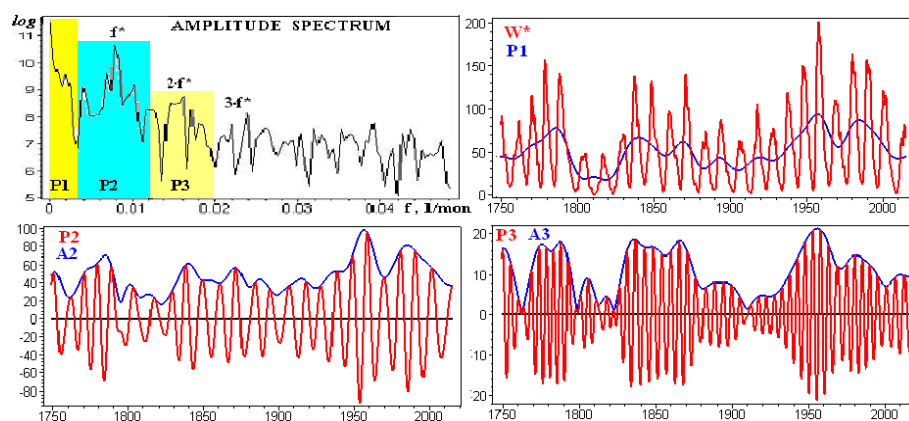


Рис. 3. Обзор ряда WSN и его спектра (OX в обратных месяцах), компонент P1÷P3 и огибающих A2, A3 (по оси OX – дата).

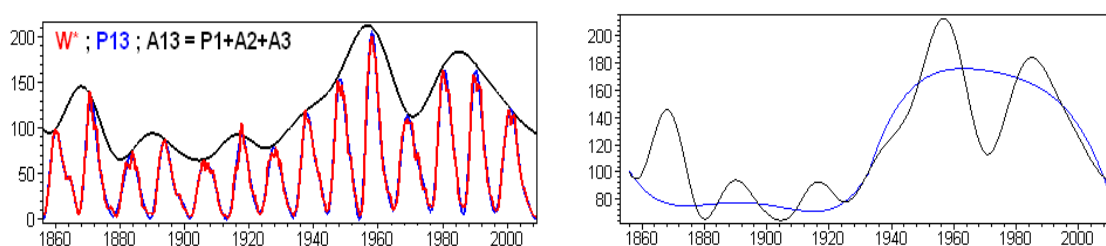


Рис. 4. Обзор циклов 10÷23 и соответствующих им рядов P13, A13 (слева); справа – «огибающая» A13 и её шаблон.

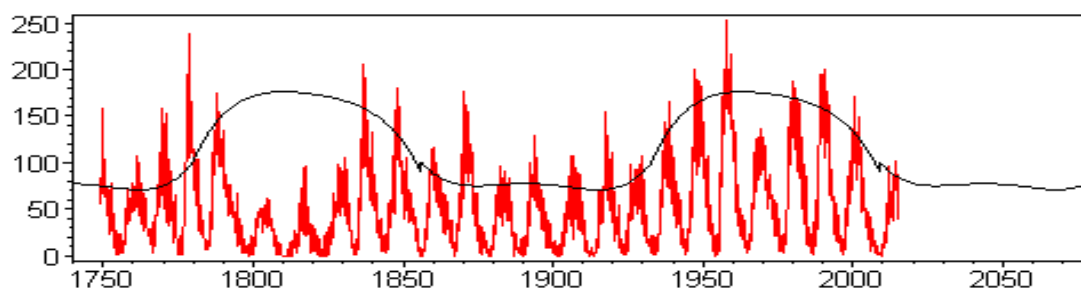


Рис. 5. Наложение шаблона на весь ряд WSN.

4. Заключение

Описания эпох максимума / минимума СА опирается на длиннопериодную компоненту ~150 лет и характеристики циклов 10÷23. Построены «огибающая» максимумы циклов и её шаблон. Отмечены возможные «дефекты» при переходе к новой версии ряда чисел Вольфа.

Литература

1. Шибаетов А.И. Прогнозирование ряда чисел Вольфа методами машинного обучения / Труды XVIII конференции молодых ученых 2021, ИКИ РАН, Москва, С. 124-130.
2. Gleissberg W. A long-periodic Fluctuation of the Sun-spot Numbers // Observatory, 1939, V. 62, P. 158– 59.
3. Shibaev A. Connection between period of low-frequency component Wolf's numbers (WNS) and length of Wolf's numbers series // Aerospace Research in Bulgaria, 2017, V. 29, P. 5–9.
4. Шибаетов И.Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // Астрономический вестник, 2008, Т. 42, № 1, С. 66–74.