

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ НОВОЙ И СТАРОЙ ВЕРСИЙ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА И ДИНАМИКА ДЛИННОПЕРИОДНЫХ КОМПОНЕНТ РЯДОВ

Шибанов А. И.

*Аспирант, МГУ им. М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет*

Аннотация

С июня 2015 г. введены новые правила оценки чисел Вольфа и, соответственно, скорректирован ряд среднемесячных чисел Вольфа с января 1749 г. по май 2015 г., т.е. предложена новая версия цюрихского ряда WSN. Сравнению характеристик старой и новой версий ряда посвящена данная работа. Анализ отношения $W_{new}(t)/W_{old}(t)$ выделяет области с отличительными амплитудными и частотными свойствами. Например, амплитудная коррекция циклов 10 и $18 \div 24$ значительно отличается от коррекции остальных циклов. Поэтому разумно сопоставить достоверные части рядов (с 1849 г. по 2015 г.) и их длиннопериодные («вековые») компоненты, экстраполяция которых позволит прогнозировать динамику солнечной активности. Отмечены отличия параметров «вековых» компонент у анализируемых рядов. Это может изменить оценки по влиянию солнечной активности на околоземное пространство.

Ключевые слова: Числа Вольфа, спектральный анализ, солнечные циклы

THE CHARACTERISTICS OF OLD AND NEW VERSIONS OF MONTH WOLF NUMBERS RANGE AND THERE UNIFORMITY ARE COMPARED

Abstract

At this article characteristics of old and new versions of month Wolf numbers range are compared. The range of relative numbers of sun spots – WSN, (<http://sidc.oma.be>) are considered on the interval since January 1749 till May 2015. Researching of the ratio $W_{new}[i]/W_{old}[i]$ leads to the fact, that domains with different amplitudes and frequencies characteristics can be detected. Then parameters of both ranges are compared. The new version of range is divided on cycles with the same rule (13 month averaging) which was used for the old version. It should be noted the amplitude correction of cycles 10 and from 18 till 24 has significant differences. Cycles 22 and 23 have the most transformed structures. Comparing of different frequencies domains of ranges is given. Also characteristics of uniformity for reconstructed parts and measured parts are present

Keywords: Wolf's numbers, spectral analysis, solar cycles.

Введение

Солнечная активность и её изменение существенно влияют через околоземное пространство на климат и человека. Возникающие на Солнце солнечные пятна, в силу простоты и доступности наблюдений, издавна привлекли внимание и стали объектом многочисленных наблюдений. После изобретения Г. Галилеем телескопа в 1610 г. можно говорить о начале научных наблюдениях за Солнцем. Уже в 1613 г. им опубликованы гравюры в Письмах о солнечных пятнах.

В дальнейшем, огромную роль сыграли ежедневные наблюдения с 1826 г. астронома-любителя Г. Швабе, позволившие открыть цикличность солнечной активности. С 1848 года регулярные наблюдения за солнечными пятнами продолжил швейцарский астроном Р. Вольф, который ввел относительное число солнечных пятен, как меру пятнообразовательной деятельности – числа Вольфа. Числа Вольфа вычисляются по формуле: $W = k(10G + n)$. Здесь G — число групп солнечных пятен, n — полное число пятен, k — калибровочный коэффициент для приведения наблюдений различных обсерваторий к единой системе.

В настоящее время Цюрихский ряд среднемесячных чисел Вольфа W (или WSN — Wolf sunspot number) является наиболее представительным и широко используется в различных приложениях. Достаточно полный обзор этих вопросов представлен в монографии [1] и обзоре [2].

С июня 2015 г. предложены новые правила оценки чисел Вольфа и, соответственно, проведена коррекция цюрихского ряда WSN с января 1749 г. по май 2015 г. (<http://sidc.oma.be>). Напомним, что ряд среднемесячных чисел Вольфа W включает ряд регулярных инструментальных наблюдений с 1849 г. по настоящее время - достоверный ряд W_{tool} , и ряд восстановленных значений с 1749 г. по 1849 г. - ряд $W_{rest}(W = W_{rest} U W_{tool})$.

Отличие в свойствах старой W_{old} и новой W_{new} версий ряда чисел Вольфа можно оценить по характеристикам циклов, соответствующих этим рядам (при разбиении на циклы «новой» версии ряда, также проведено усреднение по 13 месяцам). Сопоставлены базовые параметры (длительности цикла и его ветви роста, максимум) и статистические оценки (первые четыре момента) циклов. По-

лучено, что у циклов восстановленной и достоверной частей ряда чисел Вольфа, характер и степень коррекции весьма разнятся.

Переходя к спектральным оценкам и оставляя в спектрах рядов периоды $T > 22$ лет, мы выделим длиннопериодные компоненты. Их отношение, представленное на Рис. 2с, наглядно демонстрирует вышесказанное. Отметим, что средние значения циклов хорошо наложились на длиннопериодные компоненты, которые можно трактовать, как огибающие средних значений (Рис. 2b). Т.е. удачная аппроксимация этих компонент и экстраполяция их на внешний временной интервал даёт возможность для прогнозирования солнечной активности. В работе сопоставлены параметры «вековых» компонент рассматриваемых рядов и дана оценка их согласованности, анализа правил формирования новых значений чисел Вольфа не проводится. Этот

анализ и соответствующие оценки приведены в недавней публикации [3].

Оценка рядов по характеристикам соответствующих им циклам

Величины отношения W_{new}/W_{old} с обзором ряда W_{old} представлены на Рис. 1(a,b). Оценку близости свойств этих рядов естественно начать со сравнения параметров, соответствующих им циклов. После традиционного усреднения ряда W_{new} по 13 месяцам (скользящее среднее) выделим области между явными минимумами - аналог циклов в новой версии. Значения базовых характеристик циклов: время начала цикла T_0 , его длительность T_c , длительность ветви роста T_m и максимальное значение цикла W_m - приведены в Таблице (первые четыре вертикальные характеристики).

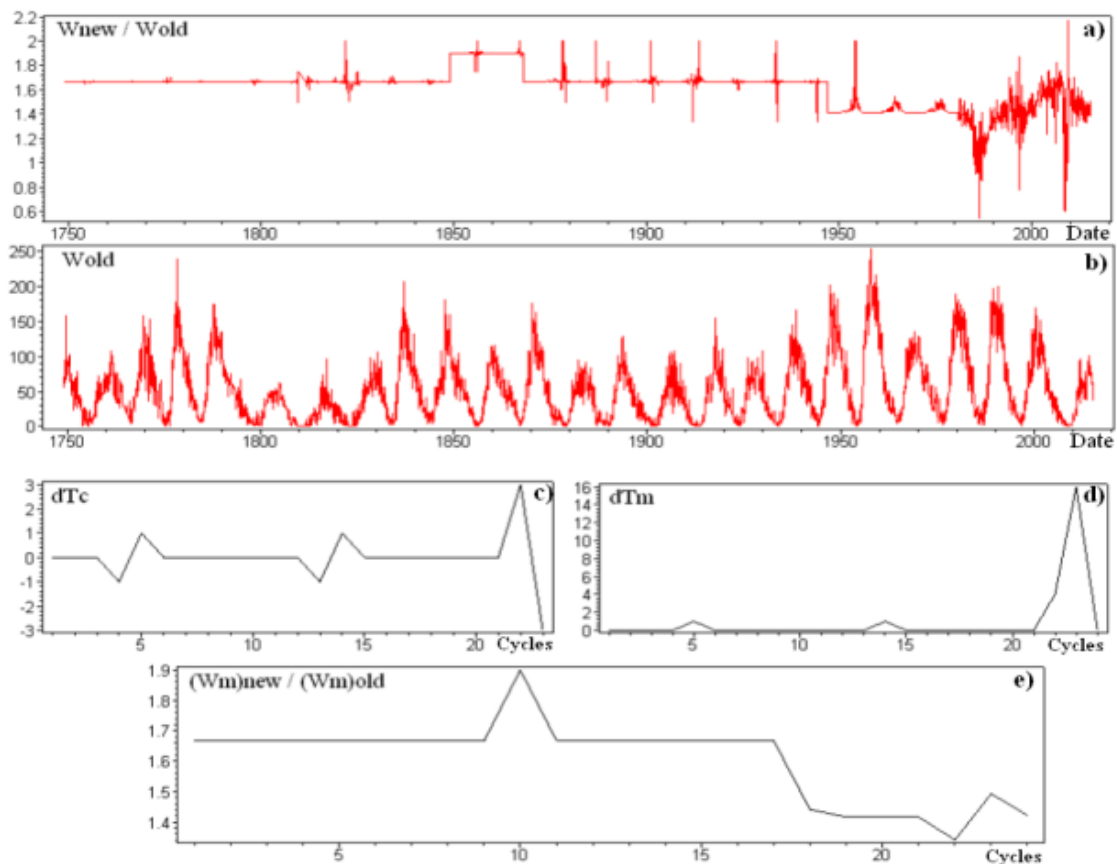


Рис. 1. Сопоставление характеристик рядов и соответствующих им циклов.

Отличия циклов наглядно демонстрирует Рис. 1(c,d,e), где представлены разности для длительностей циклов dT_c и их ветвей роста dT_m , а также отношение высот циклов $(W_m)_{new}/(W_m)_{old}$. Отметим, что амплитудная коррекция циклов 10 и $18 \div 24$ значительно отличается от коррекции остальных циклов, а у циклов 22 и 23 наиболее трансформирована внутренняя структура из-за увеличения длины ветви роста.

Статистические оценки параметров циклов сопоставлены в последних четырех столбцах Таблицы, где приведены среднее (**mean**), квадратный корень из дисперсии ($\sigma^{1/2}$), асимметрия (**skewness**) и

экссесс (коэффициент Куртосиса – **kurtosis**). Для симметричных данных коэффициент асимметрии равен нулю, при его положительном значении распределение смещено влево. Коэффициент Куртосиса характеризует отклонение эмпирического распределения от нормального распределения, для которого этот коэффициент равен трем. При **kurtosis** < 3 график распределения имеет более пологую вершину, при **kurtosis** > 3 более острую. Явно выделяется 9-й цикл с трансформацией симметрии из-за умножения ряда его значений на «ступенчатую» функцию (Рис. 1a). Также изменился этот параметр у циклов 18, 22 и 23, но в меньшей степени.

Проведенный анализ указывает, что разумно сопоставить длиннопериодные компоненты рядов Wnew и Wold.

Длиннопериодные компоненты и интерполяция их достоверных частей

Спектральные оценки рядов, с маркировкой длиннопериодной области, показаны на Рис. 2а, ось ОХ в обратных месяцах. Выделенным длиннопериодным компонентам можно придать наглядный смысл, если трактовать их, как огибающие средних значений циклов. Согласованность этих понятий демонстрирует Рис. 2б, где на длиннопериодные компоненты хорошо наложилось средние значения циклов. Временная динамика отношения этих компонент представлена на Рис. 2с, где явно продемонстрировано изменение тренда новой версии ряда начиная с 9-го цикла.

Проведем аппроксимацию длиннопериодных компонент для дальнейшего сравнения рядов Wnew и Wold. Будем опираться на фрагмент с 1834 г., включающий 8-ой цикл и достоверную часть рядов. Параметры синуса, выбранного для аппроксимации, находились методом «наименьших квадратов». Исследуемые ряды предварительно приводились к соизмеримому масштабу, т.е. после вычитания среднего значения нормировались на квадратный корень из дисперсии. Длиннопериодные компоненты и аппроксимирующие синусы сопоставлены на Рис. 2б. Получены следующие периоды для синусов : Told = 149 лет, Tnew = 131 год. В более ранней публикации [4], где сравнивались характеристики Wresti Wtool, при анализе достоверной части ряда с 1849 г. по 2005 г. была выделена 150-летняя гармоника.

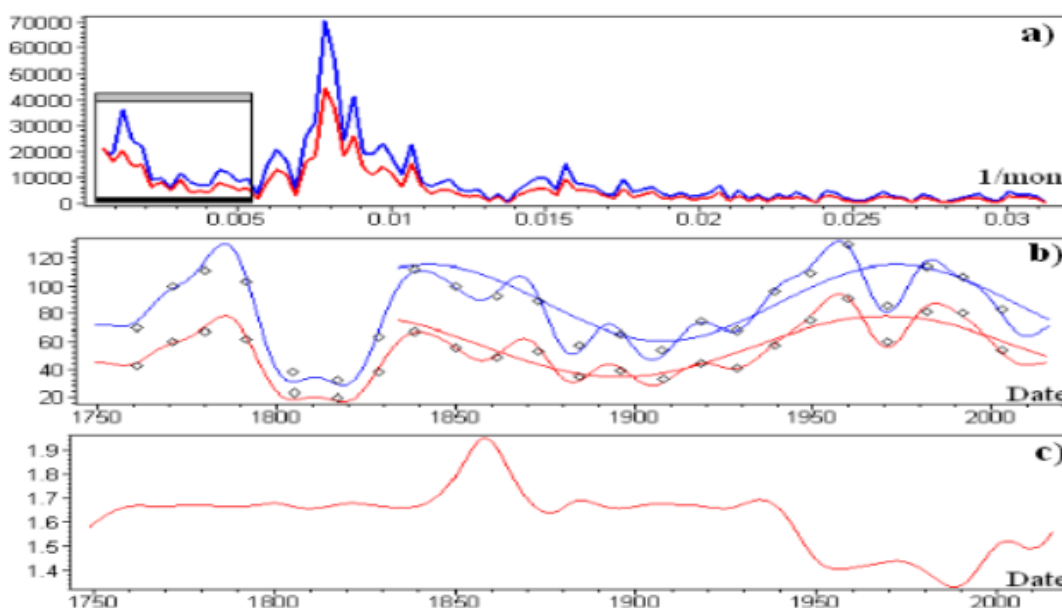


Рис. 2. а) – спектр рядов; б) – длиннопериодные компоненты рядов со средними значениями циклов (точки), синус-аппроксимация достоверной части рядов; в) – отношение длиннопериодных компонент рядов Wnew/Wold.

Заключение

Отличие в оценке периодов «вековых» компонент, тесно связанных со средними значениями циклов, даст разные результаты при прогнозировании солнечной активности и связанных с ней явлениями. Экстраполяция полученных приближений на внешний временной интервал, представленная

на Рис. 3., это наглядно демонстрирует. Следует ожидать изменения длительности эпохи пониженной солнечной активности и момента наступления её минимума для новой версии ряда чисел Вольфа. Но особенно различия должны проявиться при реконструкции событий и связей в прошлом.

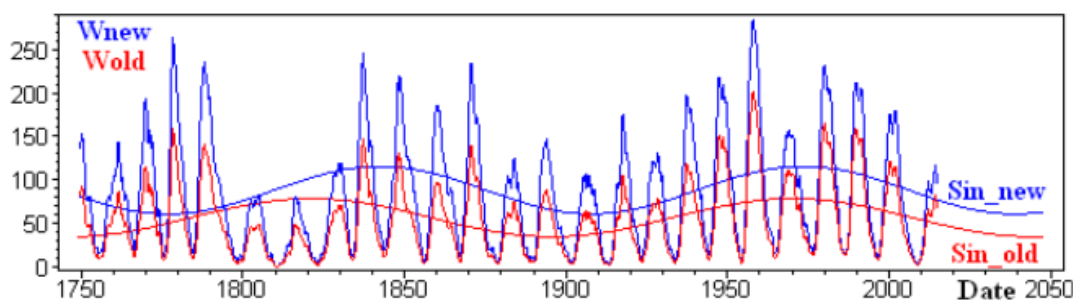


Рис. 3. Экстраполяция синус-аппроксимаций длиннопериодных компонент рядов.

Характеристики циклов соответствующих рядам W_{new} и W_{old} .

№	T_0 old / new	T_c old/new	T_m old/new	W_m old / new	mean old / new	$\sigma^{1/2}$ old/new	skewness old / new	Kurtosis old/ new
01	1755.292/ 1755.288	135 /135	75 / 75	86.5/ 144.12	41.86/ 69.77	21.9 /36.5	0.04 / 0.04	1.96/1.96
02	1766.543/ 1766.538	108 /108	39 / 39	115.8/ 192.98	59.55/ 99.26	31.8 /53.0	0.04 / 0.04	1.81/1.81
03	1775.543/ 1775.538	111 /111	35 / 35	158.5/ 264.25	66.79/ 111.32	48.3 /80.5	0.44 / 0.44	1.85/1.85
04	1784.797/ 1784.791	164 /163	41 / 41	141.2/ 235.28	61.49/ 103.09	43.0 /71.5	0.39 / 0.39	1.85/1.85
05	1798.460/ 1798.371	151 /152	81 / 82	49.2/ 81.99	22.62/ 37.48	17.5 /29.2	0.18 / 0.19	1.38/1.38
06	1811.044/ 1811.042	149 /149	65 / 65	48.7/ 81.16	18.93/ 31.55	15.0 /25.0	0.54 / 0.54	2.03/2.02
07	1823.457/ 1823.455	126 /126	78 / 78	71.5/ 119.24	37.9 / 63.17	23.5 /39.1	-0.06/-0.06	1.44/1.44
08	1833.960/ 1833.958	116 /116	40 / 40	146.9/ 244.87	67.35/ 112.23	43.3 /72.1	0.27 / 0.27	1.79/1.79
09	1843.625/ 1843.623	149 /149	55 / 55	131.9/ 219.94	55.74/ 99.42	35.4 /61.3	0.51 / 0.36	2.36/2.12
10	1856.044/ 1856.042	135 /135	50 / 50	98.0/ 186.15	48.57/ 92.28	29.5 /56.0	0.13 / 0.13	1.86/1.86
11	1867.290/ 1867.288	141 /141	41 / 41	140.3/ 234.02	53.17/ 88.84	43.8 /72.9	0.52 / 0.52	1.87/1.88
12	1879.044/ 1879.042	135 /135	60 / 60	74.6/ 124.41	34.12/ 56.87	23.8 /39.6	0.09 / 0.09	1.41/1.41
13	1890.290/ 1890.288	143 /142	46 / 46	87.9/ 146.55	38.72/ 64.98	28.1 /46.7	0.34 / 0.33	1.67/1.66
14	1902.204/ 1902.123	138 /139	48 / 49	64.2/ 107.08	32.28/ 53.45	22.3 /37.2	-0.10/-0.09	1.42/1.41
15	1913.707/ 1913.707	120 /120	48 / 48	105.4/ 175.67	44.4 / 74.02	30.3 /50.5	0.34 / 0.34	1.97/1.97
16	1923.706/ 1923.707	121 /121	56 / 56	78.1/ 130.23	40.89/ 68.16	25.4 /42.3	-0.00/-0.00	1.35/1.35
17	1933.791/ 1933.790	125 /125	43 / 43	119.2/ 198.64	57.6 / 96.0	36.8 /61.3	0.12 / 0.12	1.64/1.64
18	1944.205/ 1944.206	122 /122	39 / 39	151.8/ 218.73	74.5 / 108.93	50.3 /71.6	0.15 / 0.098	1.52/1.50
19	1954.371/ 1954.371	126 /126	47 / 47	201.3/ 285.00	91.15/ 129.25	67.4 /95.3	0.29 / 0.296	1.53/1.53
20	1964.875/ 1964.874	140 /140	49 / 49	110.6/ 156.63	60.22/ 85.48	34.7 /48.9	.045/0.048	1.51/1.51
21	1976.539/ 1976.540	123 /123	42 / 42	164.5/ 232.92	81.32/ 113.51	53.7 /77.2	0.09 / 0.10	1.46/1.46
22	1986.790/ 1986.790	116 /119	34 / 38	158.5/ 212.50	80.54/ 106.22	53.9 /73.6	0.15 / 0.19	1.39/1.41
23	1996.456/ 1996.708	151 /148	47 / 63	120.8/ 180.28	53.88/ 82.41	40.9 /61.2	0.3 / 0.28	1.58/1.58
24	2009.043/ 2009.042		64 / 64	81.9/ 116.42				

Литература:

1. Витинский Ю. И., М. Копецкий, Г. В. Куклин. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986. 296 с.
 2. Иванов – Холодный Г. С., В.Е. Чертопруд Солнечная активность // Исследование космического пространства 1990. Т. 33. С.3-99. (Итоги науки и техники. ВИНТИ АН СССР)

3. Георгиева К., Килчик А., Наговицын Ю. А., Киров Б. О перекалибровке числа солнечных пятен / Труды конференции <<Солнечная и солнечно-земная физика -- 2016>>, Пулково, Санкт –Петербург, 10 – 14 октября 2016 г., с.61-66.
 4. Ишков В. Н., Шибав И. Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования / Известия РАН, серия физическая. 2006. Т. 70, № 10. С. 1439-1442.