

## ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ РЯДА WSN НА ПЕРИОД «ЦИКЛА ГЛЯЙСБЕРГА»

Александр Шibaев<sup>1</sup>, Игорь Шibaев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГУ, Москва, Россия

<sup>2</sup>ИЗМИРАН, Троицк, Россия

e-mail: alexshibaev@yandex.ru

**Ключевые слова:** Числа Вольфа, минимум Дальтона, цикл Гляйсберга

**Резюме:** Понятие «цикл Гляйсберга» возникло из анализа небольшого объема данных ряда чисел Вольфа, которые характеризуются различной степенью достоверности и с ключевой ролью циклов 5÷7 минимума Дальтона

В работе анализируются длиннопериодные компоненты ряда WSN версий v1 и v2. Связь периода и длины ряда находится через синус-аппроксимацию соответствующих фрагментов. Получен рост периода синуса с 82 до 110 лет при увеличении длины ряда от 18 до 24 циклов и условия локального проявления 88-летней гармоник. Начальная периодичность максимумов в семь – восемь циклов трансформируется в десять – одиннадцать циклов.

Ряд WSN включает восстановленные данные с 1749 по 1849 г. и далее данные регулярных наблюдений -- достоверные данные. Зависимость периода от длины ряда, т. е. от доли достоверных данных, связана с несогласованностью характеристик восстановленного и достоверного рядов и ставит под сомнение существование цикла Гляйсберга или «вековой» гармоник в показаниях WSN на интервале 1749 – 2015 гг.

## INFLUENCE OF THE LENGTH OF THE WSN SERIES ON THE PERIOD OF THE «GLEISSBERG CYCLE»

Aleksandr Shibaev<sup>1</sup>, Igor Shibaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MSU, Moscow, Russia

<sup>2</sup>IZMIRAN, Troitsk, Russia

e-mail: alexshibaev@yandex.ru

**Keywords:** Wolf's numbers, Dalton minimum, Gleissberg cycle

**Abstract:** The long-period component of Sun's activity and Gleissberg cycle are in focus of this work. The main reason is they affect daily life on Earth, for instance minimum and maximum ages change each other. For the last 60 years, many researchers have been considering that period of Gleissberg cycle limit is 80 and 110 years. Some of them consider 88 years specifically. Different researchers were analyzing WNS in different time, so they had different row length. It makes sense to analyze dependence between WNS length and period of approximation sine of low-frequency component Wolf's numbers. Monthly Wolf number since 1749 is analyzed, the shortest part of WNS includes 18 cycles (from 1749 to 1954.37) and the longest line includes a part of a cycle No 24 (1749-2014.376). It's noticed that during increasing WNS's length, sine approximation period also increases from 84 years up to 110 years. The eighty eight years period appears at several conditions. Because of increasing period of approximation sine it's rather difficult to extrapolate sine at the future time. It should be noticed that in case of analyzing part of WNS since 1849÷2015 a reliable part, period of sine approximation equals 150 years. The problem concerning matching reliable part of WNS and reconstructed part remains open.

### Введение

Устойчивый интерес к длиннопериодным циклам солнечной активности (СА), включая цикл Гляйсберга (который часто ассоциируется с «вековым» циклом), связан с проявлением эпох минимума / максимума СА в повседневной жизни. Ещё в 1939 году Гляйсберг, при анализе первых 16 циклов ряда чисел Вольфа (WSN), отметил периодичность их максимумов в семь –

восемь циклов [1], а в более поздних работах [2, 3] дал уточненное значение периода -- около 80 лет.

Такую оценку легко получить аппроксимируя амплитуды этих шестнадцати циклов синусом, параметры которого находятся методом наименьших квадратов. Результат, с наилучшим значением периода в 82 года, представлен на Рис. 1., точками отмечены сами амплитуды, по горизонтальной оси -- их даты. Такая аппроксимация удовлетворительно описывает не более 18 циклов и её характер, в значительной степени, определяется циклами 5÷7 минимума Дальтона (МД).

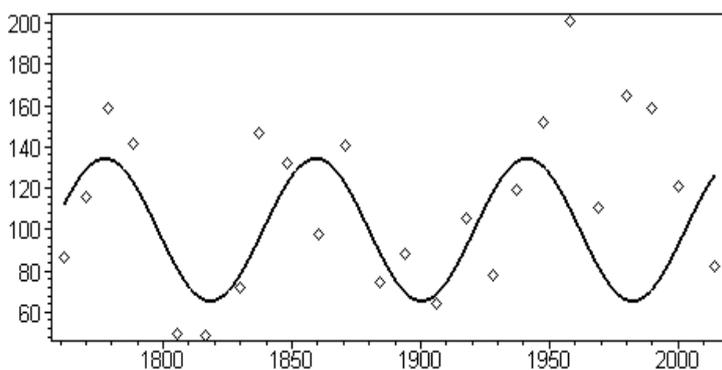


Рис. 1. Аппроксимация амплитуд циклов

В работах разных авторов по анализу самого ряда WSN, сделанных за последние 60 лет, период цикла Гляйсберга оценивается в пределах 80 -- 110 лет. Часто исследователи выделяют конкретное значение периода равное 88 годам [4, 5]. Так как разные авторы анализировали ряд различной длины, то имеет смысл исследовать зависимость периода аппроксимирующего синуса от длины самого ряда.

Наравне с классической версией ряда WSN, в работе рассмотрена и его новая версия. Бельгийский центр по изучению Солнца (<http://sidc.oma.be>) с июля 2015 г. ввёл новые правила подсчёта ежемесячных чисел Вольфа по которым был пересчитан ряд WSN с 1749 по июнь 2015 г. Отношение максимумов циклов в новой v2 и старой v1 версиях ряда WSN демонстрирует Рис. 2 [6].

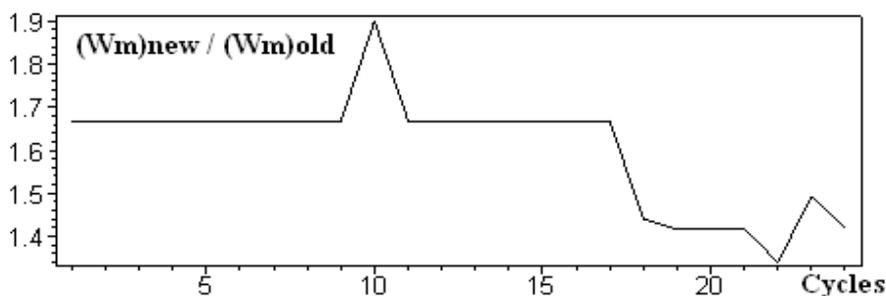


Рис. 2. Отношение амплитуд циклов рядов v2 и v1

Коррекция значительной части старой версии ряда носит формальный характер, но амплитудная коррекция циклов 10 и 18 ÷ 24 повлияет на «вековую» компоненту новой версии. В данной работе изложение материала и результатов представлено в старой версии ряда v1, итоги, связанные с новой версией v2, маркируются или комментируются.

Отметим ещё раз, что цель работы – обозначить причины неустойчивости периода аппроксимирующего синуса, указать на возможную асимптотику этого роста и более четко конкретизировать такие понятия, как «период низкочастотной компоненты» и «эпохи минимума / максимума SA».

#### Исходные данные и результаты синус—аппроксимации фрагментов

Большинство результатов по анализу WSN получены до 2015 года, т. е. для версии v1, и естественно опираться на эти наработки. Согласно работам [7, 8] длиннопериодная часть ряда v1, включающая компоненты с периодом более 24 лет, тесно связана с «огигающей»

максимумы циклов и служит геометрическим местом для средних значений циклов. Это и определяет выбор исходного материала, т. е. в данной работе анализируются длиннопериодные компоненты рядов версий v1 и v2 (сглаженных рядов ежемесячных чисел Вольфа с 1749 г.). Спектры этих рядов представлены на Рис. 3а, где ось частот ОХ в обратных месяцах, а низкочастотная часть спектра маркирована. Длиннопериодные компоненты, соответствующие маркированной области частот, отображены на Рис. 3б. Точками отмечены средние значения циклов [6], которые и для ряда v2 хорошо наложились на длиннопериодную компоненту, временная ось ОХ в годах.

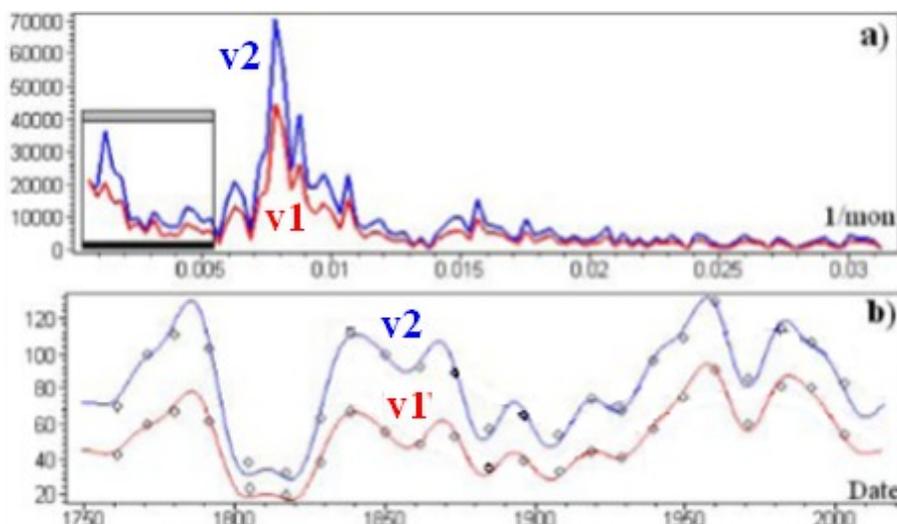


Рис. 3. Спектр рядов (а) ; длиннопериодные компоненты рядов со средними значениями циклов, маркировка точками (б)

Следуя работе [9] оценим периоды при синус—аппроксимации рядов разной длины. Зависимость периода аппроксимирующего синуса (вертикальная ось в годах) от длины ряда в циклах (начало цикла и его максимум) демонстрирует Рис. 4. Виден рост периода с увеличением длины ряда и проявление 88-летней гармоник у старой версии ряда. Изначальная периодичность максимумов в семь – восемь циклов трансформировалась в десять – одиннадцать циклов.

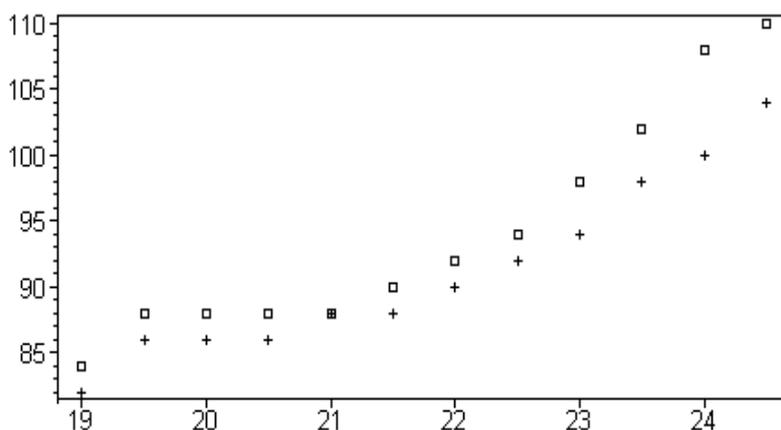


Рис. 4. Зависимость периода аппроксимирующего синуса от длины ряда в циклах, новая версия (+)

### Обсуждение и выводы

Отметим два важных обстоятельства:

- упомянутая выше оценка периода цикла Гляйсберга в 80 -- 110 лет (результаты полученные разными авторами в *разное время*) хорошо совпала с полученным в работе *упорядоченным* ростом периода от 82 до 110 лет;
- четко прослеживаются условия локального проявления 88-летней гармоник.

Ясно, что неустойчивость (рост) оценки периода «вековой» гармонике затрудняет трактовку и экстраполяцию её на внешний временной интервал и выделение эпох минимума / максимума СА. Такое поведение можно связать с увеличением доли достоверных данных (циклов) в анализе. Напомним, что исходный ряд среднемесячных чисел Вольфа состоит из восстановленного ряда  $W_{rest}$  (с 1749 г. по 1849 г.) и достоверного ряда  $W_{tool}$  (регулярные, инструментальные наблюдения с 1849 г. по настоящее время),  $WSN \approx W_{rest} \cup W_{tool}$ . Объединение отрывочных данных [10] с различными плотностью наблюдений, амплитудным разрешением и масштабированием нарушит согласованность временных фрагментов разного масштаба (например, структура циклов и их взаимосвязь). Всё это проявилось при формировании восстановленного ряда. В упомянутых работах [7, 8] показаны существенные отличия в поведении рядов  $W_{rest}$  и  $W_{tool}$ , значимо «выделились» свойства области циклов  $5 \div 7$ . При длине ряда в 18-19 циклов ещё сохраняется некоторый баланс свойств восстановленной и достоверной частей, а минимум Дальтона определяет формирование и локальное проявление гармонике 88 - 90 лет. Дальнейшее увеличение доли достоверных данных смещает этот баланс в пользу ряда  $W_{tool}$  с более гладкой и упорядоченной длиннопериодной компонентой (Рис. 3б), что и ведет к росту периода.

При анализе только ряда  $W_{tool}$  период аппроксимирующего синуса равен 150 годам [11], это соответствует периодичности максимумов в четырнадцать циклов, и имеем, как бы насыщение периода при нивелировании роли ряда  $W_{rest}$ , что соответствует рассматриваемой концепции. Этот же период для новой версии  $W_{tool}$  [6], равный 131 году, мы просто констатируем учитывая формальный характер преобразования значительной группы циклов. Строго говоря, несогласованность параметров достоверного и восстановленного рядов ставит под сомнение существование цикла Гляйсберга или «вековой» гармонике в показаниях  $WSN$  на интервале 1749 – 2015 гг.

Иная ситуация возникнет если, опираясь на «хорошие» данные ряда  $W_{tool}$ , реконструировать «плохие» данные ряда  $W_{rest}$ . Тогда получим «согласованное» (вероятно без минимума Дальтона) поведение длиннопериодной части на всем интервале 1749 – 2015 гг. и «скорректированную» оценку средних значений циклов восстановленного ряда. Этот сценарий конкретизирует такие понятия, как «период низкочастотной компоненты» и «эпохи минимума / максимума СА». Пример такой экстраполяции, с периодами аппроксимирующего синуса ряда  $W_{tool}$  в 150 и 131 год, демонстрирует Рис. 5.

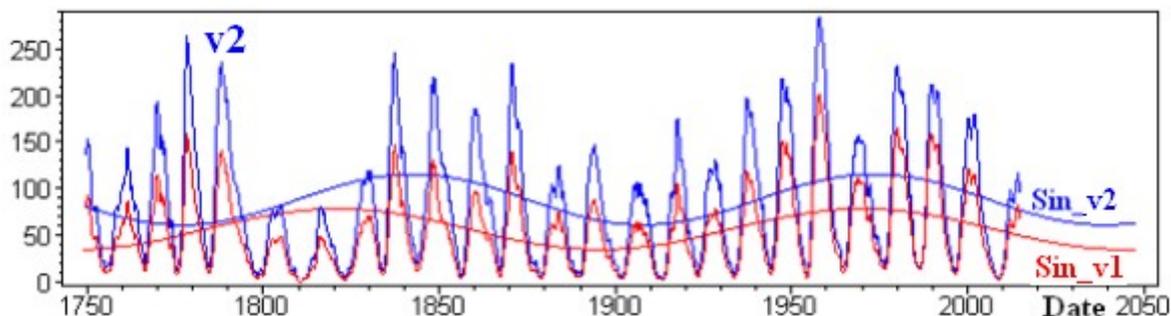


Рис. 5. Экстраполяция синус-аппроксимаций длиннопериодных компонент рядов

### Заключение

Понятие «цикл Гляйсберга» возникло из анализа небольшого объема данных ряда чисел Вольфа разной достоверности (длина ряда равновелика двум периодам цикла Гляйсберга) с ключевой ролью циклов  $5 \div 7$ . Этот фрагмент, с пониженной СА, совпал с периодом более низких, чем в среднем, глобальных температур. Этим обосновывают наличие минимума Дальтона, хотя такая связь не очевидна. Вулканическая активность и повышенный уровень  $CO_2$  могут оказать большее влияние на климат, чем изменение СА [12]. Погодные аномалии («год без лета») в Европе и Америке в 1816 г., вызванные извержением, годом ранее, вулкана Тамбора на индонезийском полуострове Сумбава, подтверждение этому [13]. По иному соотносятся температура и СА в недавнем прошлом: заметно повысилась температура Земли на фоне быстрого снижения средней активности и, примерно с 1970 г., влияние Солнца на климат не могло быть существенным [14].

При таком разнообразии ситуаций сюжет, представленный на Рис. 5, вполне реален. Следует ожидать, что согласование параметров достоверного и восстановленного рядов скорректирует, в первую очередь, минимум Дальтона, в сторону роста его значений, и изменит понятие «цикл

Гляйсберга». Разумно говорить не о «цикле Гляйсберга», завязанного на МД, а о длиннопериодной компоненте, соответствующей ряду  $W_{tool}$  и скорректированному ряду  $W_{rest}$ .

Отметим, что критическое отношение к восстановленному ряду выражается многими авторами ещё в трудах симпозиума 1978 г. -- «Солнечно-земные связи, погода и климат» [15]. Попытка сбалансировать временные характеристики циклов этого же ряда за счет «потерянного» цикла предпринята в работе [16]. При анализе фрактальных свойств рядов ширины годовых колец одиннадцати секвой [17] минимум Дальтона не проявился.

В конце заметим, что близость амплитудных характеристик циклов 8 и 9 к параметрам достоверных циклов позволяет говорить о согласованности 150-летней гармонике (порожденной циклами  $10 \div 24$ ) и показаний WSN с 1835 года.

#### Литература:

1. Gleissberg, W. A long-periodic Fluctuation of the Sun-spot Numbers // *Observatory*. V. 62. P. 158 – 159. 1939.
2. Gleissberg, W. Die Persistenz des 80 Jahrigen Sonnenfleckenzklus Durch 16 Jahrhunderte // *İ .Ü . Fen Fak. Mecm. Seri C*. № 20. P. 263–271. 1955. = Publ. Istanbul Univ. Obs. № 57. 9 p. – Ref. AJB 1955.
3. Gleissberg, W. Secularly Smoothed Data on the Minima and Maxima of Sunspot Frequency // *Solar Physics*. V. 2. № 2. P. 231–233. 1967.
4. Feynman, J., Gabriel S. B. Period and phase of the 88-year Solar cycle and the Maunder minimum: evidence for a chaotic Sun // *Solar Physics*. V. 127. № 2. P. 393–403. 1990.
5. Peristykh, A. N., Damon P. E. Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last ~12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes//*JGR*. V. 108. № A1. P. 1003–1005. 2003. doi:10.1029/2002JA009390
6. Шибяев, А. И. Сопоставление характерных параметров солнечных циклов новой и старой версий рядов чисел Вольфа и динамика длиннопериодных компонент рядов // Труды XIV конференции молодых ученых — 2017. ИКИ РАН, Москва. С. 143–148. 2017
7. Шибяев, И. Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // *Астрономический вестник*. // Т. 42. № 1. С. 66–74. 2008.
8. Шибяев, И. Реконструкция минимума Дальтона по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверного ряда чисел Вольфа // In: *Proceedings of 12th Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" SES'2016*. Sofia, Bulgaria. P. 68–72. 2017.
9. Shibaev, A. Connection between period of low-frequency component Wolf's numbers (WNS) and length of Wolf's numbers series // *Aerospace Research in Bulgaria*, V. 29, P. 5–9, 2017.
10. David H. Hathaway. The Solar Cycle. <http://solarscience.msfc.nasa.gov/>
11. Ишков, В. Н., Шибяев И. Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования // *Известия РАН, серия физическая*. Т. 70. № 10. С. 1439 – 1442. 2006.
12. Wagner, S., Zorita E. The influence of volcanic, solar and CO2 forcing on the temperatures in the Dalton Minimum (1790–1830): a model study // *Climate Dynamics*. V. 25. P. 205–218. 2005. DOI 10.1007/s00382-005-0029-0
13. Schurer, A. P., Hegerl G. C., Luterbacher J. et al. Disentangling the causes of the 1816 European year without a summer // *Environ. Res. Lett*. V. 14. 11 p. 2019.
14. Krivova, N. A., Solanki S. K. Solar variability and global warming: a statistical comparison since 1850 // *Advances in Space Research*. V. 34. P. 361–364. 2004.
15. Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate // *Proceeding of a Symposium*. The Ohio State University, Columbus, Ohio, 24-28 August 1978. Dordrecht, Holland. 348 p.1979.
16. Usoskin I. G., Mursula K., Kovaltsov G. A. The lost sunspot cycle: Reanalysis of sunspot statistics // *A&A*. V. 403. № 2. P. 743–748. 2003.
17. Отсука, К., Корнелиссен Г., Халберг Ф. Хроном климатических измерений ширины древесных колец // *Геофизические процессы и биосфера*. Т. 8. № 1. С. 63–72. 2009.