

ДОЛГОЖИВУЩИЕ ГРУППЫ ПЯТЕН СЕМНАДЦАТОГО СТОЛЕТИЯ

Золотова Н.В.¹, Вохмянин М.В.²

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

²*Университет Оулу, Оулу, Финляндия*

LONG-LASTING SUNSPOTS ON THE SEVENTEENTH CENTURY

Zolotova N.V.¹, Vokhmyanin M.V.²

¹*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

²*University of Oulu, Oulu, Finland*

In this paper, we analyze several cases of presumably long-lived sunspot groups in the period 1660 – 1676. Sunspot latitudes and longitudes were reconstructed, that allow us to estimate the rotation rate. We also compare the obtained values with the differential rotation profile from Greenwich data.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-127-130>

Введение

Одной из особенностей периода глобального минимума активности, о котором писали в своих исследованиях Хойт и Шаттен [1], является большой процент долгоживущих активных областей. Согласно [2] порядка 10% групп пятен с 1672 по 1700 наблюдались четыре и более оборотов Солнца, в то время как согласно гринвичским данным менее 1% групп пятен живут так долго. В совокупности с гипотезой об увеличении отношения площади полутени к площади тени пятен, Хойт и Шаттен [2] и Паркер [3] предположили, что в период минимума Маундера конвективный перенос энергии на Солнце был замедлен, что привело к ослаблению цикла Швабе.

С момента первых упоминаний о пониженной солнечной активности [4–5] прошло более 300 лет, однако фундаментальная проблема объяснения причин минимума Маундера и анализ исторических наблюдательных данных остаются в фокусе внимания [6–19].

В данной работе мы проанализировали оригинальные текстовые, табличные и гравюрные свидетельства о наблюдении пятен в период 1660–1676 гг., восстановили гелиокоординаты и площади пятен, оценили скорость их вращения и сравнили полученный широтный профиль вращения с современным.

Результаты

Роберт Бойль произвел измерения положений солнечных пятен 7 мая и 4 июня 1660 г. Эти наблюдения перекрываются с заметками Яна Гевелия в период 22 февраля – 7 августа 1660. Вычислив сидерическую скорость

вращения по наблюдениям Бойля ($14,4 \pm 0,1^\circ/\text{день}$ на широте $-5 \pm 5^\circ$), мы промоделировали движение активных областей в период наблюдений Гевелия и пришли к выводу, что в течение шести месяцев на Солнце наблюдатели видели не менее 5 групп пятен, три из которых принадлежали комплексу или гнезду активности [20].

С 11 по 19 августа 1671 по данным измерений и гравюрам Жана-Доминика Кассини скорость вращения варьируется от $13,9 \pm 0,6^\circ/\text{день}$ до $14,4 \pm 1,5^\circ/\text{день}$ на широте $9,9 \pm 0,5^\circ$. С 18 августа по 15 сентября 1671 согласно гравюрам Генриха Сиверуса и заметке Роберта Хука скорость $14,3 \pm 0,8^\circ/\text{день}$ на широте $7,3 \pm 3,4^\circ$. Долготы пятен хорошо согласуются, что указывает на то, что группа пятен прожила два оборота Солнца, однако большой разброс в значениях широты не позволяют с уверенностью отбросить гипотезу о комплексе активности, состоящем из двух групп пятен.

С 18 октября по 22 ноября 1672 по измерениям Ола Кристенсена Ромера и Жана Пикара, мы получили $14,1 \pm 0,7^\circ/\text{день}$ на широте $-14,6 \pm 1,5^\circ$. Широты и долготы групп пятен за два оборота хорошо согласуются, указывая на рекуррентную долгоживущую группу. С другой стороны, стороны, согласно текстовому описанию, два пятна в ноябре появились как поры без полутени, которая развилась только на третий день, что указывает на комплекс активности.

С 4 по 14 августа 1676, согласно измерениям Джона Фламстида, скорость составила $14 \pm 0,6^\circ/\text{день}$ или $14,2 \pm 1^\circ/\text{день}$ (в зависимости от выборки) на широте $-7,1 \pm 1,4^\circ$; по измерениям Эдмунда Галлея $14,25 \pm 0,3^\circ/\text{день}$ на широте $-8,3 \pm 1,5^\circ$; по измерениям Пикара $14,2 \pm 0,3^\circ/\text{день}$ на широте $-7,6 \pm 1,8^\circ$.

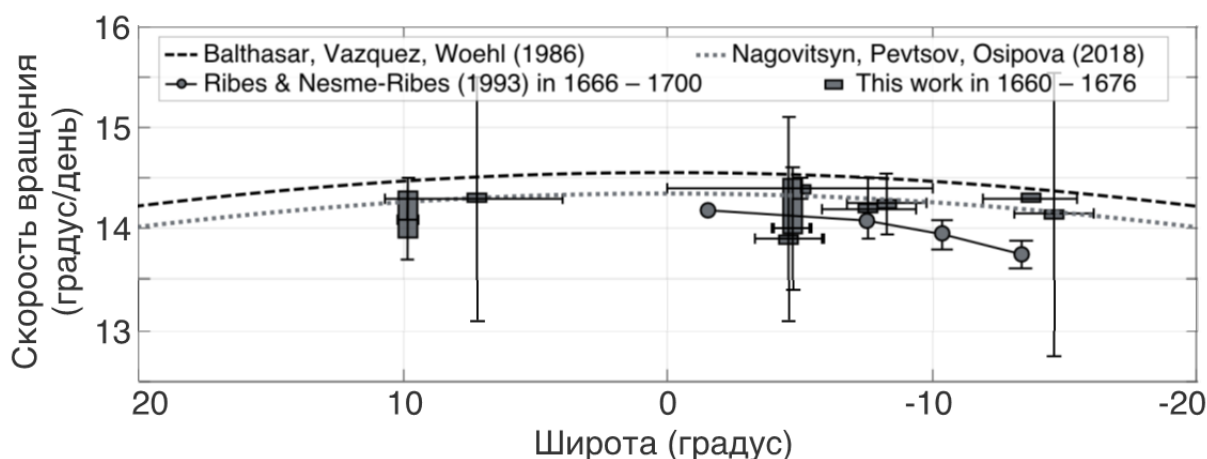


Рисунок. Сидерическая скорость вращения по данным: всех групп пятен гринвичского каталога [21]; долгоживущих пятен гринвичского каталога [22]; Парижской обсерватории в период 1666–1700 гг. [23]; полученные в данной работе за период 1660–1676 гг.

С 27 октября по 27 декабря 1676 по измерениям Фламстида мы получили $13,9 \pm 0,8^\circ/\text{день}$ на широте $-5,3 \pm 1,4^\circ$; по измерениям Пикара

$14 \pm 0,6^\circ/\text{день}$ на широте $-5 \pm 0,7^\circ$; по гравюрам Кассини $14 \pm 0,3^\circ/\text{день}$ или $14,2\text{--}14,3$ на широте $-4 \pm 0,7^\circ$.

Рисунок сравнивает полученные значения скорости с профилем вращения для гринвичских данных (для всех групп пятен [21] и только долгоживущих [22]), а также с историческим профилем вращения по данным Парижской обсерватории [23]. Мы делаем вывод, что полученные нами скорости вращения в целом согласуются с вращением долгоживущих пятен в современную эпоху, а в сравнении с данными Парижской обсерватории мы получили менее дифференциальный профиль вращения.

Выводы

В данной работе мы представили величины сидерической скорости солнечных пятен, полученные по наблюдениям в период 1660–1676 гг. Восстановленный широтный профиль дифференциального вращения в целом согласуется с вращением в гринвичскую эпоху. Все оригинальные изображения Солнца и восстановленные данные выложены на сайте <https://geo.phys.spbu.ru/~ned/History.html>.

Литература

1. Hoyt, D.V., Schatten, K.H. Group Sunspot Numbers: A New Solar Activity Reconstruction // *Solar Phys.*, 1998, v. 181, Issue 2, p. 491-512.
2. Hoyt, D.V., Schatten, K.H. The role of the sun in climate change, Oxford University Press, New York, 1997.
3. Parker, E.N. The Enigma of Solar Activity. In: Bumba, V., Kleczek, J. (eds.) *Basic Mechanisms of Solar Activity*, 1976, v. 71, p. 3,
4. Derham, W., Crabtree, W. Observations upon the Spots That Have Been upon the Sun, from the Year 1703 to 1711. With a Letter of Mr. Crabtree, in the Year 1640. upon the Same Subject. By the Reverend Mr William Derham, F. R. S., *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series I*, v. 27, p. 270, 1710.
5. Hausen, C.A. *Theoria motus solis circa proprium axem*, Lit. Schniebergerii, Lipsiae, 1726.
6. Arlt, R., Vaquero, J.M. Historical sunspot records // *Liv. Rev. Sol. Phys.*, 2020, v. 17, p. 1.
7. Bhattacharya, S., Lefevre, L., Chatzistergos, T., et al. Rudolf Wolf to Alfred Wolfer: The Transfer of the Reference Observer in the International Sunspot Number Series (1876–1893) // *Sol. Phys.*, 2024, v. 299, p. 45.
8. Carrasco, V.M.S. Number of Sunspot Groups and Individual Sunspots Recorded by Tevel for the Period 1816-1836 in the Dalton Minimum // *Astrophys. J.*, 2021, v. 922, p. 58.
9. Carrasco, V.M.S., Aparicio, A.J.P., Chatzistergos, T., et al. Understanding Solar Activity after the Maunder Minimum: Sunspot Records by Rost and Alischer // *Astrophys. J.*, 2024, v. 968, p. 65.
10. Carrasco, V.M.S., Gallego, M.C., Villalba Alvarez, J., Vaquero, J.M. A Reanalysis of the Number of Sunspot Groups Recorded by Pierre Gassendi in the Cycle Before Maunder Minimum // *Sol. Phys.*, 2021, v. 296, p. 59.
11. Carrasco, V.M.S., Llera, J., Aparicio, A.J.P., et al. Relationship between the Sunspot Number and Active Day Fraction: An Application for the Maunder Minimum // *Astrophys. J.*, 2022, v. 933, p. 26.

12. Chatzistergos, T., Krivova, N.A., Ermolli, I. Understanding the secular variability of solar irradiance: the potential of Ca II K observations // *Journal of Space Weather and Space Climate*, 2024, v. 14, p. 9.
13. Illarionov, E., Arlt, R. Reconstruction of the Solar Activity from the Catalogs of the Zurich Observatory // *Sol. Phys.*, 2022, v. 297, p. 79.
14. Illarionov, E., Arlt, R. Sunspot positions from observations by Flaugergues in the Dalton Minimum // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2023, v. 523, p. 1809.
15. Hayakawa, H., Besser, B.P., Iju, T., et al. Thaddaus Derfflinger's Sunspot Observations during 1802-1824: A Primary Reference to Understand the Dalton Minimum // *Astrophys. J.*, 2020, v. 890, p. 98.
16. Hayakawa, H., Carrasco, V.M.S., Aparicio, A.J.P., et al. An Overview of Sunspot Observations in the Early Maunder Minimum: 1645-1659 // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2024, v. 528, p. 6280.
17. Hayakawa, H., Iju, T., Kuroyanagi, C., et al. Johann Christoph Muller's Sunspot Observations in 1719-1720: Snapshots of the Immediate Aftermath of the Maunder Minimum // *Sol. Phys.*, 2021a, v. 296, p. 154.
18. Hayakawa, H., Iju, T., Uneme, S., et al. Reanalyses of the sunspot observations of Fongelius and Siverus: two 'long-term' observers during Maunder minimum // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2021b, v. 506, p. 650.
19. Hayakawa, H., Uneme, S., Besser, B.P., et al. Stephan Prantner's Sunspot Observations during the Dalton Minimum // *Astrophys. J.*, 2021c, v. 919, p. 1.
20. Castenmiller, M.J.M., Zwaan, C., van der Zalm, E.B.J. Sunspot Nests - Manifestations of Sequences in Magnetic Activity // *Sol. Phys.*, 1986, v. 105, p. 237.
21. Balthasar, H., Vazquez, M., Woehl, H. Differential rotation of sunspot groups in the period from 1874 through 1976 and changes of the rotation velocity within the solar cycle // *Astron. Astrophys.*, 1986, v. 155, p. 87.
22. Nagovitsyn, Y.A., Pevtsov, A.A., Osipova, A.A. Two Populations of Sunspots: Differential Rotation // *Astron. Lett.*, 2018, v. 44, p. 202.
23. Ribes, J.C., Nesme-Ribes, E. The solar sunspot cycle in the Maunder minimum AD1645 to AD1715 // *Astron. Astrophys.*, 1993, v. 276, pp. 549-563.