

РЕВИЗИЯ СОЛНЕЧНЫХ ДАННЫХ АРХИВОВ ГЕОРГА КРИСТОФА ЭЙМАРТА

Золотова Н.В.¹, Вохмянин М.В.¹, Арльт Р.²

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

²*Потсдамский астрофизический институт, Потсдам, Германия*

SOLAR DATA REVISION OF THE ARCHIVES OF GEORG CHRISTOPH EIMMART

Zolotova N.V.¹, Vokhmyanin M.V.¹, Arlt R.²

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

²*Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam, Potsdam, Germany*

The archival materials of the Georg Christoph Eimmart observatory (Nuremberg, Germany), now stored in the funds of the National Library of Russia are the second largest data bank of astronomical observations of the Maunder minimum period after the archives of the Paris observatory. Recent work by Hayakawa, Kuroyanagi, Carrasco et al. (2021) and Hayakawa, Iju, Kuroyanagi et al. (2021) analyzed text records of observations and drawings of the solar disk and calculated the sunspot group numbers and their latitudes. In this paper, we have revised the Eimmart archive restoring the number of sunspots, their areas and helio-coordinates. We also compared the obtained results with the observations by Kirch and Sporer's catalog. Estimates of the uncertainties in the position of spots are given.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-123-126

Введение

В последние годы заметно возрос интерес к анализу исторических данных о наблюдении солнечных явлений [1–4] и явлений космической погоды [5, 6]. Накопленный банк параметров солнечной активности пока не позволяет выдвинуть единой точки зрения об эволюции магнитных полей Солнца периода минимума Маундера [7]. Данные архивов Парижской обсерватории еще не пересмотрены и представлены только в виде данных о широтах групп пятен [8–10] и числе групп [11].

Архив Георга Кристофа Эймарта является вторыми по значимости в период минимума Маундера, содержит переписку с деятелями науки, искусства и политики в период 1583–1723 гг. 59 томов архива [12] хранятся в фонде Российской национальной библиотеки, г. Санкт-Петербург (<https://nlr.ru>).

В недавних работах [13, 14] были рассмотрены наблюдения трех из семи астрономов, чьи наблюдения входят в архив. Были извлечены число групп и их широты. Для наблюдений Иоганна Мюллера 1719–1720 гг. были также определены долготы групп пятен, но без учета эфемерид Солнца, а именно без учета нулевой долготы L_0 .

В нашей работе мы представляем результаты извлечения широт, долгот и площадей каждого солнечного пятна и групп пятен для всех семи наблюдателей: Петруса Саксония (1616 г.), Иоганна Вурцельбауэра (1684 г.), Георга Эймарта (1684 г.), Иоганна Хоффмана (1703 г.), Марии Эймарт (1703 г.), Юстачио Манфреди (1703 г.) и Иоганна Мюллера (1705–1709, 1719–1720 гг.). Ниже мы рассмотрим пример реконструкции солнечного наблюдения Георга Эймарта и сравним результаты с данными других наблюдателей.

Результаты анализа

Для восстановления гелиокоординат солнечных пятен нами были разработаны два метода [15]. Метод I для восстановления ориентации гелиокоординатной сетки использует время, указанное наблюдателем. Тонкая подстройка ориентации осуществляется в окне ± 30 минут, в котором минимизируется разброс пятен по широте, при их движении по диску Солнца. Метод II используется, если не указано время наблюдения или дисперсия пятен по широте значительная. Данный метод минимизирует кумулятивную широтную дисперсию групп пятен. На рисунке 1 приведен пример работы двух методов для серии наблюдений Георга Эймарта [16] с 2 по 8 июля 1684.

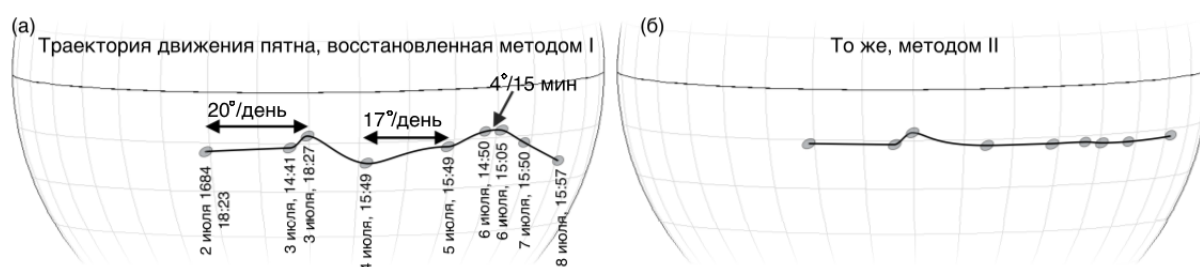


Рис. 1. (а) Восстановленная траектория движения пятна методом I. Время наблюдения указано в UT формате; (б) траектория, восстановлена методом II.

Долготные смещения пятна (рисунок 1а) с 2 по 3, с 4 по 5 и 6 июля превышают синодическую скорость вращения ($\sim 13^\circ/\text{день}$ для 10° широты). Средняя ошибка зарисовки по широте и долготе составляет порядка $3\text{--}4^\circ$. Метод II дает среднюю широту пятна -11° (рисунок 1б). Вечернее наблюдение 3 июля немного выбивается, так как пятно зарисовано ближе всех к центру диска и никакой поворот изображения не может компенсировать широтную дисперсию. Средняя долгота пятна 280° . Площадь пятна порядка $200\text{--}250$ м.д.п.

Интересно сравнить данное наблюдение с сообщениями других астрономов. Шперер [8] утверждает, что Готфрид Кирх наблюдал это пятно в течение 4 оборотов с 26 апреля по 17 июля 1684 г. Однако в письме Смюэлю Деффе Кирх [17] пишет про наблюдение третьего прохождения этого

пятна по диску Солнца и предполагает, что оно может появиться и на следующем обороте.

Со ссылкой на Кассини Шперер [8] указывает, что 5–17 мая 1684 г. широта пятна была -11° . По зарисовкам Иле и Кирха широта пятна порядка -20° [18] и долгота $\sim 40^\circ$. Второе прохождение пятна по диску Солнца было зарисовано Иоганном Вурцельбауэром, широта -9° и долгота 260° – 280° 11 и 12 июня 1684 г. Таким образом, можно заключить, что майская группа пятен, наблюдавшаяся Иле и Кирхом, и июньская, наблюдавшаяся Вурцельбауэром являются разными объектами. Третье наблюдение представлено на рисунке 1, долгота и широта совпадает с гелиокоординатами, вычисленными для зарисовки Вурцельбауэра. Наконец, о четвертом прохождении пятна в конце июля 1684 г. известно из наблюдений Кассини [8], широта пятна -9° . Учитывая небольшую площадь пятна, маловероятно, что такой небольшой объект мог прожить три оборота Солнца. Возможно, близкие значения широт и долгот указывают на появление групп пятен на активной долготе.

Выводы

В данной работе мы представили результаты реконструкции параметров солнечной активности по зарисовкам архива наблюдений Георга Кристофа Эймарта, Нюрнберг, Германия. Гелиокоординаты каждого пятна были определены двумя методами, основанными на времени наблюдения (метод I) и на минимизации разброса пятен по широтам (метод II). Оба метода дают близкие результаты.

Проанализировано наблюдение пятна Георгом Эймартом 2–8 июля 1684 г. Показано, что долгота и широта объекта совпадают с данными, извлеченными из наблюдений Вурцельбауэра (11–12 июня) и Кассини (5–17 мая и 26–28 июля), однако отличаются от координат пятна, наблюдавшегося Иле и Кирхом 6 мая 1684 г.

Литература

1. Arlt, R., Vaquero, J.M, Historical sunspot records // *Living Reviews in Solar Phys.*, v. 17, Issue 1, article id.1, 2020.
2. Carrasco, V.M.S., Hayakawa, H., Kuroyanagi, C., et al. Strong evidence of low levels of solar activity during the Maunder minimum // *MNRAS*, v. 504, pp. 5199–5204, 2021.
3. Tlatova, K.A., Vasil'eva, V.V., Skorbez, N.N., et al. Reconstruction of centennial series of solar activity // *Geomag. Aeron.*, v. 58, pp. 1021–1028, 2018.
4. Wang, H., Li, H., Rediscovery of 23 historical records of naked-eye sunspot observations on AD 1618 // *Solar Physics*, v. 297:127, 2022.
5. Hayakawa, H., Tamazawa, H., Ebihara, Y., et al., Records of sunspots and aurora candidates in the Chinese official histories of the Yuan and Ming dynasties during 1261 – 1644 // *Publ. Astron. Soc. Japan* 69(4), 65, 2017.
6. Lockwood, M., Owens, V.J., Barnard, L.A., et al., Application of historic datasets to understanding open solar flux and the 20th-century grand solar maximum. 1. Geomagnetic, ionospheric, and sunspot observations // *Front. Astron. Space Sci.*, 9:969775, 2022.

7. Munoz-Jaramillo, A., Vaquero, J.M., Visualization of the challenges and limitations of the long-term sunspot number record // *Nature Astronomy*, v. 3, 205, 2019.
8. Spoerer, G., Ueber die periodicitat der sonnenflecken seit dem Jahre 1618... // *Nova Acta Band LIII* (2), 1889.
9. Ribes, J.C., Nesme-Ribes, E., The solar sunspot cycle in the Maunder minimum AD1645 to AD1715 // *Astron. Astrophys.*, v. 276, pp. 549-563, 1993.
10. Vaquero, J.M., Nogales, J.M., Sanchez-Bajo, F., Sunspot latitudes during the Maunder Minimum: A machine-readable catalogue from previous studies // *Adv. Space Res.* 55(6), 1546, 2015.
11. Hoyt, D.V., Schatten, K.H., Group Sunspot Numbers: A New Solar Activity Reconstruction // *Solar Phys.*, v. 181, Issue 2, p. 491-512, 1998.
12. Эймарт, Г.Х., Архив Эймарта, фонд 998, Российская национальная библиотека.
13. Hayakawa, H., Kuroyanagi, C., Carrasco, V.M.S., et al., Sunspot Observations at the Eimmart Observatory and in Its Neighborhood during the Late Maunder Minimum (1681-1718) // *Astrophys. J.*, v. 909, Issue 2, id.166, 2021.
14. Hayakawa, H., Iju, T., Kuroyanagi, Ch., et al., Johann Christoph Muller's sunspot observations in 1719–1720: snapshots of the immediate aftermath of the Maunder minimum // *Solar Phys.*, v. 296:154, 2021.
15. Vokhmyanin, M., Arlt, R., Zolotova, N., Sunspot Positions and Areas from Observations by Thomas Hariot // *Solar Phys.*, v. 295:39, 2020.
16. Eimmart, G.C., Sunspot observations. Eimmart's archive, fond 998 of the Manuscript Department of the National Library of Russia, v. 16, pp. 1–71, 1684.
17. Herbst, K.-D., Die Korrespondenz des Astronomen und Kalendermachers Gottfried Kirch, IKS Garamond, 2006
18. Neuhauser, R., Arlt, R., Richter, S., Reconstructed sunspot positions in the Maunder minimum based on the correspondence of Gottfried Kirch // *Astronomische Nachrichten*, v. 339, Issue 4, pp. 219-267, 2018.