

Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 119, № 1, 42–47 (2023)

УДК 523.9

Магнитные циклы Солнца и резонансы Солнечной системы

В.А. Котов

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, 298409, Крым
vkotov@craocrimea.ru

Поступила в редакцию 12 сентября 2022 г.

Аннотация. Общее магнитное поле Солнца в КраО, Стэнфорде и пяти других обсерваториях измерялось с 1968 по 2021 гг. (в сумме более 28 тыс. суточных значений). Из этих данных следует, что поле изменяется с циклом Хейла $P_H \approx 22$ г. и периодом $P_7 \approx 7$ лет, отношение которых совпадает с приближением Архимеда, 22:7, для числа π . Показано, что в пределах ошибок измеряемых величин (а) орбитальный период Земли $P_E = (1 - 3/\pi)P_H = (\pi - 3)P_7 = P_\odot^2/2P_D$, где $P_\odot \approx 27$ сут – синодический период вращения Солнца, а P_D – среднесолнечные сутки; (б) связь $P_E - P_H$ следует также из измерений полярного поля Солнца; (в) шкала P_E тесно связана с движением Венеры. Выдвинута гипотеза, что годовой и суточный периоды движения нашей планеты, скорость вращения Солнца и цикл Хейла, объединенные числами 2, 3 и π , имеют космологический смысл и фундаментальное значение для Солнца, Земли и Солнечной системы. Истинная природа связи движений Солнца и Земли с циклом Хейла неизвестна.

Ключевые слова: Солнце, магнитное поле, вращение, 22-летний цикл, Земля, число π

1 Введение

Измерения общего магнитного поля (ОМП) Солнца в 1968–2021 гг. выполнены семью обсерваториями: КраО, Маунт Уилсон, Солнечная обсерватория им. Уилкокса (СОУ, Стэнфорд), Сатерленд, Саяны, Национальная солнечная обсерватория США и Кисловодск (подробнее об измерениях и анализе ОМП см. [Severny, 1969](#); [Scherrer et al., 1977](#); [Chaplin et al., 2003](#); [Demidov et al., 2005](#); [Котов, 2020](#) и ссылки там). Данные нормированы и сведены в единый 54-летний временной ряд с числом суточных значений ОМП (напряженностей B среднего продольного поля фотосферы) $N = 28480$, стандартным отклонением $S = 0.61$ Гс и средним $\langle B \rangle = -0.010(4)$ Гс (в скобках – стандартная ошибка). Положительные напряженности отвечают N-полярности, нулевая фаза – эпохе 0 UT, 1 января 1968 г., а спектры мощности (СМ) вычислены прямым Фурье-преобразованием.

Измерения полей полюсов Солнца выполнены в СОУ в 1976–2021 гг.; эти поля, усредненные в 30-суточных интервалах, приведены на сайте [Wilcox Solar Observatory](#) с 10-суточной скважностью: напряженности B_N и B_S северного и южного полюсов соответственно. Нами эти величины усреднены, в результате получен ряд среднего полярного поля $B_P = (B_N + B_S)/2$: 1976–2021 гг., полное число B_P -величин $N_P = 1666$, $S = 0.25$ Гс и $\langle B \rangle = 0.004(6)$ Гс в шкале СОУ.

2 Переменность ОМП

На рис. 1 приведен СМ ОМП по данным семи обсерваторий (1968–2021 гг., $N = 28480$; для частот $\nu < 0.01$ мГц фактический уровень 3σ , следуя формуле “красного шума” $I(\nu) \sim \nu^{-1}$, расположен выше пунктирной линии). Наиболее значимые пики в низкочастотной части спектра отвечают периодам: $P'_H = 20.7(1.4)$ г. – соответствует циклу Хейла $P_H = 22.14(8)$ г., $10.6(4)$ г. – ассоциируется с 11-летним циклом Швабе, и $P_7 = 7.09(16)$ г. (более точно $7.11(12)$ г., см. п. 3) – неизвестного происхождения. Некоторые оппоненты могут посчитать, что длительность измерений, 54 года, недостаточна для достоверности цикла Хейла ОМП. Заметим, однако, что цикл этот задан *априорно*, поэтому при

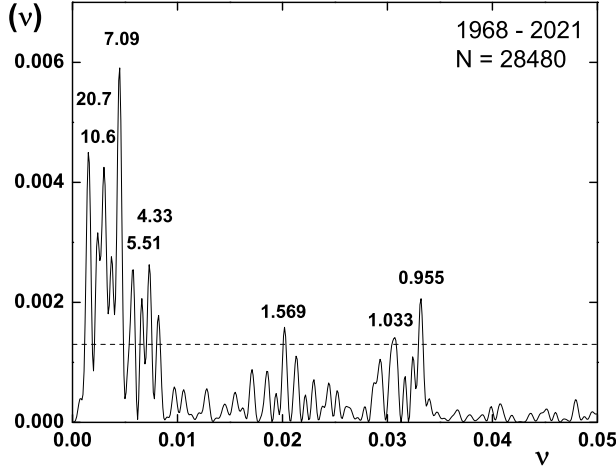


Рис. 1. Спектр мощности ОМП (1968–2021 гг., $N = 28480$). Частота ν – в мкГц, мощность $I(\nu)$ – в произвольных единицах, пунктирная линия соответствует уровню значимости 3σ , а числами обозначены наиболее заметные пики (период в годах)

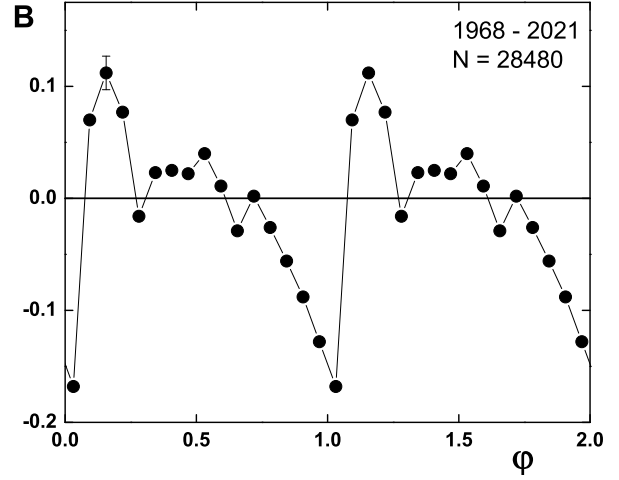


Рис. 2. Изменение ОМП с циклом 22.4 г. (1968–2021 гг., $N = 28480$). По горизонтали – фаза φ , по вертикали – напряженность B в Гс, вертикальной черточкой показана типичная стандартная ошибка для каждого из 16 фазовых интервалов

определении значимости пика P'_H его вероятность не надо умножать на число независимых частот СМ (о природе окологодичных периодов см. [Kotov, 2019a](#)).

Что касается длительности магнитного цикла P_H , то заметим, что текущий 25-й цикл солнечной активности, увеличив список экстремумов числа Вольфа (75 эпох, с 1610 по 2021 гг.), привел к уточнению цикла Швабе: 11.07(4) г. Цикл Хейла, следовательно, составляет 22.14(8) г., что согласуется с длительностью, вытекающей из анализа конфигураций Венеры, Земли и Юпитера и, соответственно, их приливного влияния на Солнце: конфигурации повторяются через интервал (в годах, см. [Scafetta, 2014](#))

$$P_{VEJ} = \left(\frac{3}{P_V} - \frac{5}{P_E} + \frac{2}{P_J} \right)^{-1} = 22.14, \quad (1)$$

где $P_V = 224.701$ сут, $P_E = 365.256$ сут и $P_J = 4332.589$ сут – орбитальные периоды Венеры, Земли и Юпитера соответственно.

Ввиду peculiarity профиля изменения ОМП с циклом Хейла (рис. 2), а также соотношения

$$\frac{P_H}{P_7} = 3.11(5) \approx \pi, \quad (2)$$

совпадающего с приближением Архимеда, 22:7, для числа π , выдвинуто предположение о связи орбитального периода Земли с циклом Хейла (в годах, см. [Kotov, 2020](#)):

$$P_E = (\pi - 3)P_7 = \left(1 - \frac{3}{\pi} \right) P_H = 0.998(4). \quad (3)$$

3 Поле полюсов

СМ полярного поля B_P приведен на рис. 3, где главные пики, с гармонической амплитудой 0.20 Гс в шкале СОУ, отвечают периодам $P_1 = 1.049(4)$ г. и $P_2 = 0.955(4)$ г., что является результатом расщепления периода P_E , вызванного годичным обращением Земли, переполюсовками поля Солнца с 11-летним циклом и отклонением на $7.^\circ 25$ плоскости солнечного экватора от плоскости эклиптики (с 7 июня по 7 декабря с Земли виден северный полюс Солнца, в остальное время года – южный).

Внимательно рассмотрев главный дублет на рис. 3, приходим к выводу о связи переменности поля B_P как с орбитальным движением Земли, так и с циклом Хейла, что тривиально, но опять с участием чисел 3 и π :

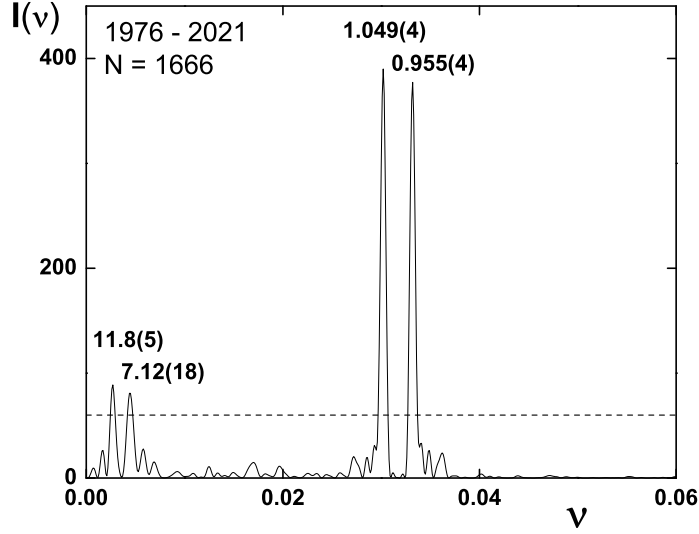


Рис. 3. То же, что на рис. 1, для полярного поля (1976–2021 гг., $N_P = 1666$)

$$P_1 = \frac{P_H P_E}{P_H - P_E} = \frac{\pi}{3} P_E = 1.047, \quad (4)$$

$$P_2 = \frac{P_H P_E}{P_H + P_E} = \frac{3}{\pi} P_E = 0.955, \quad (5)$$

в годах (все указанные соотношения – равенства с точностью до ошибок наблюдаемых величин).

Отметим также, что на рис. 3 период одного из низкочастотных пиков, 11.8(5) г., отвечает почти в пределах ошибки как 11-летнему циклу Швабе, так и сидерическому периоду Юпитера, 11.9 г.; период же второго пика, 7.12(18) г., совпадает с 7-летней шкалой ОМП (усреднив два значения 7-летней шкалы, получаем $P_7 = 7.11(12)$ г.).

4 Движения Земли и Венеры

Движения двух планет вовлечены в тесный резонанс с вращением Солнца: сидерический период осевого вращения Венеры, в сутках, составляет

$$P_{VR} \approx \frac{2}{3} P_E \approx 3^2 P_{\odot} \approx 3^5 P_D = 243.000 \quad (6)$$

при наблюдаемом $P_{VR} = 243.0226(13)$ сут (Margot et al., 2021); здесь P_D – среднесолнечные сутки, а $P_{\odot} = 27.027(6)$ сут – синодический период вращения Солнца (его гравитирующей массы, см. Kotov, 2019b).

(Заметим, что P_{VR} и P_E в соотношениях (6) – периоды сидерические, определяемые относительно далеких звезд, тогда как P_{\odot} и P_D – синодические. Правомерно ли их сравнивать? Ответ на этот вопрос могут дать лишь дальнейшие исследования. Наши выводы основаны на длительных наблюдениях Солнца и аксиоме, что “все законы физики подчинены одним и тем же законам сохранения” (цит. Feynman, 1965). Иногда возможно опровергнуть теорию новыми наблюдениями, но нельзя доказать ее правильность: существуют пределы доказуемости, которые невозможно преодолеть; это доказано в математике и тем более должно учитываться в астрономии. Цит. Чейтин (2006): “... математикам иногда следует постулировать новые аксиомы. Именно так поступают физики, которые обобщают результаты экспериментов и выводят фундаментальные законы, недоказуемые с помощью логики.”)

Интересно также, что взаимное положение Солнца, Венеры и Земли повторяется через интервал $P_{VE} = 243$ г. (Kutchmy, 2020, частное сообщение). Имеется в виду повторяемость последовательности

прохождений Венеры по диску Солнца, обусловленная тем фактом, что 243 орбитальных периода Земли составляют почти 395 сидерических орбитальных периодов Венеры (поэтому через каждые 243 года Венера и Земля возвращаются почти в те же самые точки своих орбит). При этом

$$\frac{P_{VR}}{P_D} \approx \frac{P_{VE}}{P_E} = 3^5, \quad (7)$$

тогда как $P_E \approx 3^3 P_\odot / 2$, $P_\odot \approx 3^3 P_D$ и $P_D \approx 3^2 P_0$, где $P_0 \approx 0.111$ сут – период глобальных пульсаций Солнца, природа которых неизвестна (Sevin, 1946; Brookes et al., 1976; Severnyi et al., 1976; Grec et al., 1980; Scherrer, Wilcox, 1983; наиболее точное значение периода 9600.606(12) с, см. Котов, Ханейчук, 2016 и ссылки там).

5 Заключение

Приведенные соотношения – равенства с точностью до 0.2% (или в пределах ошибок измеряемых величин). Они доказывают взаимосвязь движений Венеры, Земли и Солнца (все шкалы – в годах):

$$P_{VE} \approx 3^5 \frac{P_\odot^2}{2P_D} \approx 3^8 \frac{P_\odot}{2} \approx 3^{11} \frac{P_D}{2} \approx 3^{13} \frac{P_0}{2} \approx 3^5 P_E = 243.000, \quad (8)$$

и основаны – в отличие от многих теоретических построений – на твердых наблюдательных фактах. В связи с этим уместно привести яркое высказывание Simpson (1964) о значении фактов и роли теорий: *“Неотъемлемый признак любого определения науки – требование, что утверждения, которые не могут быть проверены наблюдениями, не говорят в действительности ни о чем – или по крайней мере они вообще не наука”*.

Недавно установлено отдельно, что годовой период Земли по неизвестной причине тесно связан с вращением Солнца (в сутках; см. Kotov, 2019b):

$$P_E = \frac{P_\odot^2}{2P_D} = 365.23(16), \quad (9)$$

что придает особый, пока не раскрытый смысл выражениям (6)–(8). Подчеркнем также пилообразную форму профиля изменения ОМП с циклом Хейла на рис. 2, что подтверждает как правило Гневнышева–Оля (1948), так и возможную космологическую природу цикла (Kotov, Sanchez, 2017). А новый и “таинственный” 7-летний цикл требует осмысления и новых измерений ОМП.

Нами выдвигается гипотеза, что цикл Хейла, скорости вращения Солнца и движений Земли, осевого и орбитального, – фундаментальные константы Солнечной системы. Возможно, что указанные выше шкалы: P_H , P_\odot , P_E , P_D и P_0 , – не случайные величины, как считается в современной астрофизике, а константы Мироздания в нашу космологическую эпоху, и их истинная природа требует пристального изучения.

Благодарности. Автор благодарен С. Кучми и Ф.М. Саншезу (Париж) за дискуссии о Солнечной системе и роли физических законов, а также наблюдателям за данные о магнетизме Солнца. Особое спасибо В.И. Ханейчуку за активное участие в измерениях ОМП в КРАО и компьютерные программы, а также рецензенту за ряд справедливых и полезных замечаний.

Литература

- Котов В., 2020. Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. Т. 116. № 1. С. 14–23. doi:10.31059/izcrao-vol116-iss1-pp14-23. [Kotov V.A., 2020. Izv. Krymsk. Astrofiz. Observ., vol. 116, no. 1, pp. 14–23. (In Russ.)].
- Котов В., Ханейчук В., 2016. Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. Т. 112. № 1. С. 67–70. [Kotov V.A., Haneychuk V.I., 2016. Izv. Krymsk. Astrofiz. Observ., vol. 112, no. 1, pp. 67–70. (In Russ.)].
- Чейтин Г., 2006. В мире науки. Т. 6. С. 38–45. [Chaitin G., 2006. V Mire Nauki, no. 6, pp. 38–45. (In Russ.)].
- Brookes J.R., Isaak G.R., van der Raay H.B., 1976. *Nature*, vol. 259, no. 5539, pp. 92–95.
- Chaplin W., Dumbill A., Elsworth Y., et al., 2003. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, vol. 343, no. 3, pp. 813–818.

- Demidov M.L., Grigor'ev V.M., PeshcheroV V.S., 2005. *Astronomy Reports*, vol. 49, no. 7, pp. 559–566.
- Feynman R., 1965. *The Character of Physical Law*. Cox and Wyman LTD: London.
- Gnevyshev M., Ohl A., 1948. *Astron. Zh.*, vol. 25, no. 1, p. 18.
- Grec G., Fossat E., Pomerantz M., 1980. *Nature*, vol. 288, no. 5791, pp. 541–544.
- Kotov V.A., 2019a. *Astrophys. Space Sci.*, vol. 364, no. 3, p. 45.
- Kotov V.A., 2019b. *Advances in Space Research*, vol. 63, no. 10, pp. 3385–3389.
- Kotov V.A., Sanchez F.M., 2017. *Astrophys. Space Sci.*, vol. 362, no. 1, p. 6.
- Margot J.L., Campbell D.B., Giorgini J.D., et al., 2021. *Nature Astronomy*, vol. 5, pp. 676–683.
- Scafetta N., 2014. *Pattern Recognition in Physics*, vol. 2, no. 1, pp. 1–19.
- Scherrer P.H., Wilcox J.M., 1983. *Solar. Phys.*, vol. 82, no. 1-2, pp. 37–42.
- Scherrer P.H., Wilcox J.M., Svalgaard L., et al., 1977. *Solar. Phys.*, vol. 54, no. 2, pp. 353–361.
- Severny A., 1969. *Nature*, vol. 224, no. 5214, pp. 53–54.
- Severnyi A.B., Kotov V.A., Tsap T.T., 1976. *Nature*, vol. 259, no. 5539, pp. 87–89.
- Sevin E., 1946. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, vol. 222, no. 4, pp. 220–221.
- Simpson G.G., 1964. *Science*, vol. 143, no. 3608, pp. 769–775.

Magnetic cycles of the Sun and the Solar system resonances

V.A. Kotov

Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny 298409
vkotov@craocrimea.ru

Abstract. The mean magnetic field of the Sun was measured by researchers from CrAO, Stanford, and five other observatories from 1968 through 2021 (more than 28 thousand daily values in all). These data indicate the field changes with the Hale cycle $P_H \approx 22$ years and period $P_7 \approx 7$ years, whose ratio agrees with the Archimedes approximation, 22:7, of the π number. It is shown that within the error limits of the observables (a) the Earth's orbital period $P_E = (1 - 3/\pi)P_H = (\pi - 3)P_7 = P_\odot^2/2P_D$, with $P_\odot \approx 27$ days, the synodic period of the Sun's spinning, and P_D , the Earth's mean solar day; (b) the connection $P_E - P_H$ follows from the measurements of the Sun's polar field as well; and (c) the P_E timescale is closely connected with the Venus motion. A hypothesis is advanced that the annual and daily periods of our planet, the speed of the solar spinning, and the Hale cycle, united by numbers 2, 3 and π , have a cosmological meaning, being fundamental for the Sun, Earth, and the Solar system. The true nature of the connection of motions of the Sun and Earth with the Hale cycle is unknown.

Key words: Sun, magnetic field, spinning, 22-year cycle, Earth, π number