

Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность

В. П. Охлопков

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ),
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
E-mail: okhlopkov@tasped.sinp.msu.ru

Статья поступила 18.04.2011, подписана в печать 29.06.2011

Исследованы динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы — расстояние центра Солнца относительно центра масс, угловой момент Солнца и его изменение. Рассчитаны частотные спектры этих параметров и чисел Вольфа, выявлены основные спектральные составляющие. Показано, что периодичность 178.8 года не является главенствующей в динамических параметрах движения Солнца, а в этом диапазоне частот главенствует периодичность 169 лет, связанная с влиянием Нептуна. Показано совпадение периодичностей в числах Вольфа и динамических параметрах движения Солнца. Указаны причины всех составляющих частотного спектра.

Ключевые слова: частотные спектры, центр масс Солнечной системы, солнечная активность, гелиоцентрическая эклиптическая система координат, модуляция.

УДК: 523.2. PACS: 96.60.Q–.

Введение

Еще в середине 19 века Р. Вольф выдвинул гипотезу, что солнечная активность вызывается приливным воздействием планет на Солнце [1]. Браун [2] предложил гипотезу о происхождении цикличности солнечной активности, по которой изменение активности происходит благодаря вихревым движениям в атмосфере Солнца, вызванным планетными приливными волнами. Гипотеза Брауна была поддержана многими исследователями [3–5].

Хотя приливные силы планет на Солнце малы [6] и многие исследователи не считали их причиной солнечной активности, однако в работе [7] автор приходит к выводу, что распределение центров активности обусловлено планетным влиянием.

Многие исследователи проводили различные сопоставления параметров траектории Солнца при движении относительно центра масс Солнечной системы (ЦМСС) с солнечной активностью для выявления взаимосвязей, в частности [8–11]. При этом в работе [8] рассчитаны расстояния центра Солнца от ЦМСС, угловой момент Солнца относительно ЦМСС, изменение углового момента и другие параметры для интервала времени с 1655 по 2012 г. и показано, что динамические параметры движения Солнца относительно ЦМСС имеют периодичность 178.8 года и проводится сопоставление с солнечной активностью.

В работе [11], используя данные работы [8], рассчитано орбитальное ускорение Солнца и показано, что экстремумы орбитального ускорения, как положительные, так и отрицательные, соответствуют максимумам солнечной активности.

Сухарев [12] в своих работах считает главным фактором, воздействующим на солнечную активность, волновые космические электромагнитные резонансы. Автор считает, что при обращении вокруг Солнца планет в соответствии с теорией Максвелла генерируется электромагнитное поле, напряженность которого

изменяется с периодом обращения планет вокруг Солнца. Результирующая волна от всех планет содержит в себе локальные экстремумы, каждый из которых представляет собой волновой космический резонанс. Эти резонансы служат источниками всех возмущений на Солнце и в космосе.

Множество работ выполнено по исследованию причин солнечной активности, но без учета влияния планет. В этих работах источник активности помещается внутри Солнца и рассматриваются магнитогидродинамические решения. Во многих работах рассматривают динамо-модели солнечной активности.

В настоящей работе рассмотрены спектральные характеристики этого движения, поскольку здесь имеются интересные особенности. Координаты планет в гелиоцентрической эклиптической системе координат были рассчитаны по элементам планет для эпохи 2000 г. по данным [13] за период с 1000 по 2250 г. с интервалом между точками 40 дней. Поскольку внутренние планеты с их малыми массами не вызывают существенных отклонений центра Солнца от центра масс, то для расчета расстояния центра Солнца от центра масс r учитывались лишь внешние планеты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон; последний был взят заодно с другими внешними планетами, хотя вклад его ничтожен, но на тех расстояниях имеется рассеянная масса космических тел пояса Койпера), вносящие основной вклад в массу планетной системы. Расчет r проводился по формуле

$$r = \frac{\left[(\sum m_i x_i)^2 + (\sum m_i y_i)^2 + (\sum m_i z_i)^2 \right]^{1/2}}{\sum m_i}.$$

Здесь m_i — массы планет, x, y, z — прямоугольные координаты планет с началом системы координат в центре Солнца, полученные пересчетом из первоначально рассчитанных сферических координат. $\sum m_i$ включает в себя сумму масс планет и Солнца.

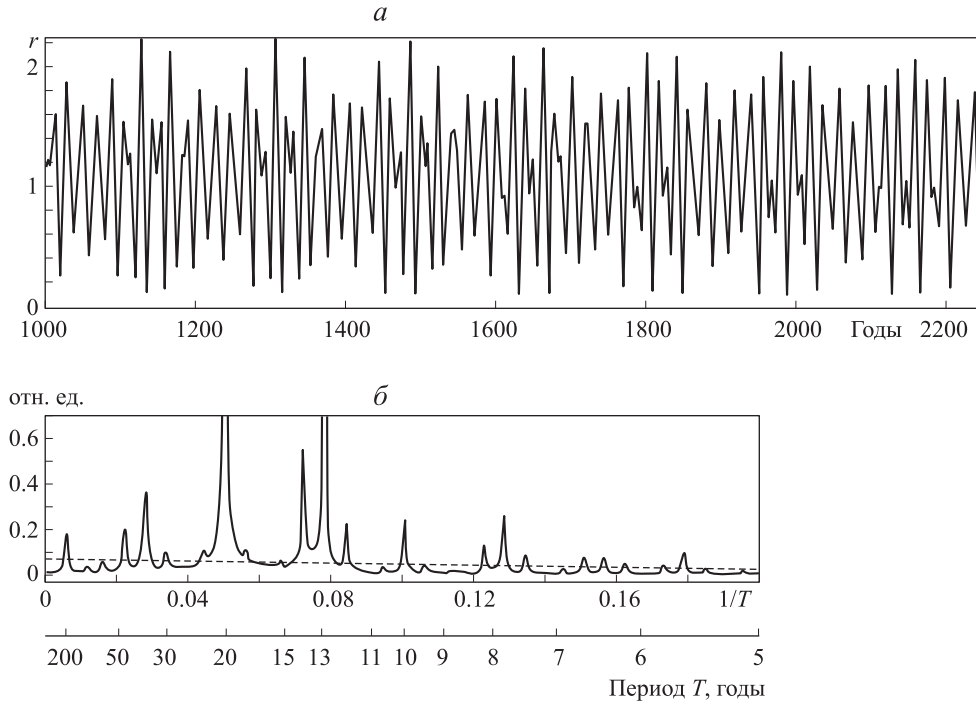


Рис. 1. Расстояние r (в солнечных радиусах) между центром Солнца и центром масс солнечной системы в зависимости от времени (а) и частотный спектр r (б)

1. Спектры динамических параметров движения Солнца

В настоящей работе проведен расчет r для интервала времени 1000–2250 гг. (рис. 1, а). Из него видно, что имеются большие флуктуации, связанные с парой планет Юпитер–Сатурн (19.86 года, обозначим T_{JS}), а также низкочастотная модуляция, вызываемая Нептуном (около 169 лет).

В качестве примера на рис. 2 приведена траектория, описываемая Солнцем вокруг центра масс для периода 1900–2010 гг. При этом Солнце совершает почти круговые движения вокруг центра масс, связанные главным

образом с периодами обращения планет Юпитер и Сатурн, и центр Солнца уходит от центра масс до двух своих радиусов.

Для детального изучения ряда r использован метод спектрального анализа. Был рассчитан амплитудно-частотный спектр для отклонений от среднего за весь исследуемый интервал времени. Поскольку спектр синусоиды в методическом плане имеет главный максимум и множество боковых максимумов, полученный спектр сглаживался соответствующей весовой функцией для ликвидации этих максимумов [14]. Для более детального описания спектральных составляющих шаг по частоте брался в 10–15 и более раз меньше, чем при анализе по гармоникам основного периода (в зависимости от длины числового ряда).

На рис. 1, б приведен частотный спектр расстояний центра Солнца от центра масс солнечной системы, представленных на рис. 1, а. Как видно из рисунка, имеется множество пиков самой различной величины. Наибольший по амплитуде пик — 19.86 года — соответствует соединению Юпитера и Сатурна. Следующим по мощности является пик 12.78 года, соответствующий соединению Юпитера и Нептуна. Далее следует пик 13.83 года, соответствующий соединению Юпитера и Урана. Все выделенные периоды представлены в таблице.

Как видно из спектра r , периодичность 178.8 года, анализируемая в работах [8, 11] и других, в спектре отсутствует, но в этой области частот четко выделяется периодичность 169 лет. Рассмотрим это детально. Были проведены расчеты коэффициентов корреляции соседних интервалов с последующими сдвигами этой пары интервалов по всему массиву и усреднением всех коэффициентов. Расчет проводился для длины

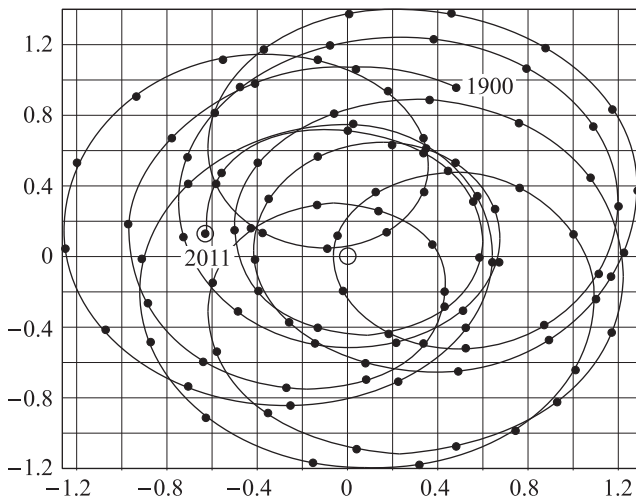


Рис. 2. Движение центра Солнца относительно барицентра Солнечной системы в гелиоцентрической эклиптической системе координат на интервале 1900–2010 гг. Интервал между токами 1 год. Точка весеннего равноденствия справа. Шкалы даны в миллионах километров

Основные периодичности, выделенные в спектре расстояний центра Солнца от центра масс r , в данных R_z , взятых за время с 1700 по 2009 г., в знакопеременном ряде данных R_{z-} , и комбинации периодов пар или более планет (T_s — период обращения планеты, T_c — период соединений, $T_{c/2}$ — половина периода соединений, T_{us} — верхняя боковая частота)

Период, годы			Номера планет и вид комбинации	Период комбинации планет (год)
r	R_z	R_{z-}		
	500		8–9 (T_c)	492.4
169.0	181		7–8 (T_c)	171.4
	102.5		8 и 9 (T_{us})	99.0
61.05			(6–8)–7 или (6–7)–8 (T_c)	
	52.2		7 и 8 (T_{us})	55.64
45.4	43		6–7 (T_c)	45.36
35.87	37.4		6–8 (T_c)	35.87
29.57	29.1		6 (T_s)	29.46
		26.45	(5–7)–6 (T_c)	26.0
22.53		22.09	(5–7)–(6–8) (T_c)	22.45
	21.3		6 и 7 (T_{us})	21.8
19.86		20.06	5–6 (T_c)	19.86
17.78		18.43	(5–8)–(6–7) (T_c)	17.8
		15.65	(6–7)–5 (T_c)	16.06
13.83		13.76	5–7 (T_c)	13.81
12.78		12.83	5–8 (T_c)	12.78
11.86	11.9		5 (T_s)	11.86
	11.0		5 и 8 (T_{us})	11.07
	10.5		5 и 7 (T_{us})	10.4
9.93	10.04		5–8 и 6–7 (T_{us}) или 5–7 и 6–8 (T_{us})	9.97
9.4	9.6		(5–7) и 6 (T_{us}) или (6–7) и 5 (T_{us})	9.4
	8.85		(6–8) и 5 (T_{us})	8.91
	8.5		5 и 6 (T_{us})	8.46
8.14	8.13		[5–(6–7)]/2 ($T_{c/2}$)	8.03
7.78		7.75	[(6–7)–5]/2 ($T_{c/2}$)	8.03
7.42		7.31	[(5–7)–8]/2 ($T_{c/2}$)	7.54
		6.91	(5–7)/2 ($T_{c/2}$)	6.9
6.63		6.7	(5–7) и (5–8) (T_{us})	6.64
6.39		6.35	(5–8)/2 ($T_{c/2}$)	6.39
6.15		6.13	(5–9)/2 ($T_{c/2}$)	6.23
5.77			5/2 (T_s)/2	5.93
5.59			[(5–8) и 7]/2 (T_{us})/2	5.54

интервалов от 10 до 250 лет. На рис. 3 приведены эти расчеты. Видно, что наибольший коэффициент корреляции приходится на интервал около 179 лет ($9T_{JS}$). Также высоки коэффициенты для интервалов около 40 ($2T_{JS}$) и 140 лет ($7T_{JS}$). Высокие отрицательные коэффициенты корреляции имеются для интервалов около 30 лет ($1.5T_{JS}$), 70 лет ($3.5T_{JS}$), 110 лет ($5.5T_{JS}$), 148 лет ($7.5T_{JS}$) и 187 лет ($9.5T_{JS}$). Действительно, в соседних интервалах длительностью 179 лет по всему массиву корреляция высока, однако в каждом таком интервале наибольшая мощность приходится на период $T_{JS} = 19.86$ года, а составляющая с периодом 179 лет имеет ничтожную амплитуду, поэтому ее и нет

в спектре. Моделирование на синусоидах описываемой ситуации подтверждает результат.

Также рассчитаны частотные спектры углового момента Солнца и его изменения. Однако эти параметры не добавляют новых результатов по сравнению с параметром r и поэтому не приводятся.

2. Спектры солнечной активности

Рассмотрим основные периодичности в спектрах R_z (рис. 4) и проведем их сопоставление с комбинациями периодов обращения планет. Обозначим планеты их порядковыми номерами от Солнца: 5 — Юпитер, 6 — Сатурн, 7 — Уран, 8 — Нептун, 9 — Плутон. Расчеты

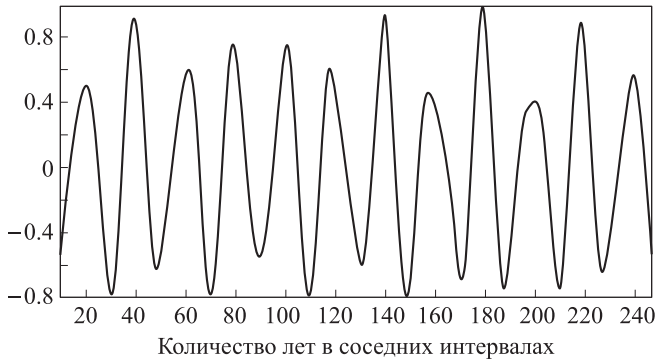


Рис. 3. Средние коэффициенты корреляции соседних пар интервалов массива r , сдвигаемых с шагом от начала и до конца массива (1000–2250 гг). Расчет проводился для длины интервалов от 10 до 250 лет

периодов проводились по формуле $T = T_1 \cdot T_2 / (T_1 \pm T_2)$. Обозначим T_c период соединения планет, когда они находятся по одну сторону от Солнца и на одном радиусе (в формуле берется знак минус, T_c совпадает с нижней боковой частотой спектра модуляции). Период, соответствующий верхней боковой частоте спектра модуляции, обозначим T_{us} (в формуле берется знак плюс). Период обращения планеты обозначим T_s , а половину периода соединений обозначим $T_{c/2}$. Основные периодичности (даны в годах) обычного ряда Вольфа R_z с 1700 по 2009 г., знакопеременного ряда R_{z-} и соответствующие планетные периоды приведены в таблице. Здесь номера через черточку означают соединение планет, и имеются комбинации соединений двух планет, соединений пары планет с другой планетой, а также соединение одной пары с соединением другой пары планет.

Анализ приведенных результатов показывает, что периоды, соответствующие спектральным линиям, наблюдаемым в данных R_z и R_{z-} , практически совпадают с комбинациями периодов обращения двух или более планет. Результаты, представленные в таблице, трудно объяснить случайным совпадением периодов, соответствующих отдельным линиям в спектре солнечной

активности (рис. 4), с периодами, соответствующими комбинациям периодов обращения нескольких планет, а также периодичностям в спектре расстояний центра Солнца от центра масс Солнечной системы.

Полученные результаты приводят к заключению, что движение планет влияет на солнечную активность.

Заключение

В заключение хотелось бы отметить несомненное влияние динамических параметров движения планет на солнечную активность. Остается большим вопросом, каков же механизм этого влияния. В работе Сурдина [6] отмечалось, что приливное воздействие оказывается незначительным и максимальная высота приливов не превышает 3 мм. Однако, считает Сурдин, высота приливов может возрасти, если собственная частота колебаний наружных слоев Солнца совпадет с частотой изменения приливообразующей силы планет. По расчету Сурдина следует, что относительно вращающейся поверхности Солнца планеты имеют период обращения 30–40 сут, а тогда периоды их приливообразующих сил заключены в интервале 15–20 сут. Это важный момент, поскольку периодичности, о которых шла речь выше, лежат далеко за пределами. Но если допустить действительность механизма приливообразующих сил, то низкие частоты могли бы быть получены через биения волн из диапазона 15–20 сут. Несомненно, при расчете приливных волн надо учитывать вращение самого Солнца.

В работе Прайс [15] проведен анализ соотношений приливных сил, действующих со стороны планет на Солнце и приливной силы, действующей со стороны Луны на Землю. Так, для Юпитера соответствующее отношение составляет 2110, для Венеры 283, для Земли 179, для Сатурна 188. Прайс считает, что планеты должны гораздо более сильно воздействовать на газовую оболочку Солнца, чем Луна на воздушно-водные массы Земли. В работе [16] указывается, что максимальная высота прилива 3 мм на поверхности Солнца в хромосфере Солнца возрастает в несколько раз, а в нижней короне — в десятки раз.

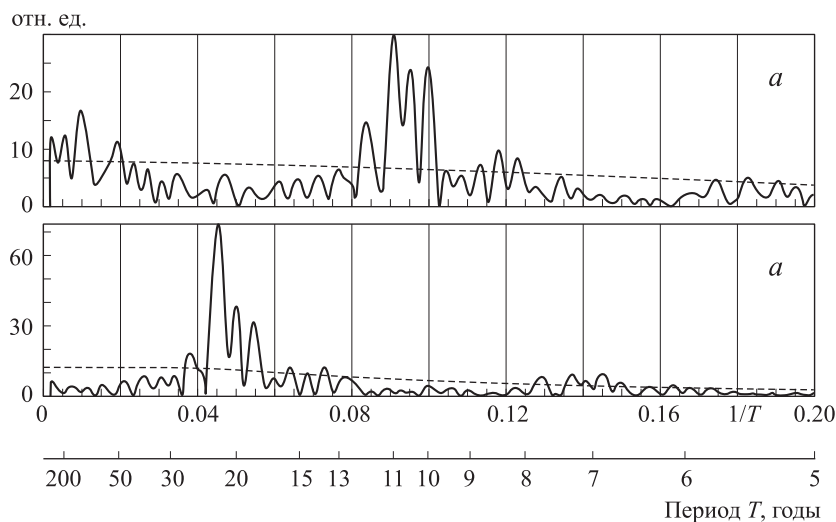


Рис. 4. Частотный спектр числа солнечных пятен R_z для интервала 1700–2009 гг.: обычный ряд (а) и знакопеременный ряд (б). Пунктир — 95%-ный уровень значимости

Остаются механизмы электромагнитного взаимодействия планет и его влияния на солнечную активность, в частности [17], а также влияние на солнечную активность потоков комет и других малых небесных тел при их падении на Солнце [18]. При этом движение комет и других малых небесных тел в межпланетном пространстве определяется гравитационным воздействием планет и фокусировкой их движения относительно центра масс Солнечной системы.

Список литературы

1. Витинский Ю.И. Солнечная активность. М., 1983.
2. Brown E.W. // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 1900. **60**. P. 599.
3. Шостакович В.Б. // Тр. Иркутск. Магн. Обс. 1928. № 2–3.
4. Malberet J. // L'Astronomie. 1925. **39**. P. 503.
5. Clayton H.H. // Smith. Misc. Coll. 1947. **106**, Publ. 3870. P. 1.
6. Сурдин В.Г. Динамика звездных систем. М., 2001.
7. Trellis M. // C.R. Acad. Sc. Paris. 1966. **262**. P. 376.
8. Jose F.D. // Astron. J. 1965. **70**. P. 193.
9. Fairbridge R.V., Shirley J.N. // Solar Phys. 1987. **110**. P. 191.
10. Charvatjva I., Strejntik J. // Bull. Astron. Czech. 1991. **42**. P. 90.
11. Прокудина В.С. // Труды Гос. Астрон. ин-та им. П. К. Штернберга. 1995. **64**, Ч. 1. С. 145.
12. Сухарев В.А. Все катастрофы Земли. Одесса, 2004.
13. Keplerian Elements for Approximate Positions of the Major Planets. http://ssd.jpl.nasa.gov/?planet_pos.
14. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М., 1974.
15. <http://www.astrosystem.ru/AstroSystem/Members/p1/a1>.
16. Дружинин И.П., Сазонов Б.И., Ягодинский В.Н. Космос — Земля. Прогнозы. М., 1974.
17. Никулин И.Ф. Циклы активности на Солнце и звездах. СПб., 2009.
18. Stozhkov Y.I., Erмаков V.I., Okhlopkov V.P. Циклы активности на Солнце и звездах: Сб. статей. СПб., 2009.

The basic periodicity of movement of the center of the Sun concerning the center of mass of Solar system and solar activity

V. P. Okhlopkov

D. V. Skobel'syn Research Institute of Nuclear Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia.

E-mail: okhlopkov@tasped.sinp.msu.ru.

Dynamic parameters of movement of the Sun concerning the center of mass of Solar system — distance of the center of the Sun concerning the center of mass, the angular moment of the Sun and its change are investigated. Frequency spectra of these parameters and Volf's numbers are calculated, the basic spectral components are revealed. It is shown that periodicity of 178.8 years is not predominating in mechanical parameters of movement of the Sun, and in this range of frequencies the periodicity of 169 years connected with influence of the Neptune predominates. Coincidence of periodicity in Volf's numbers and dynamic parameters of movement of the Sun is shown. The reasons of all components of a frequency spectrum are specified.

Keywords: frequency spectra, the center of mass of the solar system, solar activity, heliocentric ecliptic coordinate system, modulation.

PACS: 96.60.Q–.

Received 18 April 2011.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 6(2011).

Сведения об авторе

Охлопков Виктор Петрович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник; тел: (495) 939-50-97, e-mail: okhlopkov@tasped.sinp.msu.ru.