

Пономарева О.В.^{1,2}

¹*Камчатский государственный университет имени В. Беринга, Петропавловск-Камчатский*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
ponomareva_ov@list.ru*

Введение

Известно, что Солнце находится под воздействием гравитационного поля планет, и значительное влияние на солнечную активность оказывает Юпитер. Поэтому принято считать, что за солнечную активность со средним периодом 11 лет «ответственен» именно Юпитер.

Однако на солнечную активность оказывают влияние и планеты земной группы (ПЗГ), но их влияние исследователями почти не рассматривается. Влияние же этой планетной группы на активность Солнца существенно и отличается от влияния планет-гигантов (ПГ).

В исследовании доказываем, что Юпитер с сидерическим периодом $T = 11,8567$ лет, в составе планет-гигантов и Плутона (планеты с большим периодом обращения), отвечает за т.н. «долгопериодную» активность Солнца. За активность со средним периодом $T = 11,083$ лет, или т.н. «короткопериодную» активность, ответственны планеты именно земной группы.

Цель исследования - выделить в активности Солнца две составляющие: **W**-активность (число пятен) – активность, обусловленная статическими приливами на Солнце под воздействием гравитационного поля планет; и **B**-активность – активность, обусловленная движением Солнца относительно барицентра Солнечной системы (СС), т. н. барицентрическая активность.

Методика исследования и результаты

В настоящее время при исследовании солнечной активности применяют статистические методы, в частности Фурье-анализ. На наш взгляд, применение этого метода при исследовании активности Солнца не совсем корректно, так как к настоящему времени известны только 23 цикла солнечной активности (всего лишь 23 периодических колебания), и Фурье-анализ не позволит выделить доминанты в активности Солнца, которые можно было бы соотнести с теми или иными физическими процессами, «несущими ответственность» за существование тех или иных гармоник в активности Солнца.

Составлены уравнения движения планет, в основу которых положены законы Кеплера, так как рассматриваемые временные рамки простираются не более чем на 300 лет. Траектории планет для целей исследования были представлены в виде геометрических функций (см. рис. 1 - 7). Физические и орбитальные данные планет СС взяты из [2, 3].

Принятая система координат: гелиоцентрическая, стационарная (предполагается, что центр СС и центр тяжести Солнца совпадают и в пространстве неподвижны); барицентрическая, экваториальная (т.е. эклиптики планет и экватор Солнца лежат в одной плоскости).

Принятые допущения: планеты являют собой материальные точки; гравитационное поле СС рассмотрено как поле планет и Солнца. Не учитываются: взаимное влияние планет и их спутников; барицентрические формы движения планет с «развитыми» спутниковыми системами; гравитационное влияние объектов Пояса Астероидов и удаленных объектов СС.

Известно, что под воздействием гравитационного поля планет возникают статические приливы на Солнце; образуется барицентр СС и, как следствие, происходит движение Солнца относительно барицентра. Воздействие планет на Солнце приводит к модуляции солнечной активности гравитационным полем планет, источником которого являются «осциллирующие массы» планет (здесь под «осцилляцией» подразумеваются все компоненты движения планет как вокруг Солнца, так и вокруг своей оси).

Считается, что группа ПЗГ «ответственна» лишь за т. н. «высокочастотную» компоненту в результирующем гравитационном поле, действующем на Солнце, на которую Солнце не способно отреагировать своим движением относительно барицентра СС в силу того, что суммарная масса ПЗГ весьма незначительна – $5,9 \cdot 10^{-6}$ массы Солнца. Гравитационное поле ПЗГ способно вызвать незначительные статические приливы на Солнце, которые могут привести лишь к изменению числа солнечных пятен. В рамках настоящего исследования эта активность названа **W**-активностью Солнца. Группа ПГ «ответственна» за т. н. «низкочастотную» компоненту в результирующем гравитационном поле, на которую Солнце «успевает откликнуться» всей своей

массой и начинает двигаться относительно барицентра СС, к тому же масса ПГ больше массы ПЗГ в 225 раз и составляет $1,3 \cdot 10^{-3}$ массы Солнца (см. табл. 1). В рамках настоящего исследования движение Солнца относительно барицентра СС названо **В**-активностью Солнца.

NB. Под определением «высокочастотная» и «низкочастотная» компоненты гравитационного поля подразумевается более высокая частота синодического движения ПЗГ вокруг Солнца по отношению к ПГ и соответственно разные частотные гармоники в результирующем гравитационном поле «осциллирующих» планет.

В настоящем исследовании применён метод инвариантного моделирования – метод «математического портретирования» процессов.

Статические приливы на Солнце (W-активность Солнца)

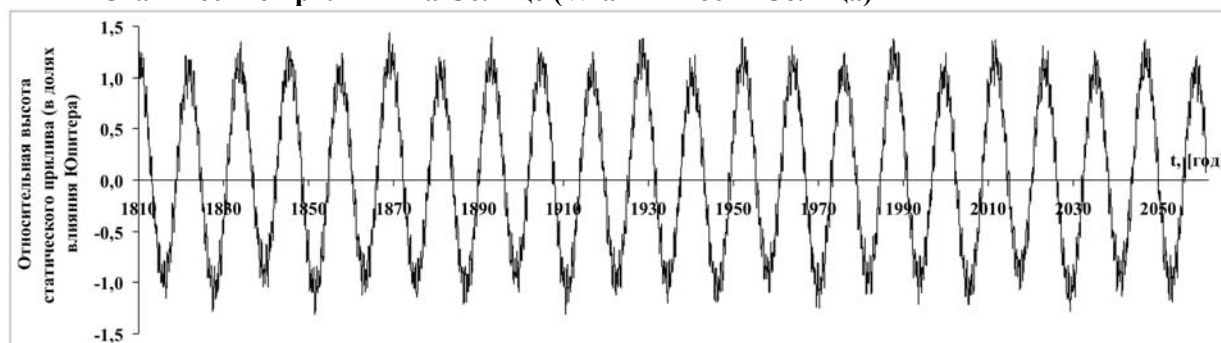


Рис. 1. Статические приливы на Солнце под воздействием всех планет (временной ход, гелиомеханическая модель) (1810-2060) гг.

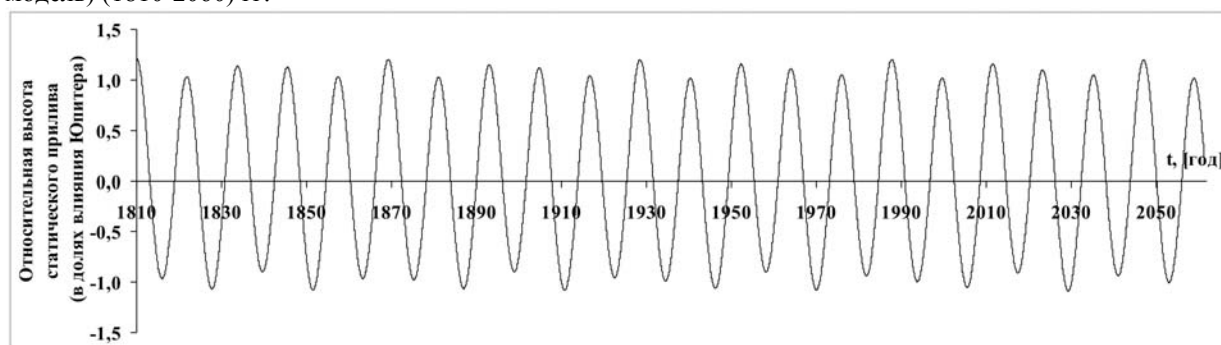


Рис. 2. Статические приливы на Солнце под воздействием ПГ +Плутон (временной ход, гелиомеханическая модель) (1810-2060) гг.

Рассчитанная траектория движения всех планет повторяет траекторию движения ПГ с той лишь разницей, что в нее включены «высокочастотные» составляющие от ПЗГ (см. рис. 1 и 2).

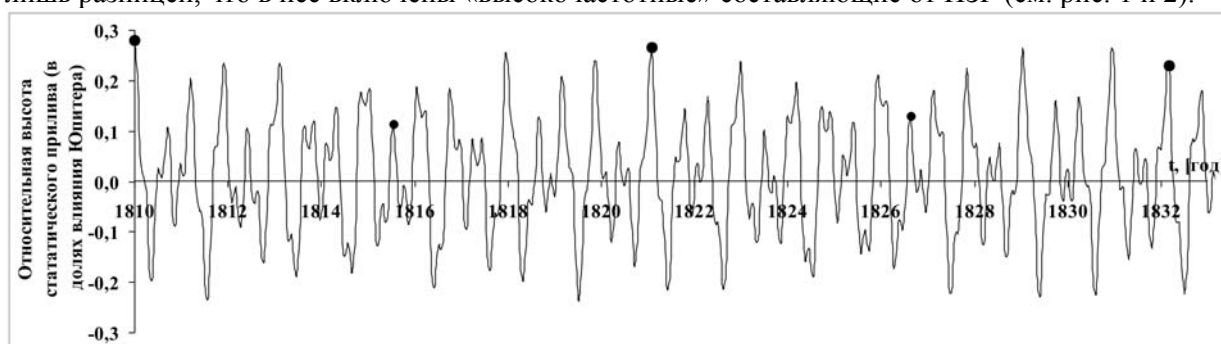


Рис. 3. Статические приливы на Солнце под воздействием ПЗГ (временной ход, гелиомеханическая модель) (1810-1833) гг.

В траектории движения ПЗГ амплитудно-частотные «портреты» позволяют выделить процессы с периодами: $T = 11,083$ лет и $T = 6,778$ лет (см. рис. 4). «Орбитальные портреты» обладают периодичностью, максимальной информативностью, минимальной избыточностью и внутренней (зеркальной) симметрией.

Поэтому можно утверждать, что ПЗГ определяют **W**-активность Солнца с периодами $T = 11,083$ лет и $T = 6,778$ лет, как «орбитальные портреты» ПЗГ в вызываемых ими статических приливах на Солнце.

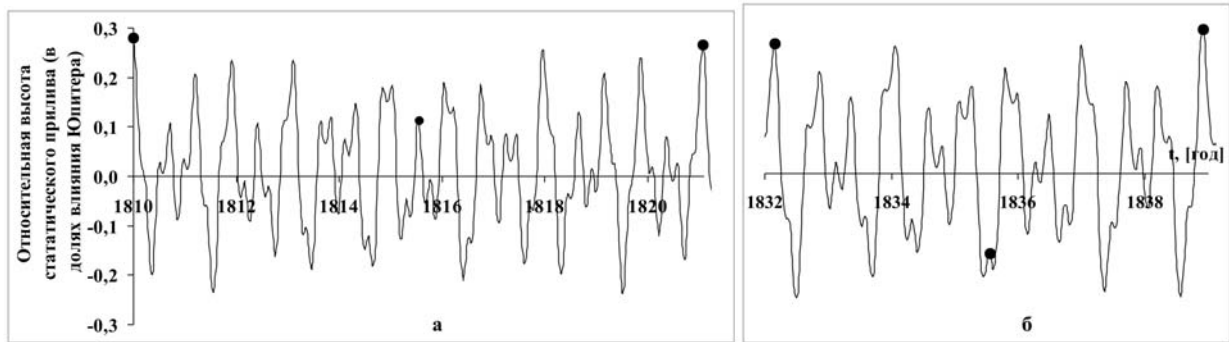


Рис. 4. Орбитальные амплитудно-частотные «портреты» ПЗГ с фиксированной фазой: $T = 11,083$ лет (а) и $T = 6,778$ лет (б).

Движение Солнца относительно барицентра Солнечной системы (В-активность Солнца)

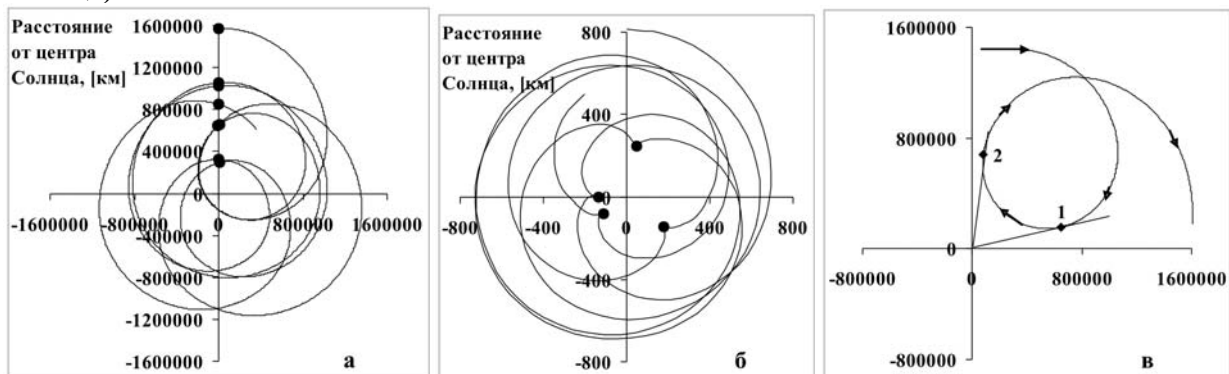


Рис. 5. Движение барицентра СС относительно центра Солнца: (а) - действие ПГ + Плутон (1810-1895) гг. Периоды 1810,00-1820,44; 1820,44-1833,89; 1833,89-1843,69; 1843,69-1857,69; 1857,69-1869,08; 1869,08-1880,53; 1880,53-1893,92 гг. Радиус Солнца $R = 695\,000$ км.; (б) - действие ПЗГ (1810-1816) гг. Период $T = 1,611$ лет между «квазисингулярными» состояниями: 1810,81-1812,42; 1812,42-1814,03; 1814,03-1815,67 гг.; (в) – гипотетически возможное ретроградное движение Солнца: если барицентр пройдет мимо центра тяжести Солнца, не «охватив» его (между 1 и 2).

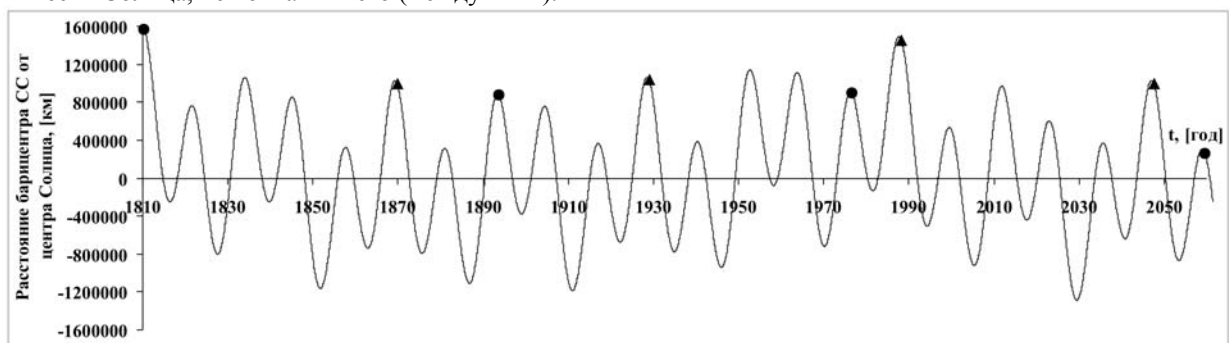


Рис. 6. Экскурсия барицентра СС: влияние ПГ + Плутон (1810-2060) гг. Круглыми маркерами отмечены циклы Глейсберга со средним периодом $T = 82,972$ лет: 1810,00–1893,36; 1893,36–1976,31; 1976,31–2058,92 гг. Треугольными маркерами отмечены циклы, обусловленные Юпитером и Сатурном со средним периодом $T = 59,257$ лет: 1810,00–1869,25; 1869,25–1928,50; 1928,50–1987,69; 1987,69–2047,03 гг.

ПГ в первую очередь влияют на **В**-активность и в меньшей степени на **W**-активность, давая жизнь всем «долгопериодным» циклам солнечной активности, кратным среднему периоду $T = 11,8532$ лет (см. рис. 6). Элементарные периоды (между максимумами) представлены в табл. 2.

Барицентр «выходит» за пределы Солнца на расстояние, едва превышающее его собственный диаметр $D_s = 1,39$ млн. км (см. рис. 5а, табл. 1). Девиационные изменения барицентра СС составляют около 2,758 млн. км, что примерно равно 1,8 % от 1 а. е.

Движение барицентра под влиянием ПЗГ происходит как бы «внутри» Солнца, и вся энергия ПЗГ «расходуется» на **W**-активность. Под воздействием ПЗГ выделяются периоды: $T = 8$ лет и $T = 1,611$ лет – «орбитальные портреты», при этом период $T = 1,611$ лет между «квазисингулярными» состояниями кратен периоду $T = 8$ лет (см. рис. 5б, 7).

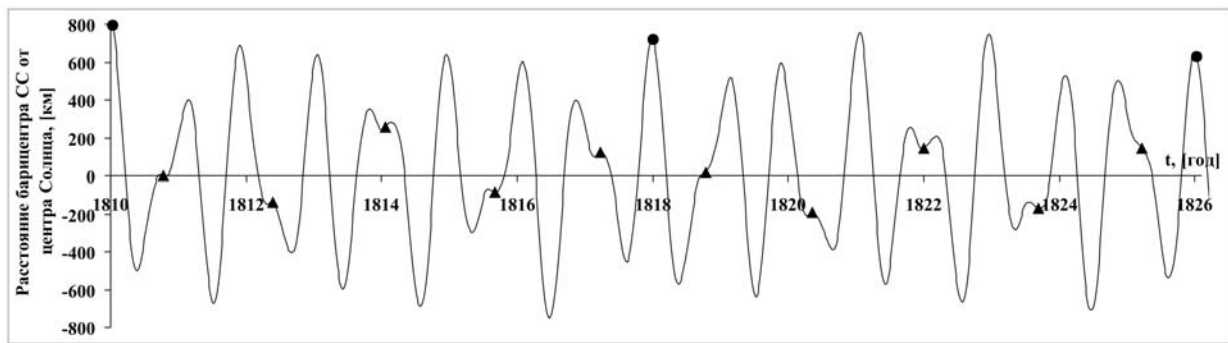


Рис. 7. Экскурсия барицентра СС: влияние ПЗГ (1810-1827) гг. Круглыми маркерами отмечены периоды $T = 8$ лет. Треугольными маркерами отмечены периоды $T = 1,611$ лет.

Обнаружены периодические «квазисингулярные» состояния [1] в барицентрическом движении Солнца под воздействием ПЗГ, характеризующиеся петлеобразной траекторией движения, с периодом $T = 1,611$ лет (см. рис. 5б). Этот период соответствует синодическому периоду Венеры $T = 1,5987$ лет, а Земля и Венера находятся в «жестком» орбитальном резонансе.

К вопросу о ретроградном движении Солнца

В литературе поднимается вопрос о ретроградном движении Солнца (РДС). В данном исследовании РДС обнаружен не был. РДС возможен в случае, когда барицентр СС начнет перемещаться в обратную по отношению к направлению вращения планет сторону, т. е. если барицентр пройдет мимо центра тяжести Солнца, не «охватив» его. Тогда в определенном секторе движения барицентра (между касательными, проведенными из ЦТ Солнца (начало координат) к траектории барицентра) может быть возможно перемещение барицентра как бы в обратном направлении (см рис. 5в).

Однако «ретроградная» составляющая обнаруживается в элементах движения барицентра СС под воздействием ПЗГ - петлеобразная траектория движения (см рис. 5б). Площадь петли, как показывают расчеты, пропорциональна гравитационной энергии, сообщаемой планетами ЗГ на РДС. Этой энергии, безусловно, недостаточно для РДС, но достаточно для возбуждения активности с периодом $T = 1,611$ лет, который обнаруживается в спектрах солнечной активности.

Сравнительный анализ В-активности и W-активности Солнца

Сравнительный анализ траекторий движения планет показывает, что, невзирая на то, что влияние планет на статические приливы и В-активность описываются одними и теми же уравнениями, графики, описывающие поведение планет, абсолютно различны (см. рис. 2 и 6, 3 и 7). Воздействие конкретной планеты на статический прилив на Солнце и на положение барицентра СС коренным образом отличаются (см. табл. 1), за исключением Юпитера.

Таблица 1. Сводная таблица влияния планет на W-активность и В-активность Солнца

	Влияние планеты на стат. прилив на Солнце (в долях влияния Юпитера)	Влияние планеты на статический прилив на Солнце (место)	Барицентрическая поправка планеты, км	Влияние планеты на положение барицентра СС, (место)	Масса планеты в массах Солнца, M_p/M_s
Меркурий	$6,2 \cdot 10^{-2}$	5	11,5906	9	$1,7 \cdot 10^{-7}$
Венера	$1,1 \cdot 10^{-1}$	2	266,6709	6	$2,4 \cdot 10^{-6}$
Земля	$7,5 \cdot 10^{-2}$	4	456,8236	5	$3,0 \cdot 10^{-6}$
Марс	$4,8 \cdot 10^{-3}$	6	80,4300	7	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Юпитер	1	1	778988,8605	1	$9,5 \cdot 10^{-4}$
Сатурн	$9,1 \cdot 10^{-2}$	3	431219,9003	2	$2,9 \cdot 10^{-4}$
Уран	$3,3 \cdot 10^{-3}$	7	131328,9726	4	$4,4 \cdot 10^{-5}$
Нептун	$1,4 \cdot 10^{-3}$	8	234078,4835	3	$5,2 \cdot 10^{-5}$
Плутон	$2,7 \cdot 10^{-7}$	9	45,8520	8	$6,2 \cdot 10^{-9}$
Все планеты	1,35		1576477,5839		$1,3 \cdot 10^{-3}$

ПГ слабо участвуют в W-активности Солнца, доминирующее влияние оказывают ПЗГ. ПГ определяют В-активность Солнца. W-активность, обусловленная ПГ, определяется различными комбинациями сидерических периодов ПГ. За W-активность Солнца ответственны ПЗГ с периодами: $T = 11,083$ лет; $T = 8$ лет; $T = 6,778$ лет, $T = 1,611$ лет, которые можно считать универсальными гелиофизическими константами.

О периодичности и циклах солнечной активности

Часть энергии гравитационного поля ПГ расходуют на W-активность Солнца, формируя «долгопериодные» циклы, которые определяются исключительно взаимным расположением ПГ. В

формировании тех или иных циклов «участвуют» различные планеты. Так, 59-летний цикл зависит от взаимного расположения 2-х планет - Юпитера и Сатурна - поэтому этот цикл наиболее устойчив: максимальная экскурсия барицентра составляет 35 % (см. табл. 2, рис. 6).

Цикл Глайсберга – это более сложное образование, в его формировании принимают участие все ПГ, и он отчетливо проявляется только в периоды «парада планет» (в 1810,000; 1987,722 гг.). Экскурсия барицентра при его формировании весьма существенна – 81 % (см. табл. 2, рис. 6). Поэтому в настоящее время цикл Глайсберга в активности Солнца не наблюдается.

Таблица 2. Анализ «долгопериодных» циклов активности Солнца.

Исследуемый период, год	Цикл Юпитер-Сатурн, лет	Цикл Глайсберга, лет	Элементарные циклы, лет	Барицентрическая поправка, км			Экскурсия барицентра, %	
				ПЗГ	ПГ	Все планеты	Цикл Юпитер-Сатурн	Цикл Глайсберга
1810,000				815,52	1575662,06	1576477,58		
1821,583			11,583	-301,10	764078,33	763777,23		
1834,028			12,444	711,17	1057394,00	1058105,17		
1845,111			11,083	560,31	853752,11	854312,42		
1857,667			12,556	-508,85	324083,19	323574,34		
1869,222	59,222		11,556	-3,27	1028124,02	1028120,75	35	
1880,944			11,722	292,46	312793,35	313085,81		
1893,361		83,361	12,417	-565,61	881325,89	880760,28		44
1904,417			11,056	-611,84	756192,70	755580,86		
1917,000			12,583	755,00	365698,22	366453,22		
1928,528	59,306		11,528	-478,42	1062609,68	1062131,26	33	
1940,306			11,778	-48,78	383948,92	383900,14		
1952,722			12,417	244,23	1140448,93	1140693,16		
1963,778			11,056	343,39	1113840,91	1114184,30		
1976,278		82,917	12,500	-189,43	909264,25	909074,82		42
1987,722	59,194		11,444	70,92	1490488,22	1490559,14	5	
1999,500			11,778	-180,15	534288,57	534108,42		
2011,833			12,333	448,89	969134,39	969583,28		
2022,972			11,139	554,78	601970,59	602525,37		
2035,639			12,667	-158,61	368954,83	368796,22		
2047,000	59,278		11,361	473,82	1028790,87	1029264,69	35	
2058,917		82,639	11,917	148,55	306194,53	306343,08		81

ПЗГ даже если и оказывают влияние на **В**-активность Солнца, то это влияние весьма незначительно: барицентрическая поправка составляет не более 0,05 % по всему ансамблю планет.

Выводы

1. В результате разделения планет СС на две группы в активности Солнца выделяются две составляющие: **W**-активность, выражаемая числами Вольфа, за которую «ответственны» ПЗГ, и **B**-активность – барицентрическая активность, за которую «ответственны» ПГ.

2. Солнечную активность с периодом 11 лет определяют именно ПЗГ, а не Юпитер.

3. Периоды $T = 11,083$ лет, $T = 8$ лет, $T = 6,778$ лет, $T = 1,611$ лет можно считать универсальными гелиофизическими константами, определяющими **W**-активность Солнца.

4. Юпитер в составе ПГ ответственен за «долгопериодные» циклы солнечной активности, кратные среднему периоду $T = 11,853$ лет. Точно определены периоды активности Солнца различной продолжительности, ранее определявшиеся исследователями эмпирически.

5. Траектория движения барицентра СС относительно Солнца имеет выраженный «незамкнутый» характер.

NB. Известная «незамкнутость» траектории Меркурия может быть объяснена возмущением его движения барицентром СС.

Список литературы

1. Пономарева О.В. О механизме возмущения периодического движения полюса Земли планетами Солнечной системы. Материалы ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2007. С. 202-213.
2. Fukushima T. System of astronomical units and constants. IAU – WGRS / SGAC. 1990. Circ. 13.
3. Seidelmann P.K., Abalakin V.K. et al. Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites: 2000 // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2002. V. 82 (1). P. 83-111.