

УДК 523.21 + 523.45 + 523.98

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ВЛИЯНИЯ ЮПИТЕРА  
НА ФОРМИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА****Приходовский М.А.***Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск,  
e-mail: prihod1@yandex.ru*

Взаимосвязь между солнечной активностью и положением планет является темой исследований в течение многих десятилетий. Период обращения Юпитера вокруг Солнца близок к средней длине цикла солнечной активности. Во многих источниках допускается влияние планет на циклы солнечной активности, однако причины такого влияния достоверно пока не установлены. В данной статье рассматривается сравнительное гравитационное влияние планет на центр солнечной системы с учётом его изменения во времени вследствие ненулевого эксцентриситета планетных орбит. Так, устанавливается, что одни лишь только вариации воздействия Юпитера на Солнце превышают абсолютную величину гравитационного воздействия любой другой планеты. Возможно, что именно ненулевой эксцентриситет орбиты Юпитера имеет отношение к механизму влияния Юпитера на формирование солнечного цикла.

**Ключевые слова:** солнечная активность, гравитация, приливное воздействие, барицентр**ANALYSIS OF POSSIBLE REASONS JUPITER'S INFLUENCE  
ON THE FORMATION OF THE SOLAR CYCLE****Prikhodovsky M.A.***Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, Tomsk, e-mail: prihod1@yandex.ru*

The relationship between solar activity and the position of the planets is a research topic for decades. The period of Jupiter around the Sun is close to the average length of the solar cycle. Many sources may be the influence of the planets on the cycles of solar activity, but the reasons for this influence is not reliably established. This article discusses the comparative gravitational influence of the planets on the center of the solar system, taking into account its change over time due to non-zero eccentricity of planetary orbits. So, it is established that the mere variation of Jupiter only exposure to the sun exceed the absolute value of the gravitational influence of any other planet. It is possible that a non-zero eccentricity of the orbit of Jupiter is related to the mechanism of Jupiter's influence on the formation of the solar cycle.

**Keywords:** solar activity, gravity, tidal action, the barycentre

Взаимосвязь между солнечной активностью и положением планет является темой исследований в течение многих десятилетий. Предположение о такой взаимосвязи делалось неоднократно в работах разных авторов, начиная с Р. Вольфа, который является основоположником данного направления [1]. По его мнению, солнечная активность вызывается приливым воздействием планет на Солнце. С тех пор много десятилетий подряд в разных источниках высказываются гипотезы о характере влияния планет солнечной системы на циклы активности Солнца. В 1960-1970-х годах в СССР этому вопросу были посвящены публикации В. Шувалова о взаимосвязи солнечного цикла и расположения планет по долготе, например [2]. Проводятся подобные исследования и в наше время, например [3, 4, 5]. Однако точно установить взаимосвязь между солнечными циклами и влиянием планет до сих пор не удалось: не существует какой-либо подтверждённой модели происхождения солнечного цикла и не разработаны методики предсказания особенностей и времени следующих циклов. Ю.В. Витин-

ский пишет: «период обращения Юпитера вокруг Солнца (11,7 года) поразительно близок к средней длине цикла солнечной активности (11,1 года)» [6]. В то же время, есть обоснованные мнения, что приливное воздействие планет на Солнце настолько мало, что солнечные циклы нельзя объяснить его влиянием. «Приливное воздействие планет на Солнце не в состоянии увеличить его радиус больше, чем на 1 мм» [6]. В связи с этим в [6] также приводятся гипотезы, описывающие цикличность активности Солнца вовсе без учёта влияния планет, например, теория солнечного динамо.

В новом веке по-прежнему продолжает оставаться много необъяснимых явлений, связанных с солнечным циклом. Так, неожиданно для научного сообщества стало запоздание цикла: «Продолжавшийся около трех лет беспрецедентный период необычно низкой активности Солнца закончился. Об этом заявил ведущий британский научный астрофизический центр – Лаборатория Рутерфорд Эпплтон. Мировая наука с облегчением вздохнула, Солнце вышло из загадочного для ученых периода затяжной

спячки» [7]. «Текущий 24-й цикл является аномальным по сравнению с предшествующими циклами» [8].

Обратимся к результатам, связанным со смещением барицентра Солнца. «Ничтожно малым получилось и влияние отклонения положения центра Солнца от положения центра масс Солнечной системы». [6]. Тем не менее, есть результаты о взаимосвязи солнечных циклов и движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы (ЦМСС). Так, в [9] показано, что экстремумы орбитального ускорения Солнца соответствуют максимумам солнечной активности.

«Причина появления продолжительных минимумов солнечной активности неизвестна» [8]. «Остаётся большим вопросом, каков же механизм этого влияния» [3].

Итак, обилие противоречивых мнений и результатов в исследовании проблемы солнечных циклов, безусловно, свидетельствует о том, что проблема актуальна и далека от полного решения. В связи со всем сказанным, тема исследования комплекса возможных причин солнечного цикла продолжает оставаться актуальной.

В работе [3] рассчитываются средние разности долгот (СРД) для Юпитера, Венеры и Земли. Однако параметр «СРД» обладает следующими недостатками: он не учитывает массы планет и форму их орбит, а ведь именно масса и расстояние от Солнца являются основными параметрами, от которых зависит гравитационное воздействие. На рис. 2 работы [4, с. 58] график зависимости гелиоцентрической долготы каждой планеты от времени есть прямая линия, т.е., по-видимому, в данном приближении угловая скорость предполагается постоянной, как если бы движение происходило по круговой орбите. Однако на самом деле орбиты планет эллиптические, и угловая скорость меняется со временем. Кроме того, параметр СРД никак не учитывает приближение и удаление планеты от Солнца, а ведь эти вариации настолько существенны, что пренебрегать ими нельзя: одни лишь только вариации гравитационных сил со стороны Юпитера превышают абсолютную величину воздействия любой из других планет. Это будет показано в табл. 1 и 2 в п. 3 данной работы.

В [4, с. 60] приводится расчёт сил взаимного притяжения, где для Земли сила полагается равной единице. Очевидно, орбиты планет при этом считаются круговыми (т.к. все указанные параметры являются константами). Это весьма грубое приближение, не позволяющее выявить влияние эллиптичности орбит на исследу-

емые процессы. Очевидно, кроме учитываемых Шуваловым в [2] и Охлопковым [3, 4, 5] конфигураций расположения планет и их сгруппированности по гелиоцентрической долготе, необходимо учитывать также и массы планет, и их расстояния до Солнца, причём с учётом приближения и удаления вследствие эллиптичности орбиты. Само по себе рассмотрение конфигураций планет без учёта других факторов, несмотря на то, что оно регулярно становится предметом исследований на протяжении десятилетий, не привело к полному решению проблемы ни в 1960-1970-х, ни в настоящее время. Очевидно, одним лишь расположением планет по долготе не исчерпывается вся совокупность причин, порождающих солнечные циклы, иначе точное предсказание солнечной активности в любой будущий момент времени было бы уже решённой задачей. Видимо, причина этого в том, что «рассуждения, которые выдвигались для обоснования гипотезы планетной обусловленности солнечной активности, были исключительно эмпирико-статистическими. Ни о каких строгих физических расчетах не было и речи» [6].

Хотелось бы заострить внимание на следующем противоречии. В [3] при исследовании расстояния между центрами масс Солнца и Солнечной системы отмечается периодичность в 19,86 года, вызванная соединением Юпитера и Сатурна. «Наибольший по амплитуде пик – 19,86 года – соответствует соединению Юпитера и Сатурна». [3, с. 139]. Но ведь солнечный цикл составляет не 19,86 а около 11 лет, так что очевидно, соединением планет-гигантов процесс не объясняется. Более того, как будет показано ниже, приближение и удаление Юпитера вследствие эллиптичности его орбиты играет намного большую роль, чем соединение с Сатурном. Соединение с Сатурном добавляет к силе максимум  $20 \cdot 10^{-9}$  Н/кг, тогда как приближение Юпитера к перигелию увеличивает его гравитационное воздействие на Солнце на величину  $41 \cdot 10^{-9}$  Н/кг.

В [10] приводится расчёт среднего ускорения, порождаемого каждой планетой, в реальных физических величинах ( $10^{-9}$  Н/кг). Позже тема была продолжена в [11], где приведена подробная таблица, учитывающая форму планетных орбит, т.е. показаны силы в момент нахождения в перигелии и афелии. В данной статье делается попытка дать подробную оценку гравитационного влияния Юпитера на Солнце в различные моменты времени с целью оценить возможность его влияния на формирование солнечного цикла.

**Возможные причинно-следственные связи**

Следует сразу отметить, что изучаемые причинно-следственные связи между солнечной активностью и положением планет могут носить лишь односторонний характер. Траектории движения планет обусловлены законами небесной механики и не зависят от наличия или отсутствия пятен на Солнце, а вот гравитационное влияние планет может порождать смещение центра масс Солнца, вызывать неравномерности движения и усиливать солнечную активность.

Сгруппированность планет по долготы приводит к увеличению равнодействующей внешней гравитационной силы, действующей на Солнце, а следовательно, к усилению солнечной активности, однако сам механизм этого явления пока неизвестен. Дело в том, что можно выделить два различных процесса, происходящих из-за сгруппированности планет:

- 1) смещение барицентра Солнца относительно центра масс солнечной системы.
- 2) усиление приливного воздействия.

Фактически, в разных работах авторы неявно как раз и подразумевают два различных типа влияния планет на Солнце: «барицентрическое» и «приливное». Однако, точно неизвестно, какое из этих влияний вносит больший вклад и в конечном итоге определяет характер солнечной активности. Следует разделять эти процессы как минимум потому, что вклад одной и той же планеты в первый и второй процесс различны. При расстоянии  $R$  планеты от Солнца, гравитационное притяжение, вызывающее добавочное ускорение центра масс Солнца, пропорционально  $R^{-2}$ , в то время как приливное воздействие пропорционально величине  $R^{-3}$ . Величина вертикальной составляющей приливного ускорения в зависимости от зенитного расстояния небесного тела определяется известной формулой:

$$3G \frac{mr}{R^3} \left( \cos^2 z - \frac{1}{3} \right)$$

где  $z$  – зенитное расстояние тяготеющего небесного тела,  $m$  – масса тяготеющего небесного тела,  $R$  – расстояние до тяготеющего небесного тела,  $G$  – гравитационная постоянная,  $r$  – радиус Солнца. Таким образом, максимальное приливное воздействие для тех точек, для которых тяготеющее тело находится в зените, равно  $2G \frac{mr}{R^3}$ .

Итак, для воздействий, пропорциональных  $R^{-2}$  и  $R^{-3}$  соответственно, роль планет

распределяется по-разному. Для приливного воздействия роль Венеры и Земли сопоставима с ролью Юпитера, а влияние Сатурна на порядок меньше. В то же время для барицентрического воздействия доля влияния Юпитера в 10 раз превосходит роль Венеры, Земли и Сатурна (см. табл. 1, 2 в пункте 3 данной работы).

В работе [12] была предпринята попытка разделить два разных явления. Вводятся понятия «W-активность» и «B-активность». W-активность отождествляется с числом солнечных пятен, а B-активность – с движением барицентра Солнца. Однако, на мой взгляд, ошибочно утверждается, что планеты-гиганты ответственны за B-активность, а планеты земной группы – именно за W-активность. На самом деле, Юпитер вносит самый значительный вклад также и в приливное влияние планет на Солнце, то есть влияет и на то, что в [12] называется «W-активность». По моему мнению, нет двух разных типов активности Солнца, а есть два различных физических процесса, посредством которых планеты могут оказывать влияние на активность Солнца. Движение барицентра Солнца – это не какая-то отдельная так называемая «B-активность», а процесс, который, наряду с приливным воздействием, приводит к изменению солнечной активности. Имеет место комбинарованный комплекс процессов, связанных как со смещением центра масс солнечной системы относительно барицентра Солнца, так и с приливным воздействием планет на Солнце.

Очевидно, что Юпитер является самой массивной планетой, однако со всей определенностью до настоящего времени неизвестно, является ли именно Юпитер причиной 11-летнего солнечного цикла, и если да, то каков механизм этого влияния. Не исключено, что близость периода обращения Юпитера к средней продолжительности солнечного цикла может оказаться совпадением. Взаимосвязи носят более сложный и неоднозначный характер, и движение Юпитера может лишь запускать какие-либо процессы, которые развиваются не одномоментно. Более того, структура солнечных циклов не является строго периодической, а подвержена значительным вариациям по длительности от 8 до 15 лет [13], в то время как, очевидно, период обращения Юпитера не подвержен таким вариациям. Также известно, что аналогичные процессы изменения активности происходят не только на Солнце, но и многих звёздах, сходных по строению с Солнцем. Это показывают авторы работы [13], опираясь на результаты исследований [14, 15].

Также хотелось бы заострить внимание на следующих логических выводах, которые, при кажущейся очевидности, остаются в тени и явно не прописаны в литературе.

А) Структура солнечных циклов не является строго периодической, а подвержена значительным вариациям по длительности, в то время как, очевидно, период обращения каждой планеты не подвержен столь значительным вариациям.

Б) Вращение планет, происходящее по законам Кеплера, не претерпело никаких аномальных изменений за время перехода от 23-го цикла к 24-му, а значит, эти аномалии цикла, упоминаемые в [8], однозначно связаны с какими-то внутренними процессами Солнца, а не с влиянием планет.

Из этих двух фактов следует, что особенности солнечных циклов вряд ли в принципе когда-либо будет возможно предсказать, если основываться только на расположении планет солнечной системы. Однако, и влияние расположения планет необходимо

исследовать более подробно, в том числе с учётом формы их орбит, обладающих ненулевым эксцентриситетом, что и будет сделано далее.

#### Численный анализ влияния планет

Вычислим ускорение, порождаемое гравитацией планет солнечной системы, действующее на единицу массы, расположенную в центре солнечной системы. При этом не будем пренебрегать тем фактом, что орбиты имеют ненулевой эксцентриситет, так как именно эти вариации, как мы увидим далее, могут оказаться существенными.

Построим таблицу, отражающую различные параметры гравитационного воздействия планет солнечной системы на центр солнечной системы. Масса, минимальное и максимальное расстояние взяты из известных астрономических справочников. Ускорения и разница ускорений вычислены и сведены в единую таблицу автором впервые в [11].

Таблица 1

Барицентрическое влияние планет на Солнце в зависимости от нахождения в перигелии и афелии

Планета	масса, в $10^{24}$ кг.	минимальное расстояние от Солнца, млн км.	максимальное расстояние от Солнца, млн км	Максимальное ускорение, в $10^{-9}$ Н/кг.	Минимальное ускорение, в $10^{-9}$ Н/кг.	Разница, в $10^{-9}$ Н/кг.
Юпитер	1899,77	740,57	816,52	231,1132	190,1181	40,9951
Венера	4,87	107,4	109	28,1693	27,3484	0,8209
Сатурн	568,92	1353,573	1513,325	20,7178	16,5746	4,1432
Земля + Луна	6,05	147,1	152,1	18,6546	17,4483	1,2063
Меркурий	0,328	45,9	69,7	10,3873	4,5047	5,8826
Марс	0,645	206,7	249,1	1,0072	0,6935	0,3137
Уран	87,25	2735	3004	0,7782	0,6451	0,1331
Нептун	102,787	4456	4537	0,3454	0,3331	0,0123

Примечания к табл. 1.

1. Нахождение планеты в перигелии, очевидно, соответствует максимальному оказываемому ускорению (столбцы 3 и 5 соответственно), а нахождение в афелии, напротив, минимальному ускорению (столбцы 4 и 6).

2. Плутон не учитывается вследствие того, что величина воздействия на несколько порядков меньше, чем  $10^{-9}$  Н/кг. Вместо Земли учтена система «Земля + Луна». Это сделано потому, что Луна является наиболее массивным спутником (по отношению к своей планете) среди всех планет солнечной системы, при этом расположена в несколько раз ближе к Солнцу, чем подобные (по массе) спутники, имеющиеся у планет-

гигантов. Поэтому более корректно будет при изучении влияния планет на Солнце учитывать не саму Землю, а общую массу Земли и Луны.

3. Сортировка произведена по убыванию по максимальному оказываемому ускорению (столбец 5). Ускорение в 5, 6, 7 столбцах вычисляется по формуле  $a = G \frac{m}{R^2}$ .

Из этих данных видно, что воздействие Юпитера на единицу массы в центре солнечной системы на порядок превышает воздействие других планет, и составляет около  $2 \cdot 10^{-7}$  Н/кг, тогда как для следующих по силе воздействия планет эта величина около  $2 \cdot 10^{-8}$  Н/кг. Но отсюда виден ещё

более важный факт: даже вариации силы со стороны Юпитера из-за его приближения и удаления от Солнца вследствие эллиптичности орбиты, составляют около  $4 \cdot 10^{-8}$  Н/кг, то есть численно превышают абсолютное значение силы, порождаемой любой другой планетой (около  $2 \cdot 10^{-8}$  Н/кг). В большинстве периодов времени, исключая лишь те короткие периоды, когда Венера, Земля и Сатурн расположены почти на одной гелиоцентрической долготе, вариации барицентрического гравитационного воздействия, оказываемого на Солнце со стороны Юпитера, превышают не только воздействие каждой из других планет, но даже их суммарное воздействие. Это может свидетельствовать в пользу наличия причинно-следственной взаимосвязи между циклами солнечной активности и вращением Юпитера. Если солнечный цикл во многом зависит от барицентрического влияния планетной системы, то именно влияние Юпитера является определяющим, причём это воздействие связано именно с эллиптичностью орбиты Юпитера. Вариации барицентрического гравитационного воздействия Юпитера при движении по орбите с эксцентриситетом 0,048 есть величина того же порядка, что и суммарное воздействие всех остальных планет, вместе взятых.

Рассмотрим приливное влияние планет на Солнце при нахождении в перигелии и афелии и вариации вследствие эллиптичности орбит планет. Напомним, что максимальное приливное воздействие для точек, для которых тяготеющее тело видно в зените, равно  $2G \frac{mr}{R^3}$ , что можно записать в виде

$$G \frac{m}{R^2} \frac{2r}{R}$$

. Тогда очевидно, что для получения численных характеристик приливного воздействия, нужны величины, полученные ранее в трёх последних столбцах табл. 1,

домножить на коэффициент вида  $\frac{2r}{R}$ . Учти-

таявая, что радиус Солнца  $r = 0,696$  млн км, дополнительный коэффициент составит величину  $\frac{1,392}{R}$ . При этом получаются доста-

точно малые величины, которые для удобства выражены не в  $10^{-9}$  Н/кг, а в  $10^{-11}$  Н/кг.

Как видно из табл. 2, влияние каждой из планет на процессы, связанные с приливым воздействием, совсем другое, чем вклад этой же планеты в перераспределение масс и движение барицентра Солнца. В периоды максимального приближения Меркурия к Солнцу, его вклад в приливное воздействие почти достигает той величины, которая связана с Юпитером. Величина приливного воздействия Юпитера при максимальном удалении от Солнца становится меньше, чем приливное воздействие Венеры. Естественно, эти явления невозможно было бы выявить, если рассматривать только гелиоцентрические долготы планет, приближённо считая их орбиту круговой.

Итак, эксцентриситеты орбит играют важную роль, и пренебрегать ими при исследовании влияния планет на солнечные циклы нельзя. Учёт только гелиоцентрических долгот планет в различных работах, посвящённых влиянию планет на циклы Солнца, не позволял выявить эти взаимосвязи.

**Таблица 2**

Приливное влияние планет на Солнце в зависимости от нахождения в перигелии и афелии

Планета	масса, в $10^{24}$ кг.	минимальное расстояние от Солнца, млн км.	максимальное расстояние от Солнца, млн км	Максимальное $2G \frac{mr}{R^3}$ $10^{-11}$ Н/кг.	Минимальное $2G \frac{mr}{R^3}$ $10^{-11}$ Н/кг.	Разница, в $10^{-11}$ Н/кг.
Юпитер	1899,77	740,57	816,52	43,44	32,41	11,03
Венера	4,87	107,4	109	36,51	34,93	1,58
Меркурий	0,328	45,9	69,7	31,50	9,00	22,50
Земля + Луна	6,05	147,1	152,1	17,65	15,97	1,68
Сатурн	568,92	1353,573	1513,325	2,13	1,53	0,60
Марс	0,645	206,7	249,1	0,68	0,39	0,29
Уран	87,25	2735	3004	0,04	0,03	0,01
Нептун	102,787	4456	4537	0,0108	0,0102	0,0006

### Заключение

1. Необходимо явно разделять два разных типа гравитационного воздействия – барицентрическое и приливное. Оба этих воздействия могут приводить к увеличению солнечной активности, однако вклад каждой планеты в тот или другой тип воздействия различен.

2. При исследовании влияния планет на солнечную активность эксцентриситет орбиты играет важную роль, и пренебрегать им при исследовании солнечных циклов нельзя.

### Список литературы

1. Wolf R. // *Astr. Mittheilungen*. 1859. 8. P. 183.
2. Шувалов В. Солнечная активность и положения планет // *Наука и жизнь*. – 1971. – № 10, – С. 63–64.
3. Охлопков В.П. Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность // *Вестн. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия*. – 2011. – № 6. – С. 138–142.
4. Охлопков В.П. Циклы солнечной активности и конфигурации планет // *Вестн. МГУ. Сер.3. Физика. Астрономия*. – 2012. – № 4. – С. 56–61.
5. Охлопков В.П. О связи циклов солнечной активности с конфигурациями планет // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. – 2013. – Т. 77. № 5. – С. 667.
6. Витинский Ю.В. Солнечная активность – Москва: Наука, 1983 – 192 с.
7. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.gosbalt.ru/2010/02/03/709323.html>, свободный (дата обращения: 10.05.2015).
8. Стожков Ю.И., Охлопков В.П. О новом длительном минимуме солнечной активности // *Краткие сообщения по физике Физического института им. П.Н. Лебедева Российской Академии Наук*. – 2013. – № 2. – С. 3–12.
9. Прокудина В.С. // *Труды Гос. Астрон. ин-та им. П.К. Штернберга*. 1995. 64, Ч. 1. С. 145.
10. Приходовский М.А. О сходстве внешних факторов, порождающих циклы солнечной и сейсмической активности // *Естественные и технические науки*. – 2006. – № 3. – С. 28–31.
11. Приходовский М.А. О механизме влияния Юпитера на солнечные циклы // В сборнике: *Наука и образование в жизни современного общества сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30.12.2014: в 12 частях*. 2015. С. 131-133.
12. Пономарева О.В. Роль планет и планетных групп в активности Солнца // *Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России: в 2 томах. Труды региональной научно-технической конференции. Том 2. Петропавловск-Камчатский. 11-17 ноября 2007 г. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 212–216.*
13. Бруевич Е.А., Кононович Э.В. Активность атмосфер Солнца и звезд солнечного типа на одиннадцатилетней и квадвухлетней временных шкалах // *Вестн. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия*. – 2011. – № 1. – С. 70–74.
14. Baliunas S.L., Donahue R.A., Soon W.H. // *Astrophys. J.* 1995. 438. P. 269.
15. Lockwood G.W., Sciff B.A., Baliunas S.L. et al. // *Astrophys. J. Suppl.* 2007. 171. P. 260.