

УДК 523.2

## 11-ЛЕТНИЙ ИНДЕКС ЛИНЕЙНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ПЛАНЕТ ВЕНЕРА, ЗЕМЛЯ, ЮПИТЕР И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

© 2020 г. В. П. Охлопков\*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ),  
г. Москва, Россия

\*e-mail: ovpetrovich@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.05.2019 г.

После доработки 08.08.2019 г.

Принята к публикации 23.01.2020 г.

В данной работе используется эволюция введенного автором параметра, характеризующего взаимное положение планет – средней за день разности гелиоцентрических долгот для пары планет. Рассмотрены попарно планеты Венера, Земля и Юпитер по минимальным значениям этого параметра. По минимальным отклонениям планет от линии, проходящей через них и Солнце при расположении планет по одну сторону от Солнца (планеты находятся в соединении), а также при расположении планет по разные стороны от Солнца и на одной линии с ним, составлен индекс ( $JEV$ ), описывающий 11-летний цикл солнечной активности. Кроме того, проведены расчеты средних разностей для четырех планет с участием планеты Меркурий. Показано, что Меркурий не вписывается в 11-летние линейные конфигурации планет Венера, Земля и Юпитер и не участвует в максимальном гравитационном воздействии на Солнце. Только планеты Венера, Земля и Юпитер в своих линейных конфигурациях имеют 11-летний цикл. Проведено сопоставление индекса  $JEV$  с солнечной активностью и показано, что средние 11-летние периодичности в индексе  $JEV$  и в солнечной активности за 1000-летний интервал времени совпадают с точностью до второго знака после запятой. Это указывает на возможную связь индекса  $JEV$  с 11-летним циклом солнечной активности.

DOI: 10.31857/S0016794020030141

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Природа активности Солнца издавна привлекала внимание исследователей. Близость периода обращения Юпитера и средней длительности 11-летнего цикла солнечной активности (СА) наталкивала на мысль о планетном воздействии на солнечную активность. Еще в середине XIX века Р. Вольф выдвинул гипотезу, что солнечная активность вызывается приливным воздействием планет на Солнце [Wolf, 1859]. Многие исследователи продолжили развивать приливную гипотезу солнечной активности [Brown, 1900; Malburet, 1925; Шостакович, 1928; Clayton, 1947]. В частности, Brown предложил гипотезу о происхождении цикличности солнечной активности, по которой ее изменение происходит благодаря вихревым движениям в атмосфере Солнца, вызванным планетными приливными волнами.

Детальные расчеты приливной волны на Солнце посвящены работы [Wood, 1972; Condon and Schmidt, 1975]. Wood [1972] рассчитал приливную волну, вызываемую Венерой, Землей и Юпитером для периода с 1800 по 2000 гг. и показал, что имеются циклы как с хорошим соответ-

ствием максимума СА с максимумом прилива, так и с запаздыванием СА на несколько лет.

Важным этапом в исследованиях СА была работа [Jose, 1965], в которой рассчитаны расстояния центра Солнца от центра масс Солнечной системы (ЦМСС), угловой момент Солнца относительно ЦМСС, изменение углового момента и другие параметры для интервала времени с 1655 по 2012 гг. В работе было показано, что динамические параметры движения Солнца относительно ЦМСС имеют периодичность 178.8 лет и было проведено сопоставление полученных результатов с данными по солнечной активности.

Многие исследователи проводили различные сопоставления параметров траектории Солнца при движении относительно ЦМСС с солнечной активностью для выявления взаимосвязей, в частности [Trellis, 1966; Fairbridge and Shirley, 1987; Charvatova and Strestik, 1991; Прокудина, 1995; Сурдин, 2001]. В работе Прокудиной [1995] с использованием данных работы [Jose, 1965] рассчитано орбитальное ускорение Солнца и показано, что экстремумы орбитального ускорения,

как положительные, так и отрицательные соответствуют максимумам солнечной активности.

В работах Хлыстова [1982], Хлыстова и др. [1992, 1995], Долгачева и др. [1991] рассматривалось влияние барицентрического движения Солнца на солнечную активность. В этих работах были рассчитаны спектры мощности скорости изменения момента количества движения Солнца относительно барицентра (ЦМСС) и мгновенного центра кривизны, ускорение относительно барицентра и другие функции. Было показано, что периоды, найденные в этих функциях, объясняются соединениями двух, трех и большего числа планет, причем самым мощным является период 19.8 года. Сравнение с результатами спектрального анализа чисел Вольфа [Долгачев и др., 1991; Хлыстов и др., 1992, 1995] показало, что в спектре барицентрического движения нет пика вблизи 11-летнего периода, определяющего солнечную цикличность. Делается вывод, что главный 11-летний период в числах Вольфа не связан с барицентрическим движением Солнца.

В работе Охлопкова [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. Здесь рассмотрены комбинации соединений двух планет, соединений пары планет с другой планетой, а также соединение одной пары с соединением другой пары планет. Показано совпадение периодичностей в числах Вольфа и динамических параметрах движения Солнца, делается вывод о влиянии динамических параметров движения планет на солнечную активность.

В работе [Mogner, 2013] указывается, что циклические изменения солнечной активности могут быть связаны с движением планет вокруг Солнца, с положением Солнца относительно центра масс, что приводит к изменению углового момента и гравитационных приливных сил, действующих на Солнце.

В работе [Solheim, 2013] показывается, что длина солнечного цикла модулируется периодами 190 и 86 лет. Основываясь на простой гармонической модели с этими периодами предсказывается увеличение длительности солнечных циклов в XXI веке.

В работе [Никулин, 2009] проведено компьютерное моделирование в целях поиска моментов времени прохождения силовых линий межпланетного магнитного поля через несколько планет и обнаружены для этих моментов повышения солнечной активности. Как считает Никулин, влияние планет на солнечную активность существует, но осуществляется не посредством гравитационного

воздействия, а электродинамическим путем.

В работе [Abreu et al., 2012] разработана физическая модель для описания зависящего от времени вращающего момента со стороны планет на несферический тахоклон и проведено сравнение соответствующего спектра мощности с реконструированной солнечной активностью по космогенным данным углерода  $^{14}\text{C}$  и бериллия  $^{10}\text{Be}$ . Найдено хорошее согласие между долговременными циклами в солнечной активности и периодичностями в планетном вращающем моменте.

В работах [Wolff and Patrone, 2010; Charbonneau, 2013] также указывается на возможное планетное влияние на 11-летний цикл SA, в частности в работе [Wolff and Patrone, 2010] получены возмущения внутри вращающейся звезды, когда звезда ускоряется от орбитальных тел.

В работе [Wilson, 2013] рассматривается модель спин-орбитальной связи планет Венера, Земля и Юпитер. Модель создает чистые тангенциальные моменты, которые воздействуют на внешние конвективные слои Солнца с периодичностями, которые соответствуют многим долгосрочным циклам, которые находятся в данных о солнечной активности, полученных по космогенным изотопам углерода  $^{14}\text{C}$  и бериллия  $^{10}\text{Be}$ .

В работе [Cameron and Schüssler, 2013] авторы ссылаются на статью [Abreu et al., 2012], в которой предложена модель долгосрочной модуляции солнечной активности посредством приливных эффектов, оказываемых планетами. Указано, что это утверждение основано на сравнении периодичностей, полученных из записей космогенных изотопов с периодичностями, возникающими из-за планетарных моментов на эллипсоидально деформированном Солнце. Авторы считают, что между периодичностями в записях космогенных изотопов в качестве индикаторов солнечной активности и планетарных моментов связь статистически незначима и потому нет свидетельства влияния планет на солнечную активность.

В статье [Poluianov and Usoskin, 2014] сделан критический пересмотр гипотезы о влиянии планетарного прилива на солнечную активность, рассмотренную в статье [Abreu et al., 2012]. Abreu et al. рассматривают гипотезу о том, что планеты могут оказывать влияние на солнечный тахоклон и, следовательно, на солнечную активность. Авторы заявляют, что пики в долгопериодном диапазоне спектра вращающего момента – это артефакты. Авторы в своем анализе обнаружили, что долгопериодная когерентность между вращающим моментом планеты и гелиосферной модуляцией незначительна. Влияние планетарного прилива на солнечную активность не имеет веских оснований.

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.

Цель данной работы состоит в выявлении планет, проявляющих 11-летнюю цикличность в своих линейных конфигурациях, и сопоставление с солнечной активностью.

## 2. ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ

В работах [Охлопков, 2012, 2013] введен параметр – средняя разность гелиоцентрических долгот планет (СРД). Наилучшая связь параметра СРД с солнечной активностью (использованы числа Вольфа) получена для трех планет – Венеры, Земли и Юпитера. В этих работах [Охлопков, 2012, 2013] была выделена огибающая минимальных значений СРД, которая имеет главную периодичность 22 года и которая хорошо описывает знакопеременный ряд солнечной активности, который тоже имеет главную периодичность 22 года. Было показано, что экстремумы огибающей минимальных значений СРД планет Венера, Земля и Юпитер хорошо согласованы с 11-летними циклами солнечной активности. В этих экстремумах наблюдаются линейные конфигурации планет Венера, Земля и Юпитер как при их расположении по одну сторону от Солнца (соединения), так и при расположении по разные стороны от Солнца.

Для трех планет средняя разность гелиоцентрических долгот планет с долготами  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_3$  представляется выражением:

$$ADL = \{|D_1 - D_2| + |D_1 - D_3| + |D_2 - D_3|\} / 3. \quad (1)$$

Обозначение  $ADL$  взято по первым буквам английского сочетания – average difference in longitude.

При этом необходимо учитывать, что абсолютные значения разностей долгот выбирались таким образом: если разность  $\Delta > 180^\circ$ , то ее абсолютное значение равнялось  $(360^\circ - \Delta)$ . Разности брались минимальные с учетом цикличности долготы ( $0^\circ - 360^\circ$ ). Например, если одна долгота равна  $350^\circ$ , а другая  $10^\circ$ , то разность долгот равна  $20^\circ$ , а не  $340^\circ$ . В формуле (1) этот нюанс трудно воспроизвести, поэтому приведено это пояснение. Для минимальных значений  $ADL$  формула (1) отражает соединения планет при их расположении по одну сторону от Солнца и на одной линии с ним.

Если планеты располагаются по разные стороны от Солнца, например две планеты с долготами  $D_1$  и  $D_2$  в соединении, а третья планета с долготой  $D_3$  по другую сторону от Солнца, то параметр представляется в виде

$$ADLO = \{|D_1 - D_2| + (180 - |D_1 - D_3|) + (180 - |D_2 - D_3|)\} / 3. \quad (2)$$

В обозначении  $ADLO$  буква “O” добавлена от английского слова – opposition.

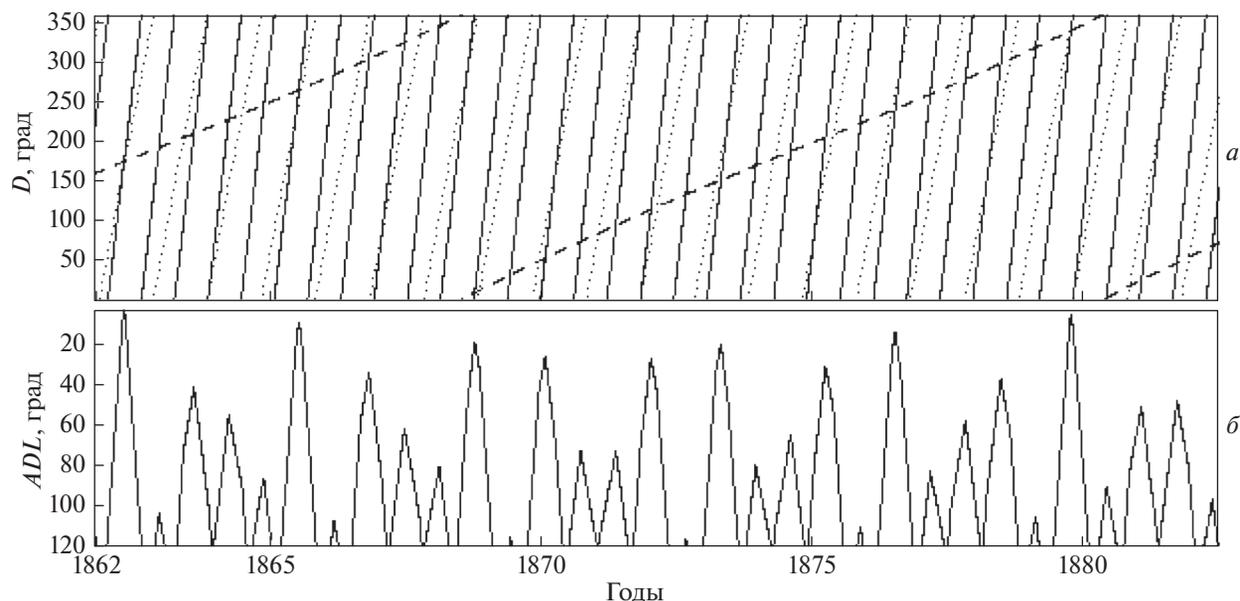
При минимальных значениях параметра  $ADLO$  все три разности в скобках минимальны, и это соответствует расположению планет по разные стороны от Солнца и на одной линии с ним.

В случае расчета для четырех планет в формулы (1, 2) добавляются дополнительные члены для всех возможных сочетаний.

На рисунке 1 для пояснения расчета СРД в качестве примера для Венеры, Земли и Юпитера для периода с 1862 по 1882 гг. с шагом при расчете координат через 1 день показаны долготы и средние разности долгот, где четко видны малейшие детали. Для трех планет имеются три разности, которые усредняются с равными весами. Как видно из рисунка, там, где планеты располагаются на одной долготе или в узком секторе долгот (верхняя панель), параметр СРД имеет минимальные значения (нижняя панель). Для дальнейшей работы использовались точки перегиба, где СРД имеет наименьшие значения. На рис. 1 таких точек 9 (величина СРД  $< 25$ ). В этих точках планеты располагаются в небольшом по долготе секторах и оказывают максимальное гравитационное воздействие на Солнце. Между точками с минимальными значениями СРД планеты расходятся в большой долготный сектор, где их гравитационное воздействие падает.

Были рассчитаны СРД ( $ADL$ ) для интервала времени с 1000 по 2050 гг. с шагом при расчете координат 1 день. Расположение планет как на одной линии от Солнца и по одну сторону от него, т.е. с одинаковой долготой, так и в некотором секторе гелиодолгот будем называть соединением планет. Также для этого интервала времени были рассчитаны  $ADLO$ .

Поскольку в данном исследовании были рассчитаны моменты времени как для соединений трех планет, так и их расположений по разные стороны от Солнца и на одной линии с ним, то для краткости описания введем обозначения различных конфигураций трех планет. Планеты обозначим по первым буквам английских названий: Венера –  $V$ , Земля –  $E$ , Юпитер –  $J$ . Солнце обозначим знаком  $\langle * \rangle$ . Конфигурация  $V-E-J$  – соединение трех планет (все 3 планеты располагаются по одну сторону от Солнца и на одной линии с ним). Конфигурация  $V-E*J$  – соединение Венеры и Земли с расположением Юпитера по другую сторону от Солнца. Конфигурация  $V-J*E$  – соединение Венеры с Юпитером и расположением Земли по другую сторону от Солнца. Конфигурация  $E-J*V$  – соединение Земли с Юпитером и



**Рис. 1.** Верхняя панель (а): гелиоцентрические долготы ( $D$ ) для Венеры (сплошная линия), для Земли (пунктирная линия) и для Юпитера (штриховая линия) для периода с 1862 по 1882 гг. Нижняя панель (б): средние разности этих долгот ( $ADL$ —СРД, шкала обратная), шкалы по оси ординат даны в градусах.

расположением Венеры по другую сторону от Солнца.

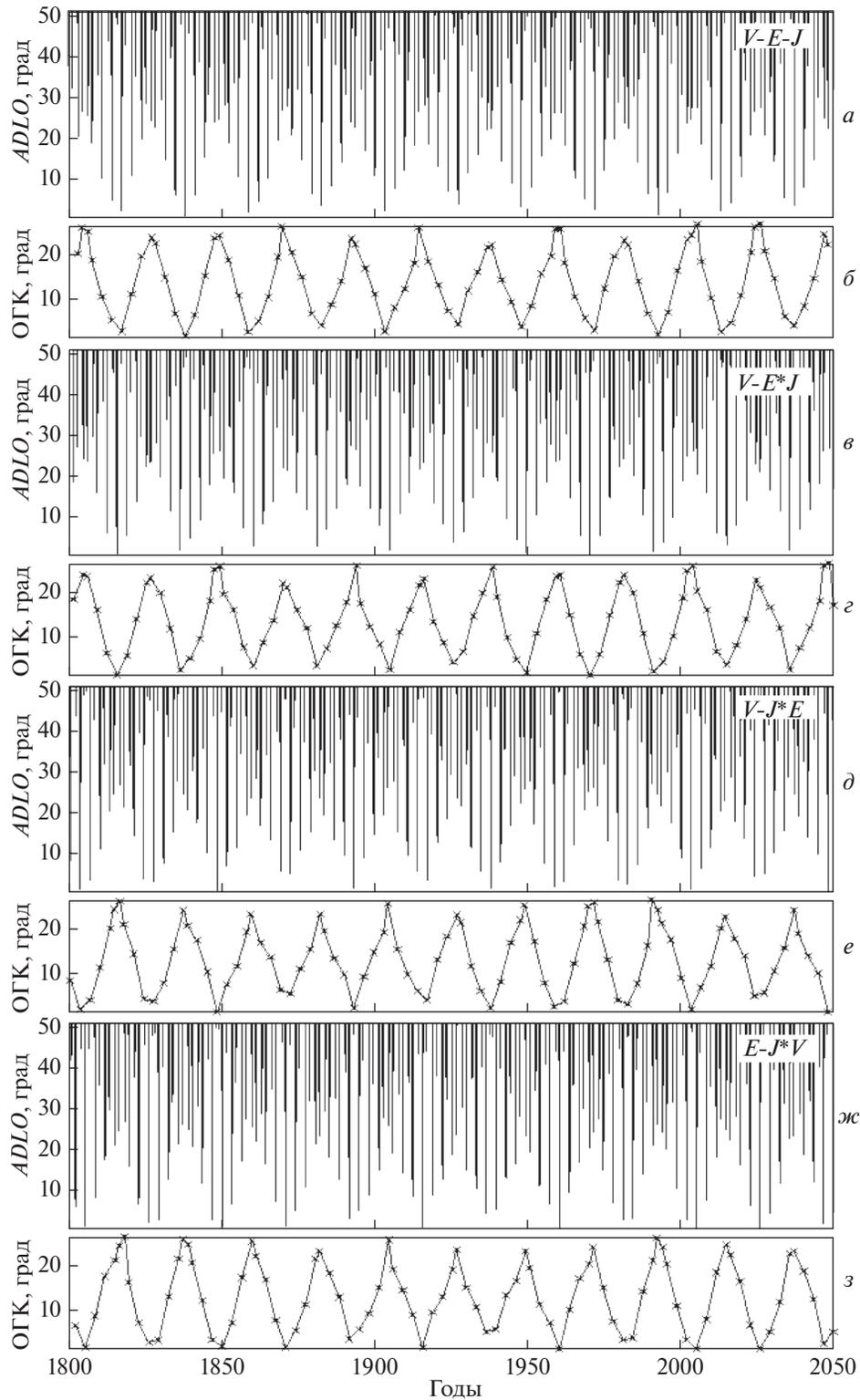
На рисунке 2 для периода с 1800 по 2050 гг. представлены данные по СРД ( $ADL$ ,  $ADLO$ ), ограниченные максимальными значениями  $50^\circ$ , для всех четырех конфигураций. В отличие от рис. 1, здесь из-за большого количества данных и большого временного интервала широкие пики выглядят как линии. Из этого рисунка отчетливо видно, что минимальные значения СРД (рис. 2а, 2в, 2д, 2ж) описывают четкую периодическую зависимость (имеются в виду огибающие минимальных значений СРД). Эти огибающие минимальных значений СРД, ограниченные значениями  $25^\circ$ , представлены на рис. 2б, 2г, 2е, 2з. Более высокий уровень ограничения не представляет интереса, поскольку там планеты уже располагаются в большом секторе долгот. Наиболее гладко огибающие выглядят при ограничении  $\sim 25^\circ$ . Далее в этом исследовании будут использоваться только огибающие кривые минимальных значений СРД для всех четырех конфигураций.

### 3. РАСЧЕТ ПЛАНЕТНОГО ИНДЕКСА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

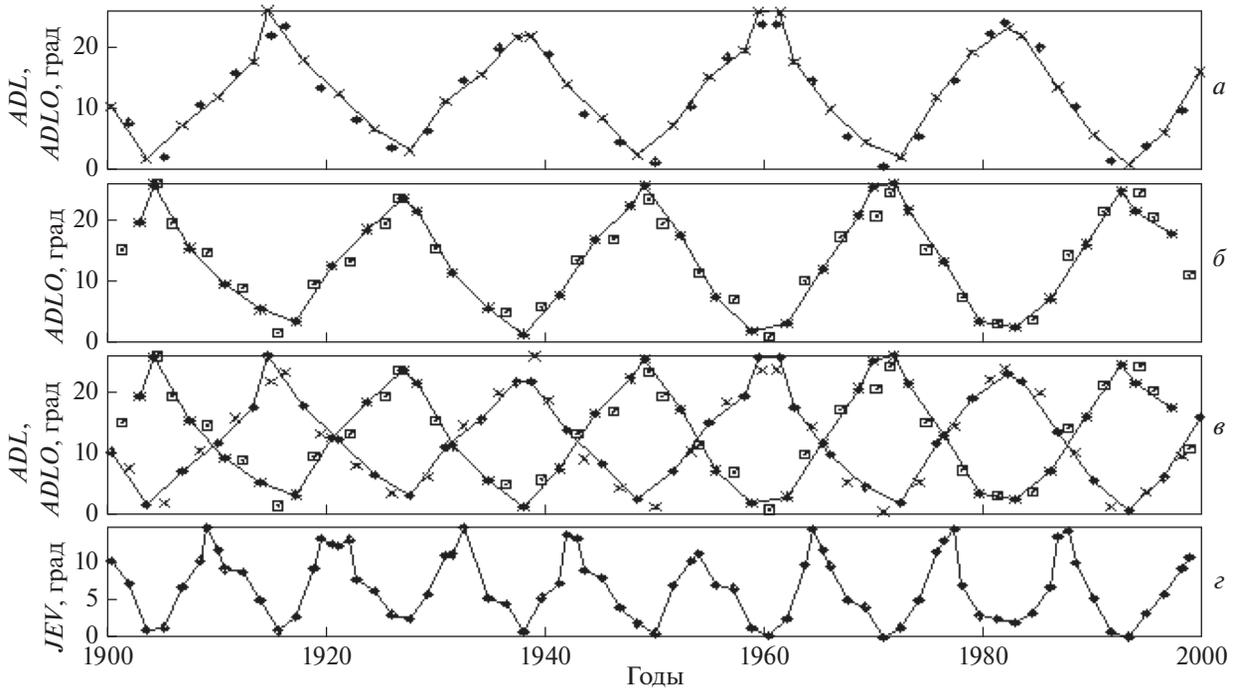
На столетнем временном интервале (1900–2000 гг.), который приведен и на рис. 2, покажем, как рассчитывался планетный индекс солнечной активности. На рис. 3а приведена огибающая минимальных значений СРД ( $ADL$ ,  $ADLO$ ) для планет Венеры, Земли и Юпитера (сплошная линия, соединяющая кружочки, конфигурация  $V-E-J$ ,

основная периодичность в ней – 22 года). Кроме того, здесь приведена огибающая минимальных значений СРД ( $ADLO$ ) для конфигурации  $V-E^*J$  (крестики). Как видим, обе зависимости протекают в фазе, но при самых минимальных значениях точки конфигурации  $V-E^*J$  располагаются между точками конфигурации  $V-E-J$  (интервал между ними 1.6 года). На рис. 3б также приведены огибающие минимальных значений СРД ( $ADLO$ ) для конфигураций  $V-J^*E$  и  $E-J^*V$  (их точки чередуются с интервалом 1.6 года, основная периодичность в них – 22 года), но эти огибающие находятся в противофазе с огибающими рис. 3а. Максимальному гравитационному воздействию на Солнце соответствуют значения СРД, близкие к нулю – это линейные конфигурации планет.

Все четыре конфигурации происходят во времени последовательно. Совместим огибающие кривые всех четырех конфигураций (рис. 3в). Поскольку они пересекаются на уровне около  $\sim 15^\circ$ , вполне оправдано этим уровнем и ограничиться. Получаем кривую в диапазоне значений от нуля до  $15^\circ$  (рис. 3г), основная периодичность в которой – 11 лет. Таким образом, из четырех последовательных конфигураций получаем планетный индекс солнечной активности, который имеет 11-летнюю периодичность. Для краткости изложения обозначим этот индекс как  $JEV$  (по первым буквам английских названий планет). При значениях СРД выше точек  $JEV$  (выше  $15^\circ$ ) планеты значительно расходятся от линейных конфигураций.



**Рис. 2.** Для интервала времени с 1800 по 2050 гг.: (а, в, д, ж) — средние разности гелиоцентрических долгот Венеры, Земли и Юпитера, ограниченные величиной  $50^\circ$  для всех конфигураций ( $ADL$ ,  $ADLO$ ); (б, г, е, з) — огибающие минимальных значений СРД (ОГК) с ограничением  $25^\circ$ .



**Рис. 3.** (а) — огибающая минимальных значений СРД ( $ADL$ ) для планет Венера, Земля и Юпитер — сплошная линия, соединяющая кружочки, конфигурация  $V-E-J$ , крестики — огибающая минимальных значений  $ADLO$  для конфигурации  $V-E*J$ ; (б) — звездочки — огибающая минимальных значений  $ADLO$  для конфигурации  $V-J*E$ , квадратики — огибающая минимальных значений  $ADLO$  для конфигурации  $E-J*V$ ; (в) — совмещение данных панелей “а” и “б”; (г) — индекс  $JEV$ . Солнце обозначено знаком “\*”.

Здесь же, чтобы была ясность об участии в воздействии на Солнце планеты Меркурий, приведем индекс, аналогичный  $JEV$ , но полученный с участием в расчете Меркурия, т.е. индекс линейных конфигураций планет Меркурия, Венеры, Земли и Юпитера. На рисунке 4 приведен этот индекс. Хорошо видно, что с участием планеты Меркурий нарушается 11-летняя цикличность планетного индекса и нарушается возможность максимального гравитационного воздействия на Солнце. Также нет 11-летней цикличности в линейных конфигурациях Меркурия с Венерой и Землей, Меркурия с Венерой и Юпитером, Меркурия с Землей и Юпитером.

Поэтому далее в данной работе рассматриваются только три планеты — Венера, Земля и Юпитер, которые в своих линейных конфигурациях имеют 11-летнюю цикличность и оказывают максимальное гравитационное воздействие на Солнце.

#### 4. СОПОСТАВЛЕНИЯ С СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

На рисунке 5 сопоставлен индекс  $JEV$  с солнечной активностью за интервал времени с 1000 по 2018 г. (числа Вольфа, с 1000 г. — приближенные значения в максимумах и минимумах СА

[Shove, 1955, 1983], с 1500 г. — годовые значения [Shove, 1955, 1983], с 1749 г. — средние квартальные значения). Для количественного описания пятнообразования для прошлых эпох, когда не было инструментальных наблюдений солнечной активности, используются наблюдения за изменениями некоторых геопараметров, которые коррелированы с числами солнечных пятен. В первую очередь к ним относится частота появления полярных сияний. Используются также данные о космогенных изотопах: углерода  $^{14}C$ , бериллия  $^{10}Be$  и других, содержащихся в природных архивах (кольцах деревьев, полярных льдах и др.). Используя данные о вариациях геопараметров, преимущественно данные о полярных сияниях, Shove [1955, 1983] нашел значения параметров пятнообразования на Солнце за прошлый период до начала телескопических наблюдений за Солнцем. Таковыми параметрами являются среднегодовые значения чисел Вольфа, начиная с 1500 г., а также данные о годах минимумов и максимумов 11-летних циклов пятнообразования, начиная с 653 г. до н. э., с указанием ориентировочных значений чисел Вольфа в годы их максимумов.

Несмотря на ошибки ряда Shove, тем не менее, циклы СА располагаются на своих местах и, как видим, имеется полное соответствие количества циклов СА и индекса  $JEV$ , хотя здесь имеются фа-

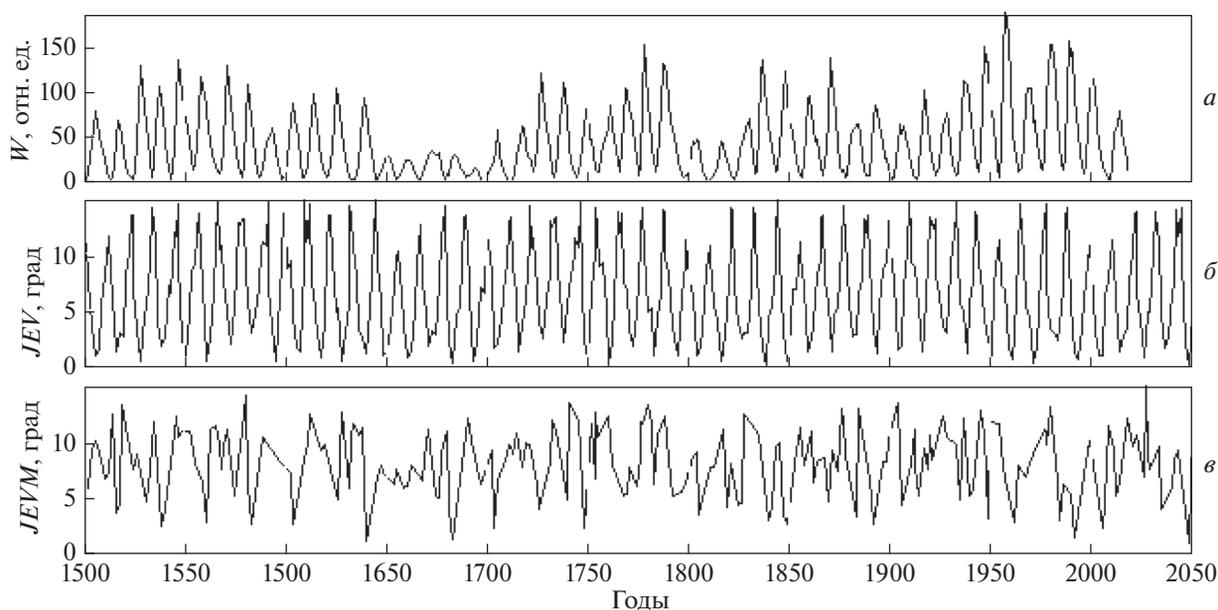


Рис. 4. Для периода с 1500 по 2050 гг.: (а) – числа Вольфа ( $W$ ); (б) – данные индекса  $JEV$ ; (в) – индекс линейных конфигураций планет Меркурий, Венера, Земля и Юпитер ( $JEVM$ ).

зовые сдвиги экстремумов СА и индекса  $JEV$ . Аналогичная картина соответствия циклов СА и индекса  $JEV$  имеется и для временного интервала с 500 по 1000 гг. (для этого интервала рисунок не приводим).

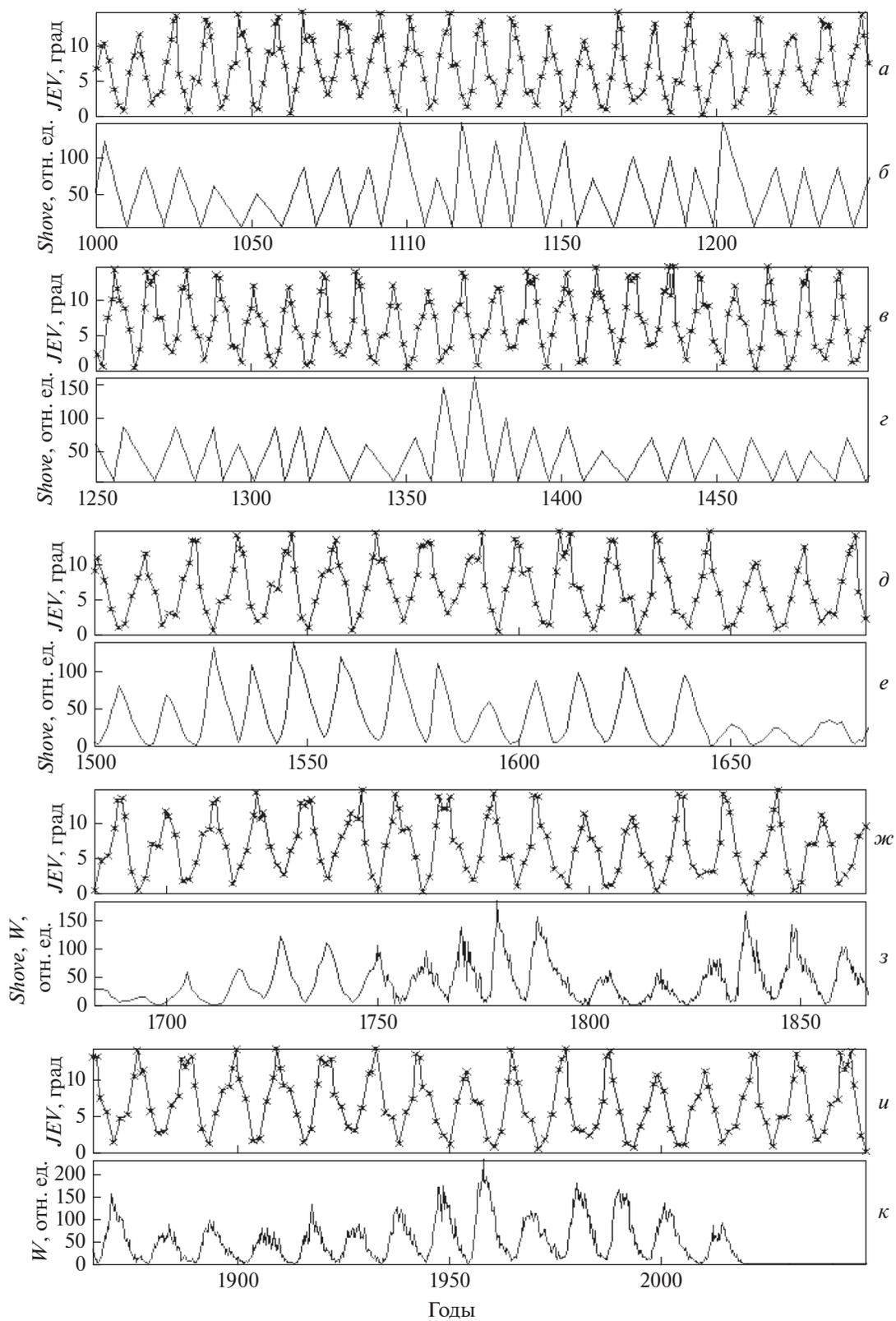
Из рисунка 5 хорошо видно, что количество максимумов СА четко соответствует количеству минимумов индекса  $JEV$  (минимальные значения индекса  $JEV$  соответствуют линейным конфигурациям планет как при их соединении, так и при расположении по разные стороны от Солнца). За интервал времени с 1500 по 2018 гг. основные периодичности, полученные из спектрального анализа, в СА и в индексе  $JEV$  составляют соответственно 11.06 и 11.065 лет. За интервал времени с 1000 по 2018 гг. основная периодичность и в СА, и в индексе  $JEV$  составляет 11.07 лет.

Совпадение длительности средней периодичности за 1000-летний интервал с точностью до второго знака после запятой указывает на возможную связь индекса  $JEV$  с 11-летним солнечным циклом (однозначно, что это совпадение не случайно).

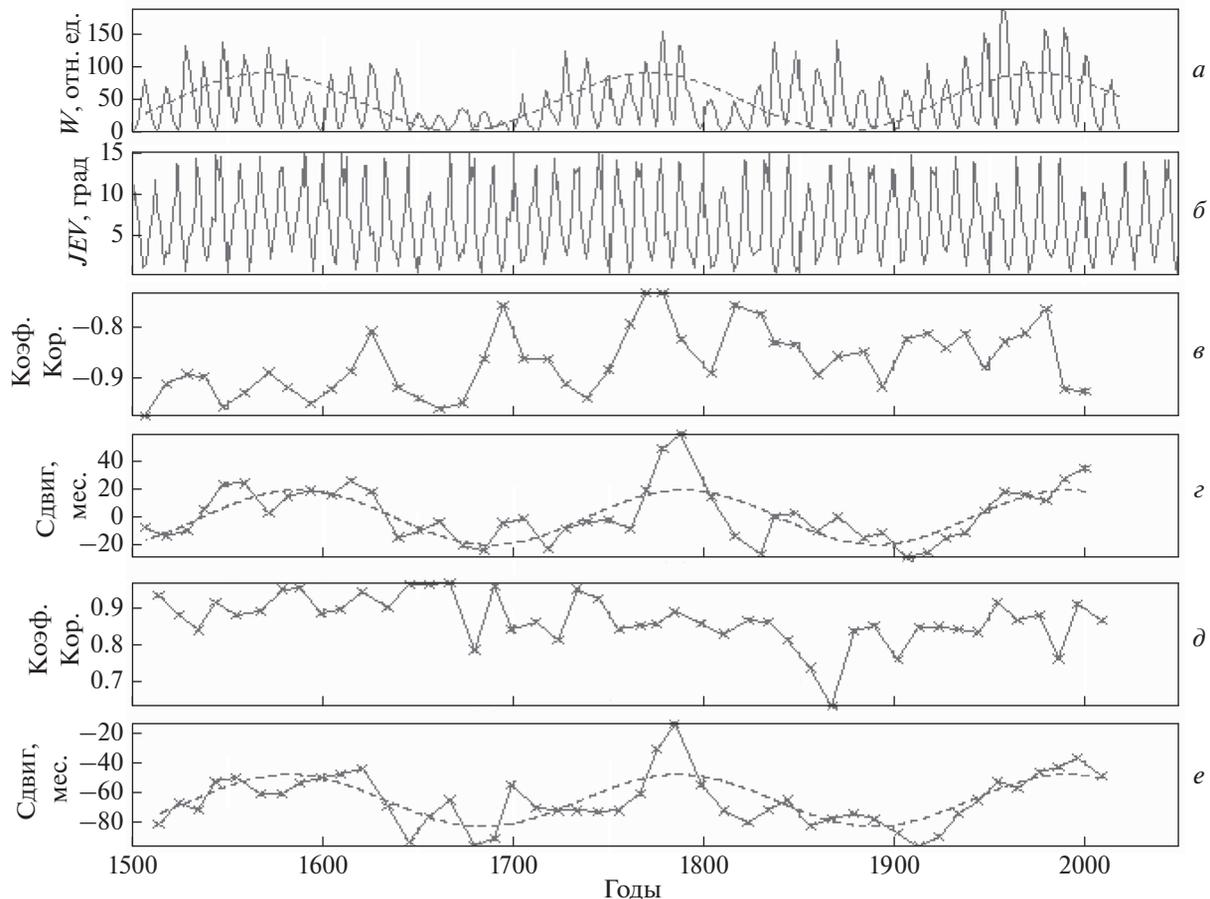
##### 5. ФАЗОВЫЕ СДВИГИ МЕЖДУ СА И ИНДЕКСОМ $JEV$

Имеются фазовые сдвиги между индексом  $JEV$  и СА. Для выявления величин сдвигов между максимумами СА и минимальными значениями индекса  $JEV$  и между минимумами СА и минимальными значениями индекса  $JEV$  проводился кросскорреляционный анализ. Для СА брались

интервалы между соседними минимумами и проводилась кросскорреляция с минимальными соответствующими значениями индекса  $JEV$  (корреляция максимумов). Также для СА брались интервалы между соседними максимумами и проводилась кросскорреляция с минимальными соответствующими значениями индекса  $JEV$  (корреляция минимумов). В обоих случаях кросскорреляция проводилась с минимальными значениями индекса  $JEV$  и выбирался максимальный отрицательный коэффициент корреляции и соответствующий сдвиг при корреляции максимумов СА и максимальный положительный коэффициент корреляции и соответствующий сдвиг при корреляции минимумов СА. На рисунке 6 показаны соответствующие расчеты. Хорошо видно, что имеются периоды, когда максимумы СА отстают от минимальных значений индекса  $JEV$  (линейных конфигураций трех планет) и когда максимумы СА опережают. Конечно, если полагать, что гравитационное воздействие при линейных конфигурациях планет Венеры, Земли и Юпитера является спусковым механизмом для СА, то опережения СА при корреляции максимумов СА не укладывается в этот механизм. Автор отдает предпочтение корреляции минимумов СА, когда минимальные значения индекса  $JEV$  коррелировали с минимумами СА (здесь имеем положительные коэффициенты корреляции), при этом минимумы СА отстают от минимумов индекса  $JEV$ . Из рисунка видно, что минимумы СА отстают от минимальных значений индекса  $JEV$  от 20 до 95 мес. В данном варианте можно полагать, что гравитационное воздействие при линей-



**Рис. 5.** Для периода с 1000 по 2050 гг.: данные индекса *JEV* (*a*, *в*, *д*, *ж*, *и*), ряд солнечной активности (*Shove*, 1000–1699 гг.) (*б*, *г*, *е*) и числа Вольфа (*W*) для периода с 1700 по 2018 гг. (*з*, *к*).



**Рис. 6.** Фазовые соотношения СА и индекса *JEV*, полученные при кросскорреляционном анализе: (а) – ряд солнечной активности по числам Вольфа (*W*, штриховая линия – спектральная составляющая с периодом 203.5 лет); (б) – данные индекса *JEV* (град); (в) – коэффициенты корреляции для максимумов СА; (г) – опережения – отставания максимумов СА от минимальных значений индекса *JEV*, месяцы (штриховая линия – спектральная составляющая с периодом 202.1 лет); (д) – коэффициенты корреляции для минимумов СА; (е) – отставание минимумов СА от минимальных значений индекса *JEV*, месяцы (штриховая линия – спектральная составляющая с периодом 204.6 лет).

ных конфигурациях планет Венеры, Земли и Юпитера является спусковым механизмом для начала цикла СА с запаздыванием от 20 до 95 мес. Величины запаздываний на рис. 6 меняются с периодичностями  $\sim 202.1$  лет (г) и 204.6 лет (е), показанных штриховой линией. В солнечной активности соответствующая периодичность составляет 203.5 лет (штриховая линия, а). Минимальные запаздывания минимумов СА от минимальных значений индекса *JEV* планет Венеры, Земли и Юпитера приходятся на те временные интервалы, когда амплитуда 203-летнего цикла максимальна.

Были проведены расчеты сдвигов, когда даты минимальных значений индекса *JEV* планет Венеры, Земли и Юпитера сопоставлялись напрямую с экстремумами СА без кросскорреляции. Результаты совпадают.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В научной литературе приводятся расчеты о высоте приливной волны на Солнце от совокупного влияния всех планет в размере 3 мм. Считается, что гравитационное воздействие планет на Солнце ничтожно и о влиянии планет на солнечную активность не может идти речи. Еще раз подчеркнем, что в данной работе проведены реальные расчеты конфигураций планет, здесь нет никаких допущений и вымыслов. Совпадение 11-летних циклов солнечной активности и планетного индекса не случайно.

Современные модели солнечной активности предполагают, что зарождение и развитие солнечной активности происходит в пределах самого Солнца. Однако во многих случаях была зарегистрирована корреляция между индексами солнечной активности и планетными конфигурациями, но ни одного успешного физического механизма не было предложено, чтобы объяснить это.

Из энергетических соображений ясно, что планеты не могут быть непосредственной причиной солнечной активности.

В данной работе получен планетный индекс солнечной активности, который отражает линейные конфигурации трех планет — Венеры, Земли и Юпитера. Этот индекс описывает 11-летний цикл солнечной активности. Значимыми являются минимальные значения индекса, поскольку они соответствуют линейным конфигурациям планет, когда гравитационное воздействие максимально. При этом одним минимальным значениям индекса  $JEV$  соответствуют две конфигурации, когда планеты находятся в соединении (конфигурация  $V-E-J$ ), а в соседние интервалы времени (через 1.6 года) наблюдаются соединения Венеры и Земли (Юпитер по другую сторону от Солнца, конфигурация  $V-E * J$ ). Следующим минимальным значениям индекса  $JEV$  (через 11 лет) соответствуют две другие конфигурации, когда планеты располагаются только по разные стороны от Солнца: одна конфигурация — соединение Венеры с Юпитером (Земля по другую сторону от Солнца, конфигурация  $V-J * E$ ), другая конфигурация — соединением Земли с Юпитером (Венера по другую сторону от Солнца, конфигурация  $E-J * V$ ). Следует отметить, что используя индекс  $JEV$ , можно прогнозировать моменты максимумов и минимумов солнечной активности на многие циклы в будущем, конечно с учетом фазовых сдвигов с периодом  $\sim 203$  лет.

Параметр  $JEV$  был рассчитан для разных сочетаний планет, и только для планет Венера, Земля и Юпитер индекс их линейных конфигураций дает 11-летний цикл и хорошее соответствие с солнечной активностью. Отметим здесь следующее. Высота прилива на Солнце от планет, если прилив, создаваемый Землей принять за единицу, составляет: Меркурий — 0.96, Венера — 2.16, Земля — 1, Марс — 0.03, Юпитер — 2.26, Сатурн — 0.109, Уран — 0.0011, Нептун — 0.00064. Из этих данных видно, что наибольшее воздействие на Солнце оказывают планеты Венера, Земля и Юпитер, а также Меркурий. Однако только три планеты — Венера, Земля и Юпитер — образуют 11-летние линейные конфигурации с максимальным гравитационным воздействием на Солнце. Меркурий не вписывается в эти конфигурации.

По современным представлениям о строении Солнца в его ядре идут термоядерные реакции, над ядром располагается зона лучистого переноса (0.2–0.7 радиуса Солнца), в которой отсутствуют макроскопические движения, а энергия из ядра переносится через переизлучение квантов. В верхнем слое — конвективной зоне (толщиной  $\sim 200000$  км) идут бурные процессы перемешивания плазмы, и перенос энергии происходит благодаря движению самого вещества. Между зона-

ми лучистого переноса и конвективной существует переходный слой, называемый тахоклином. Выше уже упоминалась работа [Abreu et al., 2012], в которой сделана попытка объяснить долговременные вариации СА соответствующими периодичностями во вращающемся моменте планет, воздействующем на тахоклин. В работе [Stefani et al., 2016] сделана попытка связать слабые планетные воздействия на Солнце с действием солнечного динамо. Рассматривается возможность приливного колебания с периодом 11.07 лет, индуцированного системой Венера—Земля—Юпитер, вызвать резонансное возбуждение колебаний альфа-эффекта солнечного динамо, отвечающего за преобразование тороидального поля Солнца в полоидальное.

Индекс  $JEV$ , отражающий линейные конфигурации трех планет, Венеры, Земли и Юпитера, и описывающий 11-летний цикл солнечной активности, может служить индикатором гравитационного воздействия трех планет на тахоклин. Это гравитационное воздействие может привести к перемещению вещества и изменению физических параметров и послужить начальным импульсом, который далее будет усилен при дальнейшей передаче энергии в верхние слои Солнца.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Долгачев В.П., Доможилова Л.М., Хлыстов А.И. Некоторые свойства барицентрического движения больших планет и Солнца // Тр. Гос. Астрон. ин-та им. П.К. Штернберга. Т. 62. С. 111–118. 1991.
- Никулин И.Ф. Влияют ли планеты на солнечную активность / Циклы активности на Солнце и звездах. Сб. ст. рабоч. совещ.-дискусс., Москва, 18–19 декабря 2009. С.-П.: изд-во Астрономич. общества. С. 271–274. 2009.
- Охлопков В.П. Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия. № 6. С. 139–143. 2011.
- Охлопков В.П. Циклы солнечной активности и конфигурации планет // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия. № 4. С. 56–61. 2012.
- Охлопков В.П. О связи циклов солнечной активности с конфигурациями планет // Изв. РАН. Сер. физическая. Т. 77. № 5. С. 667–669. 2013.
- Прокудина В.С. Изучение возможной взаимосвязи 22-летнего и 80-летнего циклов солнечной активности и движение барицентра солнечной системы // Тр. Гос. Астрон. ин-та им. П.К. Штернберга. Т. 64. Ч. 1. С. 145–157. 1995.
- Сурдин В.Г. Динамика звездных систем. М.: Изд-во Московского центра непрерывного математического образования. С. 32. 2001.
- Хлыстов А.И. Движение Солнца вокруг барицентра Солнечной системы и солнечная активность // Вестн. Киевского ун-та. № 24. С. 61–65. 1982.

- Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М. Бариецентрическое движение Солнца и солнечно-земные связи // Биофизика. Т. 37. Вып. 3. С. 547–552. 1992.
- Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М. О влиянии барицентрического движения Солнца на солнечную активность // Тр. Гос. Астрон. ин-та им. П.К. Штернберга. 64. Ч. 1. С. 91–102. 1995.
- Шостакович В.Б. Солнечные пятна и положения планет // Тр. Иркутск. Магн. Обс. № 2–3. 1928.
- Abreu J. A., Beer J., Ferriz-Mas A., McCracken K.G., Steinhilber F. Is there a planetary influence on solar activity? // Astron. Astrophys. V. 548. A88. P. 1–10. 2012. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201219997>
- Brown E.W. A possible explanation of the sunspot period // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. V. 60. P. 599–606. 1900.
- Cameron R.H., Schüssler M. No evidence for planetary influence on solar activity // Astron. Astrophys. V. 557. A83. 2013.
- Charvatova I., Strestik J. Long term variations in duration of solar cycle // Bull. Astron. Czech. V. 42. № 2. P. 90–97. 1991.
- Charbonneau P. Solar physics: The planetary hypothesis revived // Nature. V. 493. P. 613–614. 2013. <https://doi.org/10.1038/493613a>
- Clayton H.H. Solar cycles // Smith. Misc. Coll. V. 106. Publ. 3870. P. 1. 1947.
- Condon J.J., Schmidt R.R. Planetary tides and the sunspot cycles // Solar Phys. V. 42. P. 529–532. 1975.
- Fairbridge R.V., Shirley J.N. Prolonged minima and the 179-yr cycle of the solar inertial motion // Solar Phys. V. 110. P. 191–220. 1987.
- Jose P.D. Sun's motion and sunspots // Astron. J. V. 70. P. 193–200. 1965.
- Malburet J. Sur la cause de la periodicite des taches solaires // L'Astronomie. V. 39. P. 503–515. 1925.
- Morner N.A. Planetary beat and solar-terrestrial responses // Pattern Recogn. Phys. 1. P. 107–116. 2013.
- Poluianov S., Usoskin I. Critical analysis of a hypothesis of the planetary tidal influence on solar activity // Solar Phys. V. 289. P. 2333–2342. 2014.
- Stefani F., Giesecke A., Weber N., Weier T. Synchronized helicity oscillations: A link between planetary tides and the solar cycle? // Solar Phys. V. 291. № 8. P. 2197–2212. 2016.
- Shove D.J. The sunspot cycle // J. Geophys. Res. V. 60. № 2. P. 127–146. 1955.
- Shove D.J. Sunspots cycles. Stroudsburg: Hutchinson Ross. Publ. P. 423. 1983.
- Solheim J.E. The sunspot cycle length – Modulated by planets? // Pattern Recogn. Phys. V. 1. P. 159–164. 2013.
- Trellis M. Influence de la configuration du systeme solaire sur la naissance des centres d'activite // Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. V. 262. № 5. P. 376–377. 1966.
- Wilson I.R.G. The Venus–Earth–Jupiter spin–orbit coupling model // Pattern Recogn. Phys. V. 1. P. 147–158. 2013.
- Wolf R. Mittheilungen uber die Sonnenflecken // Astron. Mitt. Zurich. V. 8. P. 183–191. 1859.
- Wolff C.L., Patrone P.N. A new way that planets can affect the Sun // Solar Phys. V. 266. P. 227–246. 2010. <https://doi.org/10.1007/s11207-010-9628-y>
- Wood K.D. Sunspots and planets // Nature. V. 240. P. 91–93. 1972.
- [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SUNSPOT\\_NUMBERS/INTERNATIONAL](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL)