

Охлопков В.П.

старший научный сотрудник, НИИ ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, г. Москва

11-ЛЕТНИЙ ПЛАНЕТНЫЙ ИНДЕКС СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Аннотация

В данной работе использован введенный автором параметр – средняя разность гелиоцентрических долгот (СРД) планет Венеры, Земли и Юпитера. По минимальным значениям СРД (планеты находятся в соединении), а также по минимальным отклонениям планет от линии, проходящей через них и Солнце при расположении планет по разные стороны от Солнца, составлен индекс, однозначно описывающий 11-летний цикл солнечной активности.

Ключевые слова: средняя разность гелиоцентрических долгот планет - mean difference of heliocentric longitudes of the planets, соединение планет – conjunction of the planets, огибающая минимальных значений - the envelope curve of the minimum values, частотные спектры - frequency spectra, центр масс Солнечной системы - the center of mass of the solar system, солнечная активность - solar activity.

Введение

В центре внимания исследователей Солнца находится 11-летний цикл его активности. Еще в середине 19 века Р. Вольф выдвинул гипотезу, что солнечная активность вызывается приливным воздействием планет на Солнце [1]. Многие исследователи продолжили развивать приливную

гипотезу солнечной активности [2 - 5]. В частности Браун [2] предложил гипотезу о происхождении цикличности солнечной активности, по которой изменение активности происходит благодаря вихревым движениям в атмосфере Солнца, вызванным планетными приливными волнами. Детальным расчетам приливной волны на Солнце посвящены работы [6,7]. Вуд [7] рассчитал приливную волну, вызываемую Венерой, Землей и Юпитером для периода с 1800 по 2000 год и показал, что имеются циклы как с хорошим соответствием максимума СА с максимумом прилива, так и с запаздыванием СА на несколько лет.

Важным этапом в исследованиях солнечной активности была работа Жозе [8], в которой рассчитаны динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы (ЦМСС).

Многие исследователи проводили различные сопоставления параметров траектории Солнца при движении относительно ЦМСС с солнечной активностью для выявления взаимосвязей, в частности [9 - 13]. В работах Хлыстова с соавторами [14 - 17] 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 [15 - 17] 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 [18] исследованы динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и рассчитаны частотные спектры этих параметров и чисел Вольфа, выявлены основные спектральные составляющие. Показано совпадение периодичностей в числах Вольфа и динамических параметрах движения Солнца, делается вывод о несомненном влиянии динамических параметров движения планет на солнечную активность.

Никулин [19] провел компьютерное моделирование по поиску моментов времени прохождения силовых линий межпланетного магнитного поля через несколько планет и обнаружил для этих моментов повышения солнечной активности. Как считает Никулин, влияние планет на солнечную активность существует, но осуществляется не гравитационным воздействием, а электродинамическим.

Приходовский [20] анализировал влияние планет на СА при их близком расположении в одном секторе пространства и считает, что при этом происходит усиление у поверхности Солнца колебаний вертикальной проекции гравитационной силы. Большие вариации этой вертикальной проекции могут привести к быстрому изменению давления на нижние слои и к взрывообразному высвобождению накопленной энергии.

Сухарев [21] в своих работах считает главным фактором, воздействующим на солнечную активность, волновые космические электромагнитные резонансы. Он полагает, что при обращении планет вокруг Солнца 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.

В работах [22-24] мною введен параметр – средняя разность гелиоцентрических долгот планет (СРД), который был использован для сопоставления с солнечной активностью. Наилучшая связь солнечной активности (использованы числа Вольфа) получена для трех планет – Венеры, Земли и Юпитера. В [22-24] 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 Венеры, Земли и Юпитера хорошо согласованы с 11-летними циклами солнечной активности. В этих экстремумах наблюдаются линейные конфигурации планет Венеры, Земли и Юпитера как при их расположении по одну сторону от Солнца (соединения), так и при расположении по разные стороны от Солнца.

В работе [25] представлена физическая модель для описания зависящего от времени крутящего момента со стороны планет на несферический тахолин и проведено сравнение соответствующего спектра мощности с реконструированной солнечной активностью по космогенным данным углерода ^{14}C и бериллия ^{10}Be . Найдено хорошее согласие между долговременными циклами в солнечной активности и периодичностями в планетном крутящем моменте. В работах [26,27] также указывается на возможное планетное влияние на 11-летний цикл, в частности в [27] рассчитаны возмущения внутри вращающейся звезды, когда звезда ускоряется от орбитальных тел.

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.

1. Динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы

На рис. 1 в качестве примера приведена траектория, описываемая Солнцем вокруг центра масс для периода 1900-2014 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.

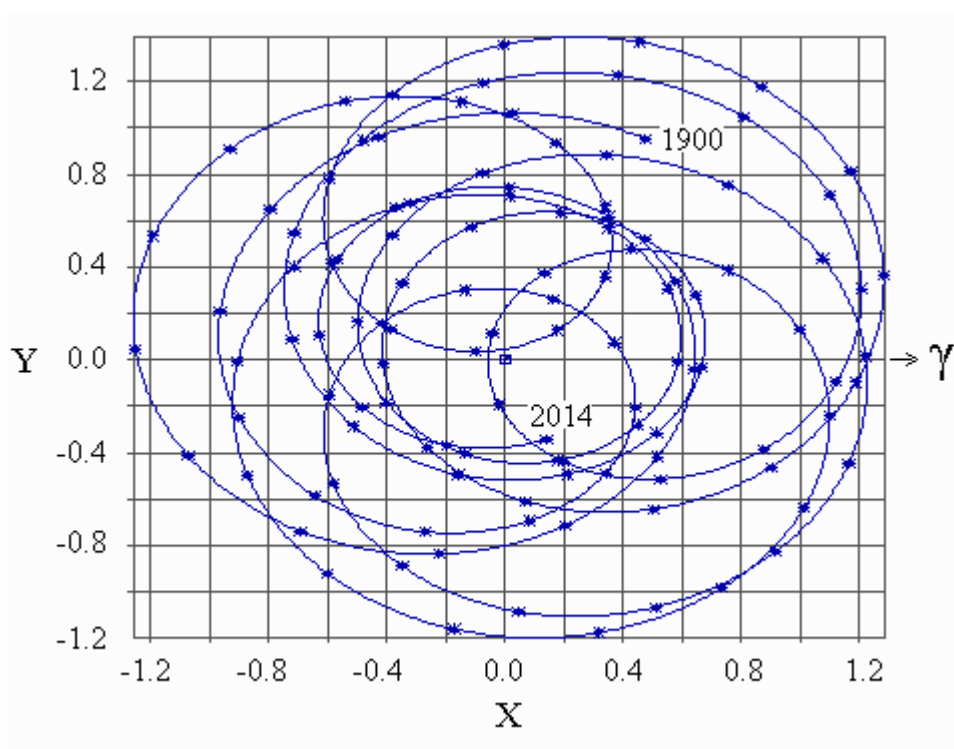


Рис. 1. Движение центра Солнца относительно барицентра Солнечной системы (ЦМСС, точка с координатами $[0.0;0.0]$, квадратик) в гелиоцентрической эклиптической системе координат на интервале времени 1900 - 2014 гг. Интервал между токами 1 год. Точка весеннего равноденствия справа. Шкалы даны в миллионах километров.

На рис. 2 представлены рассчитанные автором динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы

(по планетам Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) – расстояние центра Солнца относительно центра масс солнечной системы, изменение углового момента Солнца относительно центра масс и ускорение Солнца от гравитационного воздействия планет (главная периодичность в них - 19,86 лет). Сопоставление этих параметров с солнечной активностью (имеется ввиду знакопеременный ряд) может на отдельных временных интервалах давать хорошее соответствие, но далее из-за различия периодов главных компонент фазы сопоставляемых рядов расходятся (в солнечной активности знакопеременный ряд имеет основной период 22 года). С динамическими параметрами движения Солнца относительно ЦМСС, рассчитанными по сочетаниям планет, в которых участвуют Юпитер и Сатурн, невозможно

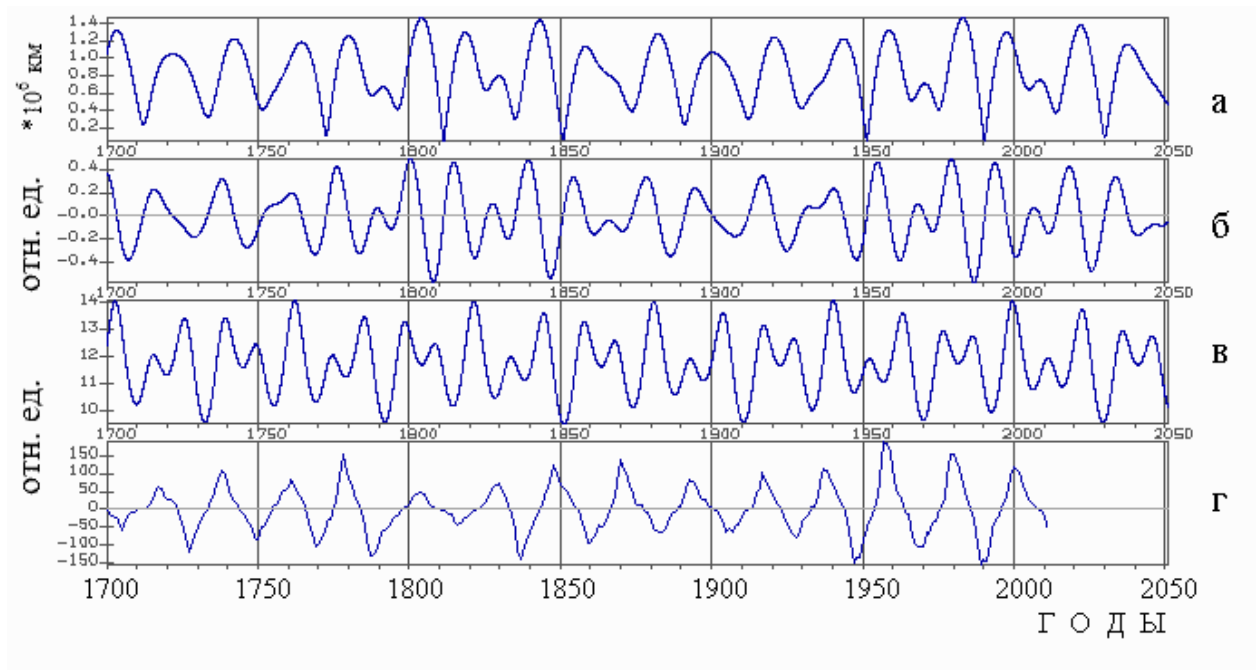


Рис. 2. а - расстояние центра Солнца от центра масс Солнечной системы, б - изменение углового момента Солнца относительно центра масс, в - ускорение Солнца от гравитационного воздействия планет, г - знакопеременный ряд чисел Вольфа.

найти хорошего согласования 11-летнего и 22-летнего циклов солнечной активности. Многие исследователи в течение многих лет пытались найти с вышеперечисленными и другими динамическими параметрами связь солнечной активности, но безуспешно.

2. Планетные конфигурации

Для выявления интервалов времени, когда планеты находятся по одну сторону от Солнца и на одной линии с ним, т.е. в соединении, рассчитывался параметр СРД. Для трех планет средняя разность гелиоцентрических долгот планет с долготами $D1$, $D2$ и $D3$ представляется выражением:

$$ADL = \{|D1 - D2| + |D1 - D3| + |D2 - D3|\} / 3 \quad (1)$$

При этом необходимо учитывать, что если разность $\Delta > 180^\circ$, то надо брать $360 - \Delta$. Разности брались минимальные с учетом цикличности долготы (0-360 град). Например, если одна долгота равна 350 градусов, а другая долгота равна 10 градусам, то разность долгот равна 20 градусов, а не 340. Для минимальных значений эта формула 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 $D1$ и $D2$ в соединении, а третья планета с долготой $D3$ по другую сторону от Солнца, то параметр представляется в виде

$$ADLO = \{|D1 - D2| + (180 - |D1 - D3|) + (180 - |D2 - D3|)\} / 3 \quad (2)$$

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.

Были рассчитаны СРД (ADL) для интервала времени: с 1000 года по 2050 год 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*.

Для краткости описания введем обозначения различных конфигураций трех планет. Конфигурация К0 - соединение трех планет (все 3 планеты располагаются по одну сторону от Солнца и на одной линии с ним). Конфигурация К1 - соединение Венеры и Земли с расположением Юпитера по другую сторону от Солнца. Конфигурация К2 - соединение Венеры с Юпитером и расположением Земли по другую сторону от Солнца. Конфигурация К3 - соединение Земли с Юпитером и расположением Венеры по другую сторону от Солнца.

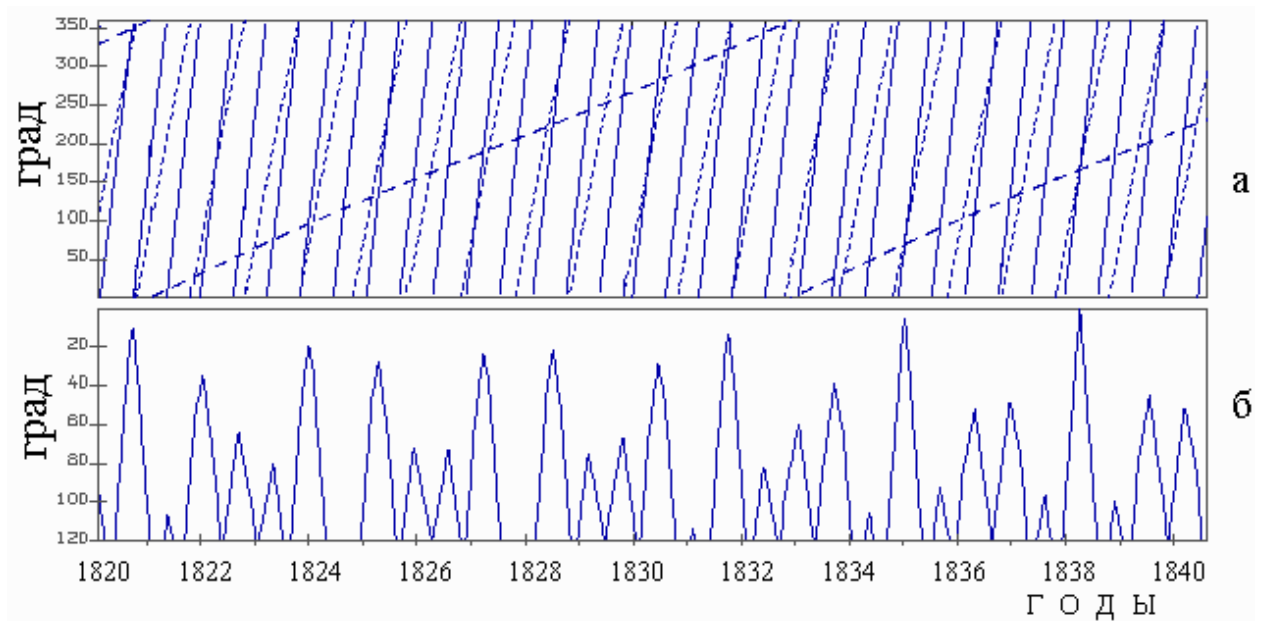


Рис. 3. Для Венеры (сплошная линия), Земли (короткие штрихи) и Юпитера (длинные штрихи) для периода с 1820 по 1840 гг показаны гелиоцентрические долготы (а) и средние разности этих долгот (СРД, шкала обратная) (б).

На рис. 3 в качестве примера для Венеры, Земли и Юпитера для периода с 1820 по 1840 год 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 (верхние точки рис 3,б).

В данной работе были проанализированы различные сочетания планет, но далее будут представлены данные по анализу связей солнечной активности с конфигурациями планет только для Венеры, Земли и Юпитера, поскольку только для этого сочетания планет удалось найти хорошее соответствие.

3. 22-летние циклы в планетных конфигурациях

На рис. 4,а для периода с 1700 по 2050 гг представлены данные по СРД, ограниченные максимальными значениями 40 градусов. В отличие от рис. 3, где при подходе планет к состоянию соединения с минимальным расхождением по долготе имеем широкие пики, здесь из-за большого количества данных и большого временного интервала широкие пики выглядят как линии. Из этого рисунка отчетливо видно, что минимальные значения СРД описывают четкую периодичность (имеется ввиду огибающая минимальных значений СРД). Как показывает спектральный анализ огибающей этого ряда (рис. 4,г), главная периодичность огибающей в нем - 22.14 года.

На рис. 4,г показаны выделенные точки огибающей (из рис. 4,а) с минимальными СРД и ограничениями максимального угла сектора соединения планет 30 градусов (обозначим этот ряд как СРД30). Более высокий уровень ограничения не представляет интереса, поскольку там планеты уже располагаются в большом секторе долгот. Наиболее гладко огибающая выглядит при ограничении 25 – 30 градусов. Также на рис. 4,б

представлены интервалы времени между соединениями планет, представленными на рис 4,г. Из этих рисунков отчетливо видно, что если

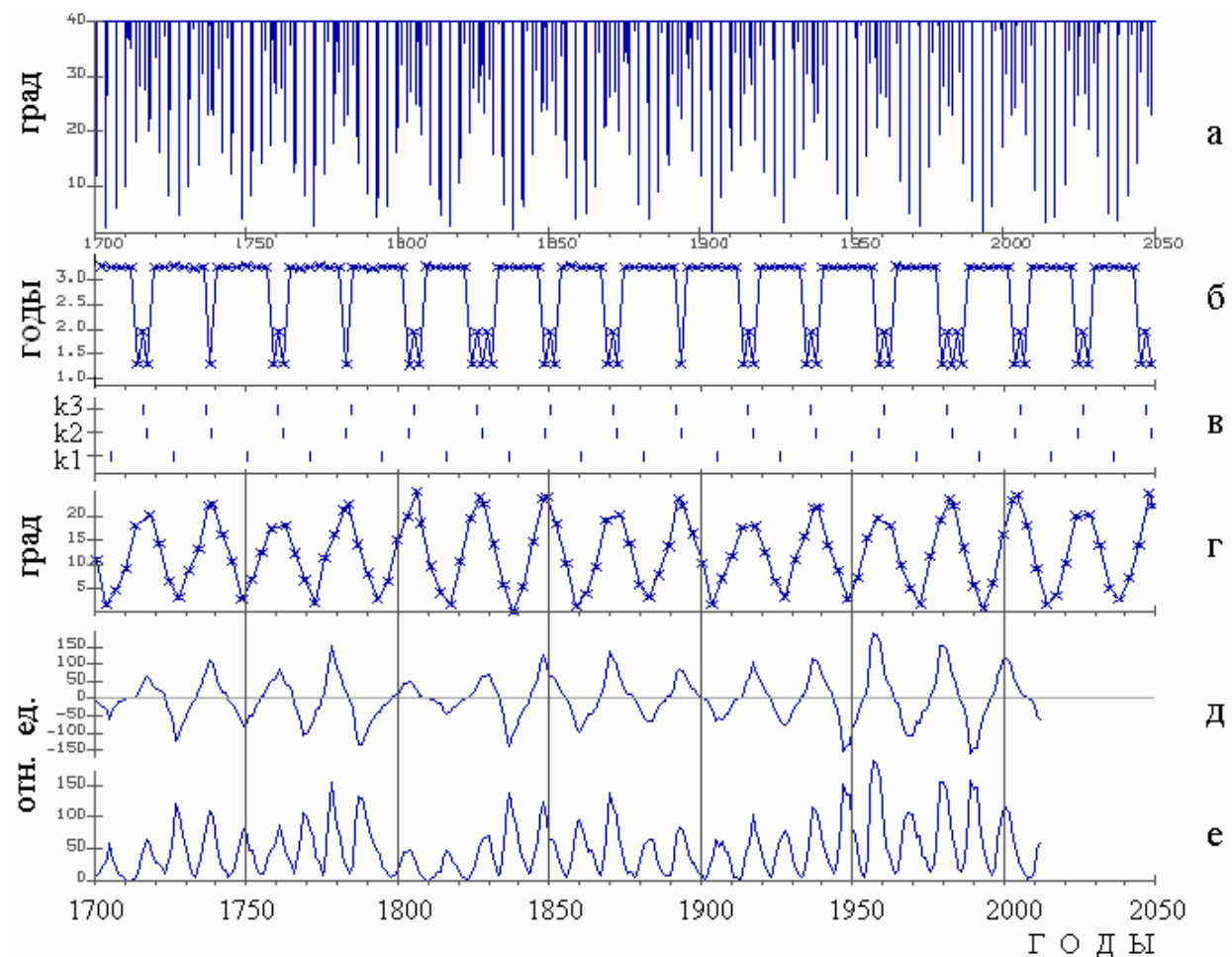


Рис. 4. Для интервала времени с 1700 по 2050 год:

а – средние разности гелиоцентрических долгот (СРД) Венеры, Земли и Юпитера, ограниченные величиной 40 градусов,

г – огибающая минимальных значений СРД, взятых с рис. 4а с ограничением 25 градусов и интервалы времени между ними (б),

в – моменты времени для различных линейных конфигураций планет при их расположении по разные стороны от Солнца:

К1 - соединения Венеры и Земли с расположением Юпитера по другую сторону от Солнца, К2 - соединение Венеры с Юпитером и расположением Земли по другую сторону от Солнца, К3 – соединение Земли с Юпитером и расположением Венеры по другую сторону от Солнца,

д) и е) – знакопеременный и обычный ряды чисел Вольфа.

соединения планет имеют минимальные расхождения по долготе, когда СРД меньше 5 градусов, то интервал времени между соединениями составляет около 3.2 года. Однако если взять минимальные расхождения по долготе более 20 градусов, но в пределах огибающей, то интервалы времени между соединениями составляют 1.3 – 2 года.

В данном исследовании были также рассчитаны моменты времени, когда две из трех планет находятся в соединении, а третья планета находится по другую сторону от Солнца, но на одной линии с ними и Солнцем. При этом оказалось, что в экстремумах огибающей СРД, когда значения минимальны, в соседние интервалы времени наблюдаются соединения Венеры и Земли с расположением Юпитера по другую сторону от Солнца (рис. 4в, конфигурация К1).

Когда же экстремумы огибающей СРД находятся в интервале 20-25 градусов, наблюдаются две конфигурации планет. Одна конфигурация - когда происходит соединение Венеры с Юпитером и расположением Земли по другую сторону от Солнца (рис. 4,в, конфигурация К2). Другая конфигурация – когда происходит соединение Земли с Юпитером и расположением Венеры по другую сторону от Солнца (рис. 4,в, конфигурация К3). Все эти три конфигурации четко согласованы с экстремумами огибающей кривой СРД. По существу огибающая кривая СРД хорошо описывает как соединения планет с их расположением по одну сторону от Солнца, так и комбинации планет при их расположении по разные стороны от Солнца.

4. Расчет планетного индекса солнечной активности

На столетнем временном интервале (1900 – 2000 гг), который имеется и на рис. 4, покажем, как рассчитывался планетный индекс солнечной активности. На рис. 5,а приведена огибающая минимальных значений СРД (*ADL*) для планет Венеры, Земли и Юпитера (сплошная линия, соединяющая

крестики, конфигурация $K0$, основная периодичность в ней – 22 года). Также здесь приведена огибающая минимальных значений СРД ($ADLO$) для конфигурации $K1$ (кружочки). Как видим, обе зависимости протекают в фазе, но при самых минимальных значениях точки конфигурации $K1$ располагаются между точками конфигурации $K0$ (интервал между ними 1.6 года). На рис. 5,б также приведены огибающие минимальных значений СРД ($ADLO$) для конфигураций $K2$ и $K3$ (их точки чередуются с интервалом 1.6 года, основная периодичность в них – 22 года), но эти огибающие находятся в противофазе с огибающими рис. 5,а. Максимальному гравитационному воздействию на Солнце соответствуют значения СРД, близкие к нулю – это линейные конфигурации планет.

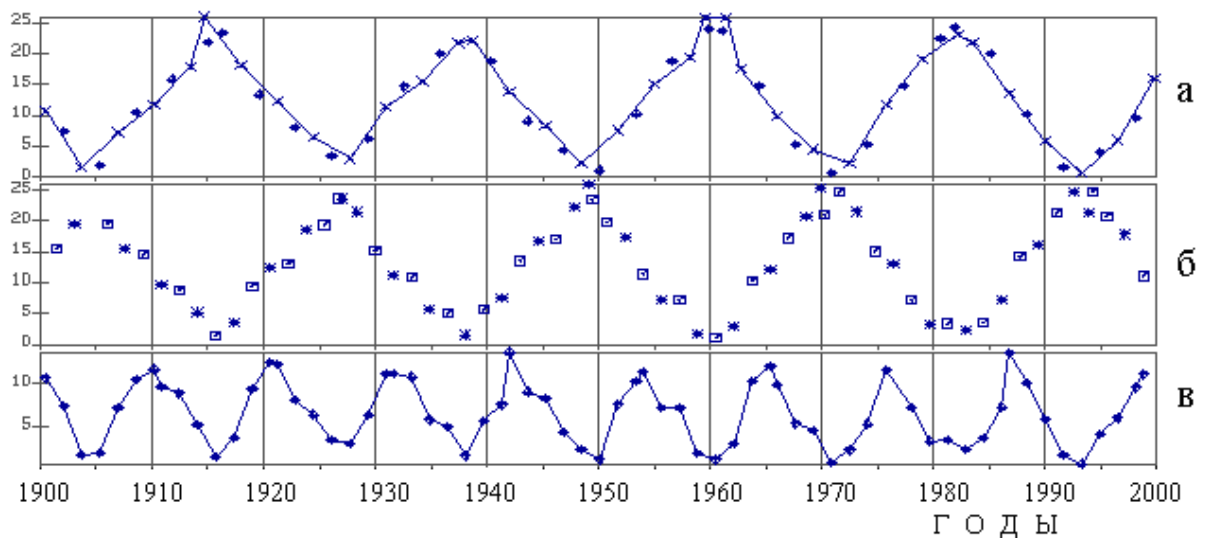


Рис. 5. а - огибающая минимальных значений СРД (ADL) для планет Венеры, Земли и Юпитера - сплошная линия, соединяющая крестики - конфигурация $K0$, кружочки – огибающая минимальных значений $ADLO$ для конфигурации $K1$, б - звездочки - огибающая минимальных значений $ADLO$ для конфигурации $K2$, квадратики – огибающая минимальных значений $ADLO$ для конфигурации $K3$, в – индекс JEV . Шкалы по осям ординат в градусах.

Совместим огибающие кривые всех четырех конфигураций (рис. 5,а,б). Поскольку они пересекаются на уровне около 15 градусов, этим уровнем и ограничимся. Получаем кривую в диапазоне значений от нуля до 15 градусов (рис. 5в), основная периодичность в которой – 11 лет. Таким образом из четырех конфигураций получаем планетный индекс солнечной активности, который имеет 11-летнюю периодичность. Для краткости изложения обозначим этот индекс как *JEV* (по первым буквам латинских названий планет).

5. Сопоставления с солнечной активностью

На рис. 6 – 8 проводится сопоставление индекса *JEV* с солнечной активностью за интервал времени с 1000 года по 2014 год (числа Вольфа, с 1000 года – значения в максимумах и минимумах СА [28,29], с 1500 года – годовые значения [28,29], с 1749 года – средние квартальные значения [30]). 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, Шове [28] нашел значения следующих параметров пятнообразования на Солнце за прошлый период до начала телескопических наблюдений за Солнцем: среднегодовые значения чисел Вольфа, начиная с 1500 года, а также данные о годах минимумов и максимумов 11-летних циклов пятнообразования, начиная с 653 года до н. э., с указанием ориентировочных значений чисел Вольфа в годы их максимумов.

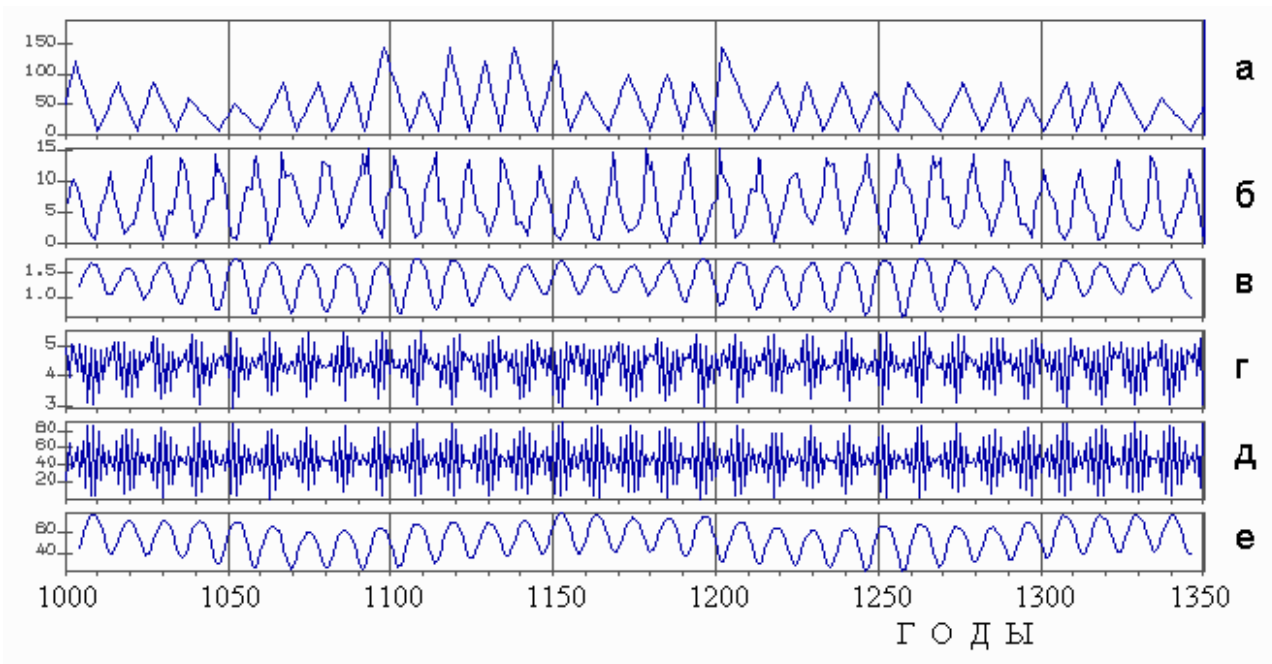


Рис. 6. Для периода с 1000 по 1350 год: а - ряд солнечной активности Шове (отн. ед.), б - данные индекса JEV (град), г – результирующая приливная сила от планет Юпитера, Земли и Венеры, действующая на Солнце, в - скользящее среднеквадратическое отклонение ряда «г», д – углы между вектором силы притяжения Юпитера и линией Венера-Земля-Солнце, е - скользящее среднеквадратическое отклонение ряда углов «д».

На рис. 6 - 8 представлены данные индекса JEV и ряд солнечной активности для периода с 1000 по настоящее время. Замечу здесь, что весь исследуемый период времени был разделен на три интервала с тем, чтобы на рисунках лучше проработались детали и не было слияния точек. На рис. 6 – 7 солнечная активность представлена рядом Шове. При этом для ряда Шове имеются данные лишь для максимумов (приблизительные значения) и минимумов СА. Невзирая на ошибки ряда Шове, тем не менее циклы СА стоят на своих местах и, как видим, имеется полное соответствие количества циклов СА и индекса JEV , хотя здесь имеются фазовые сдвиги экстремумов СА и индекса JEV .

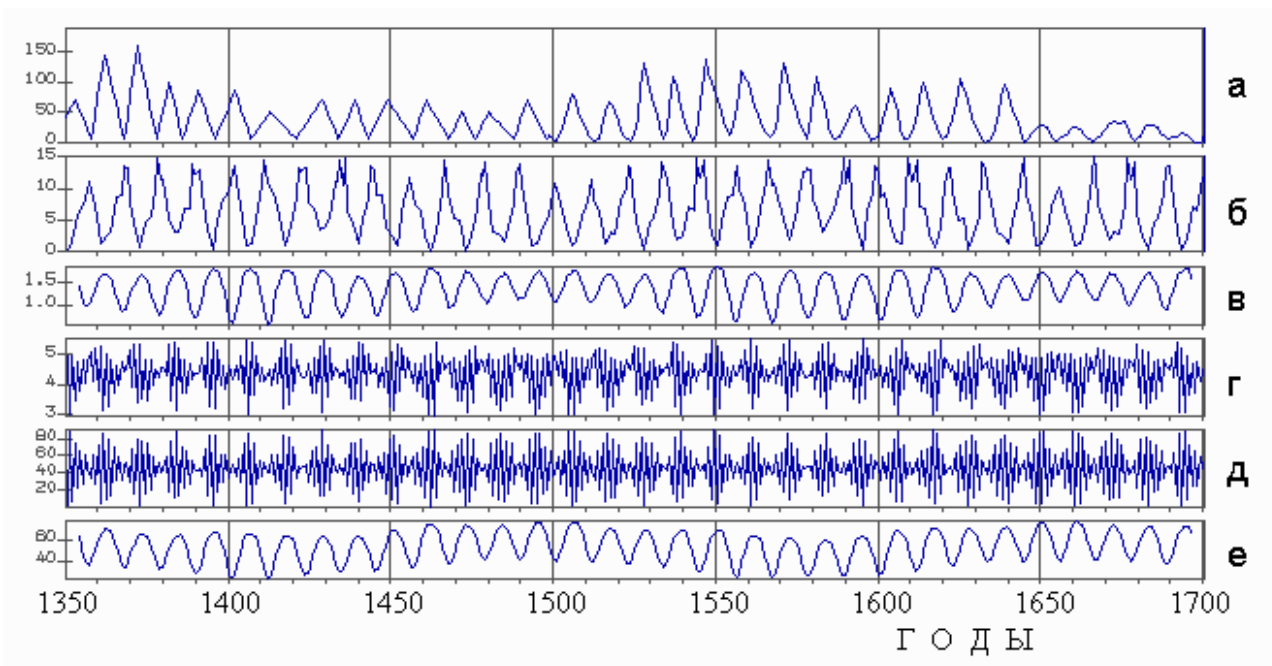


Рис. 7. То же, что на рис. 6, но для периода с 1350 по 1700 год.

На рис. 8 представлены данные для периода с 1700 по 2014 год по числам Вольфа: с 1700 по 1748 год - среднегодовые значения чисел Вольфа по инструментальным данным, с 1749 года – среднеквартальные значения чисел Вольфа. Из этих рисунков 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 2014 год 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 2014 год основная периодичность и в СА и в индексе *JEV* составляет 11.07 лет.

По массиву индекса линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера (индекс *JEV*) для периода с 1000 года (рис. 6 - 8) длительности 11-летних циклов, найденные по минимальным значениям индекса, колеблются в пределах 9 – 13 лет, в солнечной активности по числам Вольфа

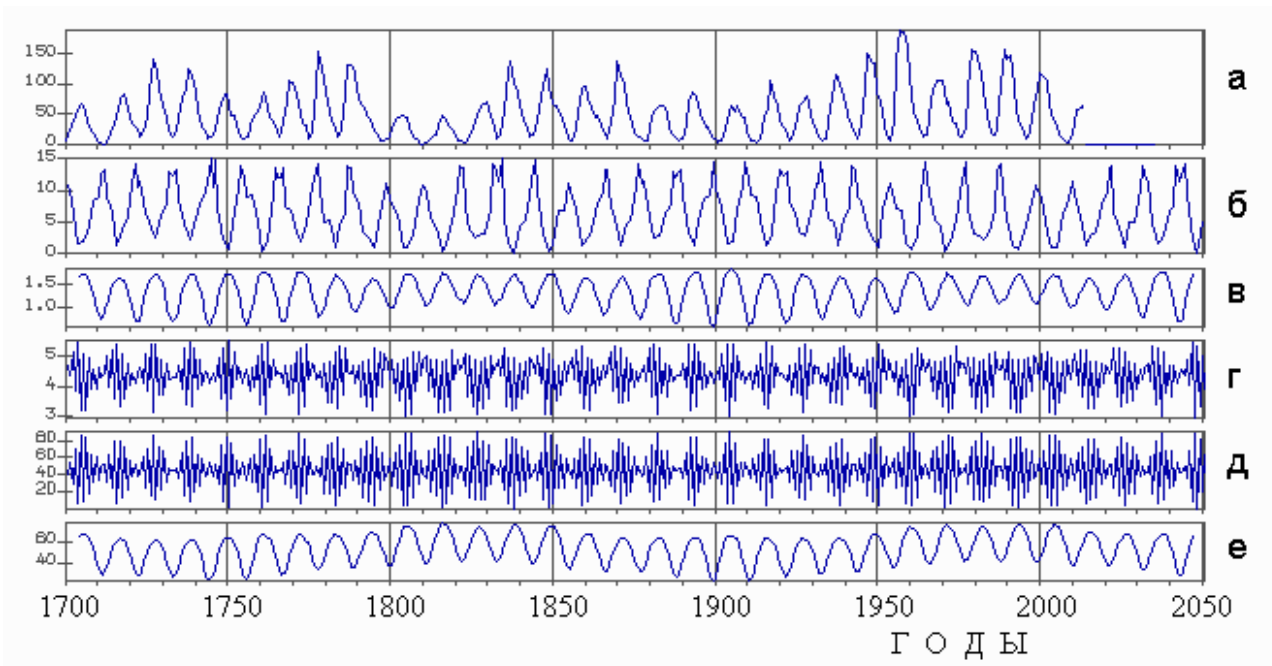


Рис. 8. Для периода с 1700 по 2050 год: а - ряд солнечной активности по числам Вольфа (1700 – 2014 гг) (отн. ед.), б - данные индекса *JEV* (град), г – результирующая приливная сила от планет Юпитера, Земли и Венеры, действующая на Солнце, в - скользящее среднее квадратическое отклонение ряда «г», д – углы между вектором силы притяжения Юпитера и линией Венера-Земля-Солнце, е - скользящее среднее квадратическое отклонение ряда углов «д».

соответствующий диапазон составляет 8 - 14 лет. Из рис. 6 – 8 видно, что количество 11-летних циклов как по индексу *JEV*, так и по СА за 1000-летний временной интервал одинаково. Также одинаково количество 11-летних циклов и с 500 года (в статье не представлен). Совпадение длительности средней периодичности за 1000-летний интервал с точностью до второго знака после запятой (11.07) доказывает связь индекса *JEV* с 11-летним солнечным циклом.

6. Расчет результирующей приливной силы

На рисунках 6 - 8 показаны расчеты результирующей приливной силы со стороны Юпитера, Земли и Венеры, действующей на Солнце. По существу – это приливная волна.

Приливные силы — это силы, вызывающие эффекты, проявляющиеся при воздействии неоднородного силового поля на протяжённый объект.

Так для протяжённого тела, находящегося в гравитационном поле тяготеющей массы, силы гравитации различаются для ближней и дальней сторон тела. Силы тяготения максимальны для частей тела, ближних к тяготеющей массе и минимальны для дальних частей. Приливные силы - это разность сил притяжения, действующих на крайние по диаметру точки тела и на центр тела.

Для каждой планеты приливная сила находилась как разность сил притяжения, действующих на ближайшую или дальнюю по диаметру точку Солнца и на центр Солнца. Расчеты проведены для моментов времени, когда Венера и Земля находились в соединении с Солнцем или по разные стороны от него и на одной линии с ним (эти силы складывались). По отношению к этой линии рассчитывался угол Юпитера и производился расчет результирующей приливной силы. Результат нормировался на приливную силу Земли, которая принималась за 1.

Приливная сила для отдельной планеты находилась как:

$$F = g \times mP \times mS \times \left(\frac{1}{(r-R)^2} - \frac{1}{r^2} \right) \quad \text{или} \quad F = g \times mP \times mS \times \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+R)^2} \right),$$

где g – гравитационная постоянная, mP и mS – массы планеты и Солнца, r – расстояние от планеты до центра Солнца, R – радиус Солнца.

Из рисунков видно, что имеются большие вариации результирующей приливной силы (обозначим для краткости как РПС, на рисунках обозначена буквой «г») в моменты времени линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера. Проведен расчет скользящего среднеквадратического отклонения (обозначим как σ) для РПС. Хорошо видно, что максимальные

значения $\sigma(\text{РПС})$ очень хорошо соответствуют минимальным значениям индекса JEV , т. е. линейным конфигурациям планет Венеры, Земли и Юпитера.

На рисунках 6 – 8 также показаны рассчитанные углы вектора силы притяжения Юпитера (к Солнцу) к линии Венера – Земля – Солнце (Венера – Солнце – Земля) (обозначим эту линию как ЛКП – линейные конфигурации планет с Солнцем). Обозначим эти углы как Δ (на рисунках обозначены буквой «д»). Также рассчитаны скользящие среднеквадратические отклонения этих углов, которые обозначим как $\sigma(\Delta)$. Хорошо видно, что величины Δ антикоррелируют с РПС. При максимальных углах Δ РПС минимальны. Временной ход $\sigma(\Delta)$ хорошо коррелирует с $\sigma(\text{РПС})$.

При движении Юпитера относительно линии ЛКП угол Δ резко меняется, и в такт с этим углом меняется РПС. Юпитер вызывает большие изменения РПС.

7. Соотношение фаз индекса JEV и СА

Соотношение фаз индекса JEV и СА не остается постоянным. Для нахождения величин сдвигов между максимумами СА и индексом JEV проводился кросскорреляционный анализ следующим образом. Для СА был взят интервал в два цикла СА (270 месяцев), который коррелировался со сдвигом с ближайшими циклами JEV и выбирался максимальный отрицательный коэффициент корреляции и соответствующий сдвиг. Затем начало массива СА сдвигалось на 10 лет и расчет повторялся и т. д.

На рис. 9,а,б показаны соответствующие расчеты. Хорошо видно, что имеются периоды, когда максимумы СА отстают от минимальных значений индекса JEV (линейных конфигураций трех планет) и когда опережают. Конечно, если полагать, что гравитационное воздействие при линейных конфигурациях планет Венеры, Земли и Юпитера является спусковым механизмом для СА, то опережение СА не укладывается в этот механизм, и

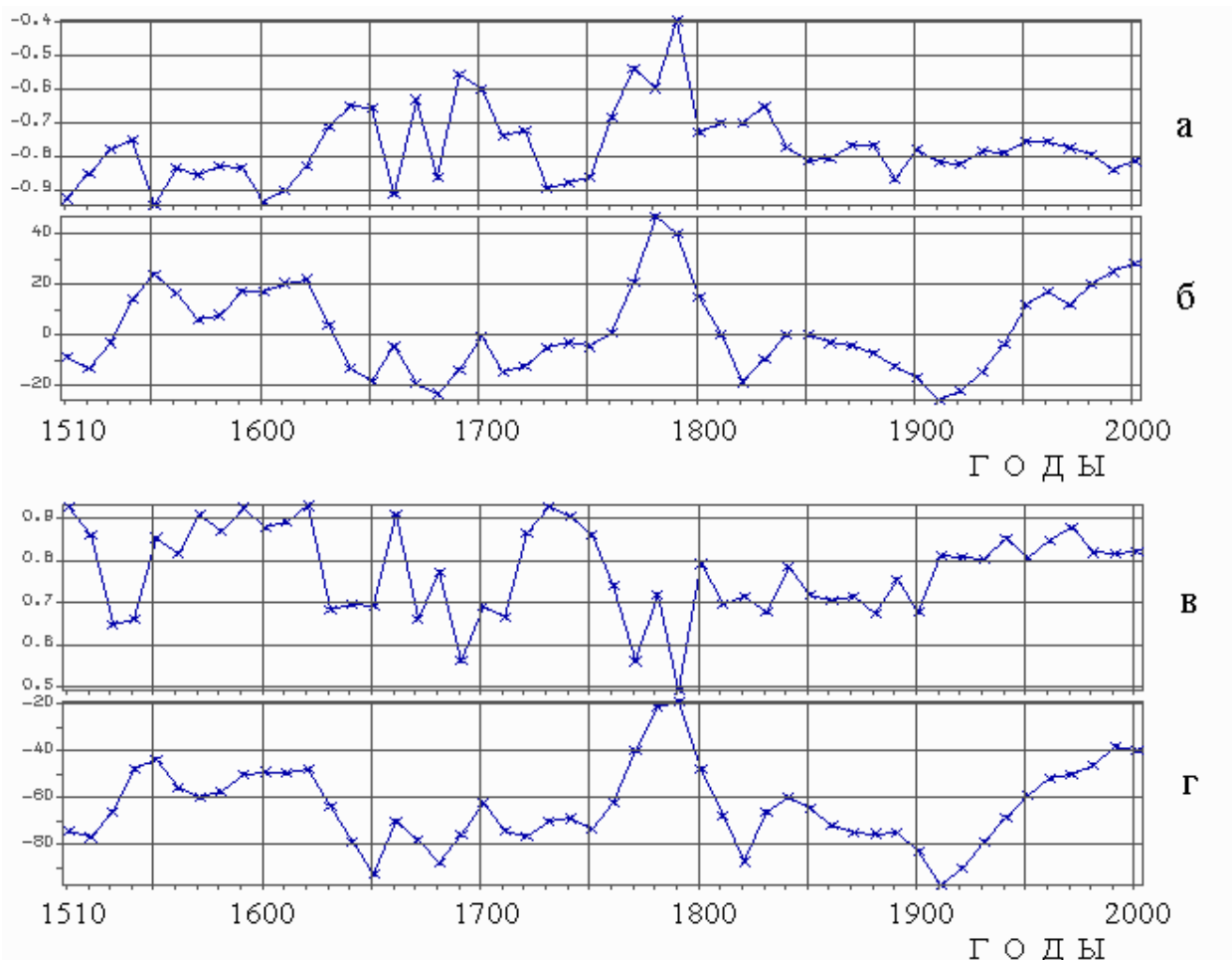


Рис. 9. Соотношения фаз индекса *JEV* и *СА*, полученные при кросскорреляционном анализе массивов продолжительностью 270 месяцев. а, в – коэффициенты корреляции. б - опережения – отставания *СА* от индекса *JEV* (месяцы) при отрицательной корреляции, г – отставание *СА* от индекса *JEV* (месяцы) при положительной корреляции

был проведен корреляционный анализ, когда минимальные значения индекса *JEV* коррелировались с минимумами *СА* (здесь имеем положительные коэффициенты корреляции), и соответствующий расчет приведен на рис. 9,в,г. Из рисунка видно, что минимумы *СА* отстают от минимальных значений индекса *JEV* от 20 до 95 месяцев. В данном варианте можно полагать, что гравитационное воздействие при линейных конфигурациях планет Венеры, Земли и Юпитера является спусковым механизмом для начала цикла *СА* с запаздыванием от 20 до 95 месяцев. Величины

запаздываний на рис. 9,б,г меняются с главной периодичностью около 205 лет.

Заключение

Современные модели солнечной активности предполагают, что зарождение и развитие солнечной активности происходит в пределах самого Солнца. Однако во многих случаях были зарегистрированы корреляции между индексами солнечной активности и планетными конфигурациями, но ни одного успешного физического механизма не было предложено, чтобы объяснить эти корреляции. 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. Действующими являются минимальные значения индекса, поскольку они соответствуют линейным конфигурациям планет. При этом одним минимальным значениям индекса *JEV* соответствуют конфигурации, когда планеты находятся в соединении, а в соседние интервалы времени (через 1.6 года) наблюдаются соединения Венеры и Земли (Юпитер по другую сторону от Солнца, конфигурация *K1*). Следующим минимальным значениям индекса *JEV* (через 11 лет) соответствуют конфигурации, когда планеты располагаются только по разные стороны от Солнца: одна конфигурация - соединение Венеры с Юпитером (Земля по другую сторону от Солнца, конфигурация *K2*), другая конфигурация - соединением Земли с Юпитером (Венера по другую сторону от Солнца, конфигурация *K3*).

Следует отметить, что используя индекс *JEV* можно прогнозировать моменты максимумов и минимумов солнечной активности на многие циклы в будущем.

Параметр *JEV* 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, поскольку только эти три планеты образуют 11-летние линейные конфигурации с максимальным гравитационным воздействием на Солнце. Меркурий не вписывается в эти конфигурации.

По современным представлениям о строении Солнца над его ядром, где идут термоядерные реакции, 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 около 200000 км) - идут бурные процессы перемешивания плазмы, и перенос энергии происходит благодаря движению самого вещества. Между зонами лучистого переноса и конвективной существует переходный слой, называемый тахоклином. Выше уже упоминалась работа [25], в которой сделана попытка объяснить долговременные вариации СА соответствующими периодичностями в крутящем моменте планет, воздействующим на тахоклин.

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, поскольку минимальным значениям JEV соответствуют максимальные флуктуации РПС. Это гравитационное воздействие может послужить начальным импульсом (перемещение вещества, изменение физических параметров), который далее будет усилен при дальнейшей передаче энергии в верхние слои Солнца. Можно предположить, что процесс

передачи энергии в верхние слои Солнца может флуктуировать и происходить с различными временными интервалами.

Литература

1. *Wolf R.* // *Astr. Mittheilungen.* 1859. V. 8. P. 183.
2. *Brown E.W.* A possible explanation of the sunspot period // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 1900. V. 60. P. 599-606.
3. *Шостакович В.Б.* Солнечные пятна и положения планет // *Тр. Иркутск. Магн. Обс.* 1928. № 2-3.
4. *Malburet J.* Sur la cause de la periodicite des taches solaires // *L'Astronomie.* 1925. V. 39. p. 503-515.
5. *Clayton H.H.* Solar cycles // *Smith. Misc. Coll.* 1947. V. 106. publ. 3870. p. 1.
6. *Condon J.J., Schmidt R.R.* Planetary tides and sunspot cycles // *Solar Phys.* 1975. **42.** P. 529.
7. *Wood K.D.* Sunspots and planets // *Nature.* 1972. **240.** P. 91.
8. *Jose F.D.* Sun's Motion and Sunspots // *Astron. J.* 1965. V. 70. № 3. P. 193-200.
9. *Сурдин В.Г.* Динамика звездных систем. - М.: МЦНМО, 2001. С. 32.
10. *Trellis M.* Influence de la configuration du systeme solaire sur la naissance des centres d'activite // *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris.* 1966. V.262. № 5. P. 376.
11. *Fairbridge R.W., Shirley J.N.* Prolonged Minima and the 179-yr cycle of the solar inertial motion // *Solar Phys.* 1987. V. 110. P. 191-220.
12. *Charvatova I., Strestik J.* // *Bull. Astron. Czech.* 1991. V. 42. P.90-97.
13. *Прокудина В.С.* Изучение возможной взаимосвязи 22-летнего и 80-летнего циклов солнечной активности и движение барицентра Солнечной системы // *Труды Государственного Астрономического института им. П.К. Штернберга.* 1995. Т. 64. Часть 1. С.145-158.

14. *Хлыстов А.И.* Движение Солнца вокруг барицентра Солнечной системы и солнечная активность // Вестник Киевского университета. 1982. № 24. С. 61-65.
15. *Долгачев В.П., Доможилова Л.М., Хлыстов А.И.* Некоторые свойства барицентрического движения больших планет и Солнца // Труды Государственного Астрономического института им. П.К. Штернберга. 1991. Т. 62. С.111-118.
16. *Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М.* Барицентрическое движение Солнца и солнечно-земные связи // Биофизика. 1992. Т. 37. Вып. 3. С. 547-552.
17. *Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М.* О влиянии барицентрического движения Солнца на солнечную активность // Труды Государственного Астрономического института им. П.К. Штернберга. 1995. Т. 64. Часть 1. С. 91-102.
18. *Охлопков В.П.* Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2011. № 6. С. 139-143.
19. *Никулин И.Ф.,* Влияют ли планеты на солнечную активность. Сб. Циклы активности на Солнце и звездах. Санкт-Петербург, 2009.
20. *Приходовский М.А.,* О сходстве внешних факторов, порождающих циклы солнечной и сейсмической активности. <http://prihod1.narod.ru/nauka/21.pdf>
21. *Сухарев В.А.* Все катастрофы Земли. 2004. Одесса. ЭНИО. С. 336.
22. *Охлопков В.П.,* Циклы солнечной активности и конфигурации планет // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2012. № 4. С. 56-61.
(Okhlopov V.P., Cycles of Solar Activity and the Configurations of Planets, Moscow University Physics Bulletin. том 67, № 4, 2012, с. 377-383). (DOI 10.3103/S0027134912040108).

(<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.3103/S0027134912040108>).

23. *Охлопков В.П.*, О связи циклов солнечной активности с конфигурациями планет // Известия РАН. Сер. Физ., 2013, том 77, № 5, с. 667–669.

(*Okhlopkov V.P.*, Relationship of Solar Activity Cycles to Planetary Configurations //

Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2013 , Vol. 77 , No. 5 , pp. 599-601). (*Okhlopkov V.P.*, Cycles of solar activity and the configurations of the planets // 2013, IOPscience, J. Phys.: Conf. Ser. 409 012199)

(<http://iopscience.iop.org/1742-6596/409/1/012199>).

24. *Охлопков В.П.*, 11-летний цикл солнечной активности и конфигурации планет // Вестник Московского университета, Серия 3. Физика. Астрономия. 2014. № 3. с. 50-55.

(*Okhlopkov V.P.*, The 11_Year Cycle of Solar Activity and Configurations of the Planets // Moscow University Physics Bulletin, 2014, Vol. 69, No. 3, pp. 257–262. © Allerton Press, Inc., 2014).

25. *Abreu J. A., Beer J., Ferriz-Mas A., McCracken K.G., and Steinhilber F.* Is there a planetary influence on solar activity // Astronomy and Astrophysics. 2012. **548**. A88. 1-10. DOI: 10.1051/0004-6361/201219997

26. *Charbonneau P.* // Nature. 2013. **493**, 613–614. doi:10.1038/493613a

27. *Wolff C.L., Patrone P.N.* A New Way that Planets Can Affect the Sun // Solar Phys. 2010. **266**. P. 227. DOI 10.1007/s11207-010-9628-y

28. *Shove D.J.* // Journal of Geophysical Research. 1955. **60**. № 2. pp. 127-146.

29. *Shove D.J.*, Sunspots cycles. Stroudsburg: Hutchinson Ross. Publ. 423. 1983.

30. ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL