

АСТРОНОМИЯ, АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Гравитационное влияние планет Венеры, Земли и Юпитера на 11-летний цикл солнечной активности

В. П. Охлопков

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
E-mail: ovpetrovich@yandex.ru*

Статья поступила 04.12.2015, подписана в печать 17.03.2016.

В настоящей работе проведены расчеты результирующей приливной силы со стороны Юпитера, Земли и Венеры, действующей на Солнце. При рассмотрении приливных сил как разности сил притяжения, действующих на крайние по диаметру точки Солнца и на центр Солнца, показано, что имеются большие вариации результирующей приливной силы (РПС) в моменты времени линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера и что максимальные значения вариаций РПС очень хорошо соответствуют минимальным значениям планетного индекса JEV, введенного автором в предшествующих работах.

Ключевые слова: средняя разность гелиоцентрических долгот планет, соединение планет, огибающая минимальных значений, частотные спектры, солнечная активность, результирующая приливная сила, приливная волна, спектральная составляющая.

УДК: 523.2. PACS: 96.60.Q–.

Введение

В работах [1–5] автором введен параметр — средняя разность гелиоцентрических долгот планет (СРД), который был использован для сопоставления с солнечной активностью. Было показано, что огибающая минимальных значений этого параметра испытывает квазипериодические колебания. Наилучшая связь солнечной активности (использованы числа Вольфа) получена для трех планет — Венеры, Земли и Юпитера, и далее будут рассмотрены связи солнечной активности только с этими планетами. В [1–3] была выделена огибающая минимальных значений СРД, которая имеет главную периодичность 22 года и хорошо описывает знакопеременный ряд солнечной активности, также имеющий главную периодичность 22 года. Было показано, что экстремумы огибающей минимальных значений СРД планет Венеры, Земли и Юпитера (это значения СРД вблизи нуля градусов и значения в интервале 25–30 градусов) хорошо согласованы с 11-летними циклами солнечной активности. В этих экстремумах наблюдаются линейные конфигурации планет Венеры, Земли и Юпитера при их расположении как по одну сторону от Солнца (соединения), так и по разные стороны от Солнца.

В работах [4–5] были рассмотрены четыре различные конфигурации трех планет. Конфигурация К0 — соединение трех планет (все три планеты располагаются по одну сторону от Солнца и на одной линии с ним; этой конфигурации соответствует огибающая минимальных значений СРД). 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. Каждая из перечисленных конфигураций повторяется через 22 года. Поскольку эти конфигурации происходят во времени последовательно, то, объединяя их, получили индекс линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера (в работах [4–5] этот индекс обозначен как JEV), в котором главная периодичность 11-летняя.

Поскольку настоящее исследование является продолжением работ [1–5], в которых представлен обзор литературных источников, в списке литературы автор ограничился только своими работами.

1. Сопоставления с солнечной активностью

В настоящей работе индекс JEV был уточнен, поскольку координаты планет были рассчитаны через один день.

На рис. 1–3 проводится сопоставление индекса JEV с солнечной активностью за интервал времени с 1000 по 2014 г. (ряд Шове [6, 7] и числа Вольфа с 1700 г. [8]).

Весь исследуемый период времени был разделен на три интервала с тем, чтобы на рисунках лучше проработались детали и не было слияния точек. На рис. 1, 2 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,

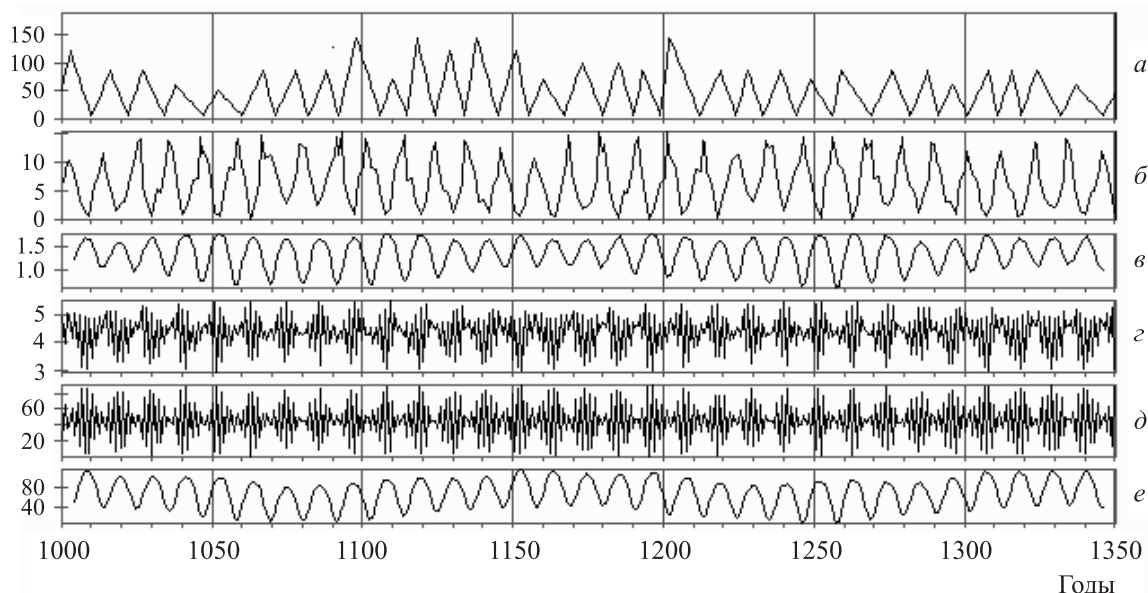


Рис. 1. Для периода с 1000 по 1350 г.: *a* — ряд солнечной активности Шове, отн. ед.; *б* — данные индекса JEV, град; *в* — скользящее среднеквадратическое отклонение по данным ряда «г»; *г* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *д* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *е* — скользящее среднеквадратическое отклонение ряда углов «д»

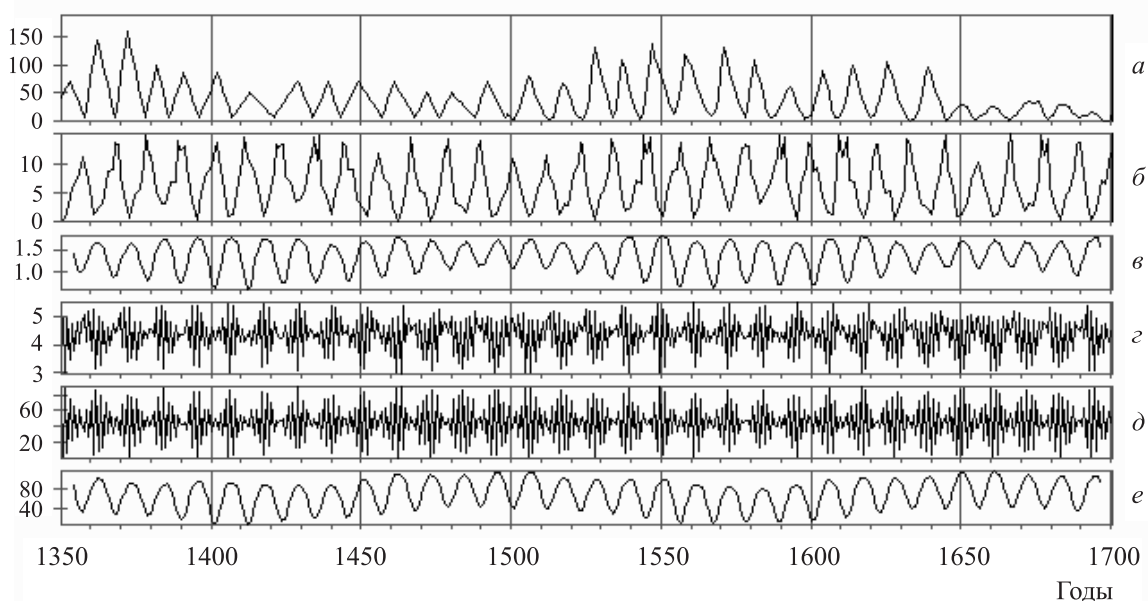


Рис. 2. Для периода с 1350 по 1700 г.: *a* — ряд солнечной активности Шове, отн. ед.; *б* — данные индекса JEV, град; *в* — скользящее среднеквадратическое отклонение по данным ряда «г»; *г* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *д* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *е* — скользящее среднеквадратическое отклонение ряда углов «д»

тем не менее циклы СА стоят на своих местах и, как видим, имеется полное соответствие количества циклов СА и индекса JEV, хотя здесь наблюдаются фазовые сдвиги экстремумов СА и индекса JEV.

На рис. 3 для периода с 1700 по 2014 г. солнечная активность представлена числами Вольфа, полученными по инструментальным данным. 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).

С 1500 по 2014 гг. основные полученные из спектрального анализа периодичности в СА и в индексе JEV составляют соответственно 11.06 и 11.065 лет. С 1000 по 2014 гг. основная периодичность и в СА и в индексе JEV составляет соответственно 11.069 и 11.067 лет.

По массиву индекса линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера (индекс JEV) с 1000 г. (рис. 1–3) длительности 11-летних циклов,

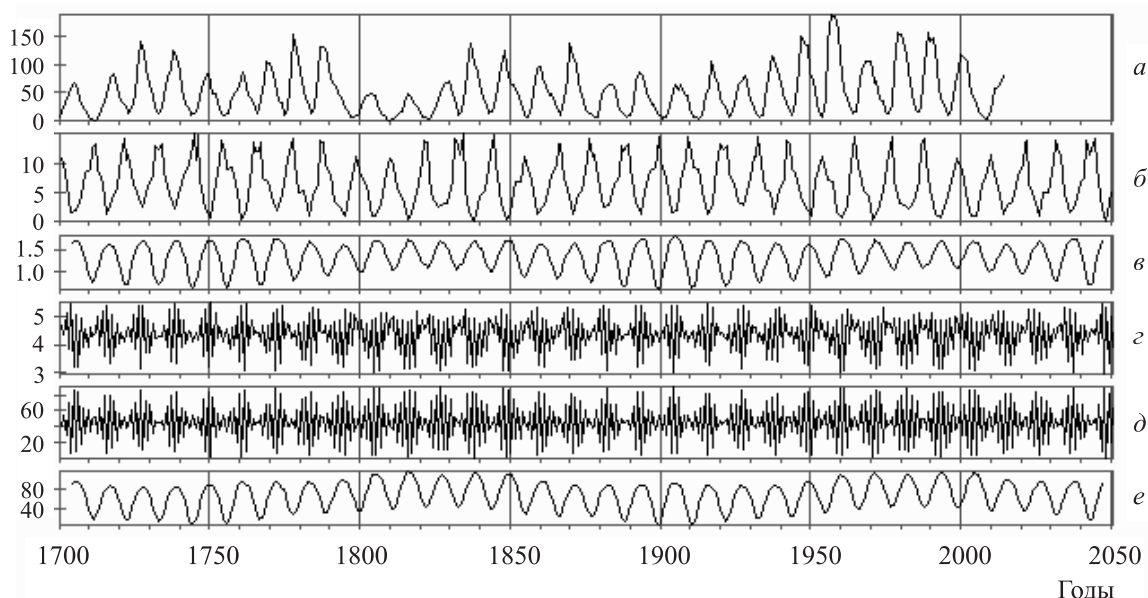


Рис. 3. Для периода с 1700 по 2050 г.: *a* — ряд солнечной активности по числам Вольфа (1700–2014), отн. ед.; *b* — данные индекса JEV, град; *в* — скользящее среднее квадратическое отклонение по данным ряда «г»; *г* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *д* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *е* — скользящее среднее квадратическое отклонение ряда углов «д»

найденные по минимальным значениям индекса, колеблются в пределах 9–13 лет, в солнечной активности по числам Вольфа соответствующий диапазон составляет 8–14 лет [9]. Из рис. 1–3 видно, что количество 11-летних циклов как по индексу JEV, так и по СА за 1000-летний временной интервал одинаково. 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.

2. Расчет результирующей приливной силы

На рис. 1–3 показаны расчеты результирующей приливной силы со стороны Юпитера, Земли и Венеры, действующей на Солнце. По существу, это приливная волна.

Приливные силы — это силы, проявляющиеся при воздействии неоднородного силового поля на протяженный объект. Для протяженного 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

между радиусом-вектором Юпитера и производился расчет результирующей приливной силы. Результат нормировался на приливную силу Земли, которая принималась за единицу.

Приливная сила для отдельной планеты находилась как

$$F = g \times m_p \times m_s \times \left(\frac{1}{(r-R)^2} - \frac{1}{r^2} \right)$$

или

$$F = g \times m_p \times m_s \times \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+R)^2} \right),$$

где g — гравитационная постоянная, m_p и m_s — массы планеты и Солнца, r — расстояния от планеты до центра Солнца, R — радиус Солнца.

В данном расчете учитывается как масса планет, так и их расстояния от Солнца (а расстояния от Солнца отражают и эллиптичность орбит планет). О необходимости учета названных параметров было отмечено в работе [10].

Из рис. 1–3, *г* видно, что имеются большие вариации результирующей приливной силы (РПС) в моменты времени линейных конфигураций планет Венеры, Земли и Юпитера. Проведен расчет скользящего среднее квадратического отклонения σ (РПС). Хорошо видно, что максимальные значения σ (РПС) очень хорошо соответствуют минимальным значениям индекса JEV, т. е. линейным конфигурациям планет Венеры, Земли и Юпитера.

На рис. 1–3, *д* показаны рассчитанные углы J между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце (Венера–Солнце–Земля) (ЛКП — линейные конфигурации планет с Солнцем). Также рассчитаны скользящие среднее квадратические отклонения этих углов $\sigma(J)$. Хорошо видно, что величина

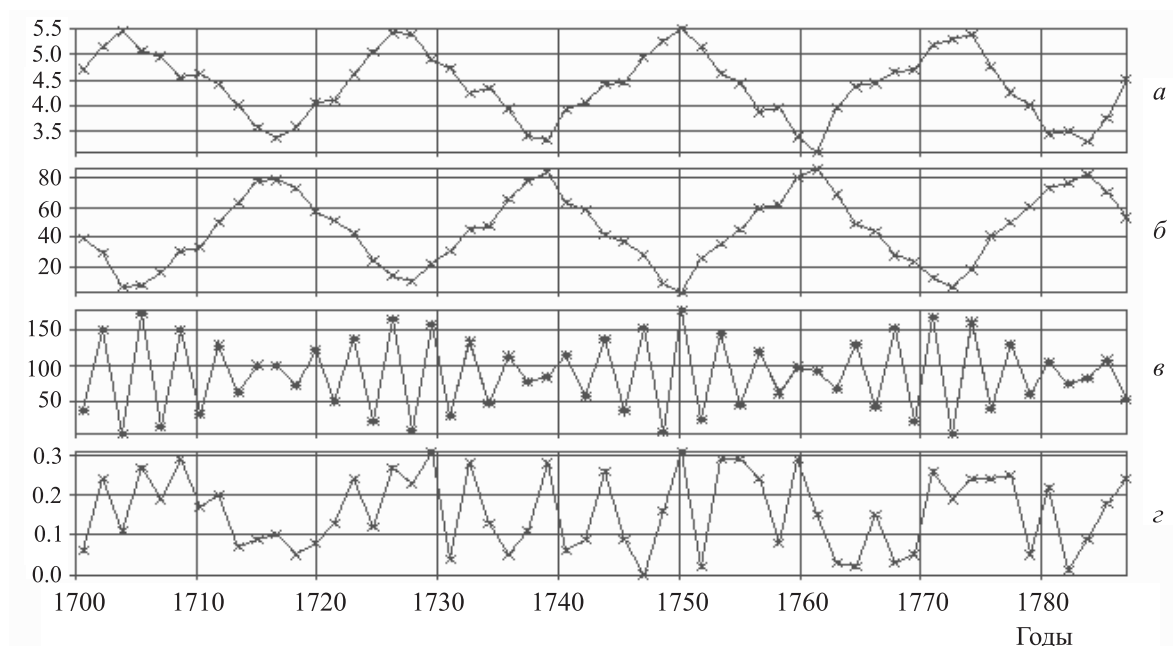


Рис. 4. Для моментов времени соединений Венеры и Земли: *a* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *б* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *в* — углы между радиусами-векторами Юпитера–Венеры и Юпитера–Земли, град, углы совпадают; *г* — разность долгот Венеры и Земли для моментов времени соединений, град, углы вблизи нуля

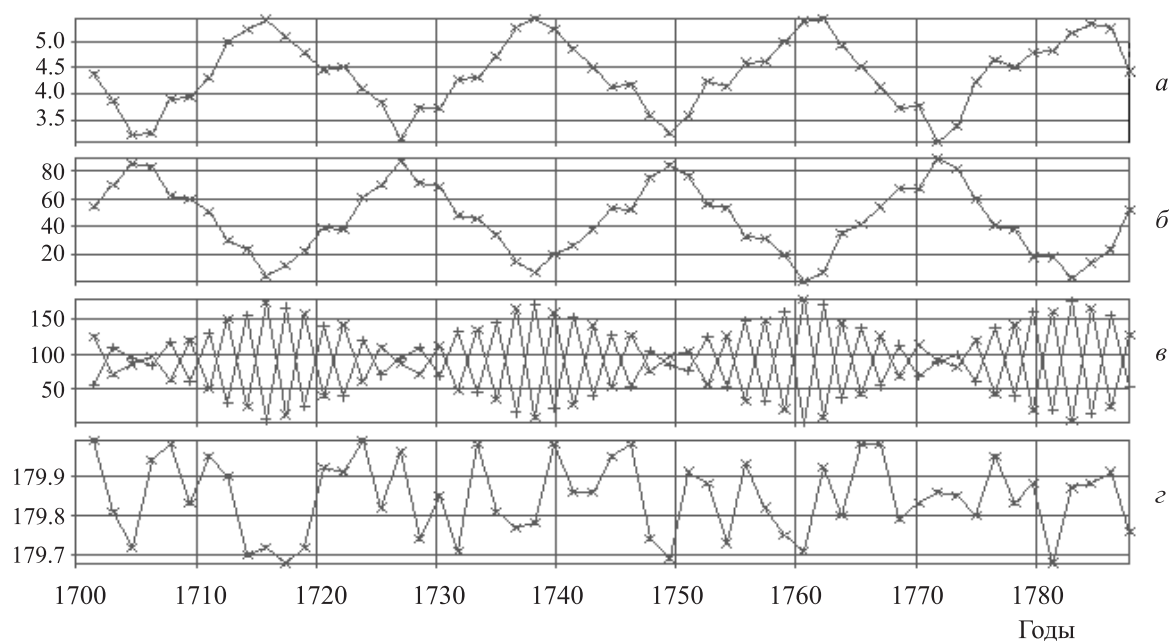


Рис. 5. Для моментов времени противостояний Венеры и Земли: *a* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *б* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *в* — углы между радиусами-векторами Юпитера–Венеры (x) и Юпитера–Земли (+), град, углы изменяются в противофазе; *г* — разность долгот Венеры и Земли для моментов времени противостояний, град, углы вблизи 180°

ны J антикоррелируют с РПС. При максимальных углах J РПС минимальны. Временной ход $\sigma(J)$ хорошо коррелирует с $\sigma(\text{РПС})$. При движении Юпитера относительно линии ЛКП угол J резко меняется и в такт с этим углом меняется РПС. Юпитер вызывает большие изменения РПС.

Рассмотрим подробнее динамику изменения углов J .

На рис. 4, 5 для интервала с 1700 по 1788 гг. (взяв небольшой интервал, чтобы видны были детали) представлены данные по результирующей приливной силе со стороны планет Венеры, Земли и Юпитера, углом J , углом Юпитер–Венера ($J-V$), углом Юпитер–Земля ($J-E$) для моментов времени соединений Венеры и Земли (рис. 4) и моментов времени противостояний Венеры и Земли (по разные

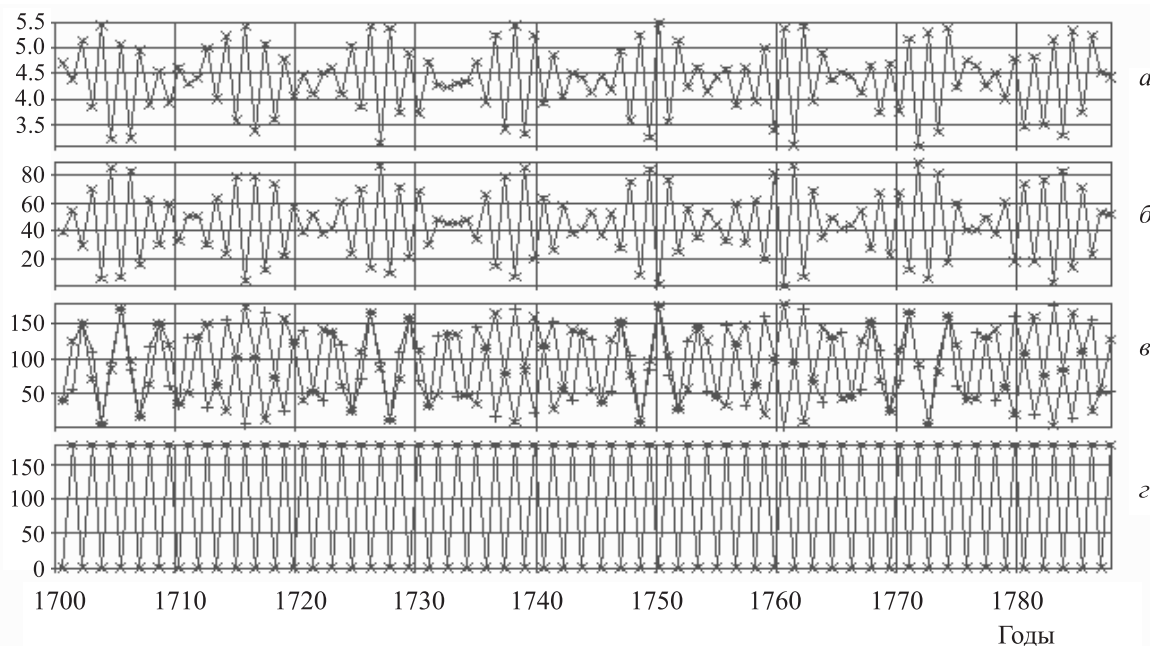


Рис. 6. Для моментов времени соединений и противостояний Венеры и Земли: *а* — результирующая приливная сила трех планет (Венеры, Земли и Юпитера), действующая на Солнце, отн. ед.; *б* — углы между радиусом-вектором Юпитера и линией Венера–Земля–Солнце, град; *в* — углы между радиусами-векторами Юпитера–Венеры (×) и Юпитера–Земли (+); *г* — разность долгот (град) Венеры и Земли для моментов времени соединений (значения углов вблизи 0°) и противостояний, град, углы вблизи 180°

стороны от Солнца, рис. 5). Как видим, величины РПС и углы J на обоих рисунках изменяются с 22-летним периодом и в противофазе. Углы $J-V$ и $J-E$ для моментов соединений одинаковы, а для моментов противостояний изменяются в противофазе.

На рис. 6 показаны моменты времени соединений и моменты противостояний Венеры и Земли. Отчетливо прослеживаются пилообразные изменения соответствующих величин. Минимальным значениям углов J соответствуют максимальные РПС и наоборот. При этом если сравнивать соседние 11-летние цуги колебаний как РПС, так и углов J , то можно видеть, что пилообразные колебания в них происходят в противофазе. Это можно обнаружить, если проводить сравнение с равномерным во времени рядом на рис. 6, *г*. Так, для первого на рисунке 11-летнего цуга (1700–1711 гг.) максимумы РПС соответствуют моментам времени соединений Венеры и Земли, а для следующего 11-летнего цуга (1712–1723 гг.) максимумы РПС соответствуют моментам времени противостояний Венеры и Земли.

Аналогичная ситуация с резкими пилообразными колебаниями как углов J , так и РПС, а также противофазность колебаний в соседних 11-летних цугах наблюдается на всем временном интервале с 1000 г. (рис. 1–3).

На рис. 6, *в* можно видеть, что в 8 изображенных на нем цугах 11-летних циклов в нечетных номерах (1, 3, 5, 7) наблюдается синфазность изменений углов $J-V$ и $J-E$, а в четных номерах эти углы изменяются в противофазе.

3. Фазовые сдвиги между СА и индексом JEV

Соответствие фаз индекса JEV и СА претерпевает некоторые изменения. Для выявления величин сдвигов между максимумами–минимумами СА и минимальными значениями индекса JEV проводился кросс-корреляционный анализ. Для СА были взяты интервалы как между минимумами (корреляция максимумов), так и между максимумами (корреляция минимумов). В обоих случаях кросс-корреляция 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. Эти расчеты более точно определяют фазовые сдвиги, чем расчеты в работах [4, 5], где кросс-корреляция проводилась не по циклам, а для интервала времени 270 мес, который сдвигался. На рис. 7 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 укладываются в этот механизм. Автор отдает предпочтение корреляции минимумов СА, когда минимальные значения индекса JEV коррелировались с минимумами СА (здесь имеем положительные коэффициенты кор-

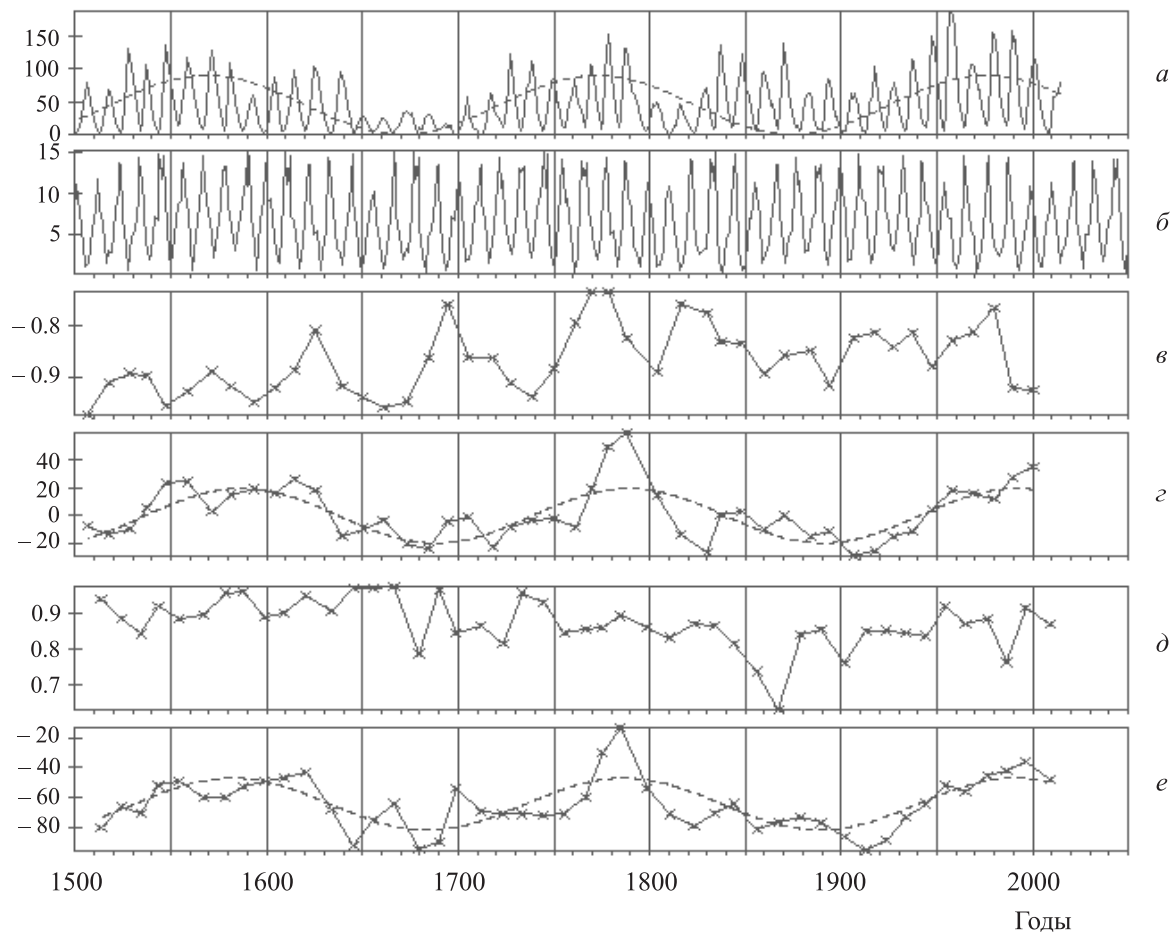


Рис. 7. Фазовые соотношения СА и индекса JEV, полученные при кросс-корреляционном анализе: *a* — ряд солнечной активности по числам Вольфа (пунктир — спектральная составляющая с периодом 203.5 лет); *б* — данные индекса JEV, град; *в* — коэффициенты корреляции для максимумов СА; *г* — опережения-отставания максимумов СА от минимальных значений индекса JEV, мес (пунктир — спектральная составляющая с периодом 202.1 лет); *д* — коэффициенты корреляции для минимумов СА; *е* — отставание минимумов СА от минимальных значений индекса JEV, мес (пунктир — спектральная составляющая с периодом 204.6 лет)

реляции). 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 линейных конфигурациях планет Венеры, Земли и Юпитера является спусковым механизмом для начала цикла СА с запаздыванием от 20 до 95 мес. Величины запаздываний на рис. 7 меняются с периодичностями около 202.1 г. (*г*) и 204.6 г. (*е*), показанных на рис. 7 пунктиром. В солнечной активности соответствующая периодичность составляет 203.5 г. (*а*, пунктир).

Заключение

В настоящем исследовании сделан расчет результирующей приливной силы, действующей на Солнце со стороны Юпитера, Земли и Венеры. Показаны быстрые изменения РПС вблизи моментов времени линейных конфигураций Юпитера, Земли и Венеры. К чему это может привести?

По современным представлениям предполагается, что механизм электромагнитного динамо, ответственный за генерацию солнечных магнитных полей, зарождается в переходном слое, называемом

мом тахоклином, между зонами лучистого переноса и конвективной.

Быстрые изменения приливной силы, действующей на Солнце со стороны планет Венеры, Земли и Юпитера, могут вызвать возмущения в физических параметрах области тахоклина, которые передадутся далее в конвективную зону и окажут воздействие на формирование солнечной активности.

Учитывая, что минимумы СА отстают от минимальных значений индекса JEV на интервал времени от 20 до 95 мес, можно предположить, что процесс передачи энергии в верхние слои Солнца может флуктуировать и происходить с различными временными запаздываниями относительно линейных конфигураций Венеры, Земли и Юпитера. Индекс JEV не дает возможность прогнозировать амплитуду 11-летнего цикла СА, однако он дает возможность прогнозировать моменты времени максимумов и минимумов солнечной активности на многие циклы в будущем, а также рассчитать эти моменты времени в прошлом. Индекс JEV также дает возможность провести уточнения моментов времени минимумов и максимумов СА в ряде Шове.

Список литературы

1. Охлопков В.П. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2012. № 4. С. 56. (*Okhlopkov V.P. // Moscow University Phys. Bull. 2012. 67, № 4. P. 377.*)
2. Охлопков В.П. // Изв. РАН. Сер. Физ. 2013. 77, № 5. С. 667. (*Okhlopkov V.P. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 2013. 77, N 5. P. 599.*)
3. *Okhlopkov V.P. // J. Phys.: Conf. 2013. Ser. 409. 012199.*
4. Охлопков В.П. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2014. № 3. С. 50. (*Okhlopkov V.P. // Moscow University Phys. Bull. 2014. 69, N 3. P. 257.*)
5. Охлопков В.П. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук: Мат-лы IV Международной научной конференции «Общество, наука, инновации». Москва, 2015. № 07, ч. IV. С. 8.
6. *Shove D.J. // J. Geophys. Res. 1955. 60, N 2. P. 127.*
7. *Shove D.J. Sunspots cycles. Stroudsburg: Hutchinson Ross, 1983.*
8. ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL
9. Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. // Краткие сообщения по физике. ФИАН. 2002, № 10. С. 8.
10. Приходовский М.А. // Наука и образование в жизни современного общества: Сб. науч. трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2014. Ч. 9. Тамбов, 2015. С. 131.

The gravitational influence of Venus, the Earth, and Jupiter on the 11-year cycle of solar activity

V. P. Okhlopkov

*Skobeltsyn Research Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow 119991, Russia.
E-mail: ovpetrovich@yandex.ru.*

This paper presents the calculations of the resulting tidal force of Jupiter, Venus, and Earth, that act on the Sun. Considering the tidal forces as the difference of gravitational forces that act on the extreme points of the Sun's diameter and on the center of the Sun, it is shown that there are large variations in the resulting tidal force (RTF) at the moments of linear configurations of Venus, the Earth, and Jupiter, and that the maximum variations of the RTF are in a strong agreement with the minimum values of the JEV planetary index, as introduced by the author in previous works.

Keywords: mean difference of heliocentric longitudes of the planets, planetary conjunction, envelope curve of minimum values, frequency spectra, solar activity, resulting tidal force, tidal wave, spectral component.

PACS: 96.60.Q-.

Received 4 December 2015.

English version: *Moscow University Physics Bulletin. 2016. 71, No. 4. Pp. 440–446.*

Сведения об авторе

Охлопков Виктор Петрович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник; тел.: (495) 939-52-33, e-mail: ovpetrovich@yandex.ru.