

АСТРОНОМИЯ, АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Циклы солнечной активности и конфигурации планет

В. П. Охлопков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
E-mail: okhlopkov@taspd.sinp.msu.ru

Статья поступила 28.12.2011, подписана в печать 18.03.2012.

Найдена однозначная связь 11-летнего и 22-летнего циклов солнечной активности с минимальными значениями параметра «средняя разность гелиоцентрических долгот планет Венеры, Земли и Юпитера». Использованный параметр хорошо описывает как соединения трех планет, в тот момент когда они находятся почти на одной линии от Солнца, что вызывает максимум солнечной активности, так и соединения в более широком долготном секторе ($25\text{--}30^\circ$), когда эти соединения происходят гораздо чаще и сопровождаются различными комбинациями планет по разные стороны от Солнца, что также вызывает максимум солнечной активности. Расположение планет по разные стороны от Солнца в различных комбинациях очень хорошо согласовано с использованным параметром.

Ключевые слова: средняя разность гелиоцентрических долгот планет, частотные спектры, центр масс Солнечной системы, солнечная активность.

УДК: 523.2. PACS: 96.60.Q–.

Введение

Данная работа посвящена поиску связей движения планет и проявлений солнечной активности. Если бы удалось найти такие связи, то возможности для прогноза солнечной активности резко расширились. Еще в середине XIX в. 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.

Важным этапом в исследованиях солнечной активности была работа Жозе [6], 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 г. В работе было показано, что динамические параметры движения Солнца относительно ЦМСС имеют периодичность 178.8 года, 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 [7–11]. В работе Прокудиной [11], используя данные работы [6], рассчитано орбитальное ускорение Солнца и показано, что экстремумы орбитального ускорения, как положительные, так и отрицательные, соответствуют максимумам солнечной активности.

В работах Хлыстова с соавторами [12–15] 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 [13–15] 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 [16] 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 несомненном влиянии динамических параметров движения планет на солнечную активность.

Никулин [17] 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 осу-

шествляется не гравитационным воздействием, а электродинамическим.

Сухарев [18] в своих работах считает главным фактором, воздействующим на солнечную активность, волновые космические электромагнитные резонансы. Автор считает, что при обращении вокруг Солнца планет в соответствии с теорией Максвелла генерируется электромагнитное поле, напряженность которого изменяется с периодами 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.

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.

В настоящей работе были рассчитаны средние разности гелиоцентрических долгот (СРД) для различных сочетаний планет. В рядах СРД, полученных для сочетаний планет, в которых участвовали Юпитер и Сатурн, главная периодичность — 19.86 года (период соединения Юпитера и Сатурна), а в солнечной активности в знакопеременном ряде чисел Вольфа для периода с 1749 по 2010 г. соответствующая периодичность 22 года.

1. Планетные конфигурации

На рис. 1 представлены динамические параметры движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы — расстояние центра Солнца относительно центра масс солнечной системы, изменение углового момента Солнца относительно центра масс и ускоре-

ние Солнца от гравитационного воздействия планет (главная периодичность в них — 19.86 года). Сопоставление этих параметров с солнечной активностью 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 найти хорошего согласования 11-летнего и 22-летнего циклов солнечной активности. Многие исследователи в течение многих лет пытались найти связь солнечной активности с вышперечисленными и другими динамическими параметрами, но безуспешно.

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. На рис. 2 в качестве примера для Венеры, Земли и Юпитера для периода с 1750 по 1770 г. с шагом при расчете через 5 дней 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.

В настоящей 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

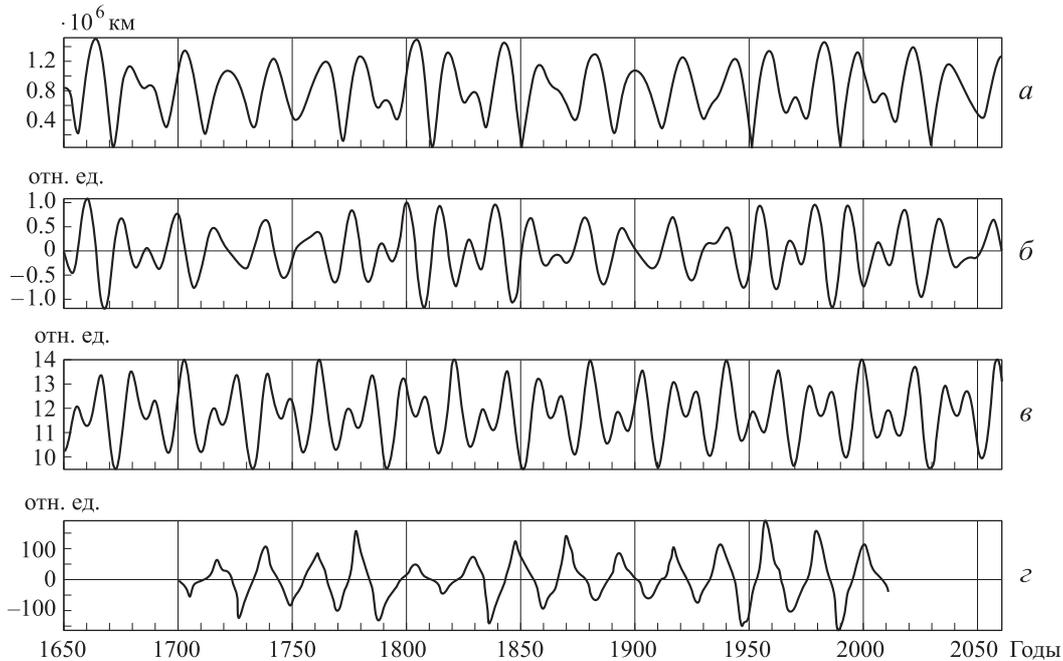


Рис. 1. Расстояние центра Солнца от центра масс Солнечной системы (а), изменение углового момента Солнца относительно центра масс (б), ускорение Солнца от гравитационного воздействия планет (в) и знакопеременный ряд чисел Вольфа (г)

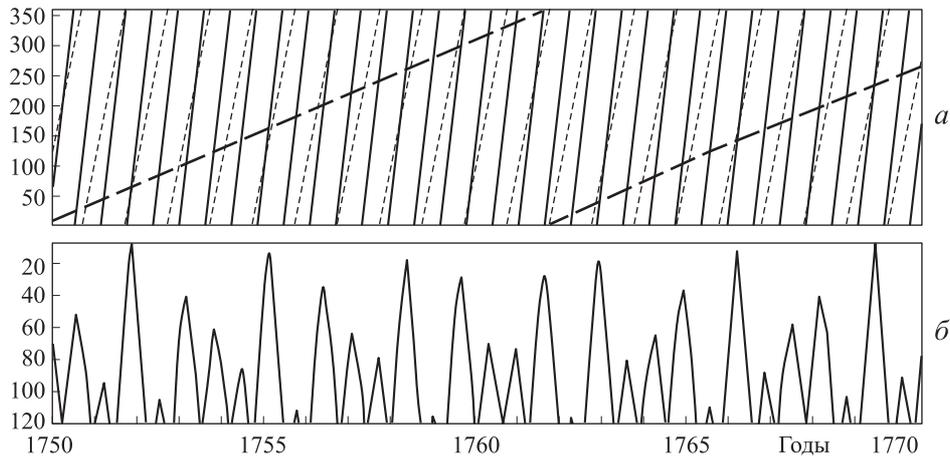


Рис. 2. Гелиоцентрические долготы (а) и средние разности этих долгот (СРД) (б) для Венеры (сплошная линия), Земли (короткие штрихи) и Юпитера (длинные штрихи) для периода с 1750 по 1770 г.

планет удалось найти хорошее соответствие.

Были рассчитаны СРД для двух интервалов времени: один интервал с 1000 г. по 2050 г. с шагом при расчете 10 дней и другой интервал — с 1700 по 2050 г. с шагом при расчете 5 дней. 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.

На рис. 3, а для периода с 1700 по 2050 г. представлены данные по СРД, ограниченные максимальными значениями 40° . В отличие от рис. 2, 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 этого ряда (рис. 3, а), главная периодичность огибающей в нем составляет 22.14 года.

На рис. 3, г показаны выделенные точки огибающей (из рис. 3, а) с минимальными СРД и ограничениями максимального угла сектора соединения планет 30° (обозначим этот ряд как СРД30). Также на рис. 3, б представлены интервалы времени между соединениями планет, представленными на рис. 3, г. Из этих рисунков отчетливо видно, что если соединения планет имеют минимальные расхождения по долготе, когда СРД меньше 10° , то интервал времени между соединениями составляет около 3.2 года. Однако если взять минимальные расхождения по долготе более 20° , 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. 3, в, номер 1, эту конфигу-

рацию обозначим К1). Когда же экстремумы огибающей СРД находятся в интервале $25\text{--}30^\circ$, наблюдаются две конфигурации планет. Одна конфигурация, когда происходит соединение Венеры с Юпитером и расположением Земли по другую сторону от Солнца (рис. 3, в, номер 2, эту конфигурацию обозначим К2). Другая конфигурация — когда происходит соединение Земли с Юпитером и расположением Венеры по другую сторону от Солнца (рис. 3, в, номер 3, эту конфигурацию обозначим 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.

2. Сопоставления с солнечной активностью

На рис. 3, д, е представлены знакопеременный ряд чисел Вольфа (обозначим его как Rz_-) и обычный ряд (обозначим его как Rz). Конечно, знакопеременный ряд можно было взять со знаками и наоборот, это не принципиально. Поскольку в данных СРД30 основная периодичность 22-летняя, то был проведен корреляционный анализ Rz_- и кривых СРД25, СРД30 (показана на рисунке), СРД35 со сдвигом. Анализ показал наилучшую корреляцию с рядом СРД30. Коэффициенты корреляции составляют -0.807 при отставании Rz_- в среднем на 10.4 года и $+0.801$ при нулевом сдвиге и при сдвиге, когда Rz_- опережает на 0.8 года.

Конечно, солнечная активность не может опережать фактор, который ее определяет, поэтому следует заключить, что 22-летний цикл солнечной активности с запаздыванием около 10.4 года следует за экстремумами огибающей минимальных значений СРД планет Венеры, Земли и Юпитера. Если изменить знаки на противоположные у знакопеременного ряда, то изменится лишь знак коэффициента корреляции.

Далее следует обратить внимание на следующий момент. Как видно на рис. 3, б, имеются четко выделенные интервалы времени между соединениями планет, когда эти интервалы составляют 3.2 года (СРД при этом имеет наименьшие значения) и когда эти интервалы составляют 1.3–2 года (СРД в пределах огибающей

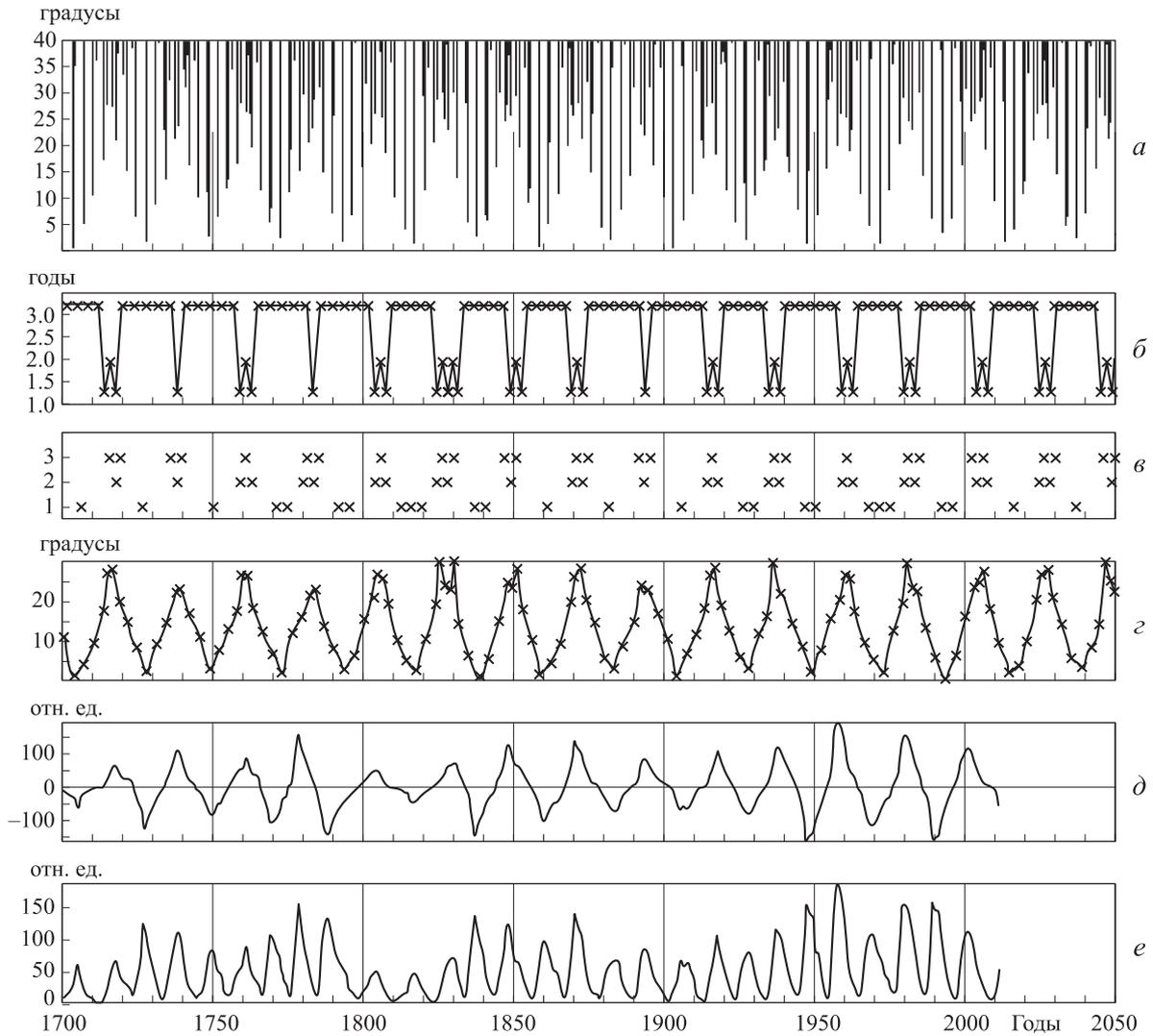


Рис. 3. Средние разности гелиоцентрических долгот Венеры, Земли и Юпитера, ограниченные величиной 40° (а); огибающая минимальных значений СРД, взятых с рис. 3, а с ограничением 30° (б), и интервалы времени между ними (в); моменты времени для различных конфигураций планет при их расположении по разные стороны от Солнца (в) (номера конфигураций 1–3, описание в тексте); знакопеременный (д) и обычный (е) ряды чисел Вольфа. Интервал времени с 1700 по 2050 г.

кривой при этом имеют большие значения, более 20°); причем переход между ними резкий. Можно сказать следующее: а) когда происходят соединения планет с минимальным расхождением по долготе (нижние точки на рис. 3, г, интервалы времени между ними 3.2 года), а в соседние интервалы времени конфигурация К1, на Солнце оказывается максимальное воздействие со стороны планет и этим вызывается максимум солнечной активности, б) когда же соединения планет происходят при СРД в диапазоне около $25-30^\circ$ и интервалы времени между ними резко уменьшаются и становятся 1.3–2 года, т.е. намного чаще, а в соседние интервалы времени конфигурации К2–К3, то на Солнце также оказывается большое воздействие и происходит максимум солнечной активности. Как видим, 11-летний цикл солнечной активности выявляется. Здесь нужно особо отметить, что 11-летние циклы солнечной активности формируются при нескольких последовательных конфигурациях планет. Следует отметить, что нечетные циклы в описанной ситуации происходят, когда рас-

хождения планет по долготе минимально, т.е. планеты выстраиваются почти на одной линии от Солнца, а максимум солнечной активности, как правило, выше.

Важным является соотношение длительностей 11-летних циклов по числам Вольфа и по параметру СРД (огибающая СРД30). Сравнение длительностей 11-летних циклов по числам Вольфа и по параметру СРД с учетом соответствия между ними со сдвигом было проведено для циклов, следовавших после 1815 г., где данные по числам Вольфа, как считается, более репрезентативны. Для этих циклов средний сдвиг между максимумами по Rz и СРД составил 10.2 года, средняя продолжительность циклов составила соответственно 10.96 и 11 лет, средняя разность длительностей 11-летних циклов по Rz и СРД составила 0.7 ± 0.2 года. Если же сопоставлять 11-летние циклы по Rz и СРД без сдвига, то средняя разность длительностей 11-летних циклов составляет 1.0 ± 0.3 года. Здесь следует отметить лучшую согласованность длительностей 11-летних циклов по СРД и Rz , если учитывать запаздывание Rz .

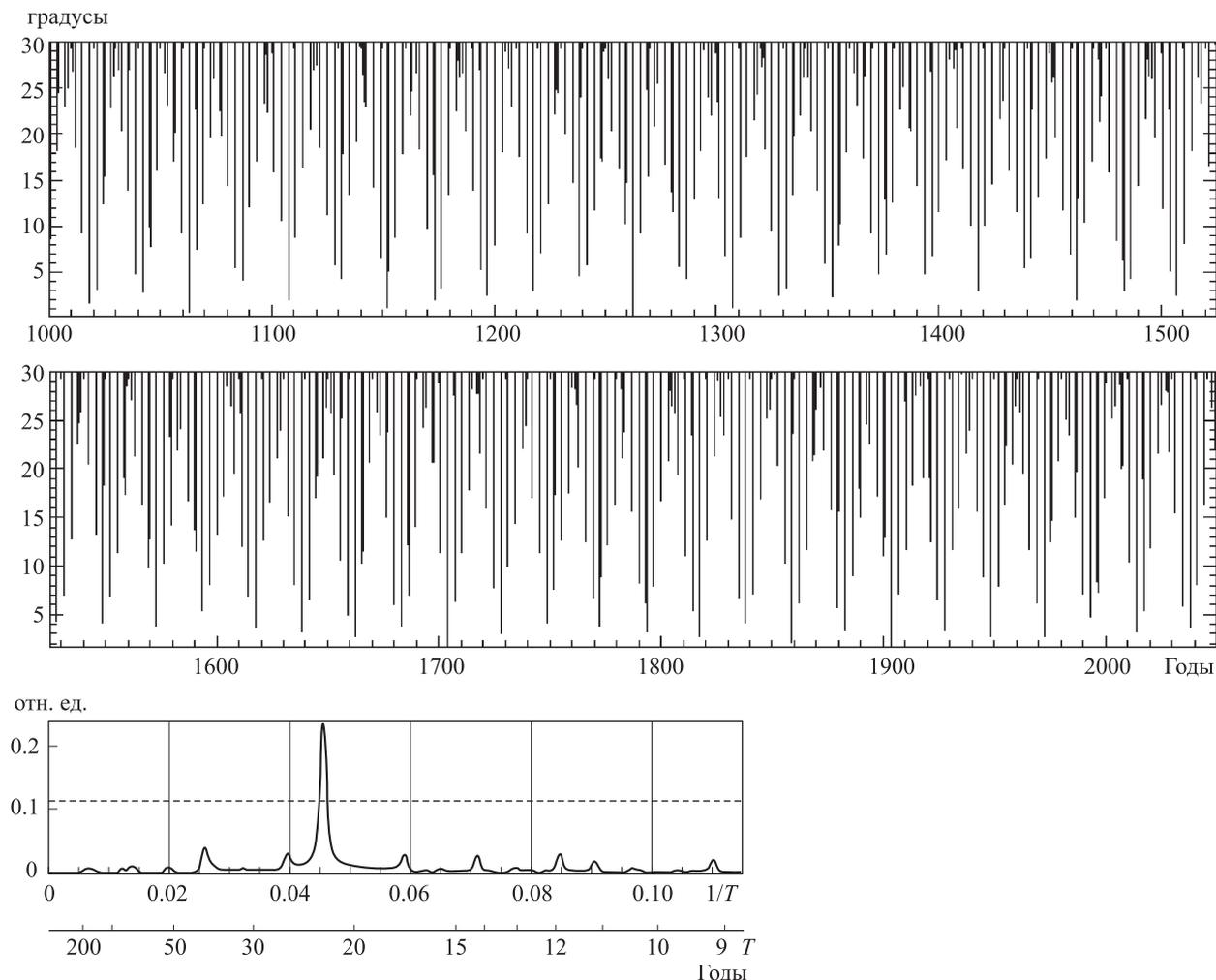


Рис. 4. Средние разности гелиоцентрических долгот (вверху) и их частотный спектр (внизу) для Венеры, Земли и Юпитера для периода с 1000 по 2050 г. Показан уровень 99-процентной значимости

Для интервала времени с 1815 по 2011 г. главная периодичность огибающей СРД составляет 22.0 года.

По массиву СРД для периода с 1000 года (рис. 4) длительности 11-летних циклов, найденные по экстремумам огибающей СРД, колеблются в пределах 7.8–14.3 года, а спектр СРД для этого периода дает периодичность 22.14 года (рис. 4). Для этого же периода времени, если рассчитывать спектры на интервалах времени 200 лет и сдвигать их начало на 200 лет, получим для главной периодичности огибающей следующие значения: 22.06, 22.11, 22.21, 22.13 и 22.10 года. Как видим, длительность 22-летних и соответственно 11-летних циклов не остается постоянной.

3. Обсуждение и заключение

В настоящем исследовании применен очень результативный параметр — средняя разность гелиоцентрических долгот планет. Данный параметр рассчитан для двух интервалов времени: один интервал с 1000 по 2050 г. с шагом при расчете 10 дней и другой интервал — с 1700 по 2050 г. с шагом при расчете 5 дней для различных сочетаний планет. Однако только для планет Венера, Земля и Юпитер удалось найти хорошее соответствие с 11-летним и 22-летним циклами солнечной активности.

По расчетам Хлыстова [13–15], высота прилива на Солнце от планет, если прилив, создаваемый Землей принять за единицу, составляет (в скобках также приведен расчет автора силы взаимного притяжения Солнца и планет, для Земли 1): Меркурий — 0.96 (0.369), Венера — 2.16 (1.558), Земля — 1 (1), Марс — 0.03 (0.046), Юпитер — 2.26 (11.74), Сатурн — 0.109 (1.042), Уран — 0.0011 (0.04), Нептун — 0.00064 (0.019). Из этих данных видно, что наибольшее воздействие на Солнце оказывают планеты Венера, Земля и Юпитер.

Параметр СРД рассчитывался от минимальных значений (доли градуса) до 120° (максимально возможное значение), где как такового соединения планет уже нет. Для анализа были взяты данные по СРД с разными ограничениями по максимальному разбросу долгот при соединении планет (анализ проводился для ограничений 20, 25, 30, 35, 40 и 50°). Параметр СРД в области наименьших своих значений имеет очень четкую периодическую огибающую, основной период которой составляет 22.14 года для интервала времени с 1000 по 2050 г. Спектральный анализ ряда солнечной активности Шове, взятого с 1000 г. и дополненного рядом чисел Вольфа, дает периодичность 11.07 года, что находится в полном соответствии с периодичностью

по СРД, экстремумы которой описывают 11-летние циклы солнечной активности.

Огибающая СРД имеет две четко выделенные зоны своих значений. На рис. 3, *г* проведена именно огибающая, полученная из данных рис. 3, *а*. Первая зона — это когда происходят соединения планет с минимальным расхождением по долготе (до 10° , интервалы времени между этими соединениями 3.2 года), а в соседние интервалы времени конфигурация К1, при этом на Солнце оказывается максимальное воздействие со стороны планет и этим вызывается максимум солнечной активности. Вторая зона — это когда соединения планет происходят при СРД в диапазоне около $25\text{--}30^\circ$ и интервалы времени между соединениями резко уменьшаются и становятся 1.3–2 года, т.е. намного чаще, а в соседние интервалы времени конфигурации К2–К3, и на Солнце также оказывается большое воздействие и происходит максимум солнечной активности. Таким образом, имеем 11-летние циклы солнечной активности (СА).

Из рис. 3, *а* видно, что области минимальных значений СРД (таких областей на рисунке шестнадцать) имеют разную структуру соединений планет, и этим могут объясняться различные формы 11-летних циклов солнечной активности.

Анализ огибающей СРД планет Венеры, Земли и Юпитера с 1000 года показывает, что длительность 11-летних циклов, выделенных по экстремумам огибающей СРД, колеблется в пределах 7.8–14.3 года.

11-летний и 22-летний циклы солнечной активности определяются огибающей кривой минимальных значений средней разности гелиоцентрических долгот планет Венеры, Земли и Юпитера в двух зонах: один максимум СА происходит, когда расхождение планет по долготе минимально (до 10° СРД), второй максимум происходит при СРД в диапазоне около $25\text{--}30^\circ$, когда интервалы времени между соединениями намного меньше. При этом эти планеты или последовательно

проходят несколько конфигураций, находясь почти на одной линии с Солнцем или вблизи нее, или проходят несколько конфигураций с СРД в пределах $25\text{--}30^\circ$, что сопровождается конфигурациями планет по разные стороны от Солнца. Запаздывание солнечной активности от соответствующей конфигурации планет, около 10 лет, может быть востребовано в моделях солнечной активности, в которых источник солнечной активности располагается как на больших глубинах Солнца, так и в конвективной зоне.

Список литературы

1. Wolf R. // Astr. Mittheilungen. 1859. **8**. P. 183.
2. Brown E.W. // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 1900. **60**. P. 599.
3. Шостакович В.Б. // Труды Иркутской магнитной обсерватории. 1928. № 2–3.
4. Malberet J. // L'Astronomie. 1925. **39**. P. 503.
5. Clayton H.H. // Smith. Misc. Coll. 1947. **106**. 3870. P. 1.
6. Jose F.D. // Astron. J. 1965. **70**. P. 193.
7. Сурдин В.Г. Динамика звездных систем. М., 2001. С. 32.
8. Trellis M. // Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. 1966. **262**. P. 376.
9. Fairbridge R.V., Shirley J.N. // Solar Phys. 1987. **110**. P. 191.
10. Charvatova I., Strejntik J. // Bull. Astron. Czech. 1991. **42**. P. 90.
11. Прокудина В.С. // Труды ГАИШ. 1995. **64**, ч. 1. С. 145.
12. Хлыстов А.И. // Вестн. Киевск. ун-та. 1982. № 24. С. 61.
13. Хлыстов А.И. // Труды ГАИШ. 1991. **62**. С. 111.
14. Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М. // Биофизика. 1992. **37**. № 3. С. 547.
15. Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова Л.М. // Труды ГАИШ. 1995. **64**, ч. 1. С. 91.
16. Охлопков В.П. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2011. № 6. С. 139.
17. Никулин И.Ф. // Циклы активности на Солнце и звездах. СПб., 2009.
18. Сухарев В.А. Все катастрофы Земли. Одесса, 2004. С. 336.

Cycles of solar activity and the configuration of the planets

V. P. Okhlopkov

D. V. Skobel'syn Institute of Nuclear Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia.

E-mail: okhlopkov@tasped.sinp.msu.ru.

In this paper, using the parameter — the average difference between the heliocentric longitudes of the planets Venus, Earth and Jupiter — the strong link found 22-year and 11-year cycles of solar activity with the lowest values of this parameter. Used as a parameter well describes the connection of the three planets, when they are almost in a straight line from the sun, which causes the maximum of solar activity, and connections in the larger longitudinal sector ($25\text{--}30$ deg), when these compounds are much more frequent and are accompanied by various combinations of planets on opposite sides of the Sun, which also cause the maximum of solar activity. The planets on opposite sides of the Sun in various combinations is very well compatible with the parameter used.

Keywords: mean difference of heliocentric longitudes of the planets, frequency spectra, the center of mass of the solar system, solar activity.

PACS: 96.60.Q–.

Received 24 December 2011.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 4(2012).

Сведения об авторе

1. Охлопков Виктор Петрович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник; тел: (495) 939-50-97, e-mail: okhlopkov@tasped.sinp.msu.ru