

УДК 521.937

О влиянии солнечной активности на режим суточного вращения Земли

Г.С. Курбасова¹, А.А. Корсунь², М.Н. Рыбалова¹, Г.Н. Шликать¹

¹ НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

² Главная астрономическая обсерватория, Киев, Украина

Поступила в редакцию 15 марта 2006 г.

Аннотация. Обсуждается возможность солнечной обусловленности некоторых вариаций экспериментальных данных об отклонении длительности суток (**D**) от эталонных за период с 1832 по 2000 гг. Исходные данные описаны квазиполиномиальной моделью с относительной точностью 12 %. Приведены аналитические описания нелинейного тренда и основных вариаций с периодами 64 г., 32 г., 21 г.

Результаты двухканального авторегрессионного анализа допускают возможность влияния солнечной активности, процессов в магнитосфере, сейсмической активности Земли на структуру и характер изменения отдельных вариаций данных **D**.

ABOUT INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE MODE OF DAILY ROTATION OF THE EARTH, by G.S. Kurbasova, A.A. Korsun, M.N. Rybalova, G.N. Shlikar. In the present work the opportunity of solar conditionality of some variations of experimental data about the excess of the duration of the day **D** to 86 400s for the period from 1832 yr to 2000 yr is discussed. The initial data are described by quasi-polynomial of the model with relative accuracy of 12 %. Analytical descriptions of the nonlinear drift and the basic variations with the periods 64 yr, 32 yr, 21 yr are given.

Results of the two-channel autoregression analysis suppose an opportunity of influence of solar activity, processes in the magnetospheric, seismic activity of the Earth on structure and character of change of separate variations in data **D**.

Ключевые слова: Солнце, Земля, вращение, сутки.

1 Введение

Механизм передачи солнечной энергии состоит в координации сложных многопараметрических процессов, событий, реакций, взаимодействий.

Существует несколько общих классификаций солнечно-земных взаимосвязей, из которых следует, что главной областью негравитационного взаимодействия Солнца и Земли является магнитосфера, окружающая Землю. Причем один из возможных механизмов воздействия Солнца на Землю предположительно состоит в передаче солнечной энергии земным гидромагнитным динамо через магнитосферу (Ривин, 1989).

Из-за противоречивых представлений о внутреннем источнике энергии Земли, об источнике энергии магнитного поля Земли, так же как и источниках теплового потока и механической энергии, вопрос о двигателе гидромагнитного динамо остается дискуссионным.

При комплексном подходе к исследованию Земли, который включает проблему согласованности временных изменений характеристик электрических, магнитных и гравитационных полей, обнаруживаются результаты, объяснение которых возможно в предположении существования единого механизма взаимодействия.

В зависимости от целей исследований диапазоны сопоставляемых вариаций ограничиваются, так как спектры вариаций в изучаемых полях содержат периоды от долей секунд до миллионов лет. В настоящей работе обсуждается возможность влияния гелио процессов на изменения длительности суток из года в год с периодами $1 < T < 100$ год. Вариации длительности суток принято делить на вековые, сезонные и нерегулярные.

Предполагается, что долгопериодические изменения длительности суток ($T > 100$ лет) связаны преимущественно с действием приливообразующих сил, возникающих в результате гравитационного взаимодействия Земли с Луной, планетами и Солнцем.

Амплитуда этих колебаний составляет $1 \div 2$ мс за 100 лет (Киселев, 1980).

Кроме того, существует ряд работ, в которых сезонные вариации скорости суточного вращения Земли ($T \leq 1$ год) связываются с изменением циркуляции атмосферы в течение года и отчасти с лунными приливами (Сидоренков, 2002). Амплитуда этих вариаций около 0.5 мс.

Нерегулярные изменения длительности суток, величина которых на порядок превосходит вековые изменения, С. Ньюком считал "... наиболее загадочными явлениями, наблюдаемыми в движении звезд" (С. Ньюком, 1909).

Попытки теоретического обоснования солнечной обусловленности нерегулярных изменений суточного вращения Земли предпринимались неоднократно (Киселев, 1980). Современные знания о природе солнечной активности и ее проявлений в околоземном пространстве недостаточно конкретны, чтобы можно было получить аналитическое описание взаимосвязей. Поэтому в большинстве случаев установленные закономерности носят эмпирический характер и являются результатом сравнительного анализа временных последовательностей характеристик полей, полученных по наблюдениям.

Сложный характер связи солнечной активности и режима суточного вращения Земли делает более надежными результаты сопоставления данных усредненных на достаточно большом интервале времени (порядка года и более).

Настоящая работа содержит результаты, которые дополняют предыдущие сравнения, выполненные для неприливных вариаций в данных об изменении длительности суток из года в год с периодами 6.4 г., 32 г., 21 г. (Курбасова и др., 2006). Анализ структуры последовательности отклонений длительности суток от эталонных выполнен на основе квазиполиномиальной модели.

2 Исходные данные и метод анализа.

Для сравнительного анализа использовались следующие данные о характеристиках солнечной активности и процессов в магнитосфере:

W – среднегодовые числа солнечных пятен (числа Вольфа) за период 1868–2000 гг. (<http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/>);

aa – среднегодовые индексы геомагнитной активности за период 1868–2000 гг. (<http://www.wdcb.ru/stp/data/geomagni.ind/aa>);

Ap – среднегодовые планетарные индексы (эквивалентная амплитуда) за период 1932–2000 гг. (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/geomagnetic_data/apstar);

SSC – геомагнитные внезапные начала бурь (количества отсчетов N из года в год) за период 1868–2000 гг. (<http://www.wdcb.ru/stp/data/sudden.com/scyear>).

Режим суточного вращения Земли представляют данные **D** об отклонениях длительности суток от стандартных (86 400 сек) из года в год за период 1832–2000 гг. ("IERS Annual Report 2000").

Кроме того, использовались данные о характеристиках сейсмической активности Земли:

EQ – землетрясения с магнитудой более 7 (количество отсчетов N из года в год за период 1900–2000 гг. (<http://neic.usgs.gov/neis/eqeits/7up.html>));

IEQ – среднегодовые значения интегральной сейсмической энергии за период 1900–1989 гг. (Котляр, Ким, 1994).

При выборе данных для сравнения, помимо физических свойств сравниваемых процессов, приняты во внимание однородность, внутренняя согласованность и продолжительность сравниваемых последовательностей.

Результаты спектрального анализа, обсуждаемые в настоящей работе, получены с помощью классического метода (периодограммные оценки) и двухканального авторегрессионного (АР) оценивания спектральной плотности мощности (СПМ) (Марпл, 1990).

С целью изучения спектра в интересующем диапазоне частот строились цифровые линейно-фазовые фильтры. Модель отклонений длительности суток от стандартной за период с 1832 по 2000 гг. построена методом приближения с помощью аппарата квазиполиномов.

3 Квазиполиномиальная модель данных

Данные **D** за период с 1832 г. по 2000 г. описаны моделью вида:

$$S(t) = \sum_{m=1}^n \left(\sum_{l=0}^{k_i-1} a_{ml} t^l \exp(z_m t) \right), \quad (1)$$

где $n \geq 1, k_i \geq 1$ – целые числа, z_m – некоторые несовпадающие комплексные числа. При вещественных коэффициентах a_{ml} и вещественном аргументе t квазиполином $S(t)$ принимает вещественные значения.

Параметры модели вычислены на основе данных **D**. Относительная погрешность приближения составляет 12 % на всем интервале (168 лет) и 2.6 % – в средней точке. Основные составляющие в структуре модели (1) представлены нелинейным трендом S_0 и колебаниями с периодами $S_{64} = 63.6$ г., $S_{32} = 32.2$ г., $S_{21} = 20.7$ г.

На рис. 1 приведены графики: 1 – исходных данных **D**; 2 – величин $S(t)$, вычисленных согласно (1), 3 – исходных данных **D** после удаления $S_0, S_{64}, S_{32}, S_{21}$.

Графики нелинейного тренда и основных компонент модели (1) показаны на рис. 2.

Нелинейный тренд S_0 (рис. 2, гр. 2) имеет вид:

$$S_0(T) = 0.007048 \exp(-1.97604T) + 0.650969 \exp(0.72482T), \quad (2)$$

где T – время в столетиях.

Согласно (2) изменение длительности суток за 100 лет составляет 1.34 мс, что совпадает с теоретической оценкой приливных изменений $1 \div 2$ мс в столетие.

Математическое описание модели **колебания** S_{64} (рис. 2, гр. 3) имеет вид:

$$S_{64}(t) = \sum_{i=1}^2 \left(a_i \exp(-\nu_i t) * \sin\left(\frac{2\pi}{P_{64}} t + \varphi_i\right) \right), \quad (3)$$

т. е. представляет собой сумму двух сдвинутых по фазе колебаний с периодом 63.6 г. Амплитуда суммарного колебания находится в интервале (2 мс, 3 мс).

Сдвиг фаз $\Delta\varphi$ по оси времени составляет ~ 1.5 года.

Вариация S_{32} (рис. 2, гр. 4) имеет вид:

$$S_{32}(t) = A_{32} \exp(-\nu t) * \sin\left(\frac{2\pi}{P_{32}} t + \varphi\right), \quad (4)$$

где $A_{32} = 1.24$ мс.

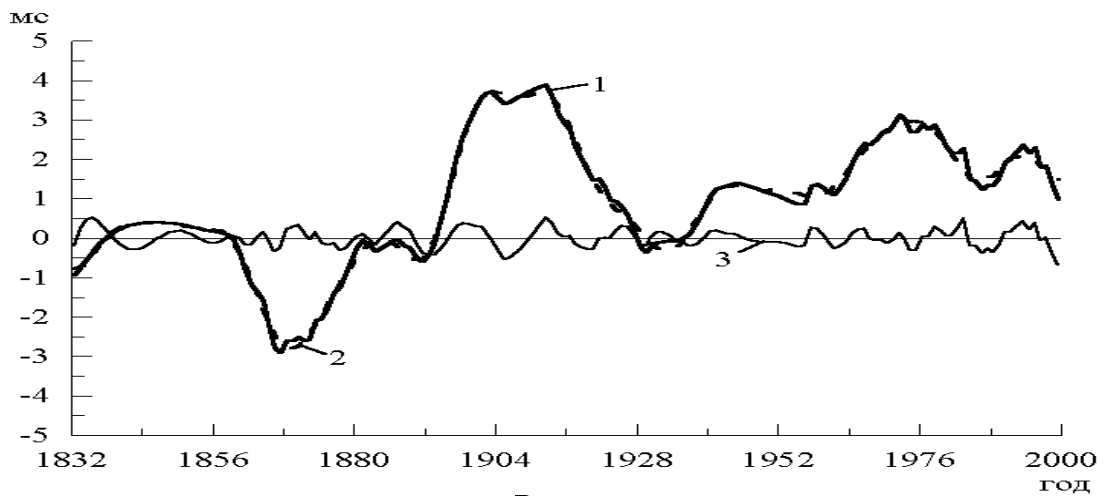


Рис. 1. Квазиполиномиальная модель исходных данных **D**.

- 1 – график исходных данных **D**;
- 2 – график значений $S(t)$, вычисленных согласно (1);
- 3 – график исходных данных **D** после удаления $S_0, S_{64}, S_{32}, S_{21}$

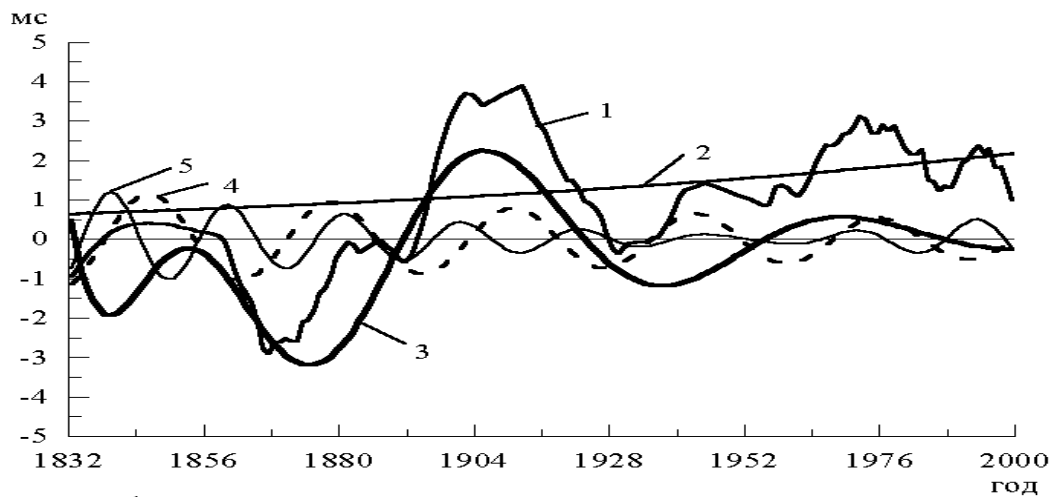


Рис. 2. Основные колебания в структуре квазиполиномиальной модели:

- 1 – исходные данные **D**; 2 – нелинейный тренд;
- 3 – колебание S_{64} с периодом 63.6 г.;
- 4 – колебание S_{32} с периодом 32.2 г.;
- 5 – колебание S_{21} с периодом 20.7 г.

Согласно (4) колебания с периодом 32.2 года представляют собой слаботухающий процесс, отличный от колебания с периодом 63.6 года.

Вариация S_{21} (рис. 2, гр. 5) представляет собой сумму двух колебаний одного периода:

$$S_{21}(t) = \sum_{i=1}^2 (a_i \exp(-\nu_i t) * \sin(\frac{2\pi}{P_{21}} t + \varphi_i)). \quad (5)$$

Амплитуда суммарного колебания S_{21} не превышает 1 мс. Разность фаз составляет 1.4 года в единицах времени.

Нерегулярный характер вариаций с периодом 64 года и 21 год принято связывать с их исчезновением и появлением в различные эпохи (Ривин, 1989). Структура моделей (2), (4) допускает

возможность непрерывного существования этих колебаний в виде суммы двух колебаний с разными фазами, что при сложении на отдельных временных интервалах приводит к нерегулярным вариациям суммарной амплитуды.

Связь основных вариаций с солнечной активностью следует из **АР**-анализа, результаты которого приведены в работе (Курбасова и др., 2006).

Основой обсуждаемых исследований влияния солнечной активности на режим вращения Земли в рассматриваемом диапазоне частот служит ряд среднегодовых значений чисел Вольфа (**W**). Колебания геомагнитной активности являются одним из проявлений солнечной активности, хотя и обладают рядом специфических свойств. Анализ влияния геомагнитной активности проведен по среднегодовым данным **aa**-, **Ap**-индексов. Кроме того, рассмотрена возможность влияния на изменение длительности суток таких процессов в магнитосфере, как внезапное начало бурь.

В связи с более поздним началом инструментальных наблюдений геомагнитного поля ряды геомагнитных индексов существенно короче, чем ряд **W**.

Другой возможной сферой влияния солнечной активности на изменение режима вращения Земли является сейсмическая активность Земли.

Генерация некоторых нерегулярных изменений длительности суток может быть вызвана сейсмической активностью Земли. При этом наиболее сильные землетрясения (с магнитудой более 7) связывают с энергетическими процессами внутри Земли (Манк, Макдональд, 1964).

Предположение о влиянии солнечной активности на сейсмическую активность Земли не противоречит возможности подготовки очагов землетрясений внутренними источниками энергии. Установление связи между сейсмической активностью является подтверждением существования согласованного механизма возбуждения внешних и внутренних процессов.

В таблице 1 приведены результаты двухканального **АР**-анализа, допускающие возможность солнечной обусловленности некоторых вариаций в **D**.

Таблица 1. Результаты двухканального **АР**-анализа данных **D** (I канал) и сравниваемых данных (II канал)

Обозначения данных (II канал)	Интервал отсчетов	Период (год)	Смещение событий (год)	КМК %	Примечания
<i>W</i>	1868–2000	22.3	– 9.7	95	
<i>W</i>	1868–2000	10.7	– 4.8	81	
<i>W</i>	1868–2000	3.2	– 0.2	94	
<i>aa</i>	1868–2000	36.6	– 11.5	67	скорость изменения D
<i>aa</i>	1868–2000	22.3	– 10.4	94	
<i>aa</i>	1868–2000	10.9	– 3.6	68	после удаления $S_0, S_{64}, S_{32}, S_{21}$
<i>Ap</i>	1932–2000	30.1	– 11.5	77	скорость изменения D
<i>Ap</i>	1932–2000	14.2	– 2.2	79	
<i>SSC</i>	1868–2000	3.5	– 1.3	78	
<i>EQ7</i>	1868–2000	30.1	– 1.0	83	
<i>EQ7</i>	1868–2000	6.6	– 2.2	70	
<i>IEQ</i>	1900–1989	32.0	– 2.0	98	
<i>IEQ</i>	1900–1989	13.5	– 6.5	87	скорость изменения D
<i>IEQ</i>	1900–1989	11.6	– 5.8	80	
<i>IEQ</i>	1900–1989	4.6	– 1.9	77	

4 Выводы

1. В данных об отклонениях длительности суток от эталонных за период с 1832 по 2000 гг. обнаружены основные колебания с периодами около 64 г., 32 г., 21 г. Амплитуды этих колебаний

в составе построенной по экспериментальным данным квазиполиномиальной модели превышают уровень погрешности исходных данных.

2. Сложный характер изменения амплитуд колебаний с периодами около 64 г. и 21 г., при условии недостаточной точности астрономических наблюдений до 1955 года, может служить основной причиной предполагаемой неустойчивости этих колебаний и невозможности обнаружить следы этих колебаний в прошлом, по крайней мере, до 1800 г.

3. Описанная в составе квазиполиномиальной модели структура основных вариаций в **D** и результаты двухканального **АР**-анализа допускают возможность существования согласованного механизма возбуждения этих колебаний, в основе которого лежит процесс синхронизации механизма крутильных колебаний в жидком ядре (Брагинский, 1970) и механизма передачи солнечной энергии через магнитосферу, атмосферу и геофизические оболочки Земли.

4. Результаты двухканального **АР**-анализа допускают возможность солнечной обусловленности некоторых вариаций в **D** (в таблице 1: процессы во II канале опережают процесс в I канале).

Литература

- Брагинский С.И. // Магнитогидродинамические крутильные колебания в земном ядре и вариации длины суток. М.: Геомагнетизм и аэрономия. 1970. Т. 10. № 1. С. 3.
- Киселев В.М. // Неравномерность суточного вращения Земли. Новосибирск: Наука. 1980.
- Котляр П.Е., Ким В.И. // Положение полюса и сейсмическая активность Земли. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН. 1994.
- Курбасова Г.С., Корсунь А.А., Рыбалова М.Н., Шликарь Г.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2006 (в печати).
- Манк У., Макдональд Г. // Вращение Земли. М: Мир. 1964. С. 384.
- Марпл С.Л. мл. // Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир. 1990.
- Ривин Ю.Р. // Циклы Земли и Солнца. М.: Наука. 1989. С. 187.
- Сидоренков Н.С. // Физика неустойчивостей вращения Земли. М: Физматлит. 2002. С. 384.