

УДК 523.98

Сопоставление нерегулярных изменений скорости вращения Земли, параметров геофизических и атмосферных процессов с событиями на Солнце

Г. С. Курбасова, Г. Н. Шликарь

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный
gsk@simeiz.yll.crimea.com

Поступила в редакцию 15 декабря 2008 г.

Аннотация. Изучение вращения Земли в Космосе отражает комплексный характер изменений ориентации, механизмов возбуждения этих изменений и их проявлений в различных природных процессах.

Вращение Земли не постоянно и указывает на сложные флуктуации в скорости, составляющие некоторую часть от 10^8 (соответствует нескольким миллисекундам в изменении длительности суток (**LOD**)). Эти изменения охватывают широкий спектр масштабов времени: в пределах от часов до столетий и более длинных, отражая тот факт, что они произведены широким разнообразием геофизических и астрономических процессов.

В настоящей работе обсуждаются результаты проведенного статистического сопоставления длительных рядов наблюдений с целью выявления наиболее согласованных вариаций.

Спектральный состав экспериментальных временных рядов определен с помощью модифицированного периодограммного и одноканального авторегрессионного методов. Сравнительный анализ проведен методом двухканального авторегрессионного спектрального оценивания. Результаты сопоставления временных рядов дают основание говорить о высокой согласованности колебания с периодами около 73 лет.

COMPARISON OF IRREGULAR CHANGES OF SPEED OF ROTATION OF THE EARTH, PARAMETERS OF GEOPHYSICAL AND ATMOSPHERIC PROCESSES WITH EVENTS ON THE SUN, *by G.S. Kurbasova and G.N. Shlikar*. The study of the Earth's rotation in space addresses the complex nature of Earth orientation changes, the mechanism of excitation of these changes and their geophysical implications in a broad variety of areas.

The rotation rate of the Earth's crust is not constant, but exhibits complicated fluctuations in speed amounting to several parts in 10^8 (corresponding to a variation of several milliseconds (ms) in the length of the day (**LOD**)). These changes occur over a broad spectrum of the time scales, ranging from hours to centuries and longer, reflecting the fact they are produced by a wide variety of geophysical and astronomical processes.

The spectral structure of experimental time series is determined with the help modified per by a method two-channel autoregressions spectral power density. Results of comparison of time series give the basis to speak about high coordination of fluctuations with the periods about 73 year.

Ключевые слова: длительность суток, спектральный состав

1 Введение

Нерегулярности скорости вращения Земли, наблюдаемые как нерегулярные отклонения длительности суток от стандартных (**LOD**), содержат информацию о процессах в мантии и ядре, в различных твердых и жидких ее оболочках, в атмосфере. В проявлениях нерегулярностей вращения Земли отражаются изменения в ближнем и дальнем космосе.

Быстрое развитие техники и методик наблюдений с поверхности Земли и с запускаемых космических аппаратов привело к тому, что точность наблюдений оказалась выше точности моделирования. Поэтому совершенствование согласованных с высокоточными наблюдениями теорий в настоящее время является неотложной задачей. Решению этой задачи предшествует анализ и сопоставление высокоточных наблюдений, позволяющих выявить причинно-следственные связи между вращением Земли и указанными выше процессами на более высоком уровне. Необходимость проведения такого анализа связана с требованиями, предъявляемыми в последние десятилетия к точности астрономических наблюдений, космической навигации и систем глобального позиционирования, предназначенных для определения местоположения на Земле и в Космосе, решения задач глобальной системы наблюдений в интересах окружающей среды. Кроме того, расхожимость существующих моделей вращения Земли и, особенно, нерегулярностей в изменении длительности суток с наблюдениями препятствуют построению единого геопргноза.

В 1869 году Гексли в своем президентском обращении к Лондонскому геологическому обществу сказал: “Нельзя допускать, чтобы точные математические вычисления властвовали над результатами, ибо страницы исписанного формулами не вытянут истину из множества фактов.” (Хеллем, 1985).

Настоящая работа по сопоставлению изменений параметров различных природных процессов состояла в выявлении подобных пространственно-временных вариаций и интерпретации их с точки зрения космическо-земных связей. С этой целью использовались методы классической периодограммы (ПМ) и автокорреляционного анализа (АР-анализа) (Марпл, 1990), а также результаты вейвлет-анализа данных **LOD** (Курбасова и др., 2008).

2 Спектральный состав данных

Результаты спектрального анализа данных **LOD** обсуждаются в предыдущих публикациях (Курбасова и др., 2007): определен спектральный состав, построена квазиполиномиальная модель, определены параметры основных колебаний с периодами 64, 32 и 21 гг.

Вейвлет-анализ данных **LOD** показал, что на различных интервалах эволюции процесса изменения длительности суток лидирующую роль (в смысле максимума энергии) принимает та или иная гармоника основных трех колебаний (см. рис. 1). Методы, основанные на Фурье-анализе спектрального состава данных на ограниченном интервале, не позволяют получить картину эволюции спектра мощности во времени и вариации периода лидирующего колебания. Поэтому в приведенных в таблице 1 результатах спектрального анализа данных приводятся наиболее вероятные периодичности, обнаруженные методами ПМ и АР, в основе которых лежит Фурье-преобразование.

3 Двухканальный спектральный АР-анализ

Целью двухканального спектрального АР-анализа данных является оценивание эрмитовой матрицы спектральной плотности мощности (СПМ).

При этом члены, соответствующие взаимным спектрам в различных оптимальных процедурах оценки, интерпретируются в терминах функции когерентности. С этой функцией связан квадрат модуля когерентности (КМК) (Марпл, 1990):

$$КМК(f) = |\Phi_{xy}(f)|^2 \quad (1)$$

и фазовый спектр когерентности

Таблица 1. Спектральный состав данных

Наименование и источник данных	Общий интервал	Интервал отсчетов данных	Наиболее вероятные периоды Р, год	Метод
LOD – отклонение длительности суток от стандартных (86400 сек.) http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/	1623–2005	1 год	64.0, 32.0, 22.3	ПМ
LODs	1962–2007	1 сут	21.3, 1.0, 0.5	ПМ
EQ7 – число землетрясений по годам с магнитудой >7 http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/7up.html	1900–2004	1 год	73.1, 28.4, 6.6	AP
SOI – индекс Южного колебания http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi.htm	1866–2006	1 год	13.5, 6.6, 4.8, 3.6	ПМ
AST – частота событий Эль-Ниньо Wang Shaowu. Asta Meteorologica Sinica 6(1) 47 (1992)	1851–1992	1 год	64.0, 6.7, 4.6, 3.5	ПМ
GTSS – глобальный индекс температуры http://data.giss.nasa.gov/gistemp/	1880–2007	1 год	51.2, 8.1, 3.7	AP
HURN – тропические шторма и ураганы http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/	1850–2007	1 год	73.1, 5.3	AP
PRE – глобальные осадки http://data.giss.nasa.gov/precip_cru/	1901–2000	1 год	73.1, 27.0, 13.1, 6.8, 3.6	AP
NAO – индекс Северо-Атлантического колебания http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html	1865–2002	1 год	85.3, 17.1, 9.8, 4.0, 2.7	AP
GLAAM – глобальный интегральный угловой момент атмосферы http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List	1958–2008	1 мес	21.3, 1.6	ПМ
ICE_N – аномалии распространения морского льда в Северном полушарии http://nsidc.org/data/seaice_index/archives/index.html	1978–2004	1 мес	21.3	AP
ICE_S – аномалии распространения морского льда в Южном полушарии http://nsidc.org/data/seaice_index/archives/index.html	1978–2004	1 мес	21.3	AP
OMNI – межпланетное магнитное поле http://omniweb.gsfc.nasa.gov/	1966–2007	1 сут	18.9, 4.7	ПМ
CLIMAX – интенсивность космических лучей на станции Climax ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/	1953–2006	1 год	23.3, 10.7, 5.5	ПМ
CI – корональный индекс солнечной активности http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/	1939–2005	1 год	32.0, 10.7, 8.0	ПМ
FLUX – поток радиоизлучения на 2800 МГц ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/	1947–2007	1 год	10.7	ПМ
ssc – внезапные начала магнитных бурь ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/	1868–2006	1 год	10.7	ПМ
W – относительные числа солнечных пятен (числа Вольфа) ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/	1700–2007	1 год	10.7	
HA – горизонтальная компонента напряженности магнитного поля Земли (Aria) http://spidr.cetp.ipsl.fr/spidr/	1905–2002	1 год	64.0, 28.4	ПМ
aa – индекс геомагнитной активности ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/	1868–2006	1 год	64.0, 25.6, 11.4, 5.3	ПМ

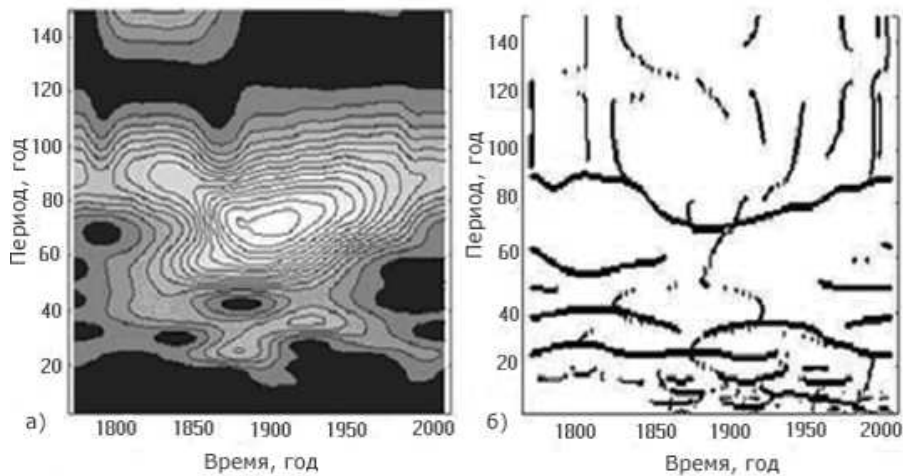


Рис. 1. Скалограмма (а) и скелетон (б) для диапазонов масштабов 150 лет (данные LOD)

$$\theta(f) = \arctg[Im\{\Phi_{xy}(f)\}/Re\{\Phi_{xy}(f)\}]. \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) $\Phi_{xy}(f)$ – функция когерентности взаимного спектра процессов x, y на частоте f .

В таблице 2 приведены результаты двухканального АР-анализа.

Сравнительный анализ показал, что, наряду с индивидуальными свойствами сравниваемых рядов (в таблице приведены наиболее общие для сравниваемых процессов периодичности), существуют изменения, имеющие подобный временной ход для большинства анализируемых данных. В этом случае возникает необходимость рассмотреть возможность существования общей причины проявления этих вариаций и взаимосвязь физических процессов, в которых они проявляются.

Наряду с длительными нерегулярными вариациями в солнечно-земных связях наблюдаются экстремальные события, нередко приводящие к катаклизмам, к изменению скорости вращения Земли. Многие экстремальные события группируются в пространстве-времени. В этом случае не существует упрощенной модели случайного возникновения, что усложняет определение предвестников, которые могут быть эффективно использованы для прогноза.

Окончательные выводы о причинно-следственных связях экстремальных отклонений в данных возможно сделать путем сопоставления более обширного класса различных по природе физических процессов и длительного тестирования подходящей статистической модели.

Эффект влияния отдельных экстремальных явлений в солнечно-земных процессах на кратковременные изменения длительности суток – экспериментально установленный факт. Группировка этих событий в пространстве-времени создает условия для появления длительных вариаций скорости вращения Земли. Так, независимо от причин возникновения вклад крупных катастроф в кратковременные изменения длительности суток не вызывает сомнений.

Сопоставление развития событий на рис. 2 дает возможность предположить, что начавшееся в 1973 году длительное ускорение вращения Земли связано с ростом количества катастроф различного происхождения.

На рис. 2 показано: а – распределение количества крупных природных катастроф в мире за 1965–1999 гг. (среднее ежегодное значение за периоды в 5 лет) (источник: The Center for Research on the Epidemiology of Disasters-CRED); б – график среднесуточных данных LOD. На графике данных LOD показан линейный тренд (ускорение вращения Земли на интервале определения данных).

Таблица 2. Результаты двухканального спектрального АР-анализа

Параметры I канал	Параметры II канал	Периоды, год	Квадрат модуля когерентности, %	Смещение событий в I канале относительно событий во II канале, год
гефизические				
LOD	EQ7	73.1	97.0	-25.6
		28.4	95.0	0.4
		6.5	90.0	-2.1
атмосферные				
LOD	SOI	13.5	78.0	5.9
		6.8	77.0	-2.4
		5.3	62.0	1.8
		3.6	83.0	-1.6
LOD	AST	73.1	78.0	-12.6
LOD	GTSS	51.2	71.0	-23.9
		3.6	88.0	0.8
LOD	HURN	73.1	96.0	-24.9
LOD	PRE	73.1	94.0	-14.6
		26.9	84.0	6.1
		73.1	80.0	12.7
LOD	NAO	14.2	76.0	-4.6
		3.6	62.0	-0.9
		23.1	79.0	1.5
LOD	GLAAM	4.3	89.0	0.0
		21.3	85.0	-0.9
LOD	ICE_N	10.7	60.0	-4.6
		21.3	93.0	7.3
LOD	ICE_S	4.4	67.0	-1.5
Геомагнитное поле и активность Солнца				
LOD	OMNI	3.5	75.0	1.3
LOD	CLIMAX	21.3	91.0	2.0
		10.2	67.0	-4.9
		32.0	81.0	14.1
LOD	CI	9.9	62.0	-0.9
		3.6	72.0	-1.2
		39.4	86.0	16.1
LOD	FLUX	10.4	67.0	0.1
		3.6	66.0	-1.4
		3.5	61.0	-1.3
LOD	ssc	2.1	67.0	0.0
		64.0	67.0	-19.5
		10.4	65.0	-4.7
LOD	W	3.6	76.0	-1.5
		64.0	95.0	-7.0
		28.4	89.0	-12.7
LOD	HA	17.1	80.0	1.0
		3.5	64.0	0.3
		73.1	71.0	-33.7
		25.6	71.0	10.8
LOD	aa	11.4	64.0	-4.8
		5.3	70.0	0.9
		3.6	73.0	-1.5

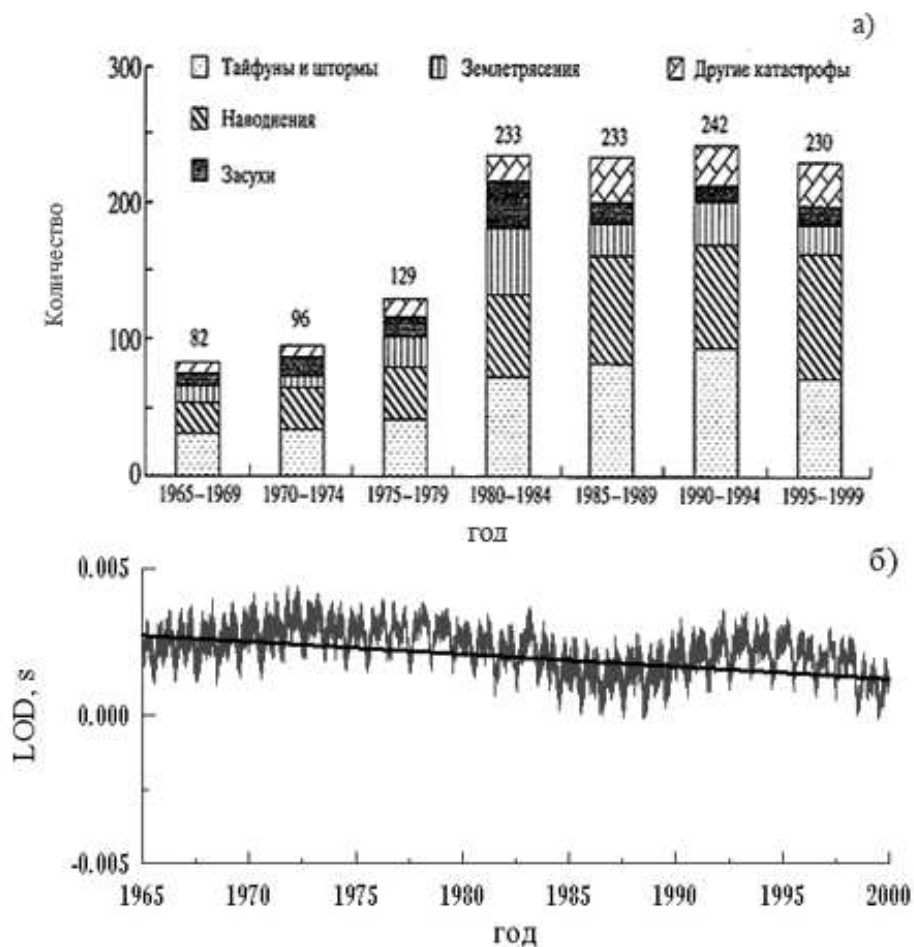


Рис. 2. а – распределение количества крупных природных катастроф в мире за 1965–1999 гг.; б – график среднесуточных данных LOD

4 Заключение

1. В исследованиях последних лет обращается внимание на тот факт, что ось вращения может изменять положение в теле Земли из-за перераспределения масс, конкретно из-за вынужденных движений внутреннего ядра (Авсюк и др., 2001). Изменение скорости вращения Земли – своеобразный отклик на события, вызывающие перемещение масс внутри Земли и в атмосфере. В общем процессе солнечно-земных связей обнаруживаются когерентные колебания с периодами около 73, 32, 21 года, что указывает на существование общего согласованного механизма перераспределения энергии.
2. Анализ экстремальных природных событий обнаруживает их пространственно-временную локализацию, коррелирующую с изменением длительности суток. В частности, ускорение вращения Земли (уменьшение длительности суток), начавшееся в 1973 году, согласуется с ростом количества крупных природных катастроф в мире за 1965–1999 гг. (см. рис. 2).

Литература

- Авсюк Ю.Н., Герасимов И.А., Глико Н.Б., Рыхлова Л.В., Спиридонов Е.А., Суворова И.И. // Электронный научно-информационный журнал "Вестник ОГГГГН РАН". №. 3.(18). 2001.
- Курбасова Г.С., Корсунь А.А., Рыбалова М.Н., Шликарь Г.Н. // Кинем. и физ. небесн. тел. 2007. Т. 23. №. 3. С. 186.
- Курбасова и др. (Kurbasova G.S., Kurbasov S.V., Rybalova M.N., Shlikar G.N.) // Bull. Crimean Astroph. Observ. 2008. V. 104. С. 155.
- Марпл С.Л. мл. // Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир. 1990.
- Хеллем Э. // Великие геологические споры. М.: Мир. 1985.