

УДК 521.937

Статистическая взаимосвязь 22-летних вариаций в данных о параметрах вращения Земли и магнитных полей Земли и Солнца

Г.С. Курбасова¹, С.В. Курбасов², М.Н. Рыбалова¹, Г.Н. Шликать¹

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

² Отделение квантовой радиофизики ФИАН (Физический институт им П.Н. Лебедева РАН), Москва, Россия

Поступила в редакцию 21 декабря 2007 г.

Аннотация. В многолетних временных рядах отклонений длительности суток от стандартных спектральный анализ обнаруживает колебания, не объяснимые в рамках существующей гравитационной теории.

Решение проблемы происхождения и структуры этих колебаний связано с изучением сути явлений, происходящих внутри Земли, механизма передачи энергии внешними полями, Солнцем.

Влияние Солнца на вращение Земли включает, помимо прочего, создание общего циклического фона, результатом которого являются согласованные колебания во всех оболочках Земли, в ее атмосфере и в ядре. Ведущая роль в едином циклическом процессе принадлежит основным магнитным полям Земли и Солнца.

С целью обнаружения и сравнения согласованных колебаний в настоящей работе получены и обсуждаются результаты спектрального авторегрессионного и вейвлет анализов экспериментальных данных об отклонениях длительности суток от стандартных за период с 1832 г. по 2006 г., о напряженности главного геомагнитного поля за период с 1832 г. по 2006 г. и среднего магнитного поля Солнца за период с 1975 г. по 2005 г.

Для анализа короткого временного ряда (31 г.) суточных данных о среднем магнитном поле Солнца получены результаты вейвлет-преобразования (вейвлет Морле) протектированной амплитуды огибающей всплесков с несущей частотой 13 цикл на год.

Обсуждаются возможные механизмы синхронизации в сравниваемых процессах.

STATISTICAL INTERRELATION OF 22-YEAR VARIATIONS IN THE DATA ON PARAMETERS OF ROTATION OF THE EARTH AND MAGNETIC FIELDS OF THE EARTH AND THE SUN, *by G.S. Kurbasova, S.V. Kurbasov, M.N. Rybalova, G.N. Shlikar.* In long-term time series of deviations of day duration from standard the spectral analysis finds out oscillations which cannot be explained within the framework of the existing gravitational theory.

Solution of a problem of an origin and structure of these oscillations is connected to the study of essence of the phenomena occurring inside the Earth, mechanism of energy transmission by external fields and the Sun.

The influence of the Sun on the Earth's rotation includes, besides other, creation of a common cyclic background which result are the coordinated oscillations in all the shells of the Earth, its atmosphere and a nucleus. The leading role in the uniform cyclic process belongs to the main magnetic fields of the Earth and the Sun.

For the purpose of detecting and comparing coordinated oscillations in the present paper are fulfilled and discussed results of spectral autoregressive and wavelet analyses of experimental data about the deviation of day duration from standard over the period 1832 to 2006, about the strength of the main geomagnetic field over the period 1832 to 2006 and the solar mean magnetic field over the period 1975 to 2005.

To analyse short time series (31y) of the daily data on the solar mean magnetic field we obtained results of wavelet transform (the Morlet wavelet) of detected amplitude of surges' envelope with a carrier frequency 13 cycles a year.

Possible mechanisms of synchronization in compared processes are discussed.

Ключевые слова: Солнце, Земля, колебания, цикл, вейвлет

1 Введение

Солнечно-земные связи проявляются в согласованном изменении параметров гравитационных, электрических и магнитных полей. Характер этих изменений обусловлен космическими законами, к числу которых относятся законы симметрии и тенденция к синхронизации вращательных и колебательных движений. При этом под тенденцией к синхронизации подразумевается свойство объектов и процессов различной природы вырабатывать единый ритм совместного существования несмотря на различие индивидуальных ритмов и слабую физическую связь.

Одним из примеров теоретически обоснованных проявлений упорядоченности колебаний является приливное действие гравитации (гравитационный захват), обусловленное диссипацией из-за нарушения симметрии. Хорошо известный тому пример воздействия двух деформируемых тел Земля и Луна, при котором приливные силы действуют согласованно в океане, атмосфере, "твердых оболочках" и в ядре. Отклонение формы Земли и Луны от сферической приводит к связи между орбитальным и силовым угловыми моментами. Это означает, что между вращением одного тела и орбитой другого тела может происходить обмен и энергией, и угловыми моментами.

В то же время в солнечно-земных ритмах часто наблюдаются подобные вариации, происхождение и возможная физическая взаимосвязь которых изучены недостаточно в настоящее время.

К таким вариациям относятся долгопериодические вариации (ДПВ) главного геомагнитного и среднего магнитного полей Солнца. Установление подобных ДПВ в этих полях способствует решению проблемы единства и эволюции колебаний в цепочке Земля – магнитосфера – Солнце.

В настоящей работе обсуждаются некоторые результаты проведенного нами статистического анализа с целью обнаружения и сопоставления подобных ДПВ ($T \geq 20$ лет) в длительных рядах измерений характеристик главного геомагнитного поля и среднего магнитного поля Солнца, а также отклонений длительности суток от стандартных.

2 Исходные данные и методы анализа

Для сравнительного анализа использовались следующие среднегодовые данные:

H – горизонтальная составляющая вектора напряженности главного магнитного поля Земли,

<http://spidr.cetp.ipsl.fr/spidr/>

LOD – отклонения длительности суток от стандартных (86400 сек),

<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/>

W – числа солнечных пятен (числа Вольфа), <http://www.wdcb.ru/stp/>

B – напряженность среднего магнитного поля Солнца, <http://wso.stanford.edu/>

Обнаружение и сопоставление подобных ДПВ в исходных данных выполнено с помощью классического спектрального оценивания относительной спектральной плотности мощности (СПМ), двухканального спектрального авторегрессионного (АР) анализа (Марпл, 1990) и вейвлет-анализа (Добеши, 2001).



Рис. 1. Модель магнитного поля и течения жидкого вещества в ядре Земли по Дж. Блоксхаму и Д. Габбинзу

Для выделения сигнала в ограниченном диапазоне частот данные обрабатывались линейным цифровым фильтром.

3 ДПВ в данных LOD, Н и В

Предположения о возможном механизме связи изменений главного геомагнитного поля и вращения Земли следуют из наиболее разработанной в настоящее время гипотезы геодинамо (см. рис. 1).

Согласно этой гипотезе циркуляция горячей жидкости (расплава) во внешней оболочке ядра приводит к возбуждению электротока, генерирующего магнитное поле. Движение жидкости обуславливается вращением Земли и теплопередачей в ядре. Суммарная прецессия земной оси вызывает инерционные силы в ядре и поддерживает в нем течение вещества (Брагинский, 1982). Гравитационные взаимодействия в этом случае не генерируют магнитное поле Земли, но создают условия, необходимые для поддержания и вариаций процесса его генерации внутри Земли. Наряду с этим большинство исследователей в настоящее время полагают, что процессы на границе ядро – мантия обуславливают генерацию неприливных вариаций длительности суток с периодами более 20 лет (Брагинский, 1982; Ривин, 1989; Курбасова, Корсунь, Рыбалова, 2007). Расположение источников (внутри Земли) главного магнитного поля и нерегулярностей вращения Земли допускает возможность согласованного механизма их генерации.

К внешним причинам, влияющим на процессы внутри Земли, помимо гравитационных взаимодействий, относятся магнитосферные и солнечно-земные связи.

В среднегодовых данных LOD на интервале 168 лет авторами настоящей статьи ранее обнаружены с помощью классического метода (периодограммные оценки относительной СПМ) вариации с периодами 64, 32 и 21 года (Курбасова, Корсунь, Рыбалова, 2007).

Подобные вариации обнаружены в составе классической периодограммы среднегодовых данных Н.

В этом случае проведенный АР-анализ подтверждает результаты классической периодограммы. На рис. 2 приведены графики автоспектров и совместных спектров среднегодовых данных LOD и Н, вычисленные методом АР-анализа.

Результаты сопоставления подобных вариаций в LOD и Н, полученные с помощью двухканального спектрального АР-анализа, обнаруживают высокую степень когерентности вариаций с периодами 64, 32 года: амплитуды квадрата модуля когерентности (КМК) равны 96 % и 95 % соответственно (рис. 2б).

После обработки LOD и Н высокочастотным фильтром с частотой отсечки 1/30 цикл на год когерентность 22-летних вариаций возросла. Результаты двухканального АР-анализа отфильтро-

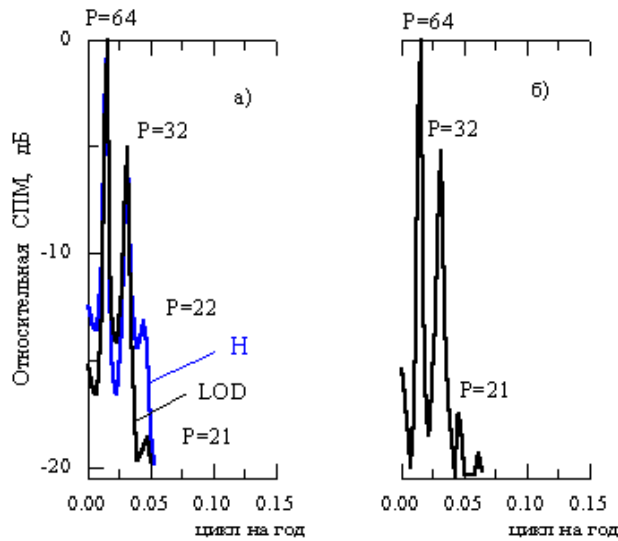


Рис. 2. АР-анализ данных **LOD** и **H** после удаления линейного тренда: а) автоспектры; б) совместный спектр

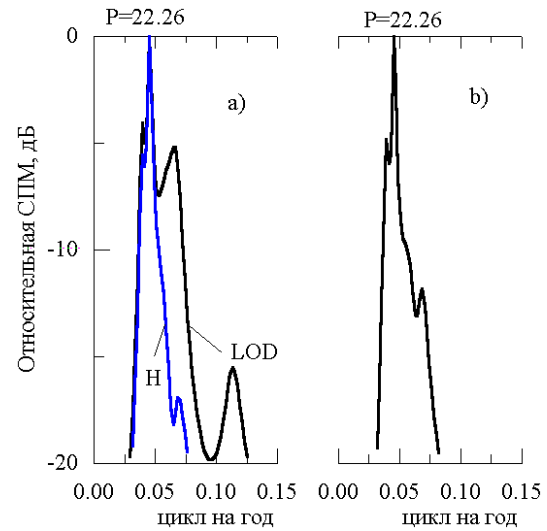


Рис. 3. АР-анализ данных **LOD** и **H** после фильтрации: а) автоспектры; б) совместный спектр

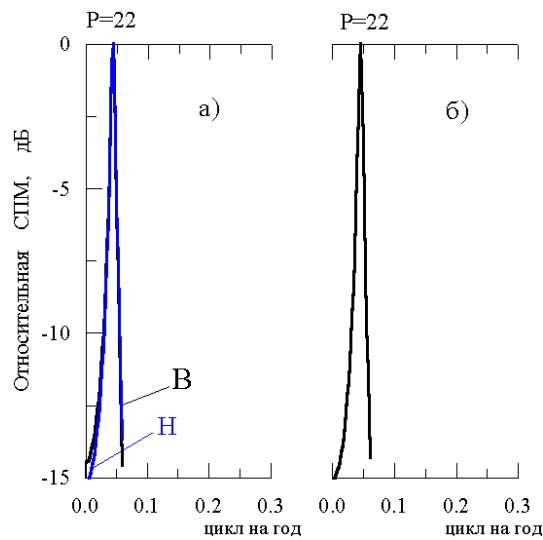


Рис. 4. АР-анализ данных **H** и **B** после фильтрации: а) автоспектры; б) совместный спектр

ванных данных приведены на рис. 3. Амплитуда квадрата модуля когерентности (КМК) равна 89 %.

Данные **B** определены на ограниченном интервале времени (31 год), что исключает возможность применения классических методов спектрального анализа ДПВ.

Информация о спектральном составе данных **B** нами получена с помощью спектрального АР-анализа и вейвлет-анализа.

Для двухканального АР-анализа данные **H** и **B** предварительно были обработаны линейным цифровым фильтром с полосой пропускания в диапазоне частот от от 1/16 до 1/29 циклов на год.

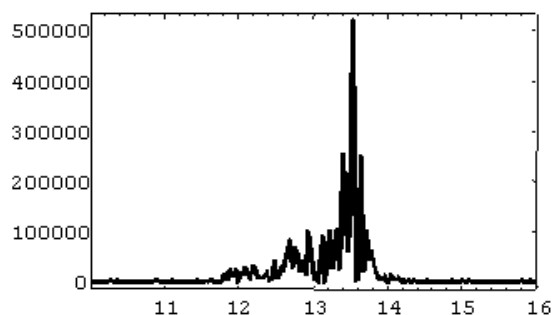


Рис. 5. Фурье-спектрограмма исходного ряда данных: пик с характерной частотой 13 колебаний в год

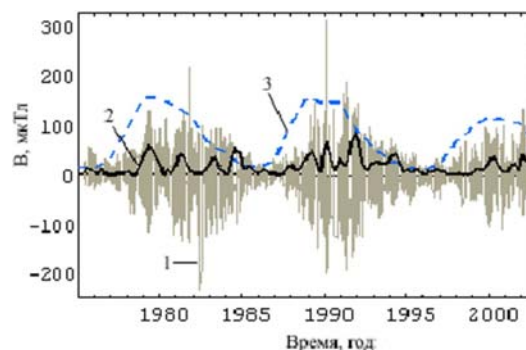


Рис. 6. Детектирование амплитуды модуляции всплесков: 1 – исходные данные В после восстановления равномерности; 2 – амплитуда огибающей всплесков с несущей частотой 13 циклов на год; 3 – числа Вольфа

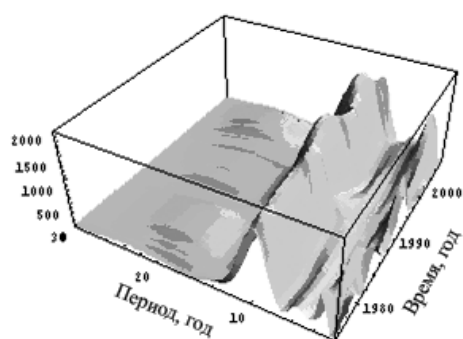


Рис. 7. Скалограмма амплитуды огибающей всплесков с несущей частотой 13 циклов на год

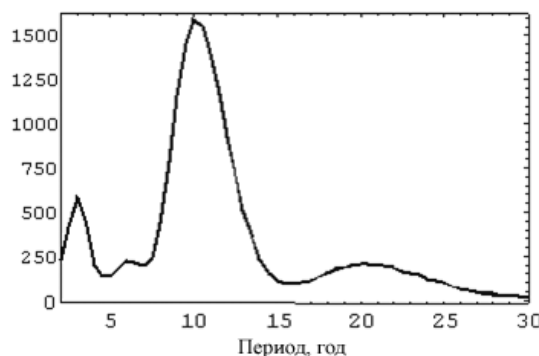


Рис. 8. Скейлограмма (распределение энергии по масштабам) амплитуды огибающей всплесков с несущей частотой 13 циклов на год

На рис. 4 приведены результаты сравнительного АР-анализа данных **Н** и **В**. Амплитуда КМК равна 98 %.

4 Вейвлет-анализ данных В (вейвлет Морле)

а) Детектирование амплитуды модуляции всплесков.

Данные В приведены в виде суточных отсчетов, неравномерно заполняющих временной интервал длительностью 31 год. Равномерность отсчетов была восстановлена с помощью линейной интерполяции, после чего в Фурье-спектрограмме восстановленного набора данных выделяется наиболее сильная компонента высокочастотного процесса, равная 13.26 циклов на год.

Спектр Фурье исходных данных (рис. 5) похож на спектр амплитудно-модулированного сигнала. Выполним операцию, соответствующую линейному амплитудному детектированию. На рис. 6 видно, что полученный сигнал (рис. 6,2) хорошо коррелирует с изменением солнечной активности (рис. 6,3).

б) Вейвлет-анализ амплитуды модуляции.

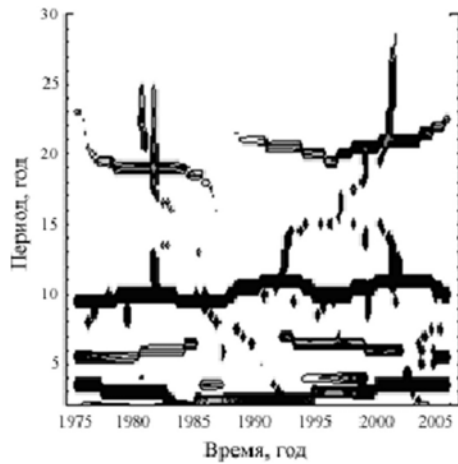


Рис. 9. Скелетон амплитуды огибающей всплесков с несущей частотой 13 циклов на год

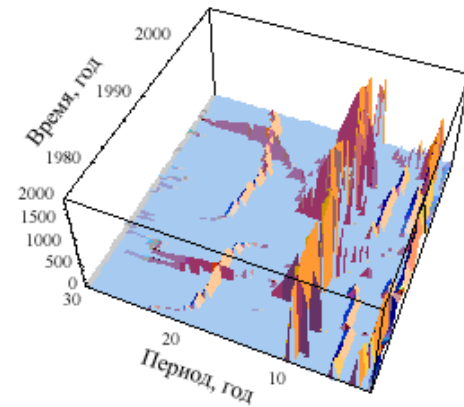


Рис. 10. Скелетон амплитуды огибающей всплесков с несущей частотой 13 циклов на год (трехмерное изображение)

Для протектированной амплитуды модуляции всплесков с несущей частотой 13 циклов на год с помощью вейвлета Морле вычислим и построим скалограмму (рис. 7), скейлограмму (распределение энергии по масштабам) (рис. 8), скелетон (рис. 9, 10).

На скалограмме амплитуда вейвлет-компонент составляющей с периодом 22 года заметно меньше амплитуды составляющей с периодом 11 лет. Можно предположить, что с увеличением временной длительности исходного ряда соотношение амплитуд будет несколько иным.

5 Заключение

Ведущие космические законы обеспечивают единство связей Земли с Солнцем. Установление этих законов требует изучения и сопоставления динамики связи различных процессов в системе Земля – магнитосфера – Солнце на основе имеющегося наблюдательного материала, накопленного за много лет. Исходя из этого, авторами настоящей работы получены следующие результаты: 1) на основе статистического сопоставления ДПВ в **H** и **LOD** на интервале 100 лет сделан вывод о возможности существования связанного механизма генерации подобных вариаций в главном магнитном поле Земли и нерегулярных изменениях длительности суток; 2) установлена статистическая связь ДПВ в данных **H** и **LOD** с солнечной и магнитной активностью; 3) результаты сопоставления вариаций с периодом около 22 лет в данных **B** и **H** (характер смещения, высокая когерентность) допускают возможность установления непосредственной связи между этими вариациями.

Литература

- Брагинский С.И. // Теория магнитного поля Земли. Т. 6. С. 40. М.: Земля и Вселенная. 1982.
- Добеша И. // Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". 2001.
- Курбасова Г.С., Корсунь А.А., Рыбалова М.Н., Шликать Г.Н. // Солнечно-земные связи по экспериментальным данным об измерениях длительности суток в 1832–2000 гг. Космічна наука і технологія. 2007. Т. 13. №. 1. С. 60.
- Марпл С.Л. // Цифровой спектральный анализ и его применения. С. 84. М.: Мир. 1990.
- Ривин Ю.Р. // Циклы Земли и Солнца. С. 187. М.: Наука. 1989.