

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫС 27-ДНЕВНЫМ ЦИКЛОМ

Э. Иллеш-Алмар, Венгрия

Резюме: По данным с второй половины 1971 г. торможения более 20 спутников исследовались колебания плотности атмосферы, связанные с 27-дневным циклом солнечной деятельности, относящиеся к высотам 200 - 1000 км. Статистическое изучение моментов максимального торможения отдельных спутников доказало, что иногда имеются периоды, когда это колебание появляется в течение 5 последовательных 27-дневных циклов, хотя в то время ход интенсивности радиоизлучения Солнца на волне 10.7 см ( $S_{10.7}$  - обычный индекс солнечной активности) сильно возмущен. Похожий эффект был обнаружен до сих пор только по слежению немногих спутников и в изолированных циклах. Наша статистическая обработка доказала, что индекс  $S_{10.7}$  иногда может оказываться в течение нескольких месяцев непригодным для характеристики медленных колебаний плотности воздуха.

Abstract: ANALYSIS OF THE 27-DAYS FLUCTUATION OF THE THERMOSPHERIC DENSITY E. Illés-Almár Hungary

The density variation in the upper atmosphere along with the 27-days cycle of solar activity have been analysed using drag data of more than 20 satellites from the second half of 1971 between 200 and 1000 km. A statistical treatment of the maximum drag moments of different satellites indicates that there is a 27-days periodicity in the changes of the thermospheric density through 5 consecutive cycles in spite of the fact that the usual index of solar activity i.e. the intensity of the 10.7 cm solar radio flux ( $S_{10.7}$ ), is strongly <sup>un</sup>distributed. Earlier results were based on the tracking of a few satellites and suggested a similar effect in isolated cycles only. It has been proved by this statistical treatment that  $S_{10.7}$  may be sometimes for months an unsuitable index to describe slow fluctuations of atmospheric density.

## Введение

В Астрономическом Институте ВАН комплексная система программы PERLO [1] дополнена с новой частью, под названием KINGHELE. Используя значения торможений спутников, программа KINGHELE вычисляет измеренные значения плотности атмосферы ( $\rho_{obs}$ ) с помощью формул Кинг-Хили [2], и также модельные значения, по модели Яккия-71 ( $\rho_{J71}$ ) на тот же момент времени и на то же мгновенное положение, когда и где спутник тормозится.

Чтобы отдельно изучать реальные эффекты в изменении плотности верхней атмосферы разного периода, описанные в моделях — в программе имеется возможность исключить один из выбранных эффектов, ход которого изучается, и оставить все остальные эффекты у вычисления  $\rho_{J71}$ . Таким образом, отдельно можно исследовать суточный, 27-дневный, полугодовой, сезонный и 11-летний эффект.

В настоящей работе изучается 27-дневный эффект изменения плотности верхней атмосферы.

## Метод

Как известно, в большинстве случаев размеры спутников очень грубо известны. Но на основании литературных данных [4] можем принимать, что модель Яккия-71 в среднем хорошо описывает плотность атмосферы. По этому отношение поперечного сечения ( $F$ ) к массе ( $m$ ) спутника было изменено до того, пока среднее значение  $\rho_{obs}/\rho_{J71}$  ( $f$ ) на исследованном интервале стало равным 1. Дальше при обработке использовались эти исправленные значения  $F/m$ .

При изучении 27-дневного эффекта по программе KINGHELE вычисляются модельные значения ( $\rho_{J71}^{27}$ ) так, как будто индекс Ковингтона ( $S_{10.7}$ , радиоизлучение Солнца на 10.7 см — использованный в моделях, как индекс солнечной деятельности) был-бы постоянным, и равным с его минимальным значением в исследованном промежутке времени. Полученная таким образом кривая  $f^{27} = \rho_{\text{obs}} / \rho_{J71}^{27}$  по времени показывает реальный ход только 27-дневного эффекта, если предполагается, что модель хорошо учитывает все остальные эффекты.

Для изучения длительности периода и изменения фазы 27-дневного эффекта достаточно исследовать места максимумов кривой  $f^{27}$ , не считая значения их амплитуды. Поэтому было изучено распределение максимумов кривых  $f^{27}$  разных спутников: с анализом частоты максимумов каждые 5 дней.

#### Наблюдательный материал

Обрабатывались наблюденные орбитальные периоды 22 спутников в интервале времени с июня 1971-ого года до июля 1972-ого года. Места торможения спутников находились между высотами 200 - 1000 км. Часть спутников в этом интервале времени закончила свою жизнь, но всегда не меньше, чем 7 спутников имелись в распоряжении.

В случае 19 спутников использовали значения орбитальных периодов, опубликованные GSFC (вычисленные на основании наблюдений сети NORAD) [5]. Разрешающая способность по времени этого материала около 5 - 10 дней.

В случае 3 спутников (Полёт-1, Эксплорер-19 и

Эксплорер-39) использовались не только орбитальные элементы GSFC, а также SAO [6], RAЕ [7] и КОСМОС, и орбитальные периоды определённые непосредственно из наблюдений с программой FERLO. Оригинальным наблюдательным материалом этого последнего, служило около 1000 фотографических наблюдений, сделанных в рамках программы "АТМОСФЕРА" [8] с камерами АФУ-75 Астросовета, и приблизительно 4000 визуальных наблюдений, сделанных в 30 странах Европы и Азии. Разрешающая способность по времени у этих трёх спутников около 2-х дней.

Чтобы согласовать данные, имеющие различные разрешающие способности по времени и модельные значения, полученные ежедневно — значения  $f^{27}$  были усреднены с перекрытием по 5 дней.

### Результаты

На рисунке внизу видна гистограмма частоты максимумов плотности верхней атмосферы (чёрные столбцы). На середине кривая  $S_{10.7}$  показывает индекс Ковингтона, Стрелки над кривой  $S_{10.7}$  символизируют серии 27-дневных цикл солнечной деятельности на кривой  $S_{10.7}$ . Три серии, между которыми являются скачкообразные разницы фазы, фиксированы к наиболее характеристическим максимумам (обозначенным непрерывными стрелками: соответственно 7, 9; 2, 3, 5; 1, 2) солнечной активности с периодом 27 дней. Прерывные стрелки показывают места с периодом 27 дней: там надо было появиться максимумам, если солнечная деятельность не была-бы возмущённая. Цифры у стрелок показывают собствен-

ный но  
измене  
кривой  
максим  
сано  
достой  
лом  
2  
ческих  
да кри  
стрело  
не мен  
но на  
показы  
В  
мическ  
Сульфю  
с этой  
мехутн  
ше изу  
Выводы  
В  
 $S_{10.7}$   
излуче  
и моде  
такие  
ше, че

ный номер порядка в данных серии и длительность серии без изменения фазы.

Видно, что во время характеристических максимумов на кривой  $S_{10.7}$ , всегда с большими частотами появляются максимумы и в плотности верхней атмосферы, как это написано в моделях. Но кроме этих максимумов существуют с достоверностью 99.99% серии максимумов плотности с циклом 27 дней, перед и после вышесказанных характеристических максимумов солнечной активности, и в то время, когда кривая  $S_{10.7}$  возмущенная: то есть у места прерывных стрелок. Надо подчеркнуть, что у первой серии появляется не меньше 5 последующих максимумов в плотности атмосферы, но на кривой  $S_{10.7}$  соответствующие максимумы совсем не показываются.

В середине рисунка кривая С показывает индекс космических излучений, измеренных нейтронным монитором в Сульфур Моунтин [9]. Кажется, что корреляция намного лучше с этой кривой, особенно в вышесказанном возмущенном промежутке времени. Этот последний аспект исследования далее изучается.

### Выводы

В литературе найдутся случаи, когда корреляция между  $S_{10.7}$  и интенсивностью экстремального ультрафиолетового излучения слабая, и этот дефект виден между измеренными и модельными значениями плотности. Но по мнению Яккия [10] такие случаи редко появляются, и не распространяются больше, чем на один цикл солнечной активности с периодом 27

дней. А наш материал однозначно показывает, что такой де-  
фект может распространяться больше, чем на один цикл, если  
 возмущение кривой  $S_{10.7}$  происходит на длительном проме-  
 жутке времени; то есть, индекс Ковингтона иногда больше  
нескольких месяцев непригодный к описанию изменения плот-  
ности по 27-дневному эффекту в моделях верхней атмосферы.

### Литература

- [1] А. Хорват, Э. Иллеш-Алмар, Наблюдения ИСЗ №14,  
стр. 417, Бухарест, 1975.
- [2] King-Hele, Theory of Satellite Orbits in an Atmosphere  
Butterworths, 1964.
- [3] L.G. Jacchia, SAO Spec. Rep. 332.
- [4] Ф. Барлье, Х. Жек, Ж.Л. Фалин, М. Илл, Наблюдения  
ИСЗ №12, стр. 213, Прага, 1973.
- [5] Current Gear Ratio Elements Derived by NASA GSFC  
from NORAD Data.
- [6] Modified Orbital Elements, Smithsonian Astrophysical  
Observatory, Cambridge, Massachusetts.
- [7] Orbital Elements of S.R.C. Radio and Space Research  
Station Slough
- [8] Программа "АТМОСФЕРА", Экваториальные топоцентричес-  
кие координаты ИСЗ, Астросовет АН СССР
- [9] Solar Geophysical Data No 332 - 341 I.
- [10] L.G. Jacchia, Journal of Geophysical Research  
Vol. 80. No 10, p. 1374, 1975.

JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | 1975

