

## 11-ЛЕТНИЙ ЦИКЛ СОЛНЕЧНОЙ ПОСТОЯННОЙ И ЕЁ ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ С ОСНОВНЫМИ ГЕЛИО- ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ И ПАРАМЕТРАМИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Чхетია А.М., Эбралидзе М.О.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, Грузия, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1  
E-mail: www.ggs.org.ge

Исследование вариаций солнечной постоянной давно привлекает внимание астрофизиков и геофизиков. По этой проблеме к настоящему времени опубликовано колоссальное количество работ. Ещё до проведения актинометрических наблюдений в межпланетном пространстве Аббот, и возглавляемая им научная школа Смитсоновского Астрофизического института (США), пришли к выводу, что солнечная постоянная реально изменяется, и эти изменения, в основном, связаны с 11-летним циклом относительных чисел солнечных пятен (числом Вольфа) [1].

В настоящее время установлено, что солнечная постоянная реально изменяется с 11-летним циклом солнечной активности [2-5].

Целью работы является выявить возможную связь 11-летних вариаций солнечной постоянной с основными гелио-геофизическими явлениями и параметрами солнечного ветра.

В процессе исследования использовались следующие исходные данные [6-12]:

1. солнечная постоянная (измеренная с помощью космического аппарата Nimbus-7);
2. относительное число солнечных пятен-числа Вольфа ( $R_w$ );
3. число групп солнечных вспышек ( $N_c$  в);
4. параметры плазмы солнечного ветра: скорость потока ( $v$ ), концентрация протонов ( $n$ ), температура протонов ( $T$ ), напряженность межпланетного магнитного поля (ММП, В);
5. интенсивность нейтронной компоненты галактических космических лучей, по данным, регистрируемым нейтронными супер-мониторами (Нк.л.) станций: Оулу (Финляндия, с жесткостью геомагнитного обреза  $R_1=0,8Gv$ ), Киль (Германия,  $R_2=2,3Gv$ ), Клаймакс (США,  $R_3=3,0Gv$ ), Тбилиси (Грузия,  $R_4=6,9Gv$ ), Токио-Итабаши (Япония,  $R_5=11,6Gv$ );
6. напряженность геомагнитного поля - частотное распределение чисел геомагнитных бурь с внезапным началом ( $N_{ssc}$ , по данным обсерватории Какиока), индексы геомагнитной активности -  $a_a$  и  $Dst$ ;
7. критические частоты F2 слоя ионосферы ( $f_oF2$ ) по станции Москва;
8. общее содержание атмосферного озона по озониметрическим станциям средних широт: Ашхабад (Туркменистан,  $\varphi = 37^{\circ}58'$ ,  $\lambda = 42^{\circ}50'$ ), Тбилиси (Грузия,  $\varphi = 41^{\circ}41'$ ,  $\lambda = 44^{\circ}57'$ ), Абастумани (Грузия,  $\varphi = 41^{\circ}45'$ ,  $\lambda = 42^{\circ}50'$ ), Алма-Ата (Казахстан,  $\varphi = 43^{\circ}14'$ ,  $\lambda = 76^{\circ}56'$ ), Феодосия (Крым,  $\varphi = 45^{\circ}02'$ ,  $\lambda = 35^{\circ}23'$ ).

Если за основу характеристики 11-летнего цикла солнечной активности принять относительное число солнечных пятен-числа Вольфа, то сопоставление чисел Вольфа, солнечной постоянной, основных гелио-геофизических явлений и параметров солнечного ветра за период между максимумами 21-22 циклов солнечной активности (за 1978-1992 годы), выявили, что все рассмотренные случаи, можно объединить в четыре группы (типы).

К I типу относятся случаи, когда между изменениями чисел Вольфа и обширным классом гелио-геофизических явлений наблюдается прямолинейная корреляционная связь (рис.1).

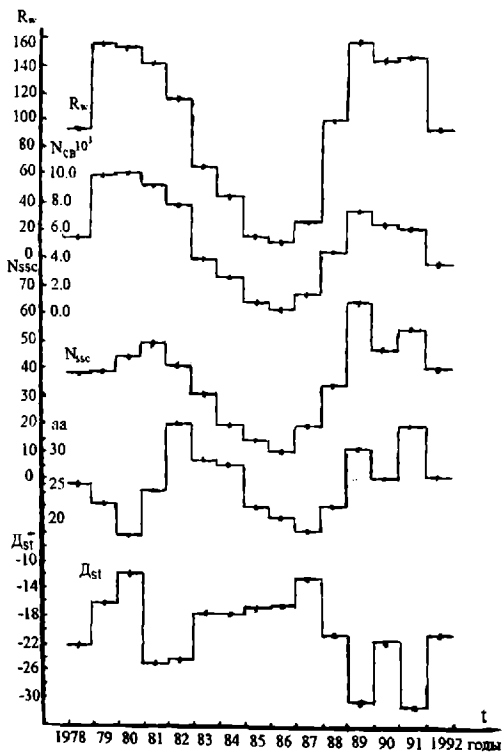


рис.1. Пример взаимосвязи I типа.

Обозначения:  $R_w$  - относительное число солнечных пятен (число Вольфа),  $N_{cb}$  - частотное распределение чисел групп солнечных вспышек,  $N_{ssc}$  - частотное распределение чисел геомагнитных бурь с внезапным началом (по данным обсерватории Каккиока),  $D_{st}$  и  $aa$  - индексы геомагнитной активности.

Из этого рисунка следует, что для данной эпохи период этих циклических вариаций составляет 10 лет.

Подобного типа вариации хорошо известны ученым геофизикам - магнитологам, работающим в области солнечно - земных связей. Вариации I типа обусловлены тем, что в годы максимума солнечной активности возрастает количество солнечных-пятен, вспышек, флоккулов, факеров, факельных полей и т.п. Соответственно возрастает число выбрасываемых в межпланетное пространство вспышечных и вспышечно подобных высокоскоростных потоков. При погружении магнитосферы Земли в поток солнечной плазмы с повышенными значениями - скорости, плотности и транспортируемое ("вмороженное") магнитное поле (особенно усиленным значением южно-направленной вертикальной компоненты ММП-Вz) происходит пересоединение магнитосферных силовых линий с межпланетным, что приводит к эрозии границы магнитосферы. Эрозия границы магнитосферы приводит к проникновению электрического поля солнечного ветра ( $\vec{E}_a = -[\vec{B} \cdot \vec{V}]$ ) и соответственно - частиц, вглубь

магнитосферы. Происходит усиление кольцевого DR тока. Усиленный ток (текущий в западном направлении) в окрестности Земли порождает магнитное поле, направленное противоположно геомагнитному и, таким образом, ослабляет его. В этот период на Земле наблюдается геомагнитная буря и соответственно, увеличивается магнитная активность.

К II типу относится случай, когда между изменениями чисел Вольфа и интенсивностью космических лучей наблюдается антикорреляционная (т.е. отрицательная) связь (рис.2.).

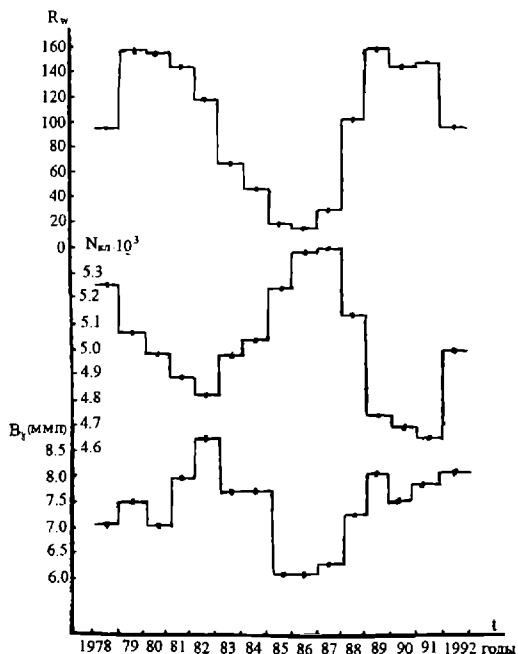


Рис.2. Пример взаимосвязи II типа

Обозначения:  $R_w$ -число Вольфа,  $N_{кл}$ -интенсивность нейтронной компоненты галактических космических лучей (среднее по станциям Оулу, Киль, Клаймакс, Тбилиси, Токио - Итабаши), охватывающее высокие, средние и низкие широты с жесткостью геомагнитного обрезаия -  $R=(0.8-11.6)$  Gv,  $B$ - напряженность межпланетного магнитного поля (ММП).

Подобного типа вариации хорошо известны ученым, работавшим в области вариации космических лучей. Вариации II типа обусловлены тем, что в годы максимума солнечной активности в межпланетном пространстве Солнце-Земля возрастает количество магнитных облаков. Магнитные поля, которые уносятся от Солнца облаком плазмы, имеют сильный неупорядоченный характер, ослабляют проникновение галактических космических лучей (частиц) в область, занимаемую облаком плазмы и рассеивают их.

К III типу относится случай, когда 11-летний цикл солнечной активности в вариациях общего содержания атмосферного озона не наблюдается (Рис. 3).

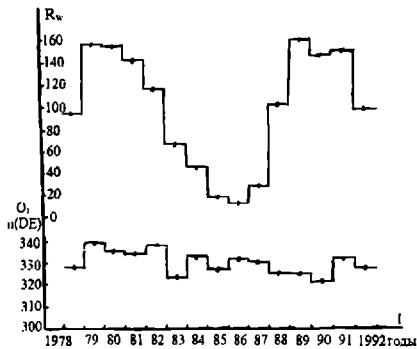


Рис. 3. Пример взаимосвязи III типа.

Обозначения:  $R_w$ -число Вольфа,  $nO_3$ -общее содержание атмосферного озона (среднее по озонметрическим станциям - Ашхабал, Тбилиси, Абастумани, Алма-Ата, Феодосия), охватывающее средние широты ( $\varphi=38^\circ-45^\circ$ ).

Анализируя рис. 3 приходим к выводу - поскольку основным источником образования атмосферного озона является ультрафиолетовое излучение Солнца (УФИС) с длинами волн (2200-2900)Å, то логично предположить, что в этом диапазоне спектральной области, УФИС характеризуется постоянством во времени, следовательно, вариациях атмосферного озона 11-летний цикл солнечной активности отсутствует.

К IV типу относится случай, когда вариации - солнечной постоянной и электронной концентрации F2 слоя ионосферы хорошо проявляют 11-летний цикл солнечной активности, однако, в отличие от чисел Вольфа, период циклических вариаций составляет 12 лет.

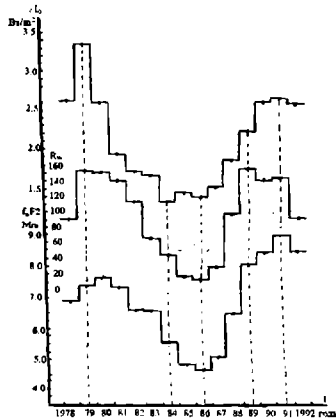


Рис. 4. Пример взаимосвязи IV типа.

Обозначения:  $R_w$  - число Вольфа,  $I_0$  - солнечная постоянная  $\Delta I_0 = I_0, -I_{cp} = (I_0, -1370) \text{ Wm} \cdot \text{M}^{-2}$ ,  $foF_2$  критические частоты F2 слоя ионосферы (по ионосферной станции Москва).

Анализируя рис. 4 приходим к выводам:

1. вариации солнечной постоянной и критических частот F2 слоя ионосферы происходят довольно синхронно, с периодом 12 лет;

2. на основе анализа распределения энергии электромагнитного излучения Солнца во всем диапазоне длин волн [13], пришли к выводу, что, по всей вероятности, основным ключевым фактором, ответственным за 11-летние вариации солнечной постоянной, должна быть область спектра электромагнитного излучения Солнца в диапазоне длин волн рентгеновского и ультрафиолетового излучения  $\lambda = (4-1000)\text{Å}$ ;

3. известно, что основным агентом формирования ионосферы является рентгеновское и ультрафиолетовое излучения Солнца [14]. Следовательно, вполне логично, что 11-летние вариации солнечной постоянной и критических частот F2 слоя ионосферы проявляют достаточно тесную корреляционную связь;

4. наблюдаемая тесная корреляционная связь между солнечной постоянной и критической частотой F2 слоя ионосферы не означает, что между ними связь причинно-следственная, а отражает лишь параллелизм протекания явлений, вызванных общей им причиной-вариациями рентгеновского и ультрафиолетового излучений Солнца в диапазоне длин волн -  $\lambda = (4-1000)\text{Å}$ .

**Основные результаты исследования настоящей работы сводятся к следующему:**

1. выявлено, что за период 1978-1992 годы, период 11-летнего цикла солнечной активности, по данным относительных чисел солнечных пятен (Rw-чисел Вольфа), равен 10 лет, когда как по солнечной постоянной – 12 лет;

2. на основе комплексного анализа 11-летних вариаций солнечной постоянной и её возможной связи с основными гео-геофизическими явлениями и параметрами солнечного ветра установлено, что вариации солнечной постоянной наиболее тесную корреляционную связь проявляет лишь с критическими частотами F2 слоя ионосферы;

3. на основе анализа распределения энергии электромагнитного излучения Солнца во всем диапазоне длин волн пришли к выводу, что, по всей вероятности, основным ключевым фактором, ответственным за 11-летний цикл солнечной постоянной, должна быть спектральная область рентгеновского и ультрафиолетового излучений Солнца в диапазоне длин волн -  $\lambda = (4-1000)\text{Å}$ ;

4. наблюдаемая тесная корреляционная связь между солнечной постоянной и критической частотой F2 слоя ионосферы не означает, что между ними связь причинно - следственная, а отражает лишь параллелизм протекания явлений, вызванных общей им причиной - вариациями рентгеновского и ультрафиолетового излучений Солнца в диапазоне длин волн -  $\lambda = (4-1000)\text{Å}$ .

## Литература

1. Abbot C.G. On Sterne and Dieter's paper, "the constancy of the Solar constant". Smithsonian Contrib. Astrophysical 1958. 3.13.
2. Lee III R.B., Barkstom B.R., and Gess R.D. "characteristics of the Earth Radiation Budget Experiment Solar Monitors". Applied Optics, 26, №15. 1987. PP. 3090-3096.
3. Lee III R.B., Gibson M.A., Wilson R.S. "Long-term Total Solar Irradiance variability During Sunspot Cycle 22". Journal of Geophysical Research Vol.100. NA2. 1995. PP. 1667-1675.
4. Wilson S. "Inconstant Solar Constant and Their Connection With Solar Activity". LAPAN Supplementary Issue, Vol.22. 1998. P. 81.
5. Robert B., Lee III R.B., Wilson S., Priestley K.L., Al-Hajjan A., Paden I., Pandey D.K. and Thomas S. "1978-1998 Total Solar Irradiance variability Trends". Proceeding of 10-th Conference on Atmospheric Radiation [American Meteorological Society, Medison, WI, June 28 - July 2. 1999. PP. 84-287.
6. Journal "Solar Geophysical Data", NOAA/ESSA, Boulder. Nimbus Solar Irradiance November 1978-June 1992. Vol. 577. part II. 1992. P.56-70.
7. Journal "Solar Geophysical Data", NOAA/ESSA, Boulder, during the period 1978-1993 years.
8. "Космические данные", за период 1978-1993 годы. Изд-во "Наука". Москва.
9. "Солнечные данные", за период 1978-1993 годы. Изд-во АН СССР. Ленинград.
10. King J.H. "Interplanetary medium data book", during the period 1978-1994 years.