

**КВАЗИДВУХЛЕТНИЕ ВАРИАЦИИ ПОЛНОГО ПОТОКА ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА:  
ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ВАРИАЦИЯХ СТРАТОСФЕРНОГО ВЕТРА  
И СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ**

**Г.С. Иванов-Холодный, В.Е. Чертопруд**

**QUASI-BIENNIAL VARIATIONS OF THE TOTAL SOLAR FLUX: THEIR MANIFESTATION IN  
VARIATIONS OF THE STRATOSPHERIC WIND AND VELOCITY OF THE EARTH ROTATION**

**G.S. Ivanov-Kholodny, V.E. Chertoprud**

Анализ результатов проведенных на «Nimbus-7» и других КА регулярных измерений полного потока излучения Солнца  $I$  позволил получить детальное представление о вариациях этого потока. В частности, найдены квазидвухлетние вариации (КДВ) величин  $\langle I \rangle$  (среднемесячное значение  $I$ ) и  $sI$  (стандартное отклонение  $I$  внутри месячного интервала). Примечательно то, что КДВ  $sI$  по форме почти совпадают с КДВ многих индексов солнечной активности (СА) и ионосферы, а КДВ  $\langle I \rangle$  находятся почти в противофазе к вариациям  $sI$ . В настоящее время обнаружилось проявление КДВ  $\langle I \rangle$  в процессах на Земле. Установлена связь между КДВ излучения Солнца  $\langle I \rangle$  (по данным «Nimbus-7» и ACRIM-2) и КДВ зонального стратосферного ветра вблизи экватора, а также КДВ скорости вращения Земли. Складывается впечатление, что многие из рассмотренных КДВ-процессов на Земле связаны с изменениями полного потока излучения Солнца.

The analysis of regular measuring the Sun full radiation flux  $I$  by Nimbus-7 and other space vehicles allowed to obtain a detailed notion on variations of this flux. In particular, quasi-biennial variations (QBVs) of the  $\langle I \rangle$  values (monthly average value  $I$ ) and  $sI$  (standard deviation  $I$  within a monthly interval) were discovered. It is interesting that the QBVs  $sI$  almost coincide in form with the QBVs of many indices of solar activity (SA) and the ionosphere, and the  $\langle I \rangle$  QBVs are almost in antiphase to the  $sI$  variations. At present, manifestation of the  $\langle I \rangle$  QBVs in some processes on the Earth was revealed. There was established the relation between the  $\langle I \rangle$  sun radiation QBVs (after «Nimbus-7» and ACRIM-2) and the QBVs of zonal stratospheric wind near the equator, and also the QBVs of the Earth rotation velocity. There is an impression that many of the zonal considered QBV-processes on the Earth are related to the variations of the Sun's radiation full flux.

Анализ результатов [1–3] проведенных на «Nimbus-7» и других КА регулярных измерений полного потока излучения Солнца  $I$  позволил получить детальное представление о КДВ солнечной постоянной. Ход КДВ величин  $\langle I \rangle$  (среднемесячное значение  $I$ ) и  $sI$  (стандартное отклонение  $I$  внутри месячного интервала [1, 2]) показан на рис. 1. Здесь, как и на остальных рисунках, приведены отфильтрованные (1) и стандартизированные (2) значения  $s(t)$  исходных величин  $x(t)$ , но сохранены исходные обозначения:

$$x(t) \rightarrow xx(t) = 2x(t) - x(t-12) - x(t+12) \rightarrow X(t) = [xx(t) + xx(t-1) + xx(t+1)]/3, \quad (1)$$

$$X(t) \rightarrow s(t) = [X(t) - \langle X(t) \rangle] / \sigma[X(t)], \quad (2)$$

где  $\langle X(t) \rangle$  и  $\sigma[X(t)]$  – среднее значение и стандартное отклонение  $X(t)$ , а  $t$  – время в месяцах. Фильтрация, подобная (1), применялась в [1–4]. Из графиков на рис. 1 видно, что КДВ  $\langle I \rangle$  находятся почти в противофазе к вариациям  $sI$ , т.е. структура КДВ двухкомпонентная. Один из компонентов –  $sI$  – проявляется в КДВ индексов СА и ионосферы [1, 2]. В качестве примера на рис. 2 представлены вариации  $sI$ , площади солнечных пятен  $S$  и солнечного радиоизлучения  $F_{10.7}$ . Видно, что все КДВ практически совпадают по форме.

Задолго до солнечных вариаций были открыты КДВ в низкоширотном стратосферном ветре [5]. Эти вариации зависят от рассматриваемой высоты слоя, и для их описания предложено использовать среднюю скорость  $U$  зонального ветра в слое 19–31 км над экватором [6, 7]. Между колебаниями скорости  $U$  и КДВ индексов СА нет корреляции, а солнечные колебания менее регулярны, чем стратосферные (см. рис. 3). Однако обнаруживается значимая связь между

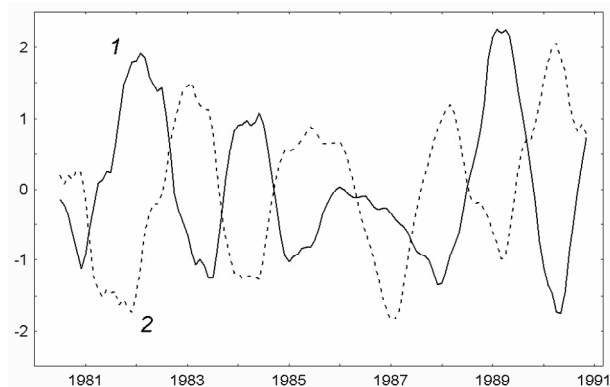


Рис. 1. КДВ полного потока излучения Солнца. Отфильтрованные и стандартизированные величины  $\langle I \rangle$  (1) и  $sI$  (2) по данным «Nimbus-7».

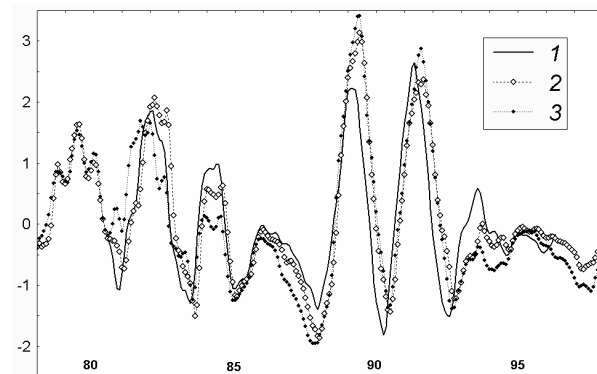


Рис. 2. КДВ индекса  $sI$  [2] и индексов СА. Стандартное отклонение  $I$  внутри месячного интервала  $sI$  (1), площадь солнечных пятен  $S$  (2) и поток солнечного дециметрового излучения  $F_{10.7}$  (3).

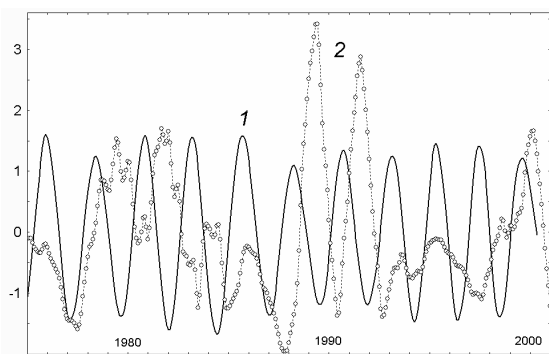


Рис. 3. КДВ в низкоширотном стратосферном ветре и солнечной активности. Скорость стратосферного ветра  $U$  (1) и  $F_{10.7}$  (2).

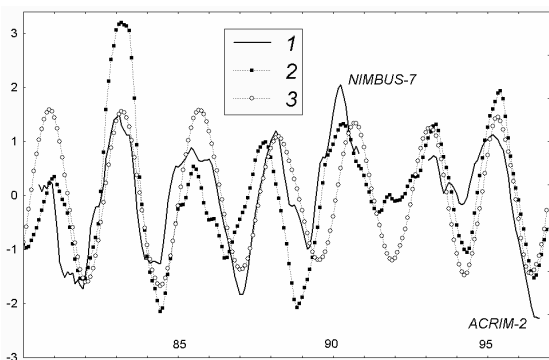


Рис. 4. КДВ полного потока излучения Солнца, стратосферного ветра и вращения Земли. Индексы  $\langle I \rangle$  (1),  $-V$  (2) и  $U$  (3).

стратосферными КДВ и изменениями солнечного магнитного поля на поверхности источника [8]. При сопоставлении вариаций скорости стратосферного ветра  $U$  и полного потока излучения Солнца  $\langle I \rangle$  (по данным «Nimbus-7» и ACRIM-2) также найдена связь (см. рис. 4). Таким образом, двухкомпонентные вариации  $I$  находят отклик в изменениях СА и скорости  $U$ . При этом КДВ  $U$  тесно связаны с КДВ  $\langle I \rangle$ , а КДВ индексов СА близки к КДВ  $sI$ . Вариации  $\langle I \rangle$  отражают изменения коротковолнового излучения Солнца, механизм воздействия которого на стратосферу обсуждался в [9]. С появлением атомных

часов появилась возможность проследить КДВ в скорости вращения Земли  $V$  [10]. Обнаружены связи между КДВ излучения  $\langle I \rangle$  и скоростями  $U$  и  $V$  (см рис. 4).

Авторы выражают благодарность создателям архива IERS. Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№ 07-02-00151).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov-Kholodny G.S., Mogilevskii E.I., Chertoprud V.Ye. Quasi-biennial oscillation in total solar irradiance and in the Earth's ionospheric parameters // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2000. V. 40, N 5. P. 565–569.
2. Ivanov-Kholodny G.S., Mogilevskii E.I., Chertoprud V.Ye. Solar and ionospheric quasi-biennial variations // *Ibid*. 2002. V. 42, N 2. P. 187–190.
3. Ivanov-Kholodny G.S., Mogilevskii E.I., Chertoprud V.E. Quasi-biennial variations in fractal dimension of solar total irradiance // *Ibid*. 2007. V. 47, N 6. P. 803–809.
4. Ivanov-Kholodny G.S., Chertoprud V.E. Analysis of extrema of quasi-biennial variations of the solar activity // *J. Astronomical and Astrophysical Transactions*. 1992. V. 3. P. 81–84.
5. Reed R.J., Campbell W.J., Rasmussen L.A., Rogers D.G. Evidence of a downward-propagating annual wind reversal in the equatorial stratosphere // *J. Geophys. Res.* 1961. V. 61. P. 813–818.
6. Чучалов Б.С. Особенности развития квазидвухлетнего цикла в связи с переносом массы воздуха в экваториальной стратосфере // *Труды Гидрометцентра СССР*. 1972. Вып. 107. С. 3–17.
7. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 368 с. Таблица П5.
8. Иванов-Холодный Г.С., Чертопруд В.Е. Квазидвухлетние вариации в процессах на Солнце и Земле // *Труды ГАИШ*. 2005. Т. 78. С. 33.
9. Иванов-Холодный Г.С. Возможный физический механизм влияния солнечной активности на атмосферу и биосферу // *Физическая экология (физические проблемы экологии)* / Под ред. В.И. Трухина, Ю.Н. Пирогова, К.В. Показеева М.: Изд-во физического факультета МГУ, 1998. Т. 38, № 2. С. 9–18.
10. <ftp://maia.usno.navy.mil/ser7/finals.all>

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН), Троицк