

Г.Я. Хачикян, В.Г. Сальников, С.Е. Полякова

Роль вариации солнечной активности в динамике стратосферного циркумполярного вихря

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

Поступила в редакцию 22.12.2005 г.

Рассматриваются возможные связи интенсивности стратосферного циркумполярного вихря с вариациями числа солнечных пятен, с секторной структурой межпланетного магнитного поля и другими факторами космической погоды. Показано наличие достаточно тесной связи между долгопериодными вариациями интенсивности циркумполярного вихря в сопоставлении со среднемесячными числами солнечных пятен. Выявлены вариации с квазипериодом примерно 2 года, что может быть связано с квазидвухлетним циклом в динамическом режиме экваториальной стратосферы.

В последнее столетие экономическая и социальная жизнь жителей планеты так или иначе зависит от процесса, называемого «Глобальным изменением» (Global Change), составной частью которого является и глобальное изменение климата. Существует полная уверенность в зависимости климатических изменений от активной техногенной деятельности человека (например, парниковый эффект), но наряду с этим имеются вполне убедительные научные результаты, показывающие, что глобальные изменения климата могут быть связаны и с долгопериодными вариациями солнечной активности [1].

Экспериментальным фактом, подтверждающим возможность такой связи, является Малый ледниковый период, наблюдавшийся на территории Европы и Северной Америки в конце XVII в. и совпавший с Маундеровским минимумом в солнечной активности, когда в течение десятков лет на Солнце не было активных образований (солнечных пятен) [2]. Показано, что уровень солнечной радиации во время Маундеровского минимума был ниже на 0,15–0,35 [2] или 0,1–0,7% [3] относительно того, который наблюдался в предпоследнем 22-м солнечном цикле.

Многочисленные экспериментальные результаты [4–11 и др.], указывающие на связь различных метеорологических параметров с солнечными вспышками, вариациями числа солнечных пятен, секторной структурой межпланетного магнитного поля и другими факторами космической погоды, привели к инициированию учеными NASA (США) научно-исследовательской программы «Living with a Star» («Проживание со звездой») [12], которая с 2002 г. стала международной.

Одна из задач этой программы состоит в том, чтобы разработать физический механизм солнечно-земных связей и выявить те факторы, которые непосредственно влияют на среду обитания человека, экономическую и социальную жизнь общества.

Солнечный ветер является высокоионизированным газом, обладает высокой электропроводностью

и в силу этого выносит от Солнца магнитный поток, создавая межпланетное магнитное поле (ММП) [13, 14]. Характеристики Солнца, например его светимость, связаны с его магнитным потоком, хотя механизм связи все еще не понятен [2, 15]. Соединение силовых линий межпланетного магнитного поля с силовыми линиями магнитного поля Земли приводит к проникновению энергии солнечного ветра в околоземное пространство. В настоящее время показано, что изменения в гелиосферном магнитном потоке и, следовательно, в ММП приводят к изменению толщины облачного покрова Земли, что, в свою очередь, может приводить к глобальным изменениям климата [16].

В работе [17] на основании прямых измерений ММП у орбиты Земли обнаружено, что интенсивность общего магнитного поля, покидающего Солнце, увеличилась в настоящее время в 1,4 раза по сравнению с интенсивностью в 1964 г. (рис. 1).

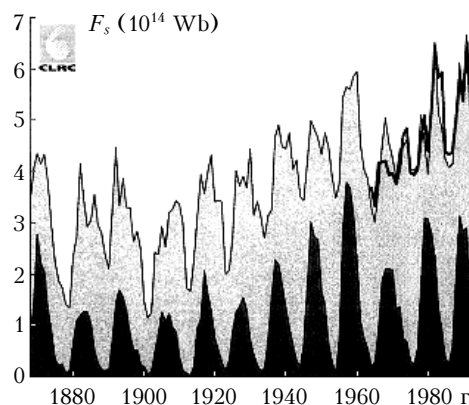


Рис. 1. Магнитный поток Солнца F_s , рассчитанный в работе [15] по значениям геомагнитного индекса aa за 1868–1996 гг. (черная кривая, окаймляющая серую область). Жирная кривая — значения магнитного потока, измеренные непосредственно на космических летательных аппаратах в 1964–1996 гг. Темная область — среднегодовые значения солнечных пятен (числа Вольфа). Рисунок взят из [18]

С учетом информации на рис. 1 целесообразно проверить: сказалось ли увеличение магнитного потока Солнца на атмосферных характеристиках и, в частности, на интенсивности стратосферного циркумполярного вихря I .

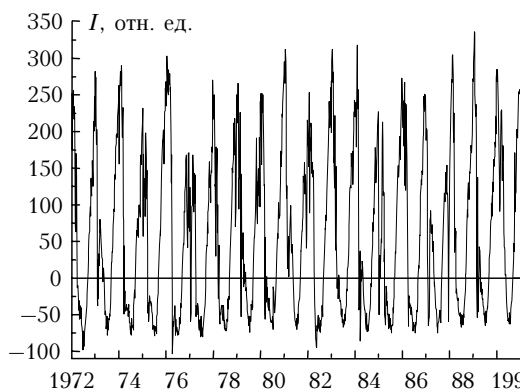


Рис. 2. Вариации интенсивности стратосферного циркумполярного вихря (I) для последовательных пентад в 1972–1990 гг.

На рис. 2 представлены значения I для последовательных пентад с 1972 по 1990 г. Каждый год содержит 72 пентады. Сезонные вариации в интенсивности стратосферного циркумполярного вихря отчетливо видны на рис. 2.

В зимний сезон вихрь имеет циклонический характер (значения I большие и положительные), а в летний период — антициклонический (значения I отрицательные).

Чтобы изучить долговременные вариации в значениях I , которые предположительно могут возникнуть из-за долговременных вариаций солнечной активности, из исходных данных, представленных на рис. 2, были удалены сезонные вариации путем сглаживания скользящим средним по 73 пентадам. Долгопериодные вариации I , оставшиеся после удаления сезонных вариаций, представлены на рис. 3 в сопоставлении со среднемесячными числами солнечных пятен (числа Вольфа W).

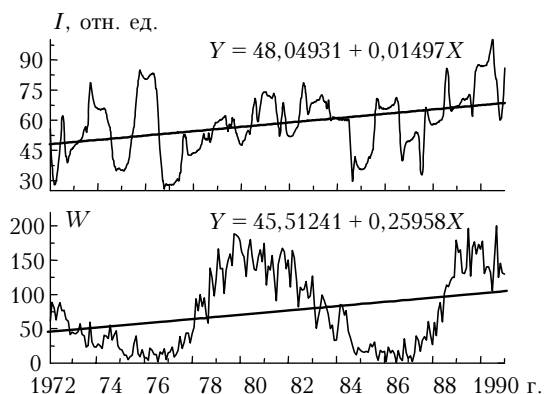


Рис. 3. Долгопериодные вариации интенсивности стратосферного циркумполярного вихря I за 1972–1990 гг. после удаления сезонных вариаций в сопоставлении со среднемесячными числами солнечных пятен (числа Вольфа W). Прямые линии — аппроксимация данных полиномом первой степени (линейная регрессия). Приведены уравнения регрессии

На основании рис. 3 можно сделать вывод, что интенсивность стратосферного циркумполярного вихря возрастала от 1972 к 1990 г., как и уровень солнечной активности.

Помимо линейного тренда, параметр I показывает вариации с квазипериодом примерно 2 года, что может быть связано с квазидвухлетним циклом в динамическом режиме экваториальной стратосферы.

1. NRC Solar influences on Global Change. National Research Council. Board on Global Change. Washington: National Academy Press., 1994. 548 p.
2. Lean J.W., Livingston A., Scumanich O. White estimating the sun's radiative output during the maunder minimum // Geophys. Res. Lett. 1992. V. 19. N 19. P. 1591–1594.
3. Baliunas S., Jastrow R. Evidence on the climate impact of solar variations // Energy (Gr. Brit.). 1993. V. 18. N 9. P. 1285–1295.
4. Eddy J.A. Climate and the changing Sun. Clim. // Change. 1977. N 1. P. 173–190.
5. King J.W., Slater A.J., Stevens A.D., Smith P.A., Willis D.M. Large-amplitude standing planetary waves induced in the troposphere by the Sun // J. Atmos. and Terr. Phys. 1977. V. 39. N 1. P. 13–27.
6. Markson R. Consideration regarding solar and lunar modulation of geophysical parameters, atmospheric electricity and thunderstorms. // Pure and Appl. Geophys. 1971. V. 84. P. 161.
7. Park C.G. Solar magnetic sector effects on the vertical atmospheric electric field at Vostok, Antarktica // Geophys. Res. Lett. 1976. V. 3. P. 475.
8. Reiter R. Case study concerning the impact of solar activity upon potential gradient and air currents in the lower troposphere // Pure and Appl. Geophys. 1994. V. 218. P. 197.
9. Shuurmans C.J.E. Influence of solar particles on the general circulation of the atmosphere // Nature (Gr. Brit.). 1965. V. 205. N 1. P. 35–47.
10. Wilcox J.M., Scherrer P.M., Svalgaard L., Roberts W.O., Olson R.M., Jenne R.L. Influence of solar magnetic sector structure on terrestrial atmospheric vorticity // J. Atmos. Sci. 1974. V. 31. P. 581–589.
11. Lean J., Beer J., Bradley R. Reconstruction of solar irradiance since 1610: implications for climate change // Geophys. Res. Lett. 1995. V. 22. P. 3195–3198.
12. Withbroe G.L. Living with a Star: Geophysical Monograph 125 «Space Weather» / Ed.: P. Song, J. Howard, George L. Singer. Siscoe, American Geophysical Union. Washington: DC, 2000. P. 45–51.
13. Balogh A., Smith E.J., Tsurutani B.T., Southwood D.J., Forsyth R.J., Horbury T.S. The heliospheric field over the south polar region of the sun // Science. 1995. V. 268. P. 1007–1010.
14. Gazis P.R. Solar cycle variation of the heliosphere // Rev. Geophys. 1996. V. 34. P. 379–402.
15. Willson R.C. Total solar irradiance trend during cycles 21 and 22 // J. Atmos. Sci. 1997. V. 54. P. 1963–1965.
16. Svensmark H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage — a missing link in solar-climate relationships // J. Atmos. and Sol.-Terr. Phys. 1997. V. 59. P. 1225–1232.

17. Wang Y.M., Sheeley N.R. Solar implications of Ulysses interplanetary field measurements // *Astrophys. J.* 1995. V. 447. P.143–146.
18. Lockwood M., Stamper R., Wild M.N. A doubling of the Sun's coronal magnetic field during the last 100 years // *Nature (Gr. Brit.)*. 1999. V. 399. P. 437–439.

G.Ya. Khachikyan, V.G. Sal'nikov, S.E. Polyakova. **The role of solar activity variations in dynamics of stratospheric circumpolar vortex.**

Possible connections between the intensity of stratosphere circumpolar vortex (CPV) and variations in the number of sun-spots, sector pattern of the interplanetary magnetic field, and other factors of the space weather are considered. The presence of a tight enough connection between long-period variations of CPV intensity as compared to monthly average number of sun-spots is shown. The variations with a period of approximately 2 years are found, which can be connected with biennium by cycle in a dynamic behaviour of the equatorial stratosphere.