

УДК 523.9

Восстановление величины наклона гелиосферного токового слоя относительно плоскости солнечного экватора по числам Вольфа

Н.И. Пишкало

Астрономическая обсерватория Киевского университета
e-mail: pish@observ.univ.kiev.ua

Поступила в редакцию 30 июля 2003 г.

Аннотация. Исследована корреляция между относительным числом солнечных пятен (числом Вольфа) и модельными значениями наклона гелиосферного токового слоя (ГТС) относительно солнечного экватора (данные Т. Ноексема) для 21 – 23 циклов солнечной активности. Получено, что максимальные значения коэффициента корреляции достигаются при отсутствии временного сдвига между соответствующими рядами данных и составляют более 0.9. По известным числам Вольфа найдены значения наклона ГТС для периода времени 1749 – 1975 гг. Эти восстановленные значения наклона ГТС сравниваются с положениями ярких лучей-стримеров, наблюдавшихся во время полных солнечных затмений 1870 – 2001 гг.

RECONSTRUCTION OF THE HELIOSPHERIC CURRENT SHEET TILTS WITH RESPECT TO THE SOLAR EQUATOR USING THE WOLF SUNSPOT NUMBERS, *by M.I. Pishkalo*. The correlation between relative sunspot number (the Wolf number) and model tilts of the heliospheric current sheet (HCS) with respect to the solar equator (data by T. Hoeksema) for the 21 – 23 cycles of solar activity is studied. Maximal values of the correlation coefficient are reached without time lags between corresponding data sets and are equal to more than 0.9. Using known Wolf numbers for the time interval of 1749 – 1976 tilts of the HCS are found. These reconstructed values of the HCS tilts are compared with locations of bright streamers observed during total solar eclipses on 1870 – 2001.

Ключевые слова: Солнце, гелиосферный токовый слой

1 Введение

Как известно, относительное число солнечных пятен (число Вольфа) является одним из основных индексов солнечной активности и хорошо коррелирует со многими гелио- и геофизическими параметрами (см., например, (Браво, Стюарт, 1994; Доротович, 1996; Обридко, Шелтинг, 1992; Файнштейн, Руденко, Граблевский, 2002)). В частности, положение и форма ГТС, который разделяет межпланетное пространство на две части с противоположным направлением вектора межпланетного магнитного поля и является своеобразным каркасом гелиосферы, также достаточно тесно коррелирует с цикличностью солнечной активности (Гуляев, Филиппов, 1992; Гуляев, 1992; Гуляев, Ванярха, 1992; Иванчук, Дзюбенко, Пишкало, 1999; Хексма и др., 1982). В минимуме солнечной

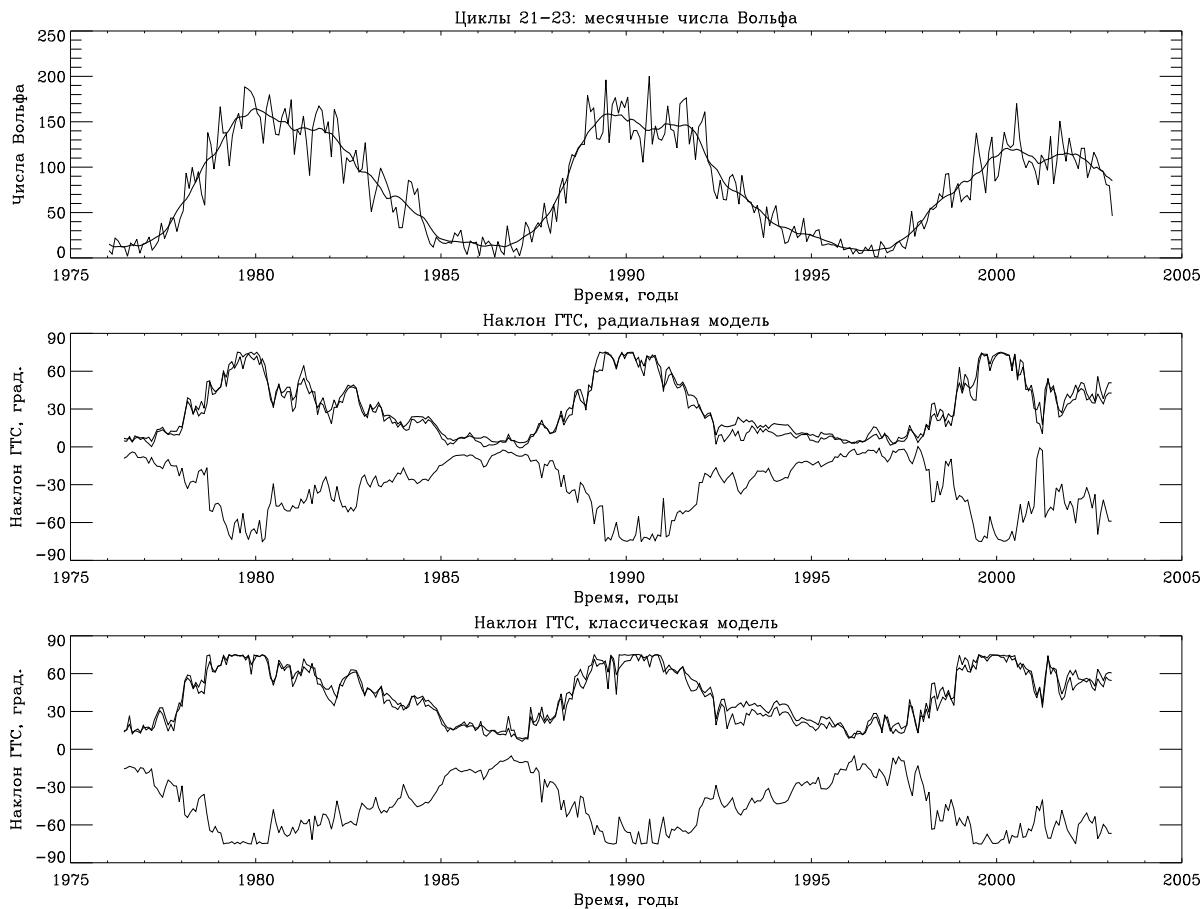


Рис. 1. Изменение со временем для 21 – 23 циклов активности месячных чисел Вольфа (верхняя панель, тонкой линией – несглаженные значения), и наклона ГТС для радиальной и классической потенциальных моделей Хексма (тонкими линиями – значения по полушариям, толстой линией – средние значения)

активности форма ГТС близка к плоскости, в максимуме является достаточно сложной, гофрированной. В эпоху минимума солнечной активности ГТС располагается на низких гелиоширотах, почти параллельно плоскости солнечного экватора или под небольшим углом к ней. С увеличением солнечной активности значение наклона ГТС относительно солнечного экватора также увеличивается, и в некоторый момент времени, который, вероятно, совпадает с переполусовкой общего магнитного поля Солнца (ОМПС), ГТС становится перпендикулярным плоскости солнечного экватора. Далее на ветви спада солнечной активности наклон ГТС постепенно уменьшается, достигая минимального значения во время последующего минимума солнечной активности. При этом полярность ОМПС и направление электрических токов в ГТС становятся противоположными тем значениям, которые были в предыдущем минимуме солнечной активности. Полностью картина повторяется примерно через 20 лет (рис. 1).

2 Корреляция между числами Вольфа и наклоном ГТС

Нами исследовано количественно значение коэффициента корреляции и кросс-корреляции между числами Вольфа по международной (цюрихской) классификации и значениями наклона ГТС

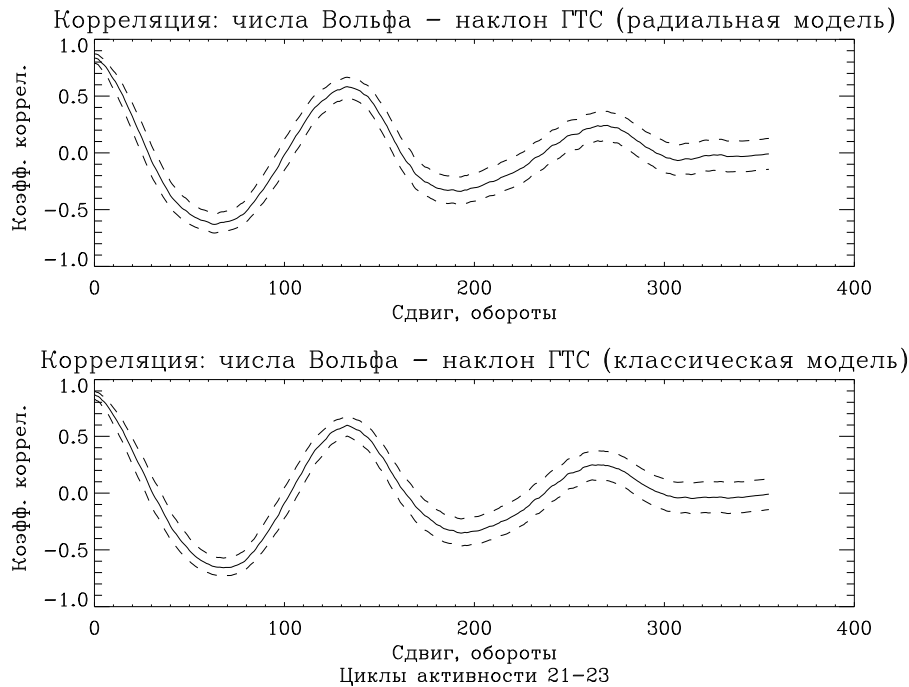


Рис. 2. Коэффициент кросс-корреляции с 99 доверительными границами между числами Вольфа и значениями наклона ГТС для 21 – 23 циклов активности

для 21 – 23 циклов солнечной активности (05.1976 – 01.2003). Числа Вольфа были взяты на сайте <http://sidc.oma.be>, модельные значения наклона ГТС относительно солнечного экватора – на сайте <http://wso.stanford.edu> (данные Т. Ноексема). Для несглаженных данных коэффициент корреляции между месячными числами Вольфа и значениями наклона ГТС для радиальной и классической моделей составляет соответственно 0.84 и 0.87, для однократно сглаженных данных коэффициент корреляции увеличивается соответственно до 0.91 и 0.94. Последующие усреднения несколько повышают величину коэффициента корреляции. Например, трехкратное применение скользящего усреднения по 13 точкам дает значение коэффициента корреляции между месячными числами Вольфа и значениями наклона ГТС 0.93 для радиальной и 0.95 для классической модели. На рис. 2 показано, как изменяется значение коэффициента корреляции между месячными числами Вольфа и средними значениями наклона ГТС для радиальной и классической моделей в зависимости от временного сдвига между рядами, выраженного в кэррингтоновских оборотах. 99 доверительные границы для коэффициента корреляции рассчитаны с использованием стандартного преобразования Фишера (см., например, Митропольский, 1971). Отметим, что первые неглавные максимумы соответствуют временному сдвигу 132 оборота или периоду времени 9.86 года.

3 Восстановленные значения наклона ГТС до 1976 г. Сравнение с затменными данными

Пользуясь полученным корреляционным соотношением между числами Вольфа и значениями наклона ГТС для 21 – 23 циклов активности мы рассчитали восстановленные значения наклона ГТС для более раннего периода времени, начиная с 1749 г. Было использовано приближение полиномом второй степени. Далее полученные восстановленные значения наклона ГТС сравнивались с положением больших лучей-стримеров на структурных рисунках и снимках короны по наблюдениям во время полных солнечных затмений. Данные для затмений 1870 – 1961 гг. были взяты из каталога

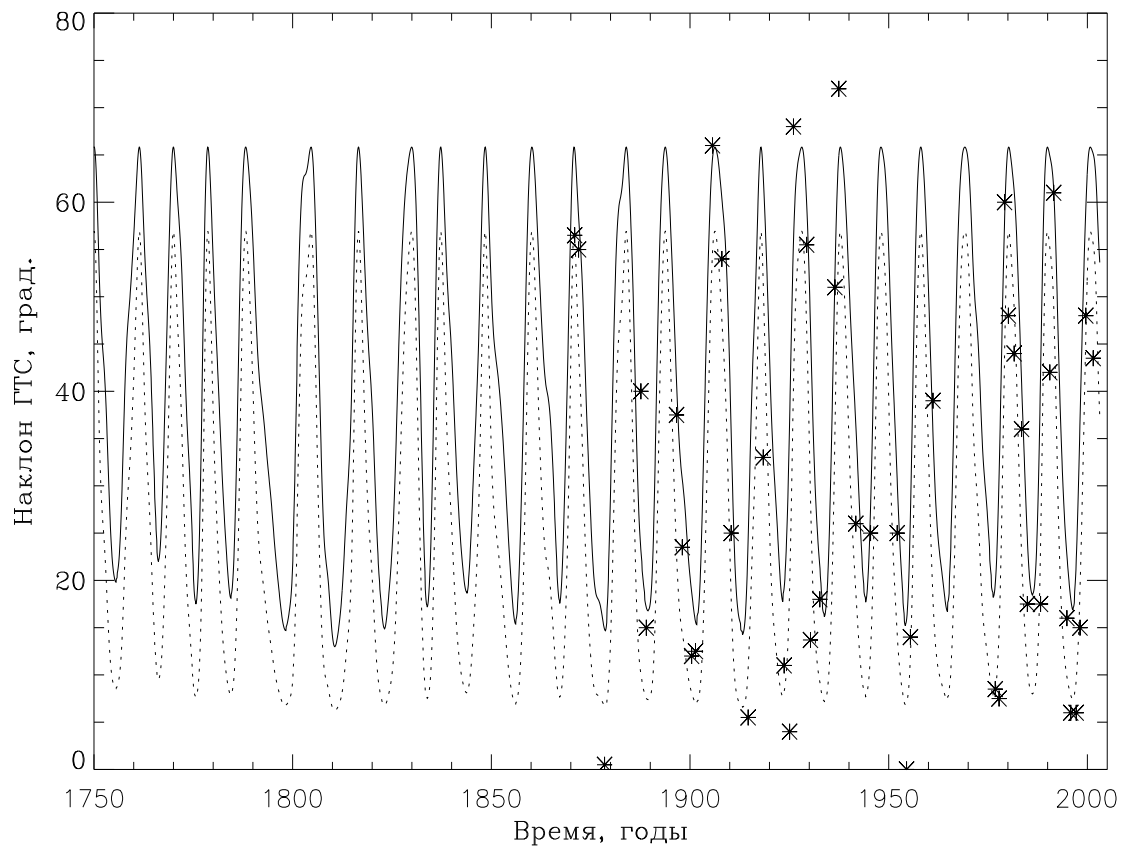


Рис. 3. Восстановленные значения наклона ГТС для 1749 – 2002 гг. Звездочками нанесены угловые положения больших лучей-стримеров по затменным данным

Несмяновича (Всехсвятский и др., 1965), для 1976 – 2001 гг. – из различных литературных данных.

4 Заключение

Сравнение восстановленных значений наклона ГТС и положений ярких лучей-стримеров, наблюдавшихся во время полных солнечных затмений 1870 – 2001 гг., свидетельствует о том, что эти величины неплохо согласуются друг с другом. Причем, для периодов минимума солнечной активности положение ярких лучей-стримеров лучше согласуется с наклонами ГТС, полученными в приближении радиальной потенциальной модели, для периодов максимума активности – по классической модели.

Литература

- Браво, Стюарт (Bravo S., Stewart G.) // Solar Phys. 1994. V. 154. P. 377.
 Всехсвятский С.К. и др. // Солнечная корона и корпускулярное излучение в межпланетном пространстве. Киев: изд-во Киев. ун-та, 1965. С. 73.

- Гуляев Р.А., Филиппов Б.П. // Докл. АН СССР. 1992. Сер. А. Т. 322. С. 268.
- Гуляев (Gulyaev R.A.) // Solar Phys. 1992. V. 142. P. 213.
- Гуляев, Ванярха (Gulyaev R.A., Vanyarkha N.Ya.) // Solar Phys. 1992. V. 140 P. 369.
- Доротович (Dorotovic I.) // Solar Phys. 1996. V. 167. P. 419.
- Иванчук В.И., Дзюбенко Н.И., Пишкало Н.И. // Труды конференции ?Структура и динамика солнечной короны?, Троицк, 4 – 8 октября 1999 г. С. 246.
- Митропольский А.К. // Техника статистических вычислений. М.: Наука. 1971. С. 359.
- Обридко, Шелтинг (Obridko V.N., Shelting B.D.) // Solar Phys. 1992. V. 137. P. 167.
- Файнштейн В.Г., Руденко Г.В., Граблевский С.В. // Солнечно-земная физика. 2002. Вып. 1. С. 91.
- Хексма и др. (Hoeksema J.T., Wilcox J.M., Scherrer P.H.) // J. Geophys. Res.1982. V. 87. P. 10331.