

УДК 523.98

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ДИНАМИКА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СОЛНЦЕ В ТЕЧЕНИЕ ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А.А. Бажанов, Д.И. Понявин

LARGE-SCALE ORGANIZATION AND DYNAMICS OF SOLAR MAGNETIC FIELDS IN SOLAR ACTIVITY CYCLE

A.A. Bazhanov, D.I. Ponyavin

Для изучения эволюции и распределения крупномасштабных полей на Солнце мы использовали синоптические карты высокого разрешения, предоставленные обсерваторией Китт-Пик (Аризона, США). Используя технологию, основанную на фильтрации и осреднении карт можно моделировать магнитное поле Солнца как звезды. Отмечено, что мелкомасштабные поля большой напряженности играют незначительную роль в формировании общего магнитного поля в периоды минимума активности, в то время как в максимуме они начинают вносить определенный вклад. Была прослежена эволюция поля за два последних цикла солнечной активности. Предложенный метод позволяет также выделять нейтральную линию раздела полярностей, которая является основанием гелиосферного токового слоя.

We have used high-resolution measurements of magnetic fields provided by Kitt Peak National Solar Observatory to study large-scale patterns and their evolution over solar cycle. An efficient approach based on filter procedure is applied to original synoptic maps. By using this technique we have modeled the solar magnetic field viewed as a star. Our results show that the small-scale magnetic fields play a minor role in formation of large-scale patterns particularly during a solar minimum. Evolution of magnetic field over a full magnetic cycle is restored. The proposed technique can trace neutral line configuration at the base of the heliospheric current sheet.

Основание гелиосферного токового слоя

Предложенная нами методология осреднения синоптических карт, предоставленных обсерваторией Китт-Пик (Аризона, США), помогает понять структуру крупномасштабного магнитного поля. Данным методом выполняется осреднение элементов карты в некоторой области, затем эта область смещается и операция повторяется. Таким образом, мы как бы «сглаживаем» влияние мелкомасштабных полей. Результатом является карта с более простой и понятной структурой: для минимума солнечной активности это объект, напоминающий диполь (в одном полушарии имеем поля положительной напряженности, в другом – отрицательной). В максимуме топология несколько усложняется, теперь структура далека от диполя, в обоих полушариях могут быть потоки, направленные как от Солнца, так и к нему (рис. 1). В работе было обработано 263 карты, что покрывает временной интервал с 17 августа 1976 по 19 марта 1996 г. (Кэррингтоновские обороты 1646–1906).

Толстая линия на рис. 1 показывает именно основание гелиосферного токового слоя (ГТС). Следует отметить, что источники, которые оказывают влияние на формирование такой топологии основания ГТС, являются разными в минимуме и максимуме активности: в первом случае это только крупномасштабное магнитное поля, во втором на результат также оказывают существенное влияние поля активных областей. При помощи нейтральной линии можно воссоздать непосредственно сам ГТС и сверить полученные результаты с межпланетным магнитным полем и данными спутников. В работе [1] показано, что, несмотря на свою простоту, метод дает приемлемые результаты. Кроме того, результаты хорошо согласуются с картами, полученными в Стэнфордском университете путем экстраполяции магнитного поля на Солнце в корону в потенциальном приближении (рис. 2).

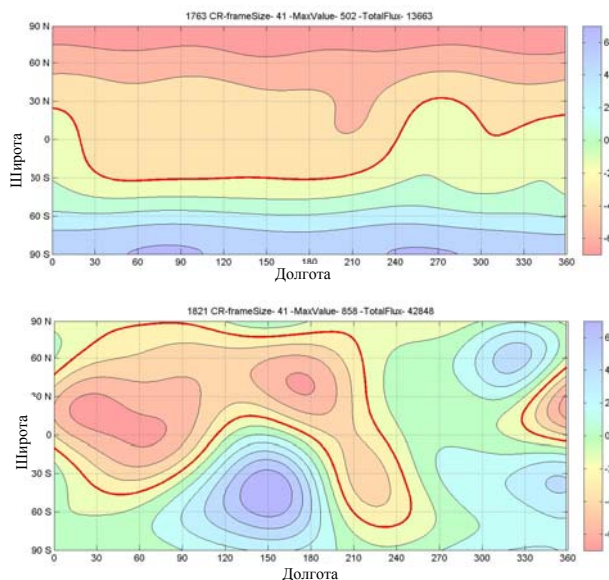


Рис. 1. Пример обработанных синоптических карт для минимума (1763 оборот) и максимума активности (1821 оборот).

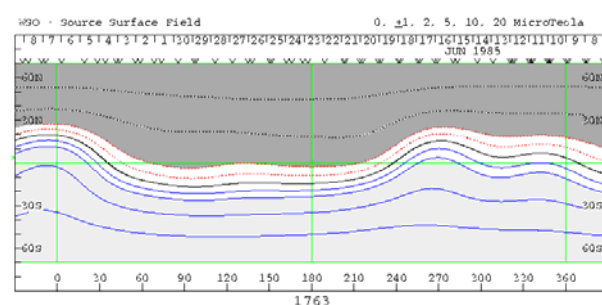


Рис. 2. Карта 1763 кэррингтоновского оборота, построенная по методу экстраполяции поля в корону в потенциальном приближении.

Монополярность

На картах, полученных обоими способами, видно, что основание ГТС в 1763 обороте принадлежит

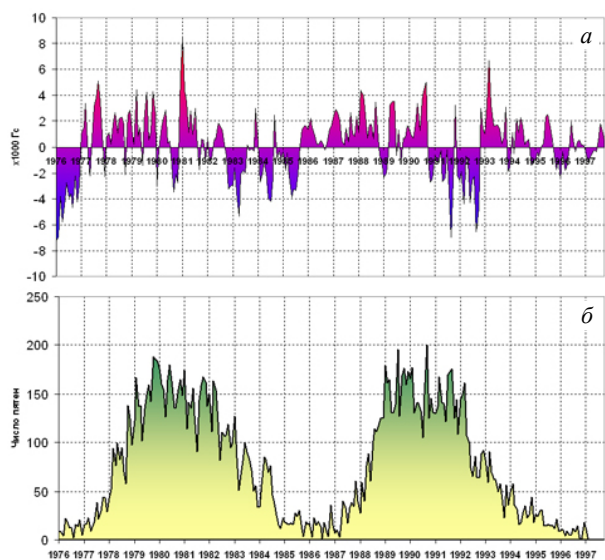


Рис. 3. *а* – монополярная составляющая магнитного поля за два цикла активности; *б* – числа Вольфа, период 1646–1906 обороты по Кэррингтону.

в большей степени Южному полушарию, что свидетельствует о наличии монополярного члена. Этот вопрос был впервые затронут Джоном Вилкоксом в 1972 г. [2], но до сих пор остается открытым. На рис. 3, *а* представлена диаграмма суммарного потока со всей поверхности Солнца, рис. 3, *б* демонстрирует временной период и солнечную активность (числа Вольфа).

В минимуме активности наблюдается периодичная годовая волна. Это связано с тем, что крупномасштабное поле имеет квазидипольную структуру, а плоскость эклиптики наклонена относительно плоскости гелиоэкватора. В период максимума солнечного цикла наблюдается более сложная периодичность, параметры и происхождение которой пока остаются непонятными.

Результаты

Разработанный алгоритм обработки синоптических карт позволяет получить магнитный поток с

Солнца как звезды, причем с различными апертурами (размер рамки осреднения).

В минимуме активности на формирование основания ГТС и монополярного члена влияет крупномасштабное магнитное поле, в то время как в периоды максимума начинают вносить существенный вклад поля активных областей.

Основание ГТС может быть использовано для моделирования непосредственно гелиосферного токового слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будник А.И., Понявин Д.И. Реконструкция гелиосферного токового слоя, ГАО, Пулково, Санкт-Петербург. 2006.
2. Wilcox J.M. Why does the Sun look like a magnetic monopole? // *Comments Astrophys. Space Sci.* 1972. V. 4. P. 141–147.
3. Kotov V.A. On the near-one-year variation of the Sun's mean magnetic field // *Solar Phys.* 2006. V. 239. P. 461–474.
4. Понявин Д.И. Квазимонополярное поведение магнитного поля Солнца, видимого как звезда // Труды международной конференции «Солнечная активность и космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца». 17–22 июня 2002 г., ГАО, Пулково, Санкт-Петербург. 2002. С. 477–484.
5. Severny A.B., Wilcox J.M. Comparison of the mean photospheric magnetic field and the interplanetary magnetic field // *Solar Phys.* 1970. V. 15. P. 3.
6. Scherrer P.H., Kotov V.A., The mean magnetic field of the Sun: method of observation and relation to the interplanetary magnetic field // *Solar Phys.* 1977. V. 52. P. 3–12.

Институт физики, Санкт-Петербургский государственный университет, С.-Петербург