

УДК 523.945

Полярные корональные дыры в цикле солнечной активности

Н.Н. Степанян, Н.И. Штерцер

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” КНУ им. Т. Шевченко, Научный,
АР Крым, Украина, 98409
nataly@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 6 октября 2013 г.

Аннотация. Площади корональных дыр, расположенных на солнечных широтах более 60 градусов, сопоставлены с эволюцией крупномасштабных магнитных полей на Солнце. Мы нашли уменьшение площадей корональных дыр и рост их низкоширотных границ в связи со сменой знака полярных полей.

POLAR CORONAL HOLES IN SOLAR ACTIVITY CYCLE, *by N.N. Stepanian and N.I. Shtertser.*
The areas of coronal holes, located at the solar latitude more than 60 degrees, are compared with evolution of the large-scale solar magnetic fields. We found a decrease in areas of coronal holes and growth of low-latitude boundaries in connection with the change of sign of the polar fields.

Ключевые слова: корональные дыры, полярные магнитные поля

1 Введение

В работе Вебб и др. (1984) по материалам 19–21-го циклов и в работе Степанян (1993) по 21–22 циклам было показано, что после переполюсовки полярных полей корональные дыры (далее КД) в структурах фоновых полей со знаком нового полярного поля появляются на высоких широтах с запозданием от 5 до 20 оборотов Солнца. В этих работах магнитные поля определялись по H-альфа картам.

Мы продолжили это исследование на материалах, относящихся к 22–23 циклам. Для оборотов CR 1799–1987 гг. знак магнитного поля в КД определялся по синоптическим картам (Макинтош и др., 1991). Пример таких карт дан на рис. 1.

2 Наблюдения и их анализ

Для последующих оборотов Солнца (CR1988–2037) были использованы наблюдения КраО в линии He 1083 нм. Синоптические карты, построенные по этим наблюдениям, выставлены на сайте Лаборатории физики Солнца НИИ “КраО” (http://solar.crao.crimea.ua/data/synoptic_maps/). Пример такой карты дан на рис. 2. Магнитные поля в области наблюдаемых КД взяты из работы Ахтемов и др. (2013).

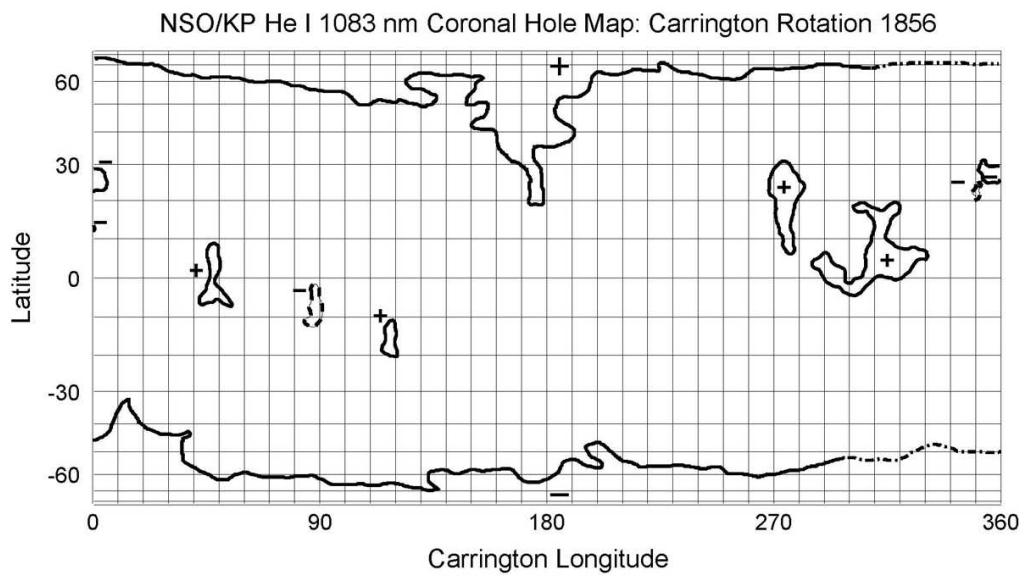


Рис. 1. Пример синоптической карты обсерватории Китт-Пик

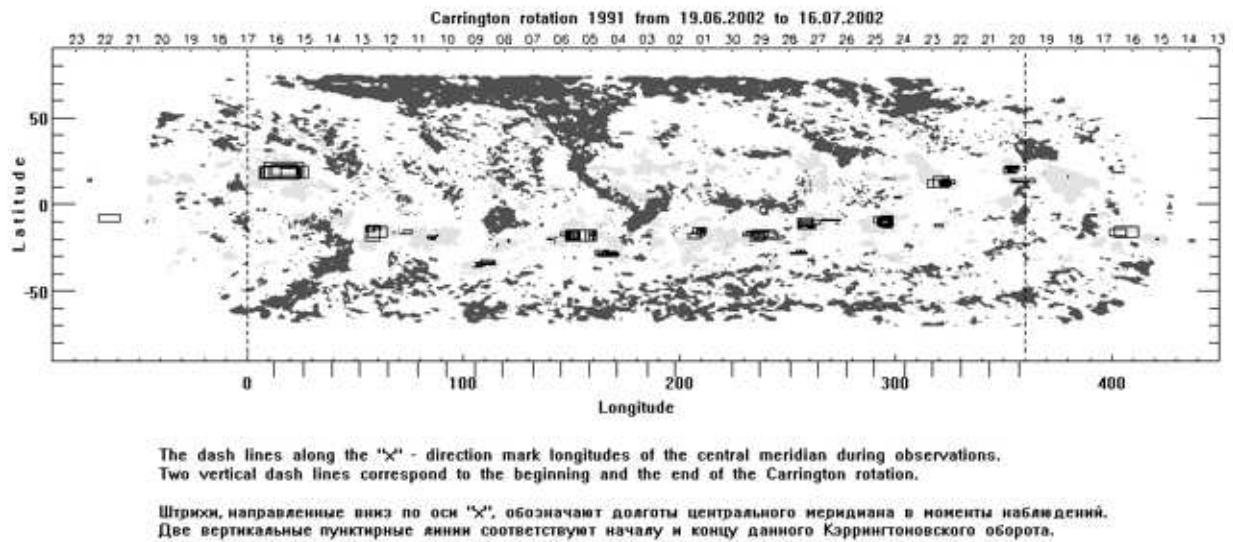


Рис. 2. Синоптическая карта НИИ "КрАО". Темные области соответствуют яркости в центре линии He I 1083 нм $I \leq 1.03I_n$, где I_n – нормированная яркость, равная единице

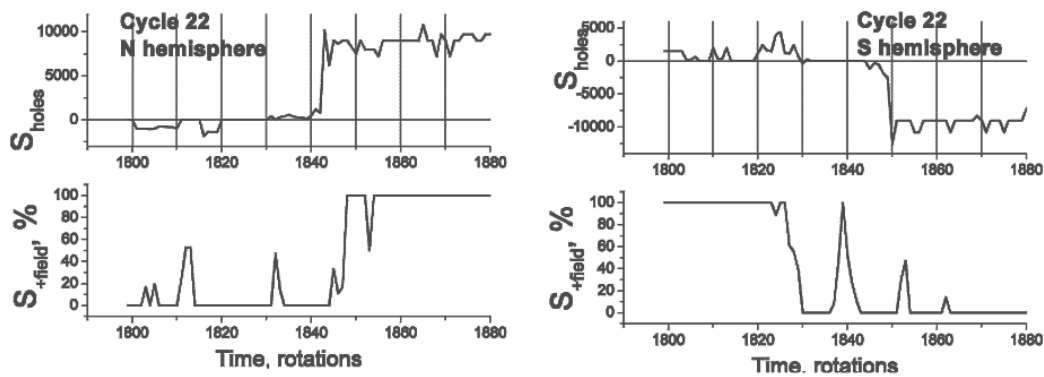


Рис. 3. Изменение площадей КД (верхние графики) и процента площади 10-градусной широтной зоны с центром 75° , занятой “+” магнитным полем (нижний график), для N- и S-полусфер при переполюсовке 22-го солнечного цикла

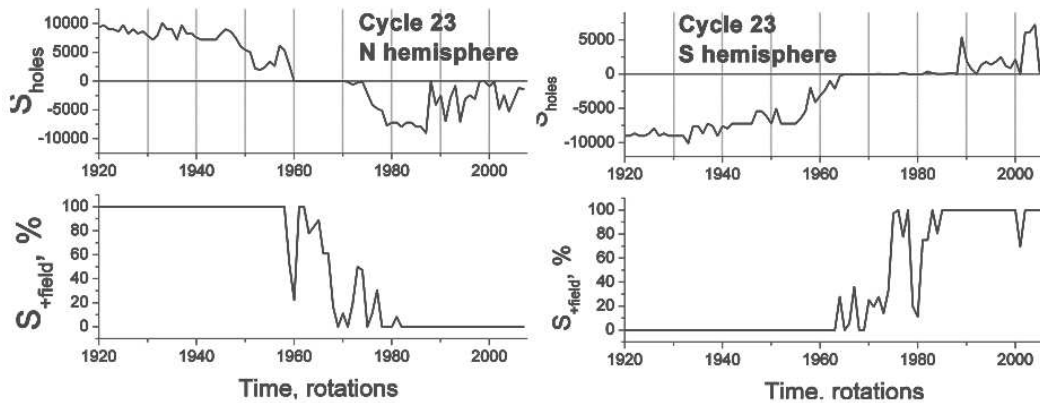


Рис. 4. То же, что и на рис. 3 для 23-го цикла

На всех синоптических картах были рассмотрены КД, расположенные выше 60 градусов широты в обеих полусферах. Все КД разделены на 2 типа: полярные КД, достигающие полюса, и те, которые не доходят до полюса. Назовем их спорадическими. Для всех них были определены широтные и долготные интервалы, в которых расположены КД и найдены суммы площадей всех КД в каждом обороте. Подсчет проводился отдельно для N- и S-полусфер.

Изменение со временем этих суммарных площадей КД представлено отдельно для каждой полусферы в эпохи максимумов 22 и 23 циклов (рис. 3 и рис. 4). В подсчет включены площади как полярных, так и спорадических КД. Знак площади характеризует знак магнитного поля в КД. В одной и той же временной шкале ниже этих рисунков даны изменения со временем доли площади 10-градусного широтного интервала с центром $\varphi = 75^\circ$ в каждой полусфере, занятого “+” полем. На них хорошо виден процесс переполюсовки полярных полей. Графики взяты из работы Ахтемова и др. (2013). Под переполюсовкой, как и в работе Ахтемова и др. (2013), мы понимаем процесс смены знака полярного поля. Более точно – изменение площади широтной зоны, занятой преимущественно “+” полем ($S_{+fields} \geq 80\%$) или “-” полем ($S_{+fields} \geq 20\%$), на преимущественное поле обратного знака.

На рис. 3 и рис. 4 видно, что во всех случаях во время переполюсовок, занимающих 30–40 оборотов Солнца, есть интервал времени, когда КД отсутствуют, $S_{holes} = 0$. Сроки и интервалы процессов

Таблица 1. Переполюсовки полярных полей на широте 75° и интервалы отсутствия полярных корональных дыр

Цикл, полусфера.	Начало переполюсовки, номер оборота	Длительность переполюсовки, число оборотов	Начало интервала без КД, номер оборота	Длительность интервала без КД, число оборотов
22, N	1810	45	1820	23
22, N	1825	30	1832	25
23, N	1960	20	1960	15
23, S	1963	22	1964	23

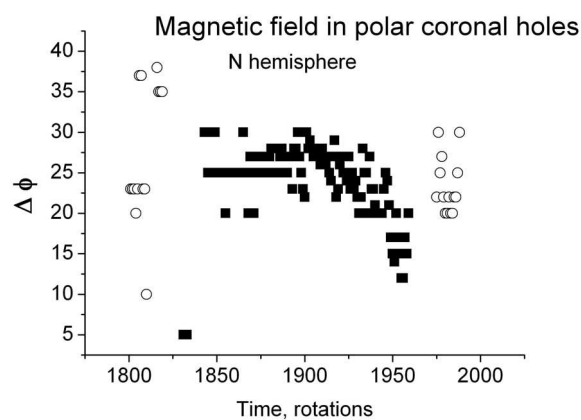


Рис. 5. Изменение широтных интервалов, занятых полярными КД в N-полусфере. Квадраты относятся к КД, имеющим знак магнитного поля “+”, полые кружки – КД с отрицательным магнитным полем

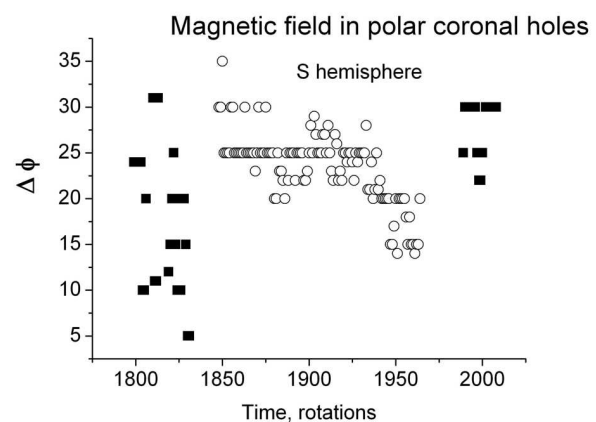


Рис. 6. Изменение широтных интервалов, занятых полярными КД в S-полусфере

переполюсовок и интервалов отсутствия КД представлены в табл. 1. Во втором и третьем столбцах приведены моменты начала и длительность переполюсовок для широт 75° северной и южной широт в 22 и 23 циклах. В четвертом и пятом столбцах приведены начало и длительность интервала без полярных КД. Время выражено в кэррингтоновских оборотах.

Из сопоставления данных таблицы видно, что интервалы отсутствия КД в 22 цикле начинаются позднее начала переполюсовки на 10 оборотов и заканчиваются одновременно с концом переполюсовки. В 23 цикле КД исчезают с началом переполюсовки и появляются на несколько оборотов позже конца переполюсовки. Знак поля в появляющихся после переполюсовки КД меняется на обратный.

Рассмотрим, как ведут себя низкоширотные границы полярных КД перед переполюсовками и после них. На рис. 5 и рис. 6 представлено изменение со временем широтных интервалов для полярных КД в N- и S-полусферах. Полярные КД, в которых магнитное поле имеет знак “+”, нанесены залитыми черным квадратами, КД с отрицательным магнитным полем нанесены полыми кружками.

На рис. 5 и рис. 6 четко видно, что после переполюсовки полярные поля сначала охватывают большую широтную зону. С приближением новой переполюсовки эта широтная зона становится все

уже, нижняя граница КД приближается к полюсу. Наступает интервал без КД. Спорадические КД появляются в конце периода без полярных КД. После смены знака полярного поля КД появляются в большом широтном интервале.

3 Заключение

Общим для переполусовок в циклах с 19 по 23 является наличие интервалов от 5 до 20 кэррингтоновских оборотов, в которых отсутствуют полярные КД. Связь этого интервала со временем изменения знака полярного поля меняется от цикла к циклу. Различия в длине интервалов и времени их наступления видны и у полюсов Солнца одного и того же цикла. Относительно циклов 19–21, когда магнитное поле определялось по H-альфа наблюдениям, нельзя с уверенностью говорить о процессе повторных кратковременных переполусовок, поскольку H-альфа наблюдения часто не фиксируют быстрые изменения магнитного поля.

Новым является результат о приближении низкоширотных границ КД к полюсу перед переполусовкой полярных полей.

Литература

- Ахтемов З.С. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2013. Т. 109. № 1. С. 173.
Вебб и др. (Webb D.F., Davis J.M., McIntosh P.S.) // Solar Phys. 1984. V. 102. P. 109.
Макинтош и др. (McIntosh P.S., Willock E.C., Tompson R.J.) // Report BAG 101 NGDC. 1991.
Степанян Н.Н. // Солнечный цикл (Сборник научных трудов). СПб. РАН. ФТИ им. А.Ф. Иоффе. 1993. С. 44.