АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ В МАКСИМУМАХ СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ

Крамынин А.П., Михалина Ф.А.

Уссурийская астрофизическая обсерватория ИПА РАН, Уссурийск, Россия

ACTIVE LONGITUDES AT THE MAXIMA OF SOLAR CYCLES

Kramynin A.P., Mikhailina F.A.

Ussuriisk astrophysical observatory IAA RAS, Ussuriisk, Russia

The dynamics of "active longitudes" over the years of cycle maxima is studied by decomposing the sunspot number series into natural orthogonal functions. It is found that 3 terms of the expansion are sufficient to describe 90% of the variations of the series under study. According to the first component of decomposition (contribution of 82%), 4 "active elements" are identified, the power of which is fully regulated by the secular cycle of solar activity.

The effect of switching the position of neighboring "active longitudes" by approximately 90° is revealed, which may be due to global fluctuations in the shape of the toroidal field. The drift of «active longitudes» in the southern hemisphere and its absence in the Northern hemisphere is established.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-173-176

Фундаментальным при изучении активных долгот является вопрос о том, насколько они устойчивы [1] и библиография к ней. Традиционным методом выделения активных долгот является построение диаграмм долготного распределения индексов солнечной активности в фиксированных долготных интервалах за большой промежуток времени не менее 5–6 лет. Часто вместо таких диаграмм строят так называемые солнечные календари, которые также основываются на синодическом периоде вращения Солнца вокруг своей оси 27,275 суток, который соответствует вращению Солнца на широте 14°. Иногда для выделения активных долгот вместо солнечных используют «бартельсовские» календари, в которых на основе данных о геомагнитной активности принят синодический период вращения Солнца 27 суток, соответствующий широте 8°. В последнее время также используется метод изолиний, в котором проводится усреднение двумерных карт распределения индексов солнечной активности, построенных в координатах широта-долгота в кэррингтоновской системе координат. Многочисленные исследования указывают не только на жесткое вращения активных долгот, но и наличие у них регулярного дрейфа, который может появиться, например, из-за отличия скорости вращения «активных долгот» от скорости вращения, используемой системы координат.

Известно, что угловая скорость вращения пятен на Солнце убывает с удалением от экватора. Поэтому группы пятен в кэррингтоновской системе

координат, расположенные выше широты 14° , за время их существования сдвигаются к востоку, а лежащие ближе к экватору – к западу. Учитывая, что «активные долготы» населены, прежде всего, мощными активными образованиями, которые чаще всего появляются в годы максимумов 11-летних циклов, то и активные долготы должны быть лучше выражены в годы максимумов. Кроме того известно, что жесткое (или почти жесткое) вращение, строго говоря, также характерно для эпохи максимума цикла. Учитывая также, что средняя широта образования солнечных пятен в максимумах циклов около 14° , где вращение Солнца близко к периоду вращения кэррингтоновской системы координат 27,275 суток. Из всего сказанного следует, что было бы интересно проследить динамику активных долгот именно по годам максимумов циклов.

Для исследования использовались данные наблюдений групп солнечных пятен следующих обсерваторий: Гринвич за 1874–1982 гг. www.ngdc.noaa.gov, Пулково за 1954–2018 гг. www.solarstation.ru и Уссурийской обсерватории за 1954–2018 гг. www.uafo.ru.

Данные были представлены в виде матрицы N_{ij} , строки которой показывали число групп солнечных пятен в j -том долготном интервале в i -тый год. Матрицы были сформированы как для всего исследуемого интервала 1874–2018 гг., так и только для годов максимумов циклов, отдельно для северного и южного полушарий Солнца.

Для того чтобы разделить влияние, возможно, разных независимых факторов, влияющих на распределение числа групп солнечных пятен по долготе и оценить вклад каждого фактора в общие вариации исследуемого параметра, использовался метод разложения матрица N_{ij} на естественные ортогональные функции (Е.О.Ф.) [2] в виде:

$$N_{ij} = \sum T_{ki} L_{kj},$$

где N_{ij} – число групп солнечных пятен в i -тый год в j -том долготном интервале. L_{kj} – k -тая координатная функция, которая описывает, в нашем случае, усредненные особенности годового распределение числа групп солнечных пятен по долготе под воздействием k -того фактора. T_{ki} – сопряженная с L_{kj} временная функция, которая описывает изменение амплитуды этого усредненного k -того годового долготного распределения со временем. Т.е. соответствующая временная функция несет всю информацию об изменениях во времени числа групп солнечных пятен в j -том долготном интервале под действием k -того фактора. В данной работе приведены результаты исследования динамики «активных долгот» по годам максимумов 11-летних циклов.

Разложение матрицы N_{ij} , для годов максимумов циклов, на Е.О.Ф. быстро сходится. Достаточно 3-х членов разложения, чтобы описать 90% вариаций ряда. Причем вклад первого компонента разложения $\sim 82\%$. Сравнение первой координатной функции рис. 1 с соответствующим

усредненными долготными распределениями, полученными методом наложенных эпох, показывают их подобие (коэффициент корреляции 0,96 для северного и 0,97 южного полушарий Солнца). Что касается временных функций, то они с высокой степенью подобны изменению суммарного числа солнечных пятен в годы максимумов (коэффициент корреляции 0,99) ход, которых описывает вековые колебания солнечной активности.

Рис. 1. Первая координатная функция для северного полушария

Рис. 2. Динамика «активных долгот» в южном полушарии

На рис. 1 видим, что в северном полушарии хорошо выделяются 4 «активных долготы». В южном полушарии наблюдается несколько иная картина. Чтобы это понять, рассмотрим не усредненные долготные распределения, а проследим динамику изменения годовых долготных распределений от одного максимума к другому. На рис. 2 видим, что размазанный вид усредненного по всем годам долготного распределения пятен в южном полушарии связан с наличием дрейфа «активных долгот».

На рис. 2 также хорошо видно наличие 4-х «активных долгот».

2-ая координатной функция (вклад 4,8%) и ее временная функции – знакопеременны (см. рис. 3), что приводит время от времени перескоку

положения наблюдаемой пары «активных долгот», примерно, на 90° . Подобное поведение «активных долгот» можно связать с глобальными колебаниями формы тороидального поля Солнца. Также можно предположить, что одномоментно на Солнце наблюдаются 2 «активных долготы», а 4 – это результат усреднения за большой промежуток времени.

Рис. 3. 2-я координатная слева и соответствующая ей временная функция

Итак, установлено, что ряды разложения довольно быстро сходятся. Достаточно 3-х членов разложения, чтобы описать 90% вариаций исследуемых рядов. Причем вклад первого компонента разложения более $\sim 82\%$. По первому компоненту разложения выявляется наличие 4-х «активных долгот». При этом вид первой координатной функции подобен долготному распределению, полученному методом наложенных эпох, а связанные с ними временные функции полностью определяется вековым циклом солнечной активности.

По второму компоненту разложения выявляется эффект переключения положения соседних «активных долгот», который, возможно, связан с глобальными колебаниями формы тороидального поля.

Выявлен дрейф активных долгот в южном полушарии, связанный с отличием скорости их вращения от вращения кэррингтоновской системы координат. В северном полушарии скорость вращения совпадает с кэррингтоновской.

Литература

1. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятно-образовательной деятельности Солнца. – М.: Наука, 1986.
2. Вертлиб А.Б., Копецкий М., Куклин Г.В. Опыт применения разложения по естественным ортогональным функциям некоторых индексов активности // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца: Иркутск, Вып. 2, С. 194-209. 1971.