

ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ, МАРКИРУЮЩИХ АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ В МИНИМУМЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ МЕЖДУ ЦИКЛАМИ 24/25

Костюченко И.Г.¹, Вернова Е.С.²

¹Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова,
Москва, Россия

²Санкт-Петербургский Филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

THE STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE ACTIVE REGIONS FORMING THE ACTIVE LONGITUDE DURING THE SOLAR ACTIVITY MINIMUM BETWEEN THE SOLAR CYCLES 24/25

Kostyuchenko I.G.¹, Vernova E.S.²

¹Karpov Institute of Physical Chemistry, Moscow, Russia

²IZMIRAN, St.-Petersburg Filial, St. Petersburg, Russia

The active longitudes phenomenon is discussed in the recent several decades, but is still not understood. It was shown previously [1–2], that during the solar activity minima the majority of large sunspot groups and the strongest local magnetic fluxes are concentrated in the relatively narrow band of the Carrington longitudes. A relatively small number of sunspots on the rest of the solar disk makes it possible to reliably identify sunspot groups that can be assigned to active longitude and to study their statistical characteristics. We analyzed the sunspot areas data from Dr. Lisa Upton u Dr. David Hathaway database and data represented by the WSO synoptic maps for the last solar activity minimum (2017–2020 yy). We found that during this period the rotational velocity of the active longitude band exceeded the Carrington velocity by about 0.33 deg /day. Sunspot groups which were observed on the active longitude were concentrated mainly inside 6°–14° of latitude and 54% of groups had area more than 100Msh. The rotational velocity of 85% of these sunspot groups was lower than the found rotational velocity of the possible source of the active longitude but in average sunspot groups associated with the active longitudes rotated faster than sunspot groups outside of the active longitudinal band.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-165-168

Введение

Вопрос о существовании активных долгот (АД) является дискуссионным, а природа этого феномена остается не понятна. Ранее было показано [1–2], что в фазе минимумов солнечной активности (СА) наиболее крупные и долгоживущие группы солнечных пятен (активные области, АО) наблюдаются преимущественно в относительно узких интервалах Кэррингтоновских долгот. Такие долготные интервалы можно интерпретировать как активные долготы. Относительно небольшое количество АО на солнечном диске в течение минимумов СА позволяет достаточно надежно выделить группы пятен, которые могут быть отнесены к активной долготе, и проверить, отличаются ли их статистические характеристики от средних

для групп пятен в минимумах СА. Для анализа был выбран последний, наиболее слабый и продолжительный минимум СА между циклами 24–25. Используются данные о координатах и площадях солнечных пятен из каталога <http://solarcyclescience.com/activeregions.html>, а также значения магнитных потоков, полученные из магнитографических синоптических карт обсерватории Вилкокса (<http://wso.stanford.edu>). Исследовалось распределение групп пятен по площади, по широте и по скорости вращения.

Результаты и обсуждение

Из эволюции долготного распределения групп солнечных пятен в минимуме СА между циклами (рис. 1а) видно, что наиболее крупные активные области появляются преимущественно в относительно узкой полосе Кэррингтоновских долгот.

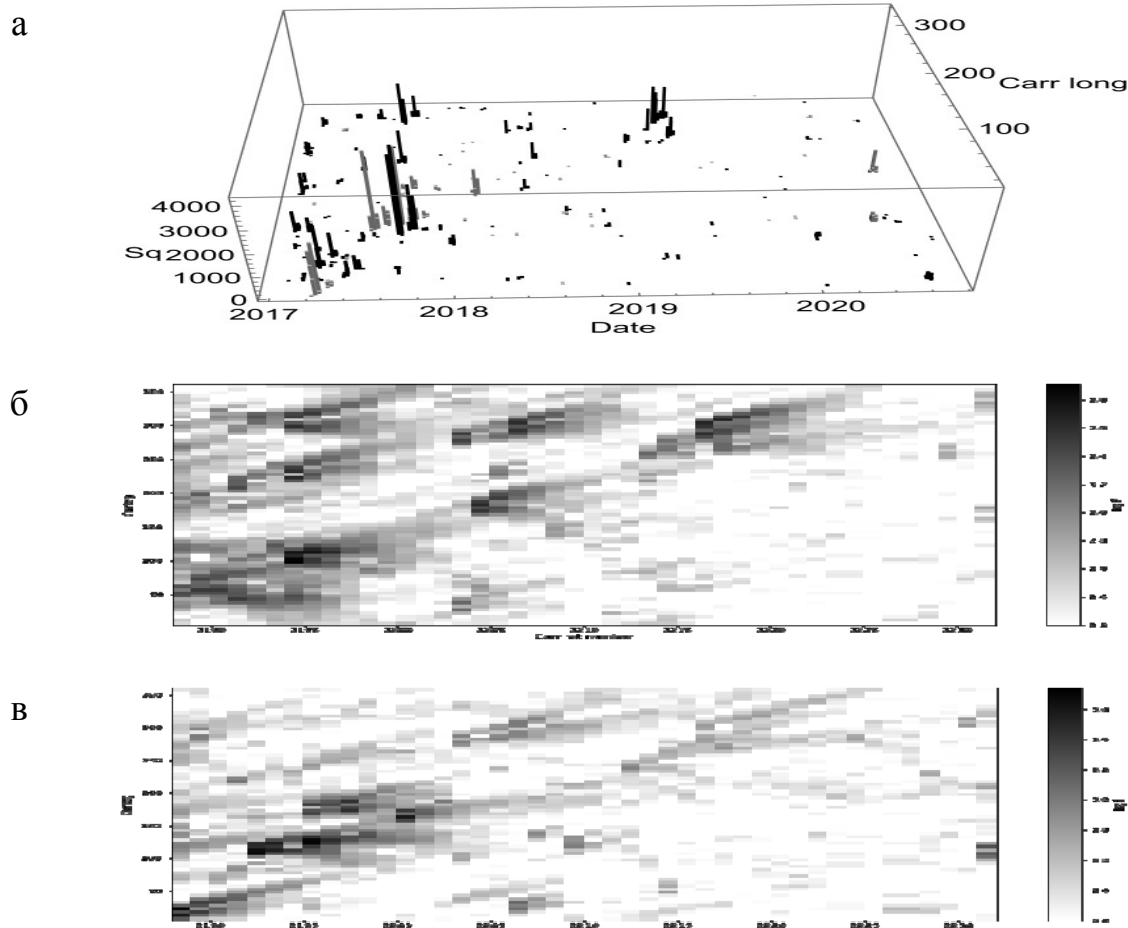


Рис. 1. а – долготно-временное распределение групп пятен в северном (черный) и южном (серый) полушариях, 2017.2 – 2020.5 г. По оси Z – значения площади групп пятен, суммированные за 3 дня; б–в – Последовательность магнитографических синоптических карт обсерватории Вилкокса в северном (б) и южном (в) полушариях за тот же период; каждая точка на карте – логарифм абсолютного значения интегрального магнитного потока в полосе 5° по долготе и 45° по широте в черно-белой шкале от 150 до 4000 μT ; ось X – время в номерах Кэррингтоновских оборотов, ось Y – Кэррингтоновская долгота.

Положение этой полосы в Кэррингтоновской системе координат постепенно смещается со временем, как это было отмечено ранее в случае предыдущих минимумов СА [1–2]. На магнитографических синоптических картах обсерватории Вилкокса (рис. 1б-в) этой полосе долгот соответствуют наиболее высокие значения магнитного потока. Эти наблюдательные факты подтверждают существование феномена активных долгот (АД).

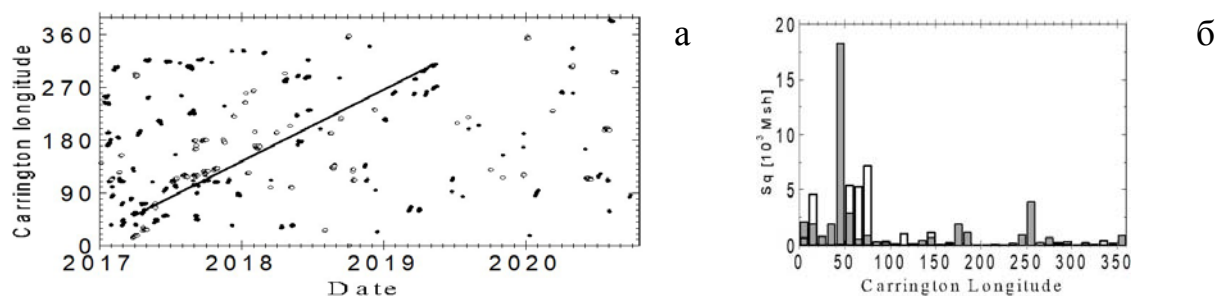


Рис. 2. а – долготно-временное распределение групп солнечных пятен и линейная интер-поляция зависимости Кэррингтоновский долготы наиболее крупных групп пятен на АД от времени; б – гистограмма распределения по Кэррингтоновской долготы суммарных за 2017–2020 г. площадей пятен в северном (серые) и южном (белые) колонки полушариях.

Скорость вращения их возможного долгоживущего источника определялась с помощью линейной интерполяции изменения со временем Кэррингтоновской долготы наиболее крупных (с площадью > 300 Msh) групп пятен за период 2017.2–2020 годы (рис. 2а). Полученное смещение $123.3^\circ/\text{год}$ или $0.335^\circ/\text{день}$ соответствует скорости вращения предполагаемого источника АД 26.6 дней. При построении гистограммы распределения суммарной за указанный период площади пятен по долготы (рис. 2б) фиксировалась Кэррингтоновская долгота групп пятен на момент $T_0 = 2017.2$, а для более поздних дат учитывалась найденная скорость смещения. Эта гистограмма позволила определить ширину полосы АД в северном и южном полушариях и выделить все группы пятен, наблюдавшихся в этой полосе в течение указанного периода времени. Результаты анализа групп пятен, наблюдавшихся в полосе АД и на солнечном диске вне АД, представлены на рисунках 3–4.

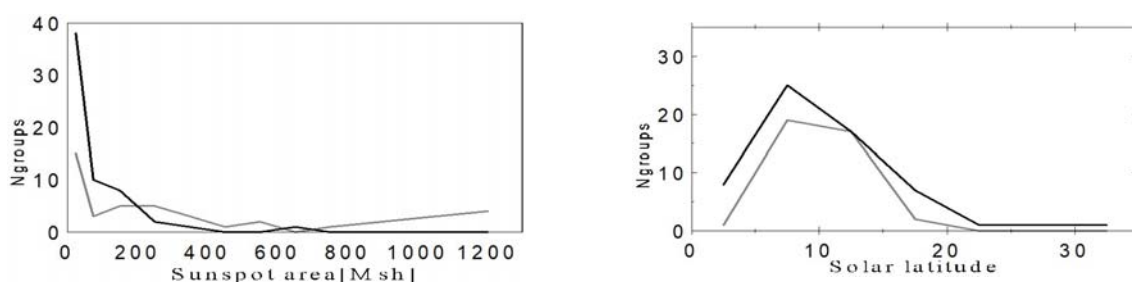


Рис. 3. Левая панель – распределение по размерам групп пятен в полосе АД (серая линия) и вне АД (черная); правая панель – распределение групп пятен по широте (соответствие цвета линий то же).

В зоне АД наблюдаются преимущественно крупные группы пятен, доля мелких групп существенно ниже (46%), чем в среднем на солнечном диске вне АД (80%) за один и тот же период времени.

Преимущественная широта появления групп пятен в полосе активных долгот более локализована в интервале широт 6° – 14° , чем в остальной части солнечного диска за тот же период времени; в отличие от всего диска, в области АД не наблюдается пятен в 5° зоне вокруг экватора. Следует отметить, что в интервале широт 6° – 14° в зоне АД группы наблюдались в течение всего рассмотренного периода, и при этом смещение во времени Кэррингтоновской долготы появления групп пятен, находящихся одновременно на разных широтах, происходит синхронно.

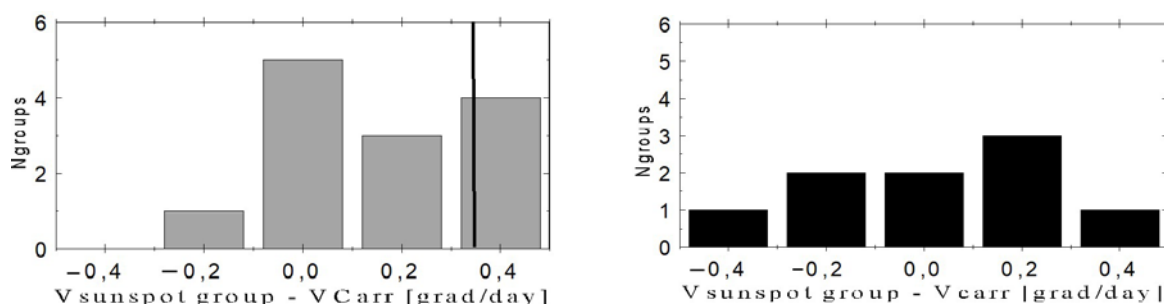


Рис. 4. Гистограммы распределения разности между скоростью вращения индивидуальных групп пятен и Кэррингтоновской для групп пятен, наблюдаемых в северном полушарии в полосе АД (левая панель) и на солнечном диске вне АД (правая панель). Рассматривались только группы, наблюдавшиеся не менее 8 дней. Вертикальная черта показывает скорость вращения предполагаемого источника АД.

Из гистограмм (рис. 4) следует, что группы пятен на АД вращаются в среднем быстрее, чем вне АД (только у 7% групп на АД скорость ниже Кэррингтоновской, вне АД таких групп 34%). Возможно, это связано с эпизодическим поступлением нового магнитного потока от источника АД. При этом важно отметить, что 85% групп пятен на АД вращаются медленнее, чем их предполагаемый источник. Это позволяет предположить, что источник АД расположен ниже области основания пятен и не связан с ними напрямую. Однако, небольшое количество использованных для построения этих гистограмм данных и существенные ошибки в определении скорости вращения крупных групп пятен делают полученный результат статистически ненадежным, поэтому в данном случае можно говорить только о тенденциях.

Литература

1. Benevolenskaya, E.E., Kostyuchenko, I.G. Active Longitudes in Minima of Solar Activity // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, Vol. 54, No. 8, pp. 1–7.
2. Kostyuchenko, I.G., Benevolenskaya, E.E. The Features of Longitudinal Distribution of Solar Spots during the Last 13 Solar Activity Minima // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015, Vol. 55, No. 8, pp. 1039–1044.