ДОЛГОТНАЯ АСИММЕТРИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ПРАВИЛО ГНЕВЫШЕВА-ОЛЯ

Вернова Е.С.¹, Тясто М.И.¹, Баранов Д.Г.²

¹*Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия*

LONGITUDINAL ASYMMETRY OF SOLAR ACTIVITY AND THE GNEVYSHEV-OHL RULE

Vernova E.S.¹, Tyasto M.I.¹, Baranov D.G.²

¹*IZMIRAN, St. Petersburg Filial, St. Petersburg, Russia*

²*A.F. Ioffe Physical-Technical Institute, St. Petersburg, Russia*

We study the non-axisymmetric features of the sunspot distribution (Greenwich-USAF/NOAA, 1874–2016) using the method of vector summing. The vector of the longitudinal asymmetry (LA) is calculated for each Carrington rotation; its modulus characterizes the magnitude of the asymmetry, while its phase points to the active longitude. These characteristics are to a large extent free from the influence of a stochastic component and emphasize the deviations from the axisymmetry. For the sunspot area, the modulus of the vector of the longitudinal asymmetry changes with the 11-year period; however, in contrast to the solar activity, the amplitudes of the asymmetry cycles obey a special scheme. Each pair of cycles from 12 to 23 follows in turn the Gnevyshev-Ohl rule (an even solar cycle is lower than the following odd cycle) or the Gnevyshev-Ohl anti-rule (an odd solar cycle is lower than the preceding even cycle). This effect is observed in the longitudinal asymmetry of the whole disk and South hemisphere. Possibly, this effect is a manifestation of the 44-year structure in the activity of the Sun. North hemisphere follows the Gnevyshev–Ohl rule in Solar Cycles 12–17, while in Cycles 18–23 the anti - rule is observed.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-99-102

Правило Гневывшева-Оля (Г-О) является важной закономерностью изменения солнечной активности (СА), проявления которой широко обсуждаются [1–3]. Одна из формулировок правила Г-О заключается в том, что в паре четный-нечетный циклы нечетный цикл всегда выше предыдущего четного. Следует подчеркнуть, что правило Г-О для площади солнечных пятен как для диска, так и для двух полушарий: выполняется в циклах 12–21 и нарушается в 22–23 цикле.

В данной работе рассмотрено проявление правила Г-О в неосесимметричной компоненте СА. В качестве характеристики неосесимметричной компоненты рассматривалась асимметрия распределения солнечных пятен по долготе. Каждому солнечному пятну ставился в соответствие полярный вектор с модулем, равным площади солнечного пятна и с фазовым углом, равным кэррингтоновской долготе пятна [4]. Сумма векторов всех пятен за каждый оборот определяла вектор долготной асимметрии (LA), модуль которого соответствовал величине асимметрии, а фаза указы-

вала на активную долготу. Группа пятен, живущая несколько дней, учитывается в векторе LA несколько раз. Таким образом, большие долгоживущие группы дают основной вклад в LA. Кроме того, векторное суммирование ослабляет влияние равномерно распределенных по долготе пятен и

Рис. 1. Модуль вектора долготной асимметрии для диска (а), южного полушария (б) и северного полушария (с). Отрезки прямых соединяют четный и следующий за ним нечетный цикл, подчеркивая чередование циклов с разными высотами.

позволяет выделить неосесимметричную компоненту СА. В неосесимметричной компоненте СА правило Г-О проявляется особым образом. На рис. 1 приведены величины модуля LA для диска (а), S-полушария (б) и N-полушария (с). Долготная асимметрия изменяется с 11-летним циклом, но значения асимметрии в 3–4 раза меньше, чем в площади пятен. Это происходит потому, что при векторном суммировании уменьшается вклад от пятен равномерно распределенных по долготе. В площади пятен самым

высоким был 19 цикл, напротив, в долготной асимметрии наиболее высокий цикл 18-й (для диска и S-полушария).

Различие в высотах циклов площади пятен и долготной асимметрии приводит к изменению правила Г-О для вектора долготной асимметрии. Для диска и S-полушария только первая пара из каждых 4 циклов следует правилу Г-О, следующая пара следует анти-правилу Г-О, т.е. нечетный цикл будет ниже предыдущего четного. Такая закономерность сохраняется в течение 12 циклов (12–23 циклы). Этот эффект можно рассматривать как проявление 44-летнего цикла СА. Изменения индексов СА с периодом 44 года были отмечены в работах [5, 6]. В N-полушарии для модуля LA наблюдается более сложная картина: выполнение правила Г-О для первых трех пар циклов и выполнения анти-правила Г-О для следующих трех пар циклов.

Рис. 2. (а,с) – Максимальные значения долготной асимметрии в 12–24 циклах. Жирными стрелками показаны пары циклов, для которых выполняется правило Г-О, а тонкими стрелками – случаи анти-правила. (b,d) – Зависимость интеграла долготной асимметрии от номера цикла.

На рис. 2 для диска (а) и S-полушария (с) приведены максимальные величины долготной асимметрии для разных циклов. Видно чередование правила Г-О и анти-правила для диска и S-полушария. Интересной особенностью является почти полное совпадение зависимостей для диска и

S-полушария, для которых самым высоким циклом долготной асимметрии был 18 цикл, а вторым по величине – 22 цикл.

Рис. 3. Те же характеристики долготной асимметрии, что и на рис. 2а-2д, для северного полушария (максимум (а) и интеграл (б) долготной асимметрии).

Другим параметром СА, следующим правилу Г-О, является интеграл долготной асимметрии, определенный за время одного цикла. Интеграл, вычисленный для диска (рис. 2б) и S-полушария (рис. 2д), так же как максимум асимметрии (рис. 2а,с), показывает чередование правила и анти-правила Г-О (исключение – диск, 14–15 циклы). В целом все 4 зависимости рис. 2 хорошо коррелируют друг с другом. Отчетливо прослеживается 44-летняя цикличность долготной асимметрии.

Максимальные значения и интеграл долготной асимметрии для N-полушария (рис. 3) резко отличаются от диска и S- полушария. Высокие значения асимметрии были в 6 последовательных циклах с 17 цикла по 22 цикл, причем самое высокое значение асимметрии было в 22 цикле. Интеграл долготной асимметрии N-полушария следует правилу Г-О с 12 по 21 цикл, также как площадь солнечных пятен, причем самым высоким циклом является 19 цикл.

Основной вывод: в долготной асимметрии распределения пятен для диска и S-полушария из каждой четверки циклов (от 12 до 23) только первая пара соблюдала правило Г-О, а следующая пара подчинялась «анти-правилу», т.е. четный цикл был выше нечетного. Возможно, это - проявление 44-летнего цикла СА.

Литература

1. Nagovitsyn Yu.A., Osipova A.A. // *Geomagnetism and Aeronomy*, 58, 1103, 2018.
2. Ogurtsov M.G. // *Geomagnetism and Aeronomy*, 52, 977, 2012.
3. Javaraiah J. // *Astrophys Space Sci.* 361, 208, 2016.
4. Vernova E.S., Mursula K., Tyasto M.I., Baranov D.G. // *Solar Phys.*, 205, 371, 2002.
5. Javaraiah J. // *New Astronomy*, 34, 54, 2015.
6. Efimenko V.M., Lozitsky V.G. // *Advances in Space Research*, 61, 2820, 2018.