



Асимметрия север-юг в цикле солнечной активности

Е.С. Аникина

Научный руководитель: С.А. Язев



Аннотация

Актуальность. Теория магнитного поля Солнца не предсказывает асимметрии север-юг в ней. Однако если она наблюдается, значит существующая теория несостоятельна. Первый шаг к объяснению новых эффектов - их изучение.

Цели. Изучить асимметрию север-юг 23 (частично) и 24 циклов солнечной активности в количестве пятен и широте их появления.

Методы. Сравнение зависимостей от времени количества пятен и широт их образования для южного и северного полушарий. Подсчет коэффициентов асимметрии, анализ их поведения во времени. Анализ взаимной корреляции коэффициентов асимметрии в количестве пятен и в широтах.

Результаты. Мы проанализировали данные о количестве пятен и широтах их образования в период 23 и 24 солнечных циклов с мая 1996 года по апрель 2018 года. Мы обнаружили наличие асимметрий и их связь, описали их поведение.

1. Задача

Согласно классической теории, цикл активности должен быть вполне симметричен относительно экватора. Однако на практике наблюдаются значительные различия между развитием цикла в северном и южном полушариях. Этот эффект можно описать с помощью коэффициента асимметрии ([1]) - величины, характеризующей разность какого-либо параметра на севере и на юге. В данной работе была поставлена задача исследовать асимметрию пятенной активности Солнца для 23 (частично) и 24 циклов. Конкретнее, проанализировать асимметрию по двум параметрам: количеству и широте появляющихся пятен, с помощью коэффициента асимметрии, и поискать корреляции между асимметриями.

2. Асимметрия в количестве пятен

По числам Вольфа были взяты данные из всемирного центра данных Silso ([2]). Для каждого месяца был посчитан коэффициент асимметрии ([1]): $k = (Sn(N) - Sn(S))/Sn$, где $Sn(N)$ - число Вольфа на севере, $Sn(S)$ - на юге, Sn - полное. Таким образом, положительные значения коэффициента говорят о преобладании северного полушария, отрицательные - южного. Далее для каждого цикла мы построили графики $T \mapsto Sn(N)$ и $T \mapsto Sn(S)$ (на одних осях, приписав южным пятнам отрицательные значения для наглядности сравнения; T - время), $T \mapsto k$.

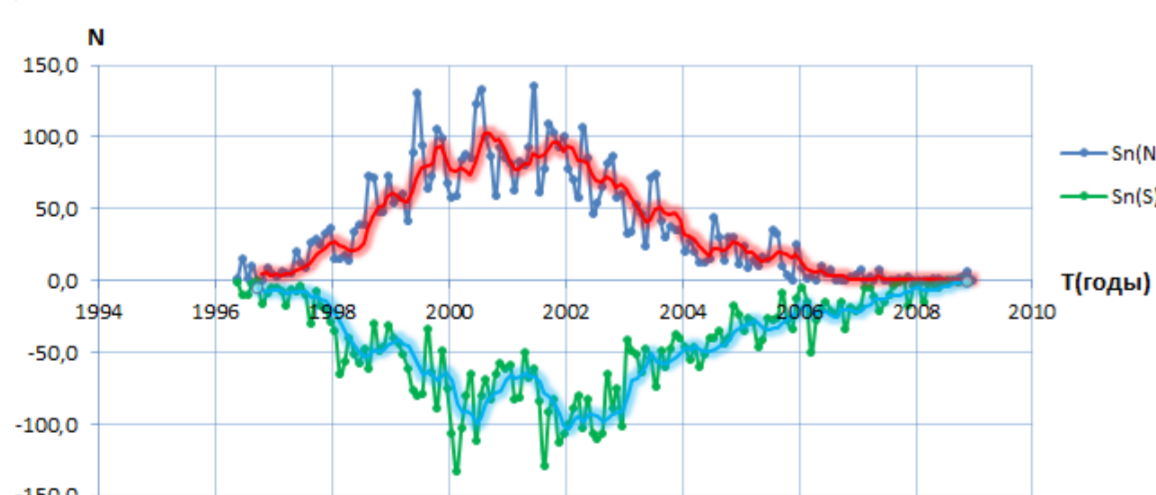


Рис. 1: $T \mapsto Sn(N)$ и $T \mapsto Sn(S)$. Красным цветом обозначена линия тренда для $Sn(N)$, голубым - $Sn(S)$. 23 цикл.

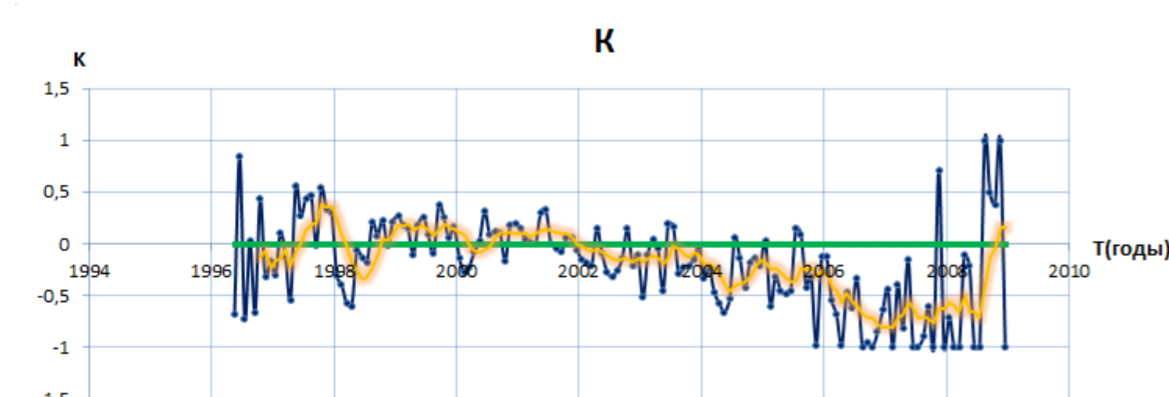


Рис. 1: Коэффициент асимметрии в числах Вольфа. Желтым цветом обозначена линия тренда. 23 цикл.

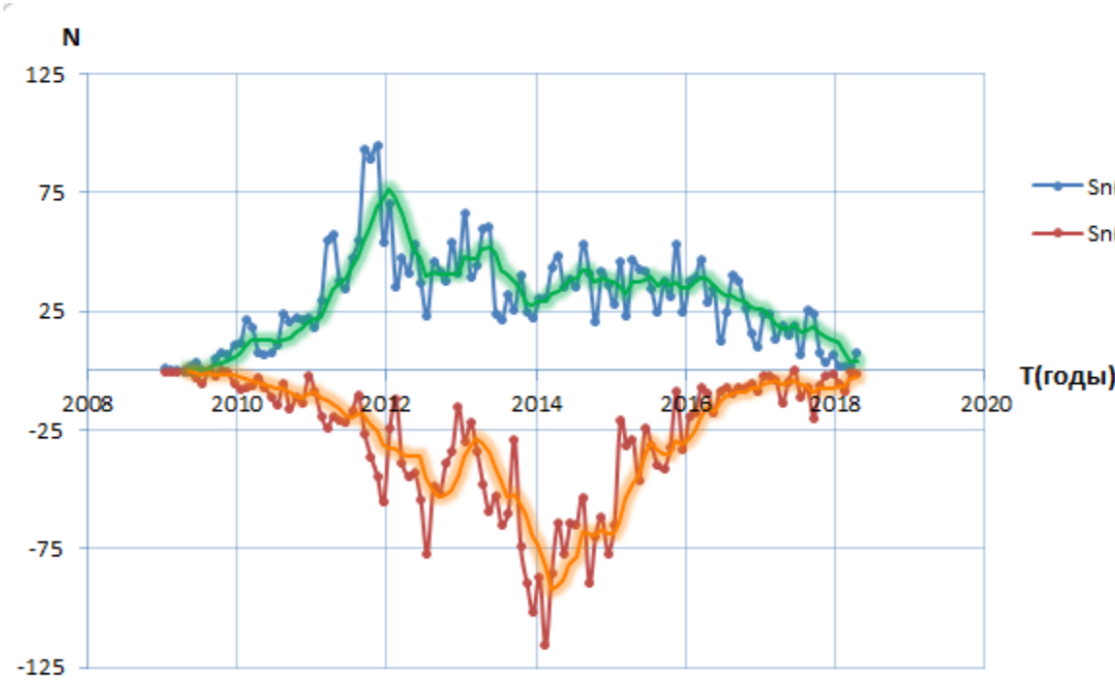


Рис. 2: $T \mapsto Sn(N)$ и $T \mapsto Sn(S)$. Зелёным цветом обозначена линия тренда для $Sn(N)$, оранжевым - $Sn(S)$. 24 цикл.

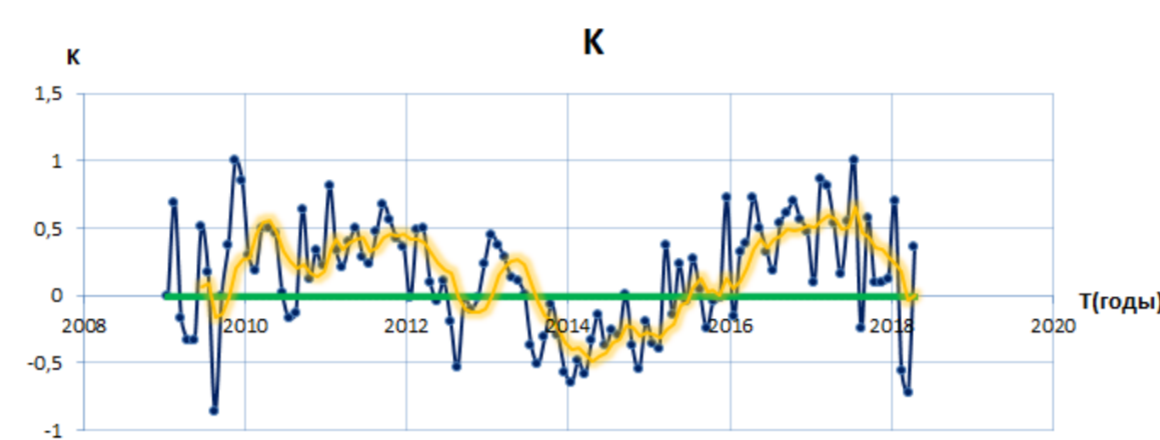


Рис. 2: Коэффициент асимметрии в числах Вольфа. Желтым цветом обозначена линия тренда. 24 цикл.

3. 24 цикл. Асимметрия в широте пятен

Далее мы поработали с данными Горной астрономической станции Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН ([3]) по гелиографическим координатам широты (в первый день возникновения) для групп пятен 24 цикла. Мы посчитали среднее значение широты и среднеквадратическую ошибку этого значения для каждого года с 2009 по 2018 отдельно для северного и южного полушария. Далее мы посчитали аналогичный коэффициент асимметрии для широт: $k(L) = (L(N) - L(S))/L$, где $L(N)$ - средняя широта на севере, $L(S)$ - на юге, L - общая. В итоге снова были получены и описаны графики.

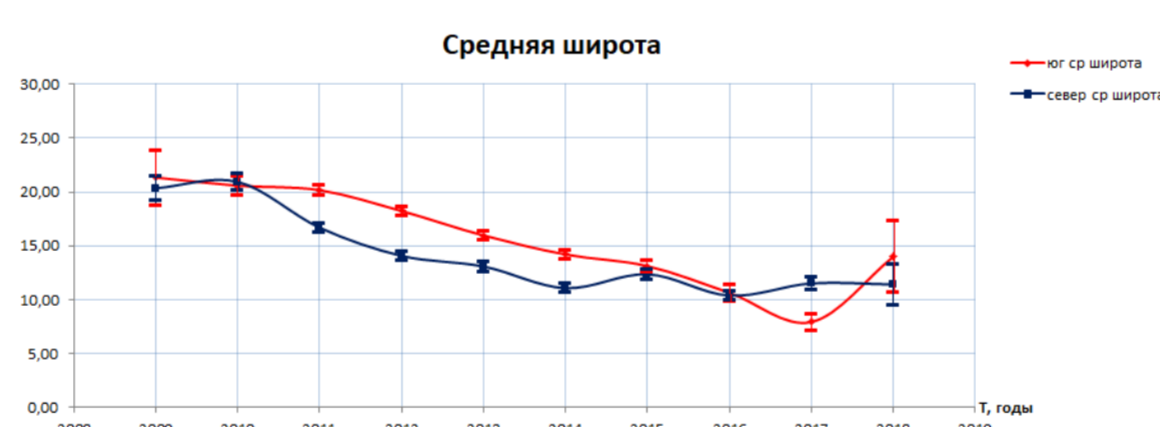


Рис. 3: Средняя широта групп пятен. Синим цветом обозначена $L(N)$, красным - $L(S)$. 24 цикл.



Рис. 3: Коэффициент асимметрии для широт. 24 цикл.

4. 24 цикл. Сопоставление асимметрий

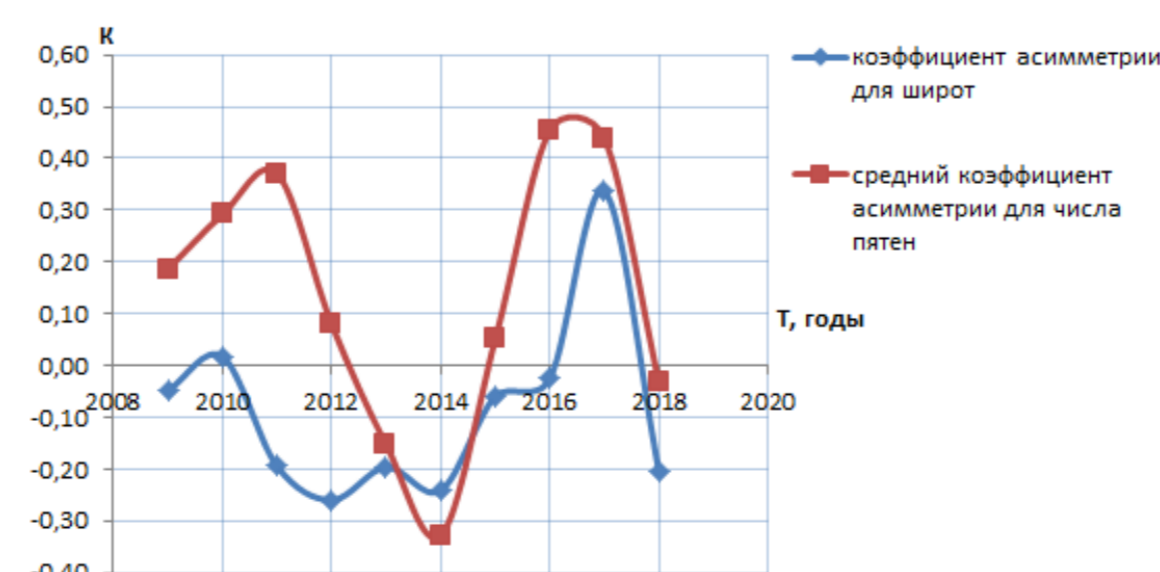


Рис. 4: Сопоставление графиков двух коэффициентов асимметрии. 24 цикл.

У нас есть два параметра: широтный коэффициент асимметрии и среднегодовой коэффициент асимметрии чисел Вольфа. Интересно узнать, коррелируют ли они между собой. Взгляд на их графики даёт понять, что это возможно.

По формуле $r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$ мы рассчитали корреляцию Пирсона для двух k : она оказалась равна 0,65. Это показывает, что между асимметриями вероятна линейная зависимость.

5. Обсуждение и результаты

1) Асимметрия пятенной активности в 23 и 24 циклах есть, и она различна. В начале 23 цикла она только набирала силу и была не очень значительной. К концу этого цикла всё «расшаталось», как и перешло в 24 цикл, который с самого начала оказался сильно асимметричен относительно экватора. Причём асимметрия 24 цикла периодична: преобладание севера сменяется преобладанием юга. Выглядит так, будто первый период этой кривой начался ещё там, в 23 цикле.

2) Средняя широта пятнообразования 24 цикла так же асимметрична. Значительную часть цикла преобладает юг, уступая северу лишь 2 года цикла. Кроме того, широты пятен плохо подчиняются закону Шпёрера, что особенно заметно у южных групп.

3) Удалось связать асимметрию по числам Вольфа и асимметрию по широте: их корреляция значительна и поведение во времени похоже. Ранее была описана корреляция между коэффициентом асимметрии для чисел Вольфа и амплитуд 11-летних циклов ([4]): она отрицательна, то есть увеличение асимметрии сопутствует уменьшению амплитуды. То же самое было показано в работе О.Г.Бадалян ([5]) на больших временных масштабах.

Возможные объяснения северо-южной асимметрии:

1. Влияние квадрупольной составляющей магнитного поля, несимметричной относительно экватора ([4],[6]).
2. Флуктуации параметров динамо-механизма генерации магнитного поля Солнца ([7]).

Список литературы

- [1] Витинский, 1973
- [2] <http://www.sidc.be/silso/infosnmhem>
- [3] http://158.250.29.123:8000/web/Soln_Dann/
- [4] С.В. Латышев, С.В. Олемской 2016
- [5] О.Г.Бадалян и др. 2009
- [6] Обридко et al.
- [7] L. L. Kitchatinov and A. A. Nepomnyashchikh 2018

Благодарности

Благодарю Сергея Арктуровича Язева за работу со мной, ответы на мои вопросы, обучение мастерству написания научных статей и мудрые советы!

Благодарю Игоря Булыгина за идею освоить ЛАТЭХ и конструктивную критику!

Благодарю Анну Арчибасову за веру в меня и дизайн постера!

Благодарю Марию Владимировну Богданову за опыт работы и помощь в поиске научного руководителя!

Благодарю Анастасию Граужанину за активное стимулирование моей деятельности!

Благодарю фонд "Траектория" за возможность работы со всеми этими замечательными людьми в таких прекрасных условиях!