

ИСТОЧНИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА КАК ЗВЕЗДЫ

Ю.В. Стрижак, Д.И. Понявин

Санкт-Петербургский Государственный Университет, 7/9 Университетская набережная,
г. Санкт-Петербург, 199034
e-mails: triciya0@mail.ru, dponyavin@mail.ru.

Аннотация. Магнитное поле Солнца, наблюдаемое с Земли, вращается вместе с Солнцем и меняется в течение 11-летнего цикла. Оно определяет межпланетное магнитное поле солнечного ветра, а также оказывает влияние на магнитосферу Земли. Природа магнитных вариаций на Солнце остается малоизученной до сих пор. В последнее время появились новейшие данные с высоким пространственным и временным разрешением, получаемые на космических обсерваториях, что позволяет приблизиться к решению задачи определения источников этих вариаций.

В нашей работе использовались данные HMI SDO (*Helioseismic and Magnetic Imager - instrument from the Solar Dynamics Observatory* запущенный 11 февраля, 2010 года), как основной источник информации, и, для сравнения, данные наземной обсерватории WSO (*Wilcox Solar Observatory*). Были проведены исследования полей разного масштаба, определяющих общее поле Солнца, и найдена наиболее весомая составляющая - поле средних значений. Также были оценены вклады от каждого полушария Солнца.

Введение

В 1968 году академик А. Северный проводил измерения усредненного по всему диску Солнца магнитного поля и обнаружил, что оно ведет себя как квадрупольный магнитный ротор. Тогда же он предпринял попытку связать это явление с потоком магнитного поля от солнечных пятен, но обнаружил лишь незначительную антикорреляцию [1]. Природа вариаций общего магнитного поля Солнца (ОМП), видимого как звезда, не выяснена до сих пор, в частности из-за отсутствия данных высокого разрешения. Однако инструменты для наблюдения магнитного поля Солнца стремительно развиваются, и в настоящей работе представлено исследование на основе современных данных с целью определения источников такого поведения магнитного поля звезды.

Для работы использовалась база данных *Solar Dynamic Observatory* (SDO) [2], космической обсерватории с прибором *Helioseismic and Magnetic Imager* (HMI) [3] на борту, запущенной NASA в феврале 2010 года. Аппарат делает снимки Солнца с разрешением 4096 на 4096 пикселей каждые 12 секунд. Данные обрабатывались в программе *Matlab*. Исследуемый промежуток составляет 5 лет.

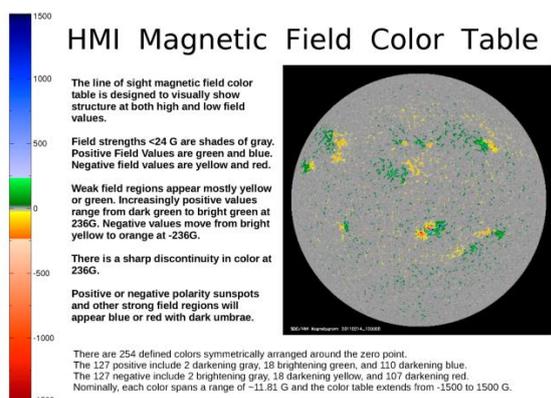


Рисунок 1. Цветовая шкала магнитограмм. Красный и синий цвета - сильные поля, желтый и зеленый - поля средних значений, серый цвет - слабые поля.

Результаты

В процессе анализа магнитограмм SDO магнитные поля были поделены на 3 составляющих, согласно шкале, предложенной SDO (рис. 1): слабые поля ($< |24| \text{ Гс}$), средние поля ($|24| \text{ Гс} < \dots < |236| \text{ Гс}$) и сильные поля ($> |236| \text{ Гс}$). Первый этап исследования был направлен на определение преобладающего по величине вклада в общее магнитное поле Солнца. Ниже представлен график, отображающий значения ОМП (зеленая линия) и вкладов от компонент (компонента сильного поля – красная линия, среднего – синяя линия, слабого – желтая линия) (рис. 2). Большую часть времени все вклады коррелируют с общим магнитным полем Солнца, однако в некоторые промежутки времени составляющие имеют отличный от него знак, а значит, несмотря на большую величину, являются противовесом остальным компонентам в создании ОМП. Даже качественно на графиках видно, что наибольший по величине вклад в ОМП Солнца имеют поля

средних значений. Также на графиках можно наблюдать области, где вклады от полей средних и сильных значений сравнимы по величине, но противоположны по знаку.

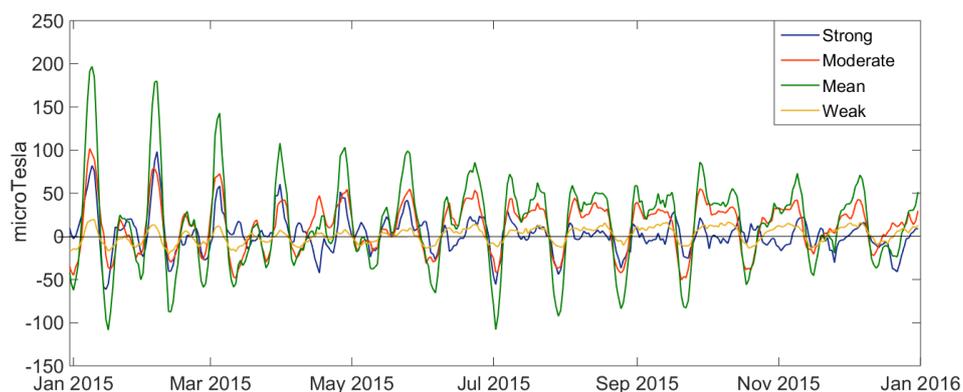


Рисунок 2. Значения общего магнитного поля Солнца и вкладов от его составляющих. Зеленая линия - ОМП Солнца, синяя линия - сильные магнитные поля, красная линия - поля средних значений, желтая линия - слабые поля.

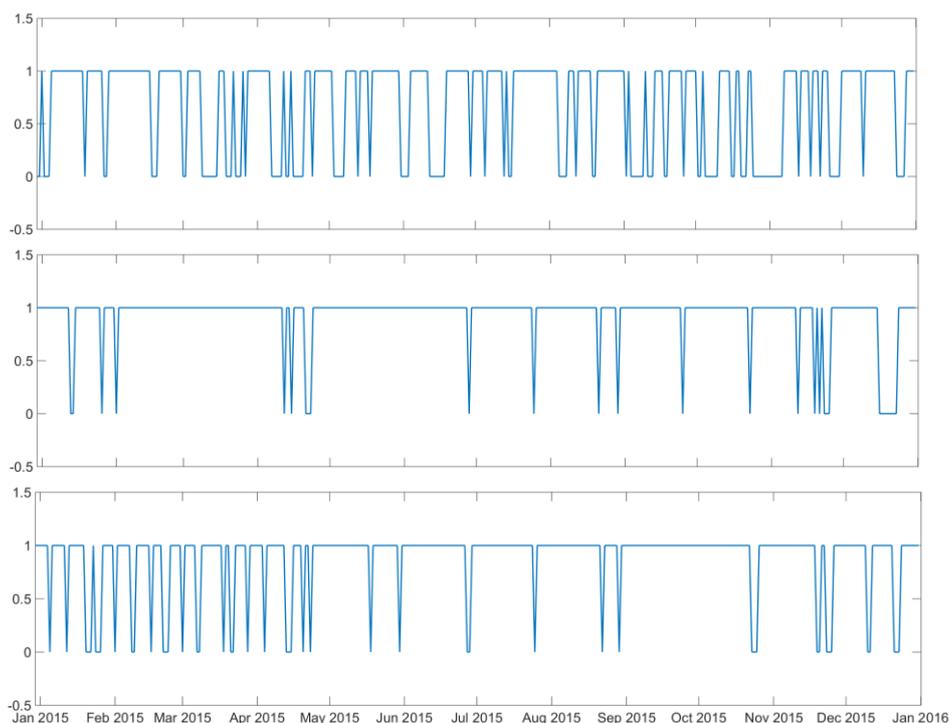


Рисунок 3. Сопоставление знаков общего магнитного поля Солнца и компонент сильного, среднего и слабого полей сверху вниз соответственно. 2015 год.

Второй этап исследований заключался в проверке корреляции знаков ОМП Солнца и каждой его составляющей. Графики данных корреляций приводятся ниже (рис. 3): единицей обозначено совпадение знаков ОМП Солнца и какой-либо компоненты, а нулем – различие. Анализ графиков показал, что у каждой компоненты имеются промежутки времени, когда ее знак отличается от знака ОМП, однако меньше всего таких промежутков наблюдается у компоненты поля средних значений. Чуть больше несовпадений знака с ОМП у слабых полей, и наибольшее количество их у сильных полей. Исходя из этого, на знак общего магнитного поля сильнее остальных влияет компонента поля средних значений, и последующий анализ был направлен на локализацию источников полей данного диапазона. Для этого рассматривались вклады в компоненту поля средних значений от южного и северного полушарий Солнца в отдельности (рис. 4). На графике заметно, что величины вкладов от полушарий преобладают друг над другом не одинаково, и картина постоянно изменяется. В основном преобладание поочередное, без явных закономерностей. Кроме того, данный анализ был проведен с помощью ковриков Бартельса (рис. 5, 6), на которых по оси X отложен 27-дневный промежуток, именуемый оборотом Бартельса, а по оси Y - количество таких оборотов. Показателем величины поля в данном анализе является цвет. На ковриках для южного и северного полушария заметны области больших отрицательных или положительных значений поля, их положение не

совпадает при сравнении ковриков двух полушарий между собой. Таким образом, каждое полушарие поочередно вносит определенный вклад в общую картину, без какого-либо преобладания.

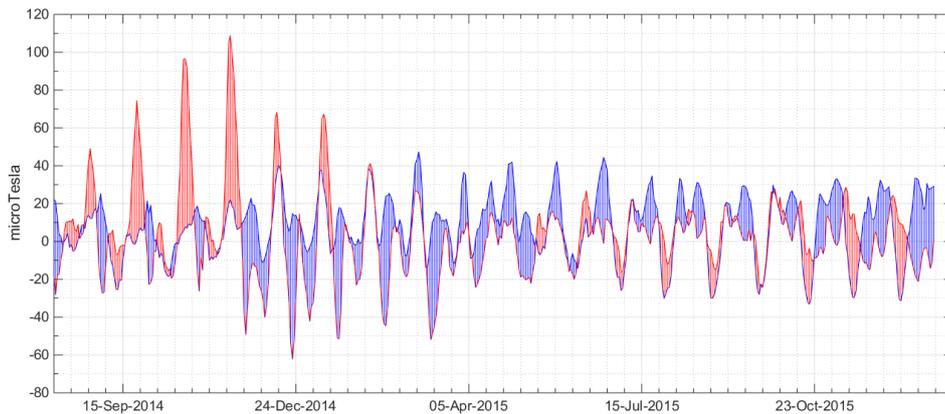


Рисунок 4. Сравнение вкладов от северного и южного полушарий в компоненту поля средних значений. Преобладание вклада от южного полушария обозначено заштрихованной красной областью, преобладание вклада от северного - синей заштрихованной областью.

Рисунок 5. Коврик Бартельса, изображающий компоненту поля средних значений от обоих полушарий.

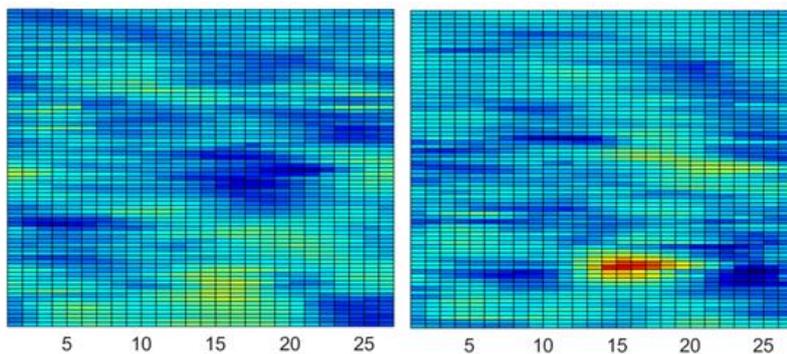
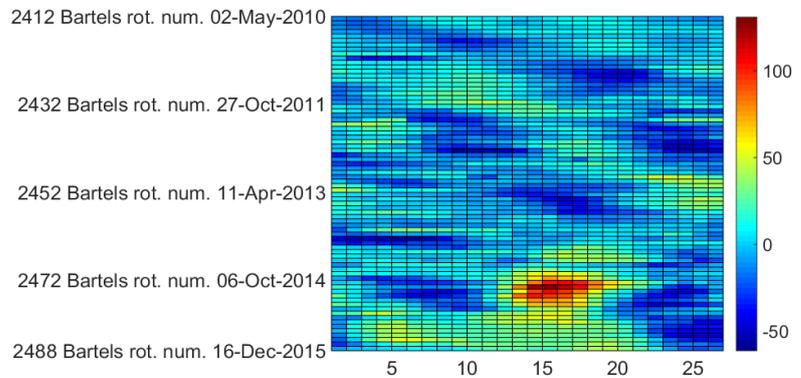


Рисунок 6. Коврики Бартельса, изображающий вклад в компоненту среднего поля от северного (левый коврик) и южного (правый коврик) полушария.

Выводы

В настоящей работе исследовалось влияние полей разных значений на общее магнитное поле Солнца. Было определено, что знак компоненты поля средних величин чаще совпадает со знаком общего магнитного поля. Рассматривалось местонахождение источников данной компоненты.

Выяснилось, что за исследуемый период времени источники не имели определенной локализации в каком-либо из полушарий Солнца, и вклад в магнитный поток всего диска попеременно вносят северное и южное полушарие.

Список литературы

1. Severny A. (1969) Nature, 224, 53
2. Solar Dynamic Observatory (SDO), <http://sdo.gsfc.nasa.gov>
3. Helioseismic and Magnetic Imager (HMI), <http://hmi.stanford.edu>