

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВЕДУЩЕМ И ХВОСТОВОМ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТНАХ**

**Живанович И., Соловьев А.А.**

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия*

## **DISTRIBUTION OF MAGNETIC FIELD IN BIPOLAR SUNSPOT GROUPS**

**Zhivanovich I., Solov'ev A.A.**

*Central Astronomical observatory of RAS at Pulkovo, St. Petersburg, Russia*

*For the theoretical modeling of a sunspot we are to know the distribution of magnetic field over its umbra. In this work we built up the magnetic profiles of sunspots in bipolar groups. Obtained distributions are non-symmetric in contrast with the distribution obtained earlier for unipolar solitary sunspots. This asymmetry reflects the real geometric asymmetry of the magnetic arch connecting the spots in the bipolar group.*

**DOI: 10.31725/0552-5829-2019-173-176**

### **1. Введение**

Исследование распределения магнитного поля в солнечных пятнах является важным аспектом их изучения. В [1] нами был получен радиальный профиль вертикальной компоненты магнитного поля в тени одиночного солнечного пятна. В этом случае, в распределении магнитного поля в тени пятна получилась, как и ожидалось, симметричная картина. Сохранится ли эта симметрия распределения магнитного поля в биполярной группе пятен? Подобные исследования с применением вектор-магнитограмм аппарата SOLIS были проведены в работах [2, 3] и были выявлены отклонения от симметричного распределения.

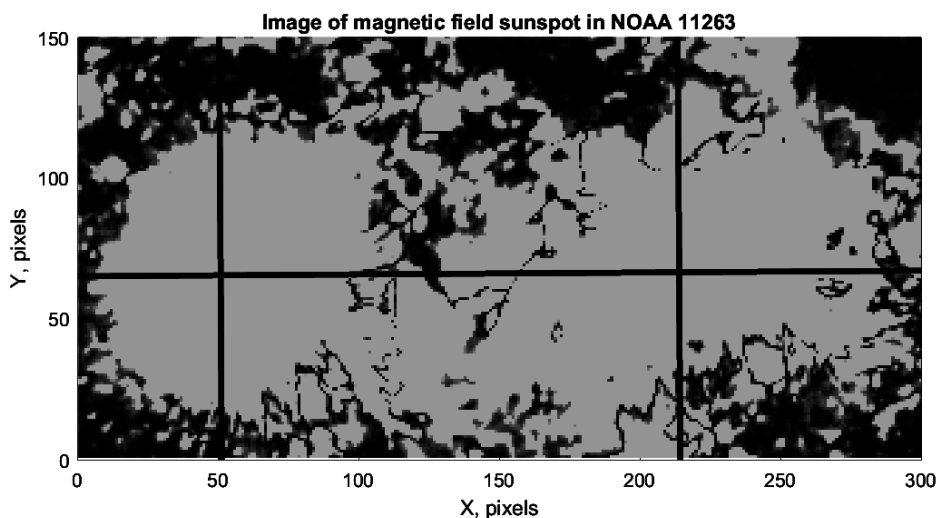
В данной работе мы исследовали углы наклона радиального распределения вертикальной компоненты магнитного поля в ведущем и замыкающем солнечных пятнах по данным космического аппарата SDO [4].

### **2. Используемые данные**

Мы использовали данные космической обсерватории SDO, инструмента HMI. Они имеют высокое пространственное разрешение в 1 угловую секунду, что дает возможность выявить достаточно тонкие эффекты в радиальном распределении напряженности магнитного поля в тени солнечного пятна. Это, в частности, позволяет поострить углы наклона магнитного поля по выделенному направлению.

### **3. Построение радиального распределения напряженности вертикальной компоненты магнитного поля в биполярной группе пятен**

Для получения распределения вертикальной компоненты использовались магнитограммы. Для определения границы между тенью и полутенью брались интенситограммы SDO/AIA. Для построения распределения напряженности магнитного поля в тени солнечного пятна можно использовать усредненные профили, построенные по изолиниям напряженности магнитного поля. Но в случае с исследованием асимметрии наклонов такого распределения в биполярной группе необходимо уделять внимание выделенному направлению, вдоль которого нужно получать профили. Это выделенное направление проходит через магнитные центры солнечных пятен в биполярной группе. Пример такого пятна с выделенной линией, соединяющей магнитные центры двух пятен в биполярной группе, представлен на Рис. 1. *Магнитограмма с биполярной группой. На рисунке представлена линия, которая проходит через центры обоих пятен. Она является сечением для построения распределения напряженности магнитного поля. По этой выделенной линии строились профили с радиальным распределением напряженности вертикальной компоненты магнитного поля, для которых и находились углы наклона.*



**Рис. 1.** Магнитограмма с биполярной группой. На рисунке представлена линия, которая проходит через центры обоих пятен. Она является сечением для построения распределения напряженности магнитного поля.

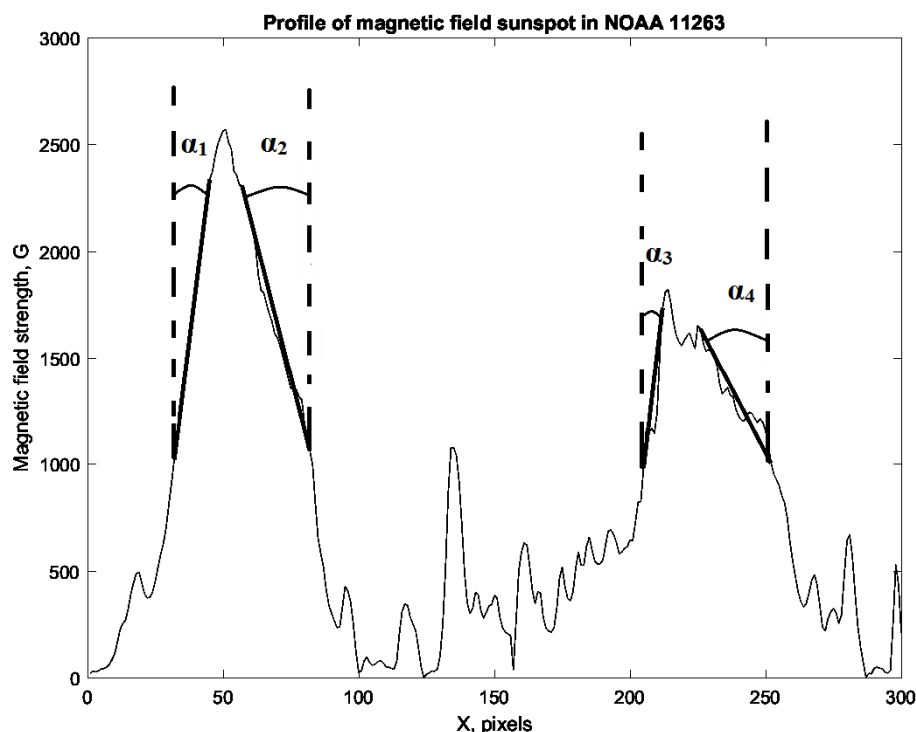
Вдоль выделенного направления, соединяющего магнитные центры солнечных пятен, были построены профили радиального распределения вертикальной компоненты магнитного поля для 7 биполярных групп. Пример такого распределения магнитного поля для биполярной группы в активной области NOAA 11263 представлен на Рис. 2. *Радиальное распределение вертикальной компоненты магнитного поля в биполярной группе вдоль сечения, соединяющего магнитные центры солнечных пятен. Отчетливо видны компоненты двух*

солнечных пятен исследуемой биполярной группы. Толстыми линиями отмечены углы, которые определялись и считались углами наклона профиля соответственно (углы считались от вертикали).

Небольшое количество отобранных для данной задачи биполярных групп объясняется влиянием нескольких факторов.

Во-первых, необходимо отсутствие областей с высоким магнитным полем помимо двух пятен в биполярной группе. Если вокруг пятен наблюдается множество небольших магнитных областей, то они будут давать искажения в исследуемый профиль напряженности магнитного поля.

Во-вторых, космический аппарат SDO начал свою работу и стал давать данные хорошего качества только с 2010 года, что пришлось на эпоху минимума солнечной активности. Вследствие этого общее количество наблюдаемых активных областей вообще невелико.



**Рис. 2.** Радиальное распределение вертикальной компоненты магнитного поля в биполярной группе вдоль сечения, соединяющего магнитные центры солнечных пятен. Отчетливо видны компоненты двух солнечных пятен исследуемой биполярной группы. Толстыми линиями отмечены углы, которые определялись и считались углами наклона профиля соответственно (углы считались от вертикали).

Для всех 7 биполярных групп были построены профили, аналогичные представленному на Рис. 2. В таблице 1, где даны результаты, перечислены углы наклона профиля, соответствующие углам, подписанным на рис. 2.

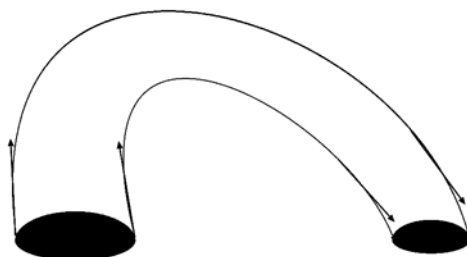
#### 4. Результаты

Полученные углы наклона профилей вертикальной компоненты магнитного поля представлены в таблице, где в первом столбце идет номер

активной области, в следующих столбцах – углы наклона профилей, в порядке слева направо относительно сечения, проходящего через магнитные центры пятен в биполярной группе. Слева идет ведущее солнечное пятно, справа ведомое. Таким образом, 2 и 3 столбец соответствуют внешнему и внутреннему углам наклона профиля ведущего пятна, 4 и 5 столбцы – аналогично для ведомого пятна.

**Таблица.**

NOAA	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
11195	7.1°	4.2°	3.5°	8.8°
11263	7.1°	14.2°	6.5°	27.6°
11416	7.7°	9.3°	3.3°	6.5°
11504	7.3°	5.6°	3.3°	5.2°
11670	8.1°	5.5°	4.3°	12.3°
11793	7.4°	3.9°	3.6°	5.4°
12241	4.7°	5.9°	1.8°	4.2°
Средние значения углов	7.1°	7°	3.8°	10°



**Рис. 3.** Схематичное представление магнитной аркады в биполярной группе пятен.

Как видно из рис. 2, который дает достаточно типичную картину, в полученных углах видна явная асимметрия, в отличие от симметричной ситуации с одиночными пятнами [1]. Следует отметить, что почти для всех исследованных биполярных групп выполняются следующие соотношения полученных углов:  $\alpha_1 > \alpha_2$  для ведущего пятна и  $\alpha_3 < \alpha_4$  для ведомого пятна. Такие соотношения свидетельствуют об асимметричной форме магнитной аркады, соединяющей пятна в такой биполярной группе (рис. 3).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 18-32-00555, 18-02-00168 и Программы КП 19-270.

#### Литература

1. I. Zhivanovich, A.A. Solov'ev, et al. // A&SS, 2016, т. 361, 6 pp.
2. I.S. Zagainova, V.G. Fainshtein u V.N. Obridko // arXiv:1511.07229v1, 32 pp., 2015.
3. Ю.С. Загайнова, В.Г. Файнштейн, Г.В. Руденко и В.Н. Обридко // АЖ, 2015, т. 92, pp. 180-189.
4. J. Schou, P.H. Scherrer, R.I. Bush et al. // Solar Physics, т. 275, pp. 229-259.