

РАДИАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН В РЕКУРРЕНТНЫХ ГРУППАХ

Живанович И., Осипова А.А., Стрекалова П.В., Иванов В.Г.

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

INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD VARIATIONS ON THE LONG TIME SCALES

Zhivanovich I., Osipova A.A., Strekalova P.V., Ivanov V.G.

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

Recurrent sunspot groups are observed during two or more solar rotations and are an important phenomenon in the active regions' evolution study. In this work, we obtained the radial profiles of the vertical component of the magnetic field strength according to the SDO spacecraft data. To obtain the profiles, averaging between the magnetic field strength isolines gradually moving away from the spot's magnetic center to the umbra-penumbra boundary was used. When considering profiles for one sunspot at different moments of its evolution (meaning different crossings of the central meridian), there is a change in the profile of the magnetic field strength. This effect can be explained by the sunspot evolution, which can be used in modeling of the sunspots, including their emerging, development, and dissipation.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-165-168

Введение

Рекуррентные группы солнечных пятен – это группы, наблюдающиеся в течение двух и более оборотов Солнца. Они являются агентами стабильной компоненты магнитного поля активного Солнца. Исследования рекуррентных групп затруднены, так как во время наблюдений группам присваивается индивидуальный номер во время каждого оборота, и рекуррентность не отслеживается. Космические наблюдения дают возможность исследовать более тонкие пространственные структуры в солнечных пятнах благодаря высокому пространственному разрешению. В данной работе использованы данные космического аппарата SDO, имеющие разрешение 1'' [2]. Рассматривая рекуррентные группы солнечных пятен, необходимо отметить возможность исследовать эволюционные изменения в солнечных пятнах. Пространственное распределение магнитного поля в активных областях играет важную роль в их моделировании [3]. Однако для рекуррентных групп пятен таких исследований не проводилось, что делает данную тему актуальной для дальнейших исследований.

1. Данные

В работе использован ряд рекуррентных групп солнечных пятен, созданный Ивановым В.Г. [1] за 1956-2017 гг. Однако данные SDO считаются хорошо откалиброванными и достоверными только начиная с 2010 года,

что оставляет 21 рекуррентную группу за 2010-2017 гг., каждая из которых наблюдалась от 2 до 3 оборотов. Для каждого прохождения группы через центральный меридиан были отобраны группы с хорошо выраженной бимодальной структурой для получения распределения напряженности вертикальной компоненты магнитного поля в тени солнечных пятен в зависимости от радиуса тени пятна. Далее по полученным усредненным распределениям напряженности можно проследить эволюционные изменения распределения. По профилю, построенному по выделенной линии, соединяющей магнитные центры пятен в бимодальной структуре, можно получить углы наклона такого распределения, несущие информацию о наклоне магнитной аркады, которая является причиной появления бимодальной структуры. Далее для выбранных групп отбирается интенсивограмма для визуальной оценки структуры тень-полутень, и магнитограмма для анализа структуры магнитного поля в группе и пятнах.

2. Эволюционные изменения профиля вертикальной напряжённости магнитного поля

Для исследования было отобрано 2 рекуррентные группы с хорошо выраженной бимодальной структурой, наблюдавшиеся в течение двух оборотов – всего 4 наблюдения:

- 1) NOAA 12218 (30 ноября 2014) и NOAA 12246 (28 декабря 2014);
- 2) NOAA 12241 (19 декабря 2014) и NOAA 12261 (15 января 2015).

Далее для каждой группы были выбраны главные пятна – обладающие наибольшим значением вертикальной напряжённости магнитного поля H .

Для построения усреднённых профилей магнитного поля в тени пятна и исследования их эволюции использовалась интенсивограмма, на которую накладывались изолинии напряженности магнитного поля, и считалось среднее значение поля (площадь делится на общий поток для каждого промежутка между изолиниями) и среднее расстояние этой области от центра пятна.

На рисунке 1 четко видно, что в первое прохождение группы через центральный меридиан (левые панели) профиль был «колоколообразным», что соответствует фазе его стабильного существования [4]. Во второе прохождение (правые панели) можно наблюдать начало фазы распада – наблюдается эффект «сжатия» профиля магнитного поля по вертикальному направлению. Это обуславливается эволюцией солнечного пятна, спадом магнитного поля и изменением вкладов компонент магнитного поля для двухкомпонентной модели распределения магнитного поля в тени пятна [4].

3. Построение профиля вертикальной компоненты напряжённости магнитного поля рекуррентной группы с бимодальной структурой

Хорошая бимодальная структура для ведущего и хвостового пятен наблюдается только у NOAA 12241 (19 декабря 2014). На изображение

группы накладывалось сечение, по которому строились профили. Оно выбиралось как линия, проходящая через точки с экстремальным значением напряженности магнитного поля в тени пятна.

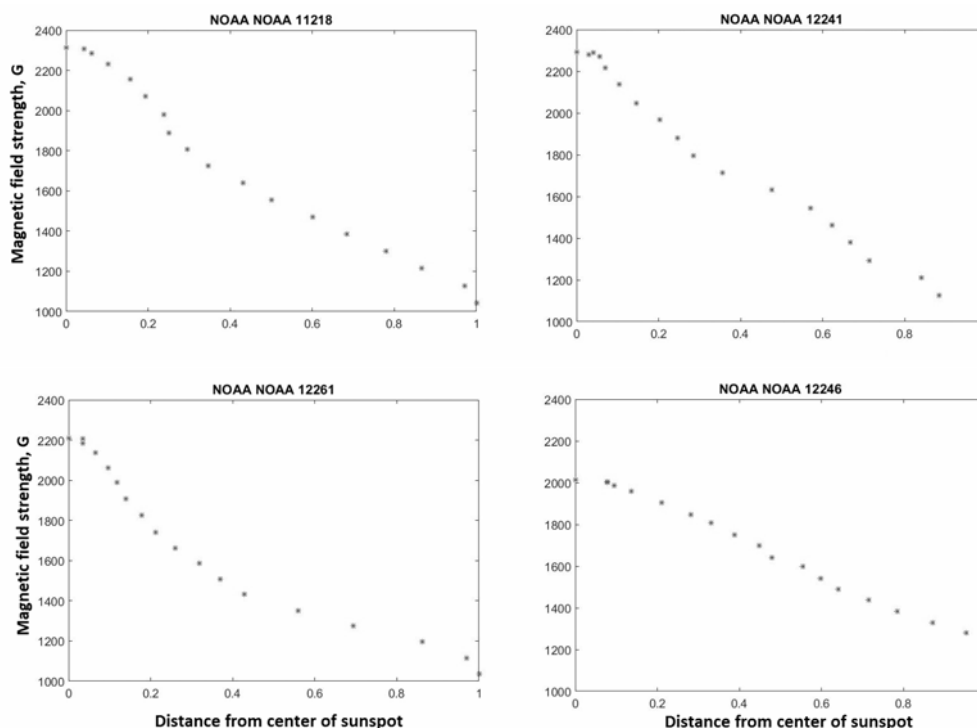


Рис. 1. Профили вертикального магнитного поля для тени главных пятен рекуррентных групп солнечных пятен. По оси у даны значения поля в Гауссах, по оси x – расстояние от центра в относительных единицах, где 1 – это граница тени пятна, 0 – центр пятна.

На рисунке 2 построены профили вертикальной напряжённости магнитного поля рекуррентной группы по двум сечениям – для обоих пятен. На «ветвях» профилей двух пятен отмечены линии, для которых определялся угол наклона. Этот угол считаем углом наклона соответствующих ветвей профиля напряженности вертикальной компоненты магнитного поля для солнечного пятна. Следует отметить асимметрию углов наклона «ветвей» распределения магнитного поля для одного пятна, в отличие от симметрии для одиночного пятна [4], что обусловлено наличием магнитной аркады, формирующей бимодальную структуру. Также для ведомого пятна внутренний угол больше внешнего, что дает возможность предположить, что наклон магнитной аркады в ведомом пятне направлен в сторону от ведущего пятна.

4. Результаты и выводы

Для рекуррентных групп с хорошо выраженной бимодальной структурой в момент вблизи прохождения центрального меридиана построены усреднённые радиальные профили вертикальной компоненты магнитного

поля H . Радиальные профили H испытывают эффект «сжатия» по вертикальному направлению, что обуславливается эволюцией солнечного пятна,

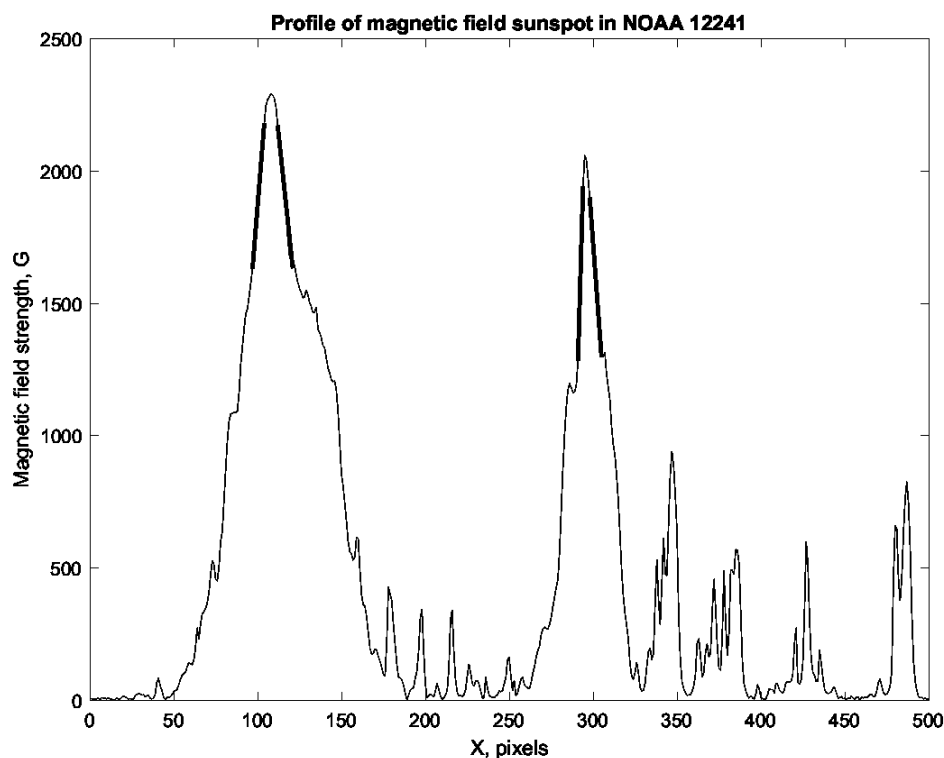


Рис. 2. Усреднённые радиальные профили вертикальной компоненты магнитного поля. Толстые линии – угол наклона ветвей профиля H . Полученные углы относительно горизонтали слева направо: 12.8° , -10° , 30° и -12.8° .

спадом магнитного поля и изменением вкладов компонент магнитного поля для двухкомпонентной модели распределения магнитного поля в тени пятна [4]. Для бимодальной структуры рассматриваемой активной области, в которой находится рекуррентная группа, получены углы наклона «ветвей» для бимодальной группы. Отчетливо видно наличие асимметрии, которая обуславливается наличием магнитной аркады, в отличие от одиночного солнечного пятна. В перспективе есть возможность также проследить за изменением углов наклона профиля магнитного поля с эволюцией бимодальной структуры и группы солнечных пятен.-

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 19-02-00088 и 18-32-00555), а также программы ПРАН-Минобрнауки КП19-270.

Литература

1. Nagovitsyn, Yu.A., Ivanov, V.G., Skorbezh, N.N. // *Astron. Lett.*, 2019, 45, 6, 396.
2. Scherrer, P.H., Schou, J., Bush, R.I., et al. // *Sol. Phys.*, 2012, 275, 1-2, 207.
3. Zagainova, Iu.S., Fainshtein, V.G., Obridko, V.N. / 2015, eprint arXiv:1511.07229
4. Zhivanovich, I., Solov'ev, A.A., Smirnova, V.V., et al. // *Astrophys. Space Science*, 2016, 361, id.102.