ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ ФАКЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УФ-ДИАПАЗОНЕ

Стрекалова П.В.¹, Смирнова В.В.², Наговицын Ю.А.¹

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный, Россия

IDENTIFICATION OF THE FACULAR FORMATION MAGNETIC STRUCTURE IN UV-RANGE

Strekalova P.V.¹, Smirnova V.V.², Nagovitsyn Y.A.¹

¹Central (Pulkovo) Astronomical Observatory Russian Academy of Sciences,

Saint Petersburg, Russia

²Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchny, Russia

Based on the SDO/AIA data of the intensity distribution in ultraviolet lines, a detailed study of the structure and localization of facular formation (FF) at different heights of the solar atmosphere was carried out. A comparison is made with the results of reconstructing the magnetic field of the FF at the heights of the chromosphere and corona. The FF's radio emission maps of the temperature distribution at the heights of the upper chromosphere, at frequencies of 17 and 34 GHz, were calculated using the GX Simulator software package [1].

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-257-260

Объектом исследования является факельное образование (ФО) – уединенное, долгоживущее, устойчивое магнитное образование, принадлежащее спокойному Солнцу.

Для обработки было выбрано ФО размером 9" и средним значением магнитного поля на фотосфере 300 Гс по данным SDO/HMI. Данный объект был отождествлён с уярчениями, наблюдаемыми на картах интенсивности в ультрафиолетовых линиях, по данным SDO/AIA. Список линий и их характеристик приведён в таблице [1]. ФО было заметно на всех картах распределения интенсивности УФ-диапазона. На рисунке 1 для наглядности приведены некоторые карты интенсивности и магнитограмма ФО. Начиная с линии 304 Å, на картах видна яркая область, связанная с магнитной конфигурацией (петлёй), замыкающейся на противоположную полярность.

С помощью программы GX Simulator [2] было восстановлено магнитное поле исследуемого ФО. Данный пакет восстанавливает потенциальное магнитное поле до корональных высот, исходя из фотосферных магнитограмм SDO/HMI. Результат восстановления представлен на рисунке 2. Видно, что магнитное поле ФО имеет открытую конфигурацию, при этом часть магнитных силовых линий замыкается на малые области противоположной полярности и образуют петли, видимые на УФ-картах.

Таблица [1].

Table A1: AIA wavelength bands.

Channel name	Primary ion(s)	Region of atmosphere*	Char. log(T)
white light	continuum	photosphere	3.7
1700Å	continuum	temperature minimum, photosphere	3.7
304Å**	He II	chromosphere, transition region	4.7
1600Å**	C IV+cont.	transition region + upper photosphere	5.0
171Å**	Fe IX	quiet corona, upper transition region	5.8
193Å**	Fe XII, XXIV	corona and hot flare plasma	6.1, 7.3
211Å**	Fe XIV	active-region corona	6.3
335Å**	Fe XVI	active-region corona	6.4
94Å**	Fe XVIII	flaring regions (partial readout possible)	6.8
131Å**	Fe VIII, XX, XXIII	flaring regions (partial readout possible)	5.6, 7.0, 7.2

* Absorption allows imaging of chromospheric material within the corona; ** in baseline program

Рис. 1.

Рис. 2.

Восстановленная магнитная структура ФО хорошо согласуется с наблюдениями в УФ-диапазоне, где отчётливо видно замкнутые магнитные петли. Рост интенсивности излучения в этих замкнутых петлях может быть интерпретирован по аналогии с моделью трёх потоков, предложенной в работе [3] для солнечных пятен. В соответствии с данной моделью, поток магнитного поля делится на 2 части (рисунок 3, слева): поток F1, уходящий наверх в корону, и поток F2, замыкающийся на фотосферу. Внешнее по отношению к ФО магнитное поле (поток F3), обычно имеет ту же полярность, но значительно слабее по напряженности. В точках соприкосновения внешнего и замкнутого магнитного потока, возникает сепаратрисная поверхность (отмечена пунктиром), на которой встречаются поля противоположной полярности. Там формируются токовые слои, в которых нагревается плазма.

Рис. 3 [3] .

Рис. 4.

На рисунке 4 представлена магнитограмма ФО, где контурами показано положение радиоисточника (радиогелиограф Nobeyama) на частотах 17 ГГц и 34 ГГц (белая и чёрная линии соответственно). Положение радиоисточника на частоте 34 ГГц совпадает с положением ФО. Источник на 17 ГГц сдвинут на $\sim 30''$ относительно центра ФО и связан, скорее всего, с наблюдаемой петельной структурой. Максимальная яркостная температура источника, по наблюдениям на 17 ГГц составила $\sim 1,4 \times 10^4$ К, на 34 ГГц $\sim 1,8 \times 10^4$ К.

Для численного расчета температуры радиоисточника над ФО, использовалась модель атмосферы, предложенная в работе [4] в предположении, что излучение ФО имеет тепловую природу (free-free). Расчет производился в программе GX Simulator. В результате моделирования, были получены карты распределения яркостной температуры на частотах 17 и 34 ГГц, которые представлены на рисунке 5.

Значения максимальной температуры ФО, полученные из моделирования, завышены относительно наблюдаемых из-за разного пространственного разрешения модельных карт ($2''$) и карт распределения интенсивности, полученных из наблюдений (17 ГГц – $10''$ и 34 ГГц – $5''$).

Рис. 5.

Работа выполнена при поддержке гранта 19-02-00088 А и гранта РФФИ (N 20-52-26006).

Литература

1. *Lemen J.R., Title A.M., Akin D.J. et al.* The Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on the Solar Dynamics Observatory (SDO) // *Solar Phys.* 2012. V.275. №17. P.17-40.
2. *Nita G.M., Fleishman G.D., Gary D.E.* GS-3D Simulator: An Interactive IDL Widget Tool for Simulating Spatially Resolved Gyrosynchrotron Spectra Emitted by Solar Radio Bursts // *Bul. of the Amer. Astron. Soc.*, V. 41, P.839.
3. *Solov'ev, A.A., Kirichek E.A.* Analytical Model of an Asymmetric Sunspot with a Steady Plasma Flow in its Penumbra // *Sol. Phys.*, V. 291, Is. 6, P.1647-1663
4. *Fontenla J.M., Curdt W., Haberreiter M., et al.* Semiempirical Models of the Solar Atmosphere. III. Set of Non-LTE Models for Far-Ultraviolet/Extreme-Ultraviolet Irradiance Computation // *The Astrophys. J.*, 2009, V. 707, Is.1, P. 482-502.