

БЕССИЛОВЫЕ МАГНИТНЫЕ ЖГУТЫ - АКТИВНЫЕ ВСПЫШЕЧНЫЕ СТРУКТУРЫ НА СОЛНЦЕ

Мельников В.Ф.¹, Соловьёв А.А.¹, Бакунина И.А.², Шаин А.В.¹, Кузнецов С.А.¹

¹ГАО РАН, ²НИУ ВШЭ

v.melnikov@gaoran.ru

Количественной характеристикой магнитных жгутов в атмосфере активных областей на Солнце является ротор магнитного поля $rot \mathbf{B}$, восстановленного в нелинейном бессиловом приближении на основе векторных магнитограмм фотосферного поля на основе данных SDO/HMI. В настоящей работе мы используем эту характеристику как для поиска и идентификации магнитных жгутов, так и для анализа пространственной структуры поля электрических токов в активной области, учитывая, что плотность тока $\mathbf{j} = c/4\pi \cdot rot \mathbf{B}$.

На статистике из 15 вспышечных событий рентгеновского класса М изучены особенности положения и ориентации магнитных жгутов в общей пространственной структуре магнитного поля активной области (АО) при возникновении вспышек и корональных выбросов массы (СМЕ) для эруптивных (с СМЕ) и неэруптивных (без СМЕ) активных областей.

Проведённый анализ геометрии и величин электрических токов в 15-ти вспышечно-активных областях показал, что поле электрических токов представляет собой дискретные отчётливо различимые петлеобразные структуры, распределенные по всей активной области. Наличие петлеобразных токовых структур – достаточно общее явление, характерное для всех изученных АО. Важной находкой явилось то, что в рассмотренных АО магнитные жгуты с наиболее мощными электрическими токами оказались расположены вблизи центра яркости микроволнового источника вспышки. Это даёт основание заключить, что магнитные жгуты прямо связаны с процессом вспышечного энерговыделения и ускорения частиц.

Пространственные масштабы наблюдаемых петлеобразных структур варьируются от 2 до 80 тыс. км: поперечные размеры от 2 до 8 тыс.км, длины – до 80 тыс. км. Токи большой величины ($j \sim 5\text{-}20$ тыс. статА/см²) сконцентрированы в относительно тонких вытянутых структурах и располагаются довольно низко в короне (на высотах 2000-8000 км). Электрические токи малой величины ($j < 0.6$ тыс. статА/см²) протекают в высоких токовых петлях (до высот 30 тыс. км). Такие токовые петли часто организуются в аркады, под которыми расположены тонкие токовые волокна с сильным током, ориентированные квази-перпендикулярно к ним. Для некоторых магнитных жгутов удалось проанализировать распределение продольной и азимутальной компонент магнитного поля и электрического тока в поперечном сечении жгута. Установлены взаимосвязи между ними. Полученные результаты соответствуют теоретическим представлениям о структуре бессиловых магнитных жгутов.

В рассмотренных АО ярко выраженные магнитные жгуты обнаружены не только в области максимальной яркости вспышки, но и в других местах АО. Причём, они существуют как до, так и после вспышки. Установлено, что вспышки без СМЕ происходят преимущественно в закрытой магнитной конфигурации с магнитными жгутами, ориентированными почти перпендикулярно к вышележащим магнитным аркам. Вспышки с СМЕ происходят в той области, где наблюдается практически параллельное расположение магнитного жгута к вышележащим магнитным силовым линиям. Как показывает МГД моделирование, в этом случае достаточно скрученный магнитный жгут способен раздвинуть вышележащие силовые линии и перейти в режим непрерывного расширения и подъёма.