

## МАГНИТНЫЙ ПОТОК ЗАТУХАЮЩИХ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Куценко О.К., Абраменко В.И., Куценко А.С.

КрАО РАН

olga.k.kutsenko@yandex.ru

Затухание активных областей (АО) вызывает большой научный интерес вот уже многие годы. Существует несколько механизмов, описывающих удаление магнитного потока из фотосферы: турбулентная диссоциация (прямой турбулентный каскад), эрозия, взаимопогашение потоков и погружение под фотосферу. Наиболее часто погружение понимают как процесс на малых масштабах, сопровождающий взаимопогашение потоков, но в некоторых работах было показано, что этот процесс может наблюдаться и на масштабах АО.

В данной работе исследовались 4 затухающие активные области NOAA 11281, 12614, 11354 и 11137. Анализ процесса распада активных областей производился путем вычисления спектров мощности магнитного поля, что позволяет оценить изменение энергии АО на разных пространственных масштабах.

Было обнаружено, что затухание АО сопровождается плавным уменьшением наклона спектра мощности магнитного поля. Спектры позволили исследовать изменения мощности на разных масштабах. Основные изменения происходят на больших масштабах (8-25 Мм), тогда как для масштабов 2-6 Мм наблюдались минимальные изменения. Для более детального анализа изменений энергии вычислялась частная производная энергии по времени на разных масштабах. Было обнаружено, что затухание АО является неоднородным процессом, в котором уменьшение энергии может смениться ее приростом. Прямой каскад (убыль энергии на больших масштабах с одновременным приростом на малых) наблюдался в 24 – 43 % времени затухания АО, причем лишь около половины убывающей на больших масштабах энергии переходит в энергию меньших масштабов. Следовательно, прямой турбулентный каскад не является основным механизмом исчезновения магнитного потока АО.

NOAA	Номер цикла и широта	$\Phi_{\max}, \times 10^{22} \text{ Мх}$	$\Phi_{\text{in}}/\Phi_{\max}$	$\Phi_{\text{in}}/\Phi$	$d_{\text{start}}, \text{ Мм}$	$d_{\text{end}}, \text{ Мм}$
11281	24 S20	0.377	0.53	0.75	24.4	20.0
11354	24 S17	0.341	0.84	0.84	42.3	22.4
12614	24 N05	0.211	0.24	0.83	34.1	23.4
11137	24 N18	0.060	0.14	0.53	29.6	20.5

Во всех четырех исследуемых АО при затухании наблюдалось следующее. Во время вспышки положительный и отрицательный магнитные полюса расходились друг от друга до некоторого максимального удаления. После этого наблюдалась диссипация АО. Причем часть магнитного потока АО диффундировала в разные стороны от центра АО и распадалась на мелкие структуры, образуя супергрануляционную сетку. В центральной части магнитные полярности начинали сходить друг к другу, уменьшаясь вплоть до размеров, характерных для супергрануляционной сетки. Была выделена область, в которой наблюдалось схождение магнитных полярностей. Внутри этой области был вычислен полный беззнаковый магнитный поток в начальный момент схождения ( $\Phi_{\text{in}}$ ), а также расстояние между средневзвешенными центрами тяжести сходящихся полярностей в начале ( $d_{\text{start}}$ ) и в конце ( $d_{\text{end}}$ ) схождения. В таблице представлены эти значения, а также отношение  $\Phi_{\text{in}}$  к магнитному потоку в максимуме развития АО ( $\Phi_{\max}$ ), и отношение  $\Phi_{\text{in}}$  к магнитному потоку ( $\Phi$ ) по всей магнитограмме в начальный момент схождения (см. табл.). Полученные результаты позволяют предположить, что в исследуемых АО значительная часть магнитного потока погрузилась обратно под фотосферу.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

- Наклон спектра мощности плавно уменьшается в процессе затухания.

- Магнитный поток уменьшается одновременно на всех масштабах, но основная убыль происходит на больших масштабах ( $>6$  Мм).
- Прямой каскад присутствует эпизодически (по времени 24-43 %), но не обеспечивает полностью энергию затухания (не более половины убыли энергии на больших масштабах прибавляется на малых масштабах).
- Обнаружено свидетельство погружения существенной части магнитного потока (53-84%) под фотосферу: остатки центрального диполя постепенно сближаются с синхронным уменьшением противоположных полярностей.
- Основные источники вывода магнитного потока из фотосферы – дисперсия поля за пределы АО и потопление остаточного центрального диполя

Работа поддержана грантом РФФИ 18-12-00131.