

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ИХ СВЯЗИ С СОЛНЕЧНЫМИ ВСПЫШКАМИ: ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ДО УХОДА ЗА ЛИМБ

Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Шарыкин И.Н.

ИКИ РАН

nechaeva.workspace@gmail.com

Анализ поведения электрических токов в активных областях (АО) Солнца может быть полезен для понимания происходящих в них физических процессов. Токи связаны со свободной энергией магнитного поля, с которой, в свою очередь, связана вспышечная активность в этих областях [1].

Поскольку на данный момент магнитное поле рутинно измеряется лишь в тонком слое на фотосфере, мы можем получить информацию только о вертикальном электрическом токе j_z . В данной работе изучается эволюция нескольких АО, в которых происходили вспышки как минимум М-класса. Особый интерес представляют АО, которые зарождались в поле зрения прибора SDO/HMI. Мы отобрали 3 таких области: NOAA 11158, 12673 и 12036. Активная область 12673 представляет особый интерес для изучения, так как именно в ней произошли самые сильные вспышки 24 солнечного цикла. Нами была изучена эволюция магнитного поля и вертикального тока как во время всего прохождения АО по диску Солнца с шагом в 2 часа, так и короткий промежуток в течение 2 дней с шагом 24 минуты для периода, когда в АО наблюдались самые мощные вспышки.

В этой работе мы изучали эволюцию таких параметров как суммарный вертикальный ток с учетом знака и без на фотосфере в АО, максимальная плотность тока, суммарный беззнаковый вертикальный и горизонтальный магнитный потоки, а также их максимумы, и параметров функции плотности вероятности $PDF(|j_z|)$. Функция $PDF(|j_z|)$ типично выглядит как гауссов “колокол” для низких значений токов, а для высоких значений как степенной “хвост”, который, в отличие от “колокола”, и определяет поведение вертикального электрического тока в АО. В начале развития АО форма $PDF(|j_z|)$ имеет гауссов вид из-за того, что в области пока не успели образоваться крупные структуры сильных токов. По мере развития АО вследствие всплытия нового магнитного потока в ходе формирования токовых структур появляется степенной “хвост”, и показатель степени этого “хвоста” в какой-то момент выходит на некоторое устойчивое значение. Когда магнитный поток достигает значений $(2 - 6) * 10^{22}$ Мкс, полный беззнаковый ток значений $(1.5 - 2.0) * 10^8$ статампер/см², показатель степени перестает сильно изменяться (ошибки определения степени не превышают 10%), мы определяем АО как сформировавшуюся. После этого происходят серии вспышек [2].

В результате данного исследования были найдены некоторые закономерности в поведении рассматриваемых нами параметров. Например, показатель степенной функции для $PDF(|j_z|)$ для периода, когда в рассмотренных АО возникали вспышки, находился в пределах от -5 до -3 [3]. Это может рассматриваться в качестве дополнительного условия возникновения вспышек. Интересно также отметить, что в АО 12673 степенной показатель $PDF(|j_z|)$ вышел на квазипостоянный уровень -4 ± 0.3 до начала значительного всплытия магнитного потока.

Работа выполнена в рамках госзадания по теме “ПЛАЗМА”.

1. Priest, E. *Magnetohydrodynamics of the Sun* // Cambridge University Press, 2014.
2. Ишков В.Н. // Известия РАН. Серия физическая, 2022.
3. Zimovets, I.V., Nechaeva, A.B., Sharykin, I.N., and Gan, W.Q. // *Astrophysics* 2020. V. **63**. P. 408.