

# НАГРЕВ ПЛАЗМЫ ПЕРЕД ВСПЫШКОЙ - ВАЖНЫЙ ПРЕДИКТОР МОЩНОСТИ ВСПЫШЕЧНОГО ММ-ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Мельников В.Ф.

<sup>1</sup> ГАО РАН

*v.melnikov@gaoran.ru*

Продемонстрирована важность наличия предварительно разогретой плазмы и последующего многоступенчатого энерговыделения для эффективного ускорения энергичных электронов и создания условий для генерации экстремально интенсивного микроволнового всплеска. Теоретической предпосылкой для исследования послужил вывод [1] о том, что нагрев плазмы в области ускорения до высокой температуры ( $> 10^7$  К) должен сопровождаться уменьшением кулоновских потерь энергии квазитепловых электронов и, соответственно, значительным увеличением доли частиц, способных преодолеть кулоновский барьер потерь энергии.

Проведён анализ причин генерации экстремально интенсивного солнечного микроволнового всплеска ( $>10^4$  sfu на частотах 20-35 ГГц), связанного со вспышкой 14 мая 2024 года рентгеновского класса X1.7. На основе данных Сибирского радиогелиографа установлено [2], что 1) источник этого всплеска находится в протяженной магнитной петле, появившейся в конце предыдущей вспышки-предвестника рентгеновского класса M2.6 к югу от её основной компактной системы вспыхивающих петель; 2) важной особенностью этой протяженной магнитной петли является то, что в ней длительное время после вспышки класса M2.6 (более 15 мин) поддерживалась сверхвысокая температура плазмы ( $T_e \sim 40$  МК) без заметного нетеплового излучения; 3) эта сверхгорячая плазма участвует в последующем трехэтапном процессе повторного энерговыделения и ускорения электронов во время главной вспышки рентгеновского класса X1.7. Используя метод фитирования наблюдаемых с помощью Сибирского радиогелиографа частотных спектров в моменты трёх главных пиков микроволнового излучения к теоретически рассчитанным на основе гиросинхротронного механизма, установлено, что от пика к пику количество энергичных электронов во вспыхивающей петле становится все больше, а их энергетический спектр ужесточается (в последнем, наиболее интенсивном пике показатель наклона спектра достигает -2).

Для иллюстрации эффекта влияния температуры плазмы проведено теоретическое моделирование процесса стохастического ускорения электронов на турбулентности вистлеров при разной температуре плазмы в области ускорения. Показано, что при равных условиях ускорение электронов в более горячей плазме происходит существенно более эффективно, что проявляется в большем количестве высокоэнергичных электронов и в их более жестком энергетическом спектре.

## Литература

1. Tsap Yu.T. and Melnikov V.F. *Astronomy Letters*, 2023, 49, 4, 200
2. Wu Z., Melnikov, V., Kuznetsov et al. *ApJL*, 2026, 1003, L27