О природе длительной генерации микровсплесков в стабильной активной области

В.М. Богод[1], C. Mercier [2], M. Pick [2], Л.В. Яснов[3]

[1] Специальная астрофизическая обсерватория, г. Санкт-Петербург, Россия
[2] DASOP, Observatoire de Meudon, France
[3] Санкт-Петербургский Университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В работе [Bogod et al. 1999] были исследованы длительно существующие (до нескольких дней) микровспышки (ДМВ), обнаруженные по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600 в дециметровом диапазоне длин волн (1000-1500 МГц). Микровспышки (МВ) возникают сериями с квазипериодом от 3 до 5 секунд и длительностью около 1 сек. Поток излучения МВ составляет величину в несколько тысячных долей солнечной единицы потока. Природа этого излучения пока еще точно не установлена. Оценки параметров излучения и модельные расчеты выполненные в [Bogod et al. 1999] указывают на то, что наиболее вероятным механизмом является плазменное излучение на основной плазменной частоте.

В данной работе анализируется длительно-существующие, импульсные микровспышки на частотах 1000 МГц по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600, которые сопоставляются с наблюдениями Шумовых Бурь (ШБ) на радиогелиографе в Nancay на частотах 233 и 164 МГц. Импульсы излучения на частотах 233 и 164 МГц возникают позже МВ на частоте 1000 МГц.

Существование длительной генерации МВ и сопутствующего континуального источника близко по своим характеристикам к ШБ. Как и ДМВ, шумовые бури длятся до нескольких суток. ШБ могут содержать также быстро дрейфующие всплески, как это и наблюдается для ДМВ. ШБ связаны с магнитными структурами, состоящими из корональных арок с совершенно разными высотами и длинами. И это близко к условиям, в которых возникают ДМВ и сопутствующий им источник континуального излучения. Однако статистические исследования показывают, что максимальная частота излучения шумовых бурь - 300 МГц, что существенно меньше, чем в наблюдениях МВ на РАТАН-600 (> 1000 МГц). Временная структура ДМВ подобна структуре ШБ, и детальное сопоставление их временных характеристик представляет несомненный интерес. Природа излучения ШБ до сих пор вызывает ряд вопросов и поэтому такое сопоставление важно и для выяснения механизма генерации радиоволн в ШБ. Особое внимание мы уделили определению временных задержек между импульсами излучения на разных длинах волн. Временная задержка зависит только от скорости пучка быстрых электронов, в то время как интенсивность излучения зависит еще и от дисперсии скоростей, плотности быстрых и фоновых электронов. В связи с этим, существенно значимую корреляцию при большом разносе частот, на которых проводились наблюдения, первоначально трудно было ожидать.

Для определения временных задержек мы использовали взаимно-корреляционный анализ временных изменений потока излучения на разных частотах. Взаимнокорреляционный анализ учитывает соотношение потоков, что, при большом их различии, может заметно уменьшить коэффициент корреляции. Временная задержка определялась по положению максимума взаимно-корреляционной функции в диапазоне от 0 до 20 секунд. Поэтому был разработан метод нормированного взаимно-корреляционного анализа, который дополнительно контролировался методом визуального анализа.

В результате проведенного анализа регистраций дециметрового и метрового диапазонов была обнаружена в ряде случаев значимая корреляция временных процессов в МВ и шумовой буре и получен ряд важных физических характеристик излучения.

Анализ данных наблюдений подтвердил, что на всех анализируемых частотах действует механизм генерации радиоволн на первой гармонике плазменной частоты. Скорость быстрых электронов оказалась близка к 0.3с. На низких частотах излучение возникает в области стримера, в котором уменьшение электронной концентрации с высотой замедленно по сравнению с барометрической зависимостью. Длительность МВ практически одинакова на сравниваемых частотах (около 1-2 секунд), периоды возникновения - 3 - 5 секунд. Показано, что длительность МВ определяется временем распространения области перезамыкания магнитного потока вдоль токового слоя.

При этом МГД-волны могут быть триггером при возбуждении токовых слоев и соответствующей генерации быстрых частиц. Длительность генерации быстрых электронов была оценена исходя из теории разрушения токовых слоев в результате развития последовательности плазменных неустойчивостей.

Оценен также поток энергии быстрых электронов, который равен $9.2{\cdot}10^4$ erg/cm^2 sec.

Получены соответствующие оценки для поперечного размера вспышечной петли $L = 10^9$ см и величины магнитного поля, равной 4 гаусс. Импульсы интегрального излучения ШБ на частотах 164 и 233 МГц возникают позже МВ на частоте 1000 МГц. Средняя временная задержка составляет величину 7.6 ± 1.1 сек на частотах 1000 и 164 МГц и 3.7 ± 1.2 сек на частотах 1000 и 233 МГц.

Изучение соотношений между временными задержками и их величин, выполненное в данной работе, указывает на существующую генетическую связь МВ на дециметровых волнах и импульсов излучения ШБ на метровых волнах, которая обусловлена распространением быстрых электронов вверх от мест их генерации.

Данная работа поддерживалась РФФИ (проект N 99-02-16403а), РФФИ-ИНТАС (проект 97-1088).

Литература

Bogod V.M., Fu Q., Yasnov L.V.,1999. Proc. 9-th European
Meeting on Solar Physics 'Magnetic Fields and Solar Processes, 1041.
Bogod V.M., Garaimov V.I., Mercier C., Pick M.,Yasnov L.V., 2000, Journal of Geophysical Research-Space Physics (in press).