Характер эволюции микроволнового излучения активных областей

Б.В. Агалаков

Институт солнечно-земной физики СО РАН,664033 Иркутск, Лермонтова 126, Россия

Эволюция микроволнового излучения активных областей (АО) ото дня ко дню достаточно подробно исследована во многих работах (Гельфрейх и др., 1970). Однако известно, что развитие АО сопровождается сложным комплексом явлений, время развития которых значительно меньше суток (например, появление и развитие пор). Естественно ожидать, что развитие микроволнового излучения АО должно сопровождаться процессами, характерное время развития которых порядка часа или нескольких часов. Хорошие возможности для их изучения дает Сибирский солнечный радиотелескоп (ССРТ).

ССРТ – это крестообразный интерферометр, состоящий из 256 антенн диаметром 2,5 метра (по 128 антенн в направлениях север-юг и восток-запад) (Смольков и др., 1983). Рабочая длина волны ССРТ – 5,2 см (соответствующая частота – 5,7 ГГц). В настоящей работе использованы данные ССРТ, полученные в одномерном режиме наблюдений с помощью линии антенн восток-запад. Продолжительность интервала наблюдений в течение дня изменялась от 6 до 9 часов. Временное разрешение изменялось от 3 до 5 минут, а пространственное разрешение - от $17''$ до $40''$. По данным ССРТ были исследованы 22 АО за 1985, 1986 и 1987 годы (на стадии развития групп пятен) и 6 АО за 1994 и 1995 годы (на стадии разрушения). Каждая АО исследовалась в течение 2–4 суток, начиная со дня появления первых пор и мелких пятен. Практически все группы пятен за этот интервал времени достигли максимальной фазы развития. Площади групп пятен не превышали 300 м.д.п.

На стадии развития у 18 из 22 исследованных АО наблюдалось так называемое "ступенеобразное" увеличение потока микроволнового излучения, когда короткие периоды быстрого возрастания (несколько десятков минут) сменяются длительными периодами, в течение которых поток остается постоянным или только колеблется около средней величины (Нефедьев и др., 1992). Всего было зарегистрировано 50 случаев "ступенеобразного" увеличения потока. В развитии всех 18 АО "ступенеобразное" увеличение потока микроволнового излучения наблюдалось в то время, когда площадь группы пятен увеличивалась в несколько раз. В те дни, когда площадь пятен изменялась незначительно или вообще не менялась, изменения потока микроволнового излучения носили характер небольших всплесков типа "медленный подъем - медленный спад", либо поток микроволнового излучения практически не изменялся. Таким образом, непременным условием, при котором происходит "ступенеобразное" увеличение потока, является сильный (в несколько раз) рост площади пятен на уровне фотосферы. В связи с этим становится понятным, почему в развитии четырех групп пятен из 22 исследованных не наблюдалось "ступенеобразного" роста потока. В интервале наблюдений ССРТ площадь этих групп пятен практически не изменялась. Выборочный анализ пространственной структуры микроволнового излучения АО во время “ступенеобразного” роста потока показал, что источники повышенной яркости появляются в разных частях АО (над пятнами и между головным и хвостовым пятнами).

Гистограмма амплитуд “ступенеобразного” повышения потока АО, построенная для стадии развития групп пятен, когда их площадь не превышала 100 м.д.п., показала, что имеется явное преобладание “ступеней” с амплитудой 0.2 с.е.п. Аналогичная гистограмма для стадии развития групп пятен, когда их площадь была 100 м.д.п. и больше, показала только небольшое преобладание “ступенеобразных” повышений с амплитудой 0.4 с.е.п. Разброс длительностей “ступенеобразного” повышения оказался не очень большим. Диапазон изменения составил 15–30 минут.

Для того, чтобы более детально изучить эффект “ступенеобразного” повышения потока, были исследованы особенности появления поляризованной составляющей излучения источника, связанного с порой (Nefedyev at al., 1993). Было рассмотрено 7 АО, содержащих 17 пор. Для каждой из этих АО имелось достаточно большое количество фотогелиограмм, полученных на Дебреценской гелиофизической обсерватории. Эти фотогелиограммы были получены через каждые несколько часов, что позволило более подробно изучить связь изменений на фотосфере с изменениями потока излучения источника, связанного с порой. Во всех рассмотренных случаях поляризованная составляющая потока отсутствовала, если диаметр поры был меньше 4-5$''$. Для четырех пор поляризованная составляющая потока появилась сразу же после того, как диаметр поры достиг 4-5$''$. В тот момент времени, когда появлялась поляризованная составляющая источника, связанного с порой, в потоке микроволнового излучения наблюдалось “ступенеобразное” повышение потока с амплитудой 0.2 с.е.п. Это дает некоторые основания для того, чтобы объяснить максимум на гистограмме амплитуд ”ступенеобразного” повышения потока тем, что выход третьего гироуровня в переходный слой дает большое число “ступеней” с амплитудой 0.2 с.е.п. Естественно, что “ступени”, обусловленные этим эффектом, присутствуют в основном тогда, когда площадь группы пятен меньше 100 м.д.п. Существенной новизной является, по-видимому, то, что установлены конкретные размеры поры, при которых корона активной области опускается до высот, на которых величина магнитного поля составляет 700 Гаусс.

Естественным завершением проведенных исследований явилось изучение особенностей эволюции микроволнового излучения разрушающихся АО (Nefedyev at al., 1997). Для этого было использовано 6 АО за 1994 и 1995 годы, площади соответствующих групп пятен которых уменьшались в основном почти монотонно. Только для нескольких дней наблюдения площадь группы пятен уменьшалась в два и более раза. Исследовалась эволюция потоков пятенной и непятенной компонент (гало и межпятенные источники) микроволнового излучения АО. Для всех проанализированных случаев уменьшение потока для пятенной и непятенной компонент происходило плавно. Так же плавно уменьшалась и поляризованная составляющая потока. Это относится и к трём случаям, когда площадь группы пятен уменьшалась в 2 и более раза. То есть резкие изменения уровня потока, такие, как “ступенеобразное” увеличение потока для развивающихся АО, для разрушающихся АО отсутствовали (не наблюдалось “ступенеобразное” уменьшение потока).

Таким образом, характер эволюции потока микроволнового излучения АО на стадиях развития групп пятен и их разрушения имеет совершенно разный характер. На стадии развития групп пятен поток микроволнового излучения на частоте 5,7 ГГц (длина волны – 5,2 см) растет "ступенеобразно", а на стадии разрушения – уменьшается плавно. Значительную часть "ступенеобразных" повышений потока можно связать с появлением поляризованной составляющей, то есть с возрастанием потока пятенных источников. Остальная часть "ступенеобразных" возрастаний потока связана с излучением гало и межпятенных источников. По мере развития магнитосферы АО в корону выходит все большее число магнитных арок. Взаимодействие этих арок приводит к возникновению стационарных токовых слоев, которые существуют в течение нескольких дней. Учитывая это, достаточно легко объяснить быстроту возникновения нового источника излучения (или усиление уже существовавшего источника) и медленное угасание микроволнового излучения на стадии разрушения АО.

Литература

Гельфрейх Г.Б., Ахмедов Ш.Б, Боровик В.Н., Гольнев В.Я., Коржавин А.Н., Нагнибеда В.Г., Петерова Н.Г.,1970, Известия ГАО АН СССР, 185, 167

Нефедьев В.П., Агалаков Б.В., Калман Б., Кардаполова Н.Н., Осипова Т.О., Смольков Г.Я., Тресков Т.А., 1992, Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, 99, 153

Смольков Г.Я., Тресков Т.А., Криссинель Б.Б., Потапов Н.Н., Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, 1983, 64, 130

Nefedyev V.P., Agalakov B.V., Kardapolova N.N., Smolkov G.Ya., 1993, Ann. Geophysicae, 11, 614

Nefedyev V.P., Smolkov G.Ya., Agalakov B.V., 1997, Astronomischen Nachrichten, 318, 281