АМПЛИТУДНЫЕ ПРОФИЛИ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЛЕСКОВ IIId ТИПА С ЭХО-КОМПОНЕНТОЙ И ГЛОБАЛЬНАЯ ДИСЛОКАЦИЯ ИХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Э.П. Абранин[1], Л.Л. Базелян[1], Я.Г. Цыбко[2]

[1] Радиоастрономический институт, Харьков, Украина
[2] Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, Россия

Семейство специфических записей одного из первых декаметровых всплесков IIId типа с эхо-компонентой, зарегистрированных при помощи двумерного радиогелиографа (ДРГ 25) на базе антенны УТР-2, было проанализировано в нашей статье (Абранин и др.,1998). Короткоживущие ($<$ 20 с) пульсирующие источники такого рода бимодальных радиовсплесков локализуются в центральной области солнечной короны (Абранин и др.,1982). Для центральных событий спектрального типа IIId характерной особенностью дискретных квазимонохроматических ($\Delta f/f \sim 0.01$) элементов прерывистого динамического спектра излучения, генерируемого на 2-й гармонике ($f \approx 2f_p$), является их чёткое временное расщепление. Такие же узкополосные спектральные компоненты менее сложных всплесков IIId типа, ассоциирующихся с оптической активной областью (AR) в западной или восточной прилимбовой зоне, имеют одногорбый амплитудный профиль $I(t)$ и плавно затухают без дополнительных пульсаций (Абранин и др.,1982,1999). В атмосфере Солнца, как нам представляется, реальный компактный источник, вспышка которого инициирует узкополосный радиовсплеск с амплитудным профилем IIId типа, фактически выступает в той же роли, что и автономный бортовой передатчик зондирующего сигнала, используемый для исследования Луны и планет с помощью КА методом бистатической радиолокации.

Предварительные результаты позиционных гелиографических наблюдений (на частоте $f = 25$ МГц в 1981 году) одиночного всплеска IIId типа с эхо-компонентой, длившегося примерно 17 секунд, оказались совершенно нетривиальными (Абранин и др.,1998). Вспыхнувший в средней короне — на плазменном уровне $f_p =$ 12.5 МГц — пульсирующий источник узкополосного радиоизлучения 2-й гармоники не оставался неподвижным в поле зрения ДРГ 25 и стремительно перемещался с околосветовой скоростью по траектории глобального масштаба. Судя по всему, в реальном стационарном источнике процесс генерации радиоволн длился не более 1 с, а эффекты их распространения в корональной плазме ярко проявили себя при формировании не только эхоподобного радиовсплеска с задержкой $t_2 - t_1 \approx 6.5$ с, но и его интенсивного короткого предвестника на первых секундах развития события.

Условия для спектральных (Абранин и др.,1996) и позиционных наблюдений радиовсплесков с эхо-компонентой на редкость благоприятно складывались в начале июля 1992 года во время декаметровой ($\lambda < 20$ м) шумовой бури, когда корональные источники IIId типа были связаны с долгоживущей активной областью AR 7216 (CMP – 5.VII.) в северном полушарии. На основании записей радиогелиографа ДРГ 25\20 составлен малый атлас, содержащий индивидуальные комплекты амплитудных профилей двойных всплесков, которые он регистрировал в течение одного дня (6.VII.) на фиксированных частотах 25 и 20 МГц. Каждый такой комплект, полученный благодаря угловой гелиографической селекции принимаемого импульсивного радиоизлучения, позволяет определять местоположение его источника в разные моменты времени. Для центральных событий IIId типа, отмеченных в рекордном количестве за 6 часов непрерывных наблюдений 6.VII., задержка максимума эхо-компоненты была экстремальной (7.2 ± 0.1 с). Хорошо выраженные запаздывающие эхо-всплески выглядели сравнительно слабыми на верхнем краю диапазона 25—20 МГц, а на нижнем они почти не уступали по интенсивности своим предвестникам. Поэтому на данном этапе исследований основное внимание уделено записям ДРГ на частоте 20 МГц.

Прежде всего они свидетельствуют о том, что небесные координаты эхоподобного всплеска и его предвестника обычно не совпадают; позиции их видимых источников в короне могут быть удалены друг от друга на расстояние, соизмеримое с оптическим диаметром Солнца. Этот твёрдо установленный факт служит решающим аргументом в пользу нашей эхо-гипотезы (Абранин и др.,1982) относительно происхождения второй (запаздывающей) компоненты всплесков излучения IIId типа, наблюдаемых в центральном секторе гелиодолгот.

Универсальная и чрезвычайно интересная особенность квазимонохроматических всплесков-предвестников, которые резко нарастают и плавно затухают в течение нескольких секунд, заключается в следующем. Короткоживущий видимый источник этих моноимпульсных вспышек узкополосного радиоизлучения не является стационарным и способен как эфемерный суб- или ультрарелятивистский объект передвигаться в плоскости солнечного диска с околосветовой скоростью. Результирующий сдвиг радиоизображения такого динамичного источника сравним по величине с угловым диаметром Солнца $2R_{\odot} \approx 30'$. В случае каждого события 6-го июля он, затухая, быстро дрейфовал преимущественно вниз по склонению (в южном направлении) и не успевал исчезнуть до начала эхоподобного всплеска. Последний формировался сравнительно медленно и занимал самостоятельные позиции, которые заметно отличались по часовому углу от месторасположения затухающего первоначального всплеска-предвестника в конце его жизни.

Вероятнее всего, действительный локальный источник радиоимпульса 2-й гармоники ($f \approx 2f_p$), ответственный за пульсирующий всплеск IIId типа на рабочей частоте f, быстро затухает и виден непосредственно лишь в самом начале события (до момента первого пика этого всплеска или немного дольше, то есть в течение примерно 1 с). Всё остальное время (10–20 с) регистрируется сложный отклик солнечной короны, постепенно формирующийся за счет тех или иных лучей пакета радиоволн, первоначально не направленных прямо в сторону Земли. При этом сильно сказывается влияние не только зеркально отражающей поверхности, ниже которой радиоизлучение, генерируемое на 2-й гармонике локальной плазменной частоты, не может проникать в глубь короны. По-видимому, исходный пакет радиоволн по мере развития события весьма

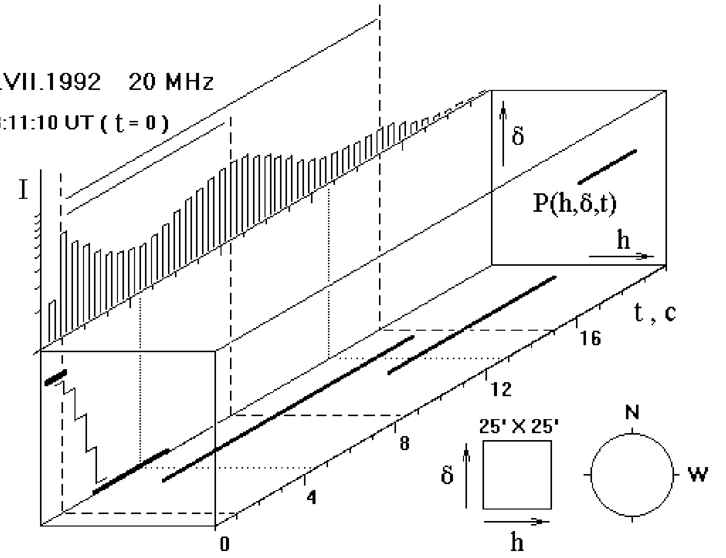

Рис.1. Типовая схема развития обсуждаемых событий 6.VII. в пространственно-временном коридоре. Наряду с амплитудным радиометрическим профилем пульсирующего всплеска IIId типа фрагментарно показана возможная извилистая траектория барицентра его динамичного радиоизображения с конечными размерами ($< 30'$) и неизвестной конфигурацией.

существенно трансформируется под влиянием крупномасштабных достаточно плотных (непрозрачных или полупрозрачных) плазменных образований в интервале высот средней короны.

Работа велась частично при поддержке РФФИ
(гранты 99-02-17285, 00-02-17655).

Литература

Abranin E.P., Bazelyan L.L., Zaitsev V.V. et al., 1982, Solar Phys., 72, 179
Абранин Э.П., Базелян Л.Л., Цыбко Я.Г., 1996, Астрон. ж., 73, 939
Абранин Э.П., Базелян Л.Л., Цыбко Я.Г., 1998, Изв.ВУЗов. Радиофизика, 41, 105
Абранин Э.П., Базелян Л.Л., Цыбко Я.Г., 1999, Изв.ВУЗов. Радиофизика, 42, 403