

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ В ПАРАХ ШВ-Ш ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ УРАН-2

А.И.Браженко¹, В.Н.Мельник², А.А.Коноваленко², В.В.Доровский²,
Р.В.Ващишин¹, А.В.Французенко¹, Г.Рукер³

¹ Полтавская гравиметрическая обсерватория ИГФ НАН Украины, Полтава, Украина
brazhai@gmail.com

² Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина

³ Институт космических исследований, Грац, Австрия

ABSTRACT. In this paper we analyze the properties of type Шb and type Ш bursts in Шb-Ш pairs observed by radio telescope URAN-2 at frequencies 16-32 MHz. We discuss pro and contra of harmonic phenomenon of decimeter Шb-Ш pairs.

Введение

Известно, что всплески Ш типа иногда встречаются в виде пар, связанных гармонически. Отношение их частот, зарегистрированных в один и тот же момент времени, находится примерно в отношении 2:1 (согласно [1] это отношение изменяется в пределах от 1.6 до 2.0 со средним значением 1.8). Считается, что всплески пары генерируются на первой и второй гармониках местной плазменной частоты.

Всплески Шb типа отличаются от обычных всплесков Ш типа тем, что они имеют тонкую частотную структуру в виде узкополосных *stria*-всплесков. Довольно часто они также наблюдаются в парах с обычными всплесками Ш типа. Со времени первых наблюдений таких пар [2] возник вопрос, связаны ли они гармонически или это последовательность двух компонентов одного всплеска-предвсплеска и самого всплеска Ш типа [3, 4, 5]. В пользу гармонической связи говорит близкое к 2 отношение их частот в один и тот же момент времени. Однако существенное различие длительностей, наличие тонкой структуры в виде *stria* у всплесков типа Шb и её отсутствие у обычных всплесков Ш типа, ставят под сомнение наличие гармонической связи в паре этих всплесков. Прояснить вопрос о гармонической связи в паре всплесков Шb-Ш типа может исследование их поляризационных характеристик. Излучение первой и второй гармоники имеют различную степень поляризации [6].

У первой гармоники она высокая, а у второй низкая. Измерения степени поляризации пары всплесков Шb-

Ш типа ранее выполнялись, но носили скорее оценочный характер [4, 7], либо были единичными [8].

В представленной работе исследуются свойства пар всплесков Шb-Ш типа на частотах 16-32 МГц, которые наблюдались на радиотелескопе УРАН-2 в апреле и июне 2011 года. Мы анализируем длительности, скорость дрейфа, отношение частот в один и тот же момент времени и степень круговой поляризации всплесков пар Шb-Ш типа.

Наблюдения

Пары всплесков Шb-Ш типов наблюдались в апреле и июне 2011 г. на радиотелескопе УРАН-2 расположенного вблизи Полтавы (координаты 49°37'49"С.Ш., 34°49'34"В.Д) [9]. Его антенная решётка состоит из 512 кросс-диполей, ориентированных под углом 45° к меридиану. Луч антенны на 25 МГц имеет размеры 3,5°×7°. Наблюдения проводились в непрерывной полосе частот 16-32 МГц с помощью цифрового широкополосного спектрометра DSPz с частотным и временным разрешением 4 кГц и 100 мс соответственно.

В периоды наблюдений, 1-7 апреля и 3-6 июня 2011 г. на диске Солнца одновременно находились несколько активных областей, поэтому связать активность в декаметровом диапазоне с какой-то определённой группой пятен затруднительно. Отметим, однако, что максимальное количество пар Шb-Ш всплесков в апреле наблюдалось во время, когда группы NOAA1180 и NOAA1183 располагались в 40°-50° западнее центрального меридиана. Вероятно, во время июньских наблюдений активность в декаметровом диапазоне связана также с прохождением по диску Солнца групп NOAA1225 и NOAA1229. Во время июньских наблюдений они поочередно находились на долготах 40°-50° в западной части диска Солнца.

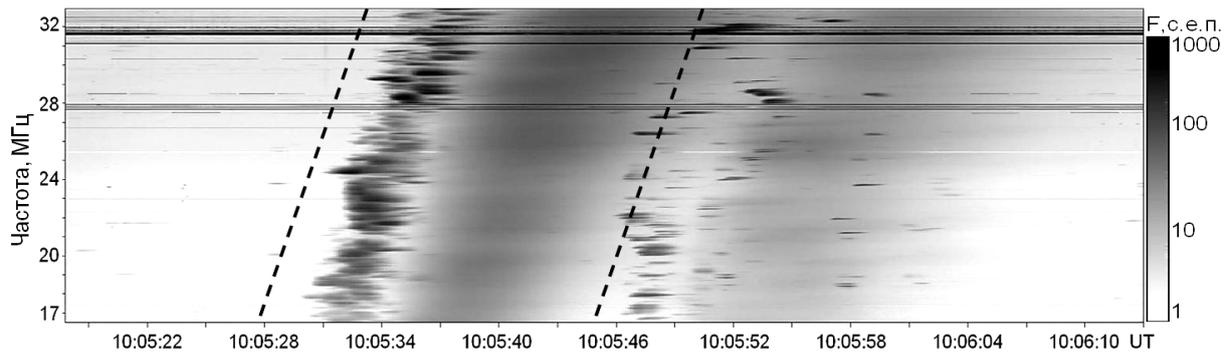


Рисунок 1. Пример типичной пары всплесков ШЬ-Ш типа (выделено пунктиром), зарегистрированной 05.06.2011 г. на радиотелескопе УРАН-2.

Нами было проанализировано 143 пары всплесков ШЬ-Ш типа в апреле и 106 пар в июне. Для анализа выбирались пары, в которых оба компонента отчётливо наблюдались в диапазоне частот 16-32 МГц. Излучение всплесков всех пар имело правую круговую поляризацию. Фрагмент наблюдений на радиотелескопе УРАН-2 в июне 2011 г. с типичной парой всплесков ШЬ-Ш типа, приведен на Рис. 1.

Измерение параметров всплесков ШЬ-Ш пар проводился на частотах 16, 20, 24, 28 и 32 МГц. Для каждого всплеска в этих точках определялись: плотность потока, длительность, скорость дрейфа между соседними анализируемыми частотами и степень круговой поляризации.

Анализ данных показывает, что параметры всплесков пар ШЬ-Ш типа, наблюдавшихся с временным интервалом в два месяца, отличались незначительно. Особенно это касается параметров всплесков ШЬ типа. Усреднённые за каждый день наблюдений значения параметров всплесков ШЬ типа в апрельских и июньских наблюдениях на всех частотах фактически совпали. На Рис.2 приведены характерные для наших наблюдений частотные зависимости длительности, скорости дрейфа и поляризации всплесков пар ШЬ-Ш типа для 3 апреля и 5 июня 2011 года. Видно убывание длительности всплесков Ш типа с ростом частоты (Рис.2а). Длительность этих всплесков на разных частотах в различные дни наблюдений имела значения от 5 до 12 с. В апреле всплески Ш типа на каждой из частот имели длительность в среднем на 1.5 с больше. Длительность всплесков ШЬ типа показывает малую тенденцию к уменьшению с

частотой, а их значения фактически одинаковы для апреля и июня и изменяется в пределах 0.8-2 с на разных частотах для разных дней наблюдений.

Скорость дрейфа растёт с частотой у обоих компонентов пары всплесков ШЬ-Ш типа (Рис.2б) примерно одинаково. В наших наблюдениях скорость дрейфа всплесков Ш типа составила от 2 до 4 МГц/с. Всплески ШЬ типа дрейфовали с большей скоростью. Их скорость дрейфа имела значения в интервале 3-6 МГц/с. Эти значения хорошо согласуются с результатами предыдущих исследований [2, 3, 6, 8].

Средние значения степени круговой поляризации всплесков Ш типа в паре всплесков ШЬ-Ш типа в апреле и июне на всех частотах фактически совпали и изменялись с частотой незначительно, проявляя слабый тренд убывания с ростом частоты (Рис.2с). Средняя степень поляризации всплесков Ш типа на различных частотах изменялась от 7% до 17%. Поляризация всплесков ШЬ типа значительно больше. На разных частотах её средние значения изменялась в пределах 50-70%, медленно уменьшаясь с ростом частот.

В дни с максимальным количеством всплесков апрельской и июньской сессий наблюдений, а именно 3 апреля – 44 пары, и 5 июня – 41 пара, были измерены частоты максимумов интенсивности всплесков Ш типа – f_{III} в момент максимумов интенсивности всплесков ШЬ типа на частоте 16 МГц – f_{IIIb} . Мы получили отношения частот f_{III}/f_{IIIb} в один и тот же момент времени равные 1.94 и 1.93 в апреле и июне соответственно.

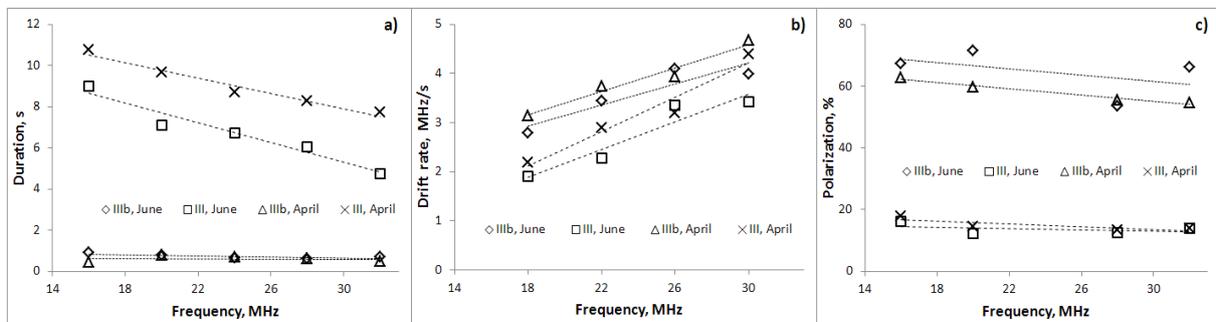


Рисунок 2. Частотная зависимость параметров всплесков пар ШЬ-Ш типа на различных частотах 3 апреля и 5 июня 2011 г.

Обсуждение

Исходя из предполагаемого плазменного механизма генерации пар всплесков типа Шб-Ш, очень трудно объяснить большую разницу длительностей компонентов гармонической пары, отличающихся по нашим измерениям почти в восемь раз. Подвергает сомнению гармоническую связь компонентов пары этих всплесков также отсутствие у типичных всплесков Ш типа тонкой структуры аналогичной *stria*.

Большие различия длительностей компонентов исследуемых пар, скорее всего, объясняются тем, что при анализе обычно берётся длительность одной полоски-*stria*, в то время как всплеск Шб, как правило, состоит из разнесённых по времени и частоте элементов: расщеплённые пары, триплеты и другие комбинации *stria*. Суммарная их длительность не уступает длительности всплесков Ш типа основной гармонике (Рис.1). Относительно частотно-временной структуризации всплесков Ш типа нужно сказать, что такие всплески изредка встречаются [8]. По нашим данным степень поляризации таких всплесков небольшая и соответствует излучению второй гармонике.

В пользу гармонической связи пар всплесков Шб-Ш типа говорит следующее. Первое – в наших наблюдениях соотношение частот в данный момент времени всплесков пары Шб-Ш типа составило 1.9, что очень близко к 2. Второе – максимальное количество пар всплесков Шб-Ш типа наблюдалось тогда, когда ответственные за активность в радиодиапазоне группы NOAA1178, NOAA1183 и NOAA1225 находились в западной части диска Солнца на долготах 40°-50°. В эти же дни регистрировались наибольшие значения степени поляризации всплесков. В случае плазменного механизма генерации излучения всплесков пар Шб-Ш типа, диаграмма направленности излучения первой гармонике в основном ориентирована в направлении движения электронов, в то время как диаграмма направленности второй гармонике преимущественно имеет направление под прямым углом к распространению пучка. Одновременно первая и вторая гармоника могут наблюдаться при направлении распространения электронов около 40-50 градусов к лучу зрения, то есть, когда активные области находятся в 40-50 градусах от центрального меридиана. И, наконец, третье – наблюдаемая нами высокая степень поляризации ≈50% всплесков Шб типа, бесспорно, указывает на то, что это излучение первой гармонике. Поляризация второго компонента пары – всплеска Ш типа ≈10% соответствует степени поляризации излучения второй гармонике. Таким образом, результаты наших наблюдений указывают на гармоническую связь компонентов пар Шб-Ш типа.

Однако для окончательного решения вопроса о гармонической связи всплесков в парах Шб-Ш типа, на наш взгляд, необходимо продолжение, как наблюдений, так и теоретических исследований.

Благодарности. Работа частично была проведена в рамках проекта "SOLSPANET" (номер FP7-PEOPLE-2010-IRSES-269299).

Литература

1. S.Suzuki, G.A.Dulk: 1985, Bursts of type III and type V, In: Ed(s). D.J. McLean, N.R. Labrum, Solar Radiophysics / Cambridge University Press, Cambridge, p.289.
2. G.R.A.Ellis, P.M.McCulloch: 1967, Aust. J. Phys., vol.20, p.583.
3. E.P.Abranin, L.L.Bazelyan, Ya.G.Tsybko: 1984, Solar Physics, vol.91, p.377.
4. J.delaNoë, A.Boischot: 1972, Astron. & Astrophys., vol.20, p.55.
5. V.Krishan, K.R.Subramanian, CH.V.Sastry: 1980, Solar Physics, vol.66, p.347.
6. D.B.Melrose: 1985, Plasma emission mechanism, In: Ed(s). D.J. McLean, N.R. Labrum, Solar Radiophysics / Cambridge University Press, Cambridge, p.177.
7. J.delaNoë: 1975, Astron. & Astrophys., vol.43, p.201.
8. T.Takakura, S.Yousef: 1975, Solar Physics, vol.40, p.421.
9. A.I.Brazhenko, et all: 2005, Kinematics and Physics of Celestial Bodies Suppl. Ser., vol.21, No.5, p.43.
10. V.N.Mel'nik, et all: 2005, Astronomical and Astrophysical Transactions, vol.24, No.5, p.391.