

УДК 52-77

ПОИСК И ОБНАРУЖЕНИЕ БЫСТРЫХ РАДИОВСПЛЕСКОВ В НАПРАВЛЕНИИ ГАЛАКТИК M31 И M33

В. А. Фёдорова, А. Е. Родин

В статье приводятся результаты обработки данных радиотелескопа БСА ФИАН в период с 2012 по 2019 гг. на предмет поиска быстрых радиовсплесков в галактиках M31 и M33. С помощью математического моделирования был получен шаблон фиксированной формы, который в дальнейшем использовался для выделения искомого импульсного сигнала путем свертки с пробной мерой дисперсии. В результате в период с июля 2012 г. по февраль 2019 г. обнаружено девять быстрых радиовсплесков с различными мерами дисперсии, три из которых зарегистрированы в направлении M33, шесть импульсов обнаружены в направлении M31. Приводятся характеристики импульсов.

Ключевые слова: быстрые радиовсплески, БСА ФИАН, спорадические сигналы, галактики M31 и M33.

Введение. Поиск и обнаружение быстрых радиовсплесков – это исследование, находящееся на переднем крае астрофизики. Впервые такой импульс был обнаружен в 2007 году в архивных данных RT-64 в Парксе [1]. На апрель 2019 г. в каталоге FRB [2] насчитывается 84 импульса, два из которых являются повторяющимися. Известный FRB 121102 – это единственный радиовсплеск, который отождествлен с неправильной карликовой галактикой. Более тщательные исследования с помощью телескопов “Хаббл” и 8.2-метрового Subaru позволили установить, что объект, неоднократно породивший импульсы, находится в месте активного звездообразования [3].

Попытки зарегистрировать сигналы внегалактического происхождения были предприняты еще в 80-х гг. [4]. Но первые серьезные результаты были получены Рубио–Херрера с соавторами при поиске сигналов из галактики M31 [5]. В ходе работы группе

ПРАО АКЦ ФИАН, 142290 Россия, Пущино; e-mail: fedorova-astrofis@mail.ru.

удалось зарегистрировать несколько импульсов, мера дисперсии которых соответствовала их внегалактическому происхождению. В результате анализа этой и других работ, а также успешной регистрации трех быстрых радиовсплесков на частоте 111 МГц [6], нами было принято решение проанализировать архивные данные радиотелескопа БСА ФИАН на предмет поиска импульсов, аналогичных быстрым радиовсплескам, в направлении галактик М31 и М33.

Аппаратура. Антенна БСА ФИАН представляет собой инструмент меридианного типа, работающая на частоте 111 МГц в полосе приема 2.5 МГц в шести частотных каналах по 415 кГц каждый. Флуктуационная чувствительность при временном разрешении 0.1 с составляет 140 мЯн. Цифровая обработка сигнала проводилась с помощью процессора быстрого преобразования Фурье (БПФ) на 512 отсчетов. Многолучевая диаграмма направленности радиотелескопа перекрывает участок неба от -9° до 42° по склонению. Большое поле зрения БСА ФИАН (~ 50 кв. гр.) является большим преимуществом в поиске быстрых радиовсплесков. Эффективная площадь радиотелескопа составляет ~ 47000 м² в зените и уменьшается к горизонту пропорционально $\cos z$, где z – зенитное расстояние.

Математическое моделирование и обработка данных. Математическая обработка включала в себя несколько этапов. В первую очередь была промоделирована форма принимаемого импульса, который имеет уширение не только в результате прохождения

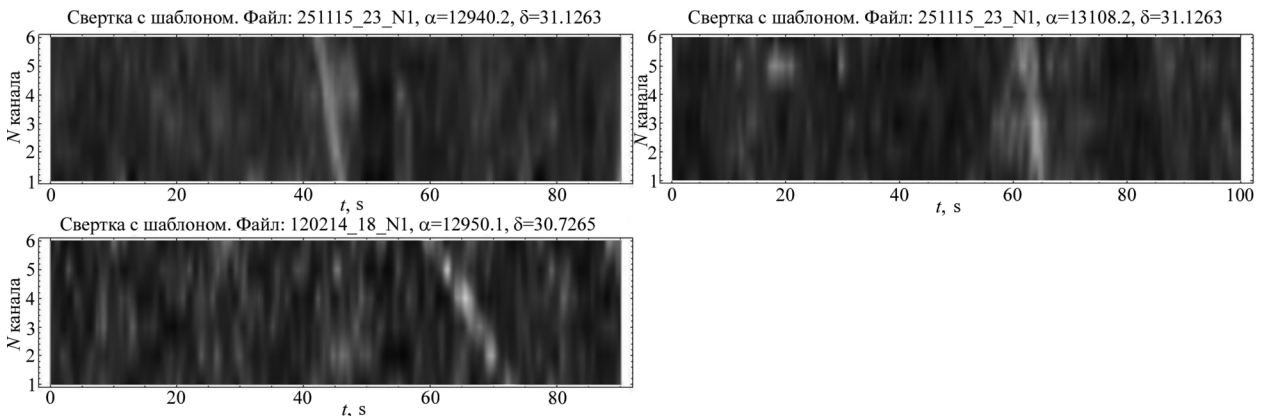


Рис. 1: *Динамические спектры импульсов, обнаруженных в направлении галактики М33. В названии каждого файла указана дата, прямое восхождение и склонение. По оси абсцисс показано время. По оси ординат расположены номера частотных каналов с первого частотного канала (109.2 МГц) по шестой канал (111.3 МГц).*

сквозь межзвёздную среду, но и в результате дисперсионного размазывания в каждом из шести частотных каналов. Далее использовался следующий способ выделения сигнала на фоне шумов антенны: производилась свертка сигнала с шаблоном в виде промоделированного искомого импульса и перебор меры дисперсии от 0 до 2500 пк/см³. После этого проводился визуальный анализ пятиминутных записей радиотелескопа в направлении галактик М33 и получасового участка в направлении М31. При обнаружении сигнала производилось уточнение его меры дисперсии, в результате чего у каждого зарегистрированного сигнала этот параметр определялся достаточно точно.

Результаты. В период с июля 2012 г. по февраль 2019 г. в ходе обработки архивных данных радиотелескопа БСА ФИАН обнаружено девять новых быстрых радиовсплесков с мерами дисперсий от 203 пк/см³ до 1262 пк/см³. На рис. 1, 2 приведены динамические спектры событий, обнаруженных в направлении галактик М31 и М33. В табл. 1 приведены оценки параметров импульсов.

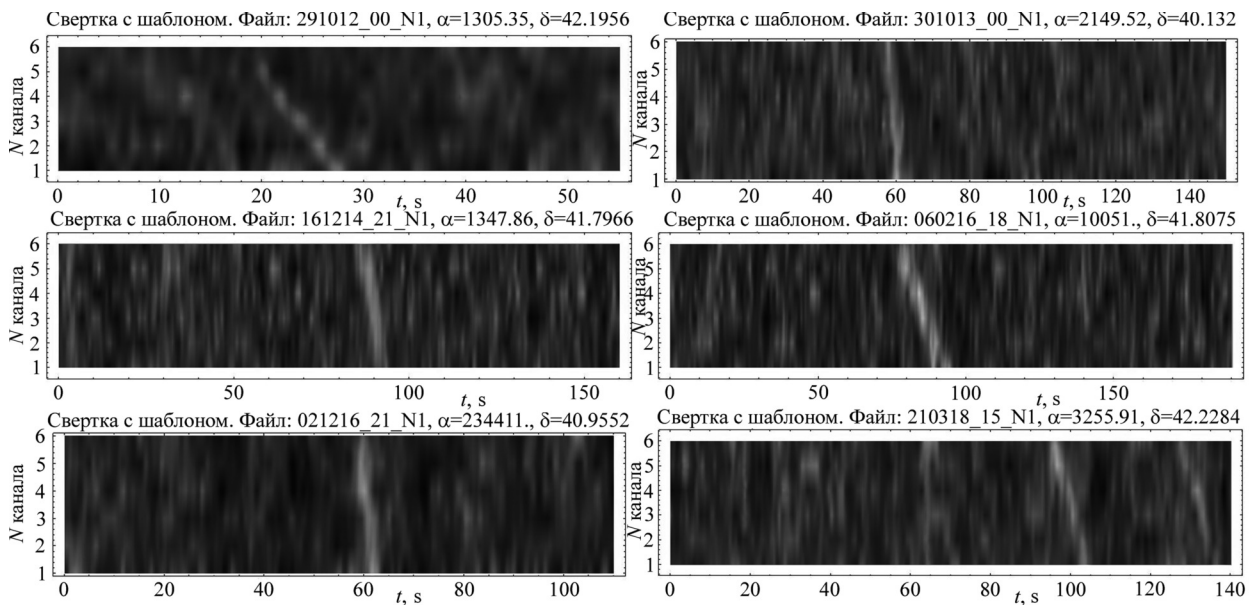


Рис. 2: Динамические спектры импульсов, обнаруженных в направлении галактики М31. В названии каждого файла указана дата, прямое восхождение и склонение. По оси абсцисс показано время. По оси ординат расположены номера частотных каналов с первого частотного канала (109.2 МГц) по шестой канал (111.3 МГц).

Одно из трех событий, зарегистрированное в направлении М33, можно отнести к повторяющимся. Координаты импульсов совпадают в пределах полуширины диаграммы направленности БСА ФИАН. Оценка мер дисперсии сигналов также совпала с погреш-

ностью ± 4 пк/см³. Импульсы были обнаружены с разницей в несколько дней, 25.11.2015 и 28.11.2015.

Т а б л и ц а 1

Параметры обнаруженных быстрых радиовсплесков

Дата	Координаты (J2000), α, β	Мера дисперсии, пк/см ³	С/Ш	Пиковая плотность потока, Ян
29.10.2012	0012, +42.06	732±5	7.3	0.34
30.10.2013	0025, +39.98	203±4	10.1	0.24
12.02.2014	0131, +30.54	910±4	9.2	0.26
16.12.2014	0014, +41.64	545±5	7.6	0.23
25.11.2015	0131, +30.98	273±4	8.5	0.54
28.11.2015	0132, +30.98	273±4	7.2	0.52
06.02.2016	0101, +41.63	1262±5	7.9	0.29
02.12.2016	2344, +40.80	291±4	7.1	0.29
21.03.2018	0033, +42.03	596±5	8.2	0.54

Отдельный интерес представляет событие, зарегистрированное в направлении М31 21.03.2016 г. За один пятиминутный интервал наблюдений удалось зарегистрировать два импульса с интервалом ~ 30 с. За весь период обработки данных такое событие было зарегистрировано однократно.

Оценки таких параметров как мера дисперсии указывают на то, что источники всех импульсов находятся гораздо дальше, чем исследуемые галактики М31 и М33. На этот факт также указывает отсутствие концентрации сигналов к центру галактик. В работе [6] нами описывались характеристики ранее обнаруженных импульсов, обнаруженных на частоте 111 МГц. Параметры новых импульсов схожи с параметрами предыдущих, а также с параметрами событий из каталога FRB.

Заключение. Таким образом, в архивных данных радиотелескопа БСА ФИАН обнаружены девять новых радиовсплесков с мерами дисперсии от 203 до 1262 пк/см⁻³ на частоте 111 МГц: трех в направлении галактики М33 и шести в направлении галактики М31. Два всплеска являются повторными, пришедшими с одного направления с разницей в три дня. Частота 111 МГц является самой низкой на данный момент частотой, на которой зарегистрировано данное явление. Этот факт позволяет исключить из дальнейшего рассмотрения теоретические модели радиовсплесков, которые запрещают возникновение FRB на столь низкой частоте.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] D. R. Lorimer, M. Bailes, M. A. McLaughlin, et al., *Science* **318**(5851), 777 (2007).
- [2] E. Petroff, E. D. Barr, A. Jameson, et al., *PASA* **33**(045), 7 (2016).
- [3] M. Kokubo, K. Mitsuda, H. Sugai, et al., *Astrophys. J.* **844**(95), 9 (2017).
- [4] I. R. Linscott and J. W. Erkes, *ApJ* **236**, L109 (1980).
- [5] E. Rubio-Herrera, B. W. Stappers, J. W. T. Hessels, and R. Braun, *MNRAS* **428**(4), 2857 (2013).
- [6] В. А. Федорова, А. Е. Родин, *АЖ* **96**(1), 41 (2019).

Поступила в редакцию 29 апреля 2019 г.

После доработки 11 сентября 2019 г.

Принята к публикации 11 сентября 2019 г.