

## НАБЛЮДЕНИЯ БЫСТРОГО РАДИОВСПЛЕСКА FRB 20220912A НА РАДИОТЕЛЕСКОПАХ БСА ФИАН И FAST

© 2023 г. В. А. Федорова<sup>1,\*</sup>, А. Е. Родин<sup>1,\*\*</sup>, Ж.-Б. Джанг<sup>2</sup>, С.-Ф. Донг<sup>2</sup>, С.-Ц. Ли<sup>3</sup>,  
Д. Ли<sup>4,5</sup>, П. Ванг<sup>4</sup>, Дж.-С. Джанг<sup>4</sup>, Й.-Ф. Хуанг<sup>6,7</sup>, Ф. Су<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН,

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория, Пушино, Россия

<sup>2</sup>Школа физики и физической инженерии, Педагогический университет Цюйфу, Цюйфу, Китай

<sup>3</sup>Школа кибернаук и инженерии, Педагогический университет Цюйфу, Цюйфу, Китай

<sup>4</sup>Университет Китайской академии наук, Пекин, Китай

<sup>5</sup>Главная лаборатория FAST КАН, Национальная астрономическая обсерватория,  
Китайская академия наук, Пекин, Китай

<sup>6</sup>Факультет астрономии и космических наук, Нанкинский университет, Нанкин, Китай

<sup>7</sup>Главная лаборатория современной астрономии и астрофизики, Нанкинский университет,  
Министерство образования, Нанкин, Китай

\*E-mail: fedorova@prao.ru

\*\*E-mail: rodin@prao.ru

Поступила в редакцию 23.12.2022 г.

После доработки 28.08.2023 г.

Принята к публикации 28.08.2023 г.

В работе приведен результат поиска импульсов от быстрого радиовсплеска FRB 20220912A на антенне БСА ФИАН на частоте 111 МГц в период активности в октябре–ноябре 2022 г. В результате наблюдений были зарегистрированы импульсы 18, 30 октября и 12 ноября с мерой дисперсии  $(220 \pm 10)$  пк/см<sup>3</sup> и пиковой плотностью потока 626, 354 и 203 Ян соответственно. Сообщается также о регистрации радиовсплеска FRB 20220912A на радиотелескопе FAST 28 октября в диапазоне частот 1–1.5 ГГц. Проанализированы данные на других частотах, получена зависимость ширины импульса от частоты  $t_s \sim f^{-2}$ .

*Ключевые слова:* быстрые радиовсплески, радиотранзиенты, межгалактическая среда

DOI: 10.31857/S0004629923100055, EDN: SSOOMT

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время учеными зарегистрировано 819 быстрых радиовсплесков по данным каталога<sup>1</sup> “FRBSTATS: Catalogue”. Из них 25 — это повторяющиеся события. 21 явление удалось отождествить с родительскими галактиками. В сентябре 2022 г. к списку из повторяющихся быстрых радиовсплесков было добавлено новое событие — FRB 20220912A.

Так как радиовсплеск FRB 20220912A проявил крайне высокую активность в широком диапазоне частот, то его наблюдали на разных радиотелескопах: CHIME, Стокерт, Deep Synoptic Array (DSA-110), Medicina Nothertn Cross (MNC) и др. Более подробная информация о наблюдениях на данных инструментах дана в Разделе 2.

Импульсы от FRB 20220912A были зарегистрированы на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц в период активности 18 и 30 октября, а также 12 ноября 2022 г. [1]. На радиотелескопе FAST импульсы были обнаружены 28 октября. Мера дисперсии в пределах погрешности совпала с величинами, указанными в более ранних сообщениях.

В статье подробно описывается обнаружение единичных импульсов от нового радиовсплеска FRB 20220912A на частотах 111 и 1050–1450 МГц. В Разделе 2 приведено описание радиотелескопов FAST и БСА ФИАН. В Разделе 3 представлены результаты наблюдений. Раздел 4 посвящен подробному обсуждению полученных результатов.

<sup>1</sup> <https://www.herta-experiment.org/frbstats/catalogue>

## 2. АППАРАТУРА

Радиотелескоп FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope) — это самый большой в мире радиотелескоп с заполненной апертурой диаметром 500 м. Диапазон наблюдательных частот 70–3000 МГц покрывается девятью приемниками. FAST может наблюдать в диапазоне зенитных углов 0–40°, невиньетированное поле зрения достигается при зенитных расстояниях до 30°. Чувствительность инструмента зависит от зенитного расстояния и для центральных лучей диаграммы направленности варьируется в диапазоне ~11.5–16 К/Ян. Шумовая температура системы находится в пределах ~19–27 К. Угловое разрешение радиотелескопа FAST составляет ~2′ на частоте 1250 МГц [2], при этом точность наведения инструмента на источник составляет 16″. Прием записи данных ведется с временным разрешением 49.152, 98.304 и 196.608 мкс. Число частотных каналов для разных режимов наблюдений составляет 1000, 2000, 4000 (по умолчанию) и 8000 [2].

Радиотелескоп БСА ФИАН — это один из самых чувствительных инструментов метрового диапазона волн. Рабочий диапазон БСА находится в пределах  $110 \pm 1.25$  МГц. Флуктуационная чувствительность радиотелескопа составляет 140 мЯн при временном разрешении 0.1 с в полосе приема 2.5 МГц и системной температуре 1000 К [3]. Регистрация сигналов ведется с помощью многоканального цифрового приемника, позволяющего вести запись в двух режимах. В первом режиме сигнал записывается с относительно низким частотным разрешением с использованием шести частотных каналов с полосой приема 415 кГц каждый. В таком варианте записи временной интервал между отсчетами составляет 100 мс. Данный режим записи используют при непрерывном мониторинге мерцающих источников. Второй режим записи ведется в 32 частотных каналах с полосой приема 78 кГц. При этом временное разрешение составляет 12.5 мс. Вне зависимости от выбранного режима записи формирование цифрового сигнала ведется с помощью процессора БПФ на 512 каналов.

В связи с особенностями диаграммы направленности БСА ФИАН эффективная площадь антенны имеет максимальное значение в зените ( $47\,000\text{ м}^2$ ) и уменьшается к горизонту, пропорционально  $\cos z$ , где  $z$  — зенитное расстояние. Поле зрения радиотелескопа составляет ~60 кв. град. Эта особенность позволяет проводить ежедневный мониторинг большого числа источников. Температура собственных шумов в системе зависит от фона неба и варьируется от 550 до 3500 К.

Отличительной особенностью меридианного радиотелескопа БСА ФИАН является его диаграмма направленности (ДН), которая включает в себя управляемую по склонению ДН (ДН-1) и стационарную (ДН-3). ДН-1 применяется при исследовании пульсаров [4]. С помощью ДН-3 наблюдения ведутся в непрерывном режиме. Так как быстрые радиовсплески — это спорадические явления, мониторинг источников проводился с помощью ДН-3 — 128-лучевой диаграммы направленности, созданной с целью исследования межпланетных мерцаний большого числа компактных радиоисточников. Диаграмма перекрывает участок неба по склонению от  $-9^\circ$  до  $55.5^\circ$ . Ширина главного луча ДН-3 по половинному уровню меняется от 24′ до 48′ в зависимости от склонения наблюдаемого источника.

## 3. НАБЛЮДЕНИЯ FRB 20220912A НА ЧАСТОТАХ 111 и 1050–1450 МГц

Для поиска импульсов от нового быстрого радиовсплеска FRB 20220912A (RA(2000)  $23^{\text{h}}\,09^{\text{m}}\,05.49^{\text{s}}$ , DEC(2000)  $+48^{\text{d}}\,42^{\text{m}}\,25.6^{\text{s}}$ ) на частоте 111 МГц на радиотелескопе БСА ФИАН были использованы архивные данные, запись которых велась в режиме шести частотных каналов с временным разрешением 0.1 с. В ходе работы был проведен анализ данных в период активности события с октября по ноябрь 2022 г. В результате проанализировано ~300 мин наблюдений. Из записи БСА ФИАН выбирался пятиминутный участок неба с центральными координатами, соответствующими координатам FRB 20220912A. Далее обработка данных проходила по уже отлаженному алгоритму, который применялся для обнаружения других радиовсплесков на частоте 111 МГц [5, 6]. Дополнительным критерием обнаружения являлась характерная колоколообразная форма кривой  $SNR(DM)$ , максимум которой совпадал со значением меры дисперсии, полученным в других сообщениях.

На радиотелескопе FAST для наблюдений быстрого радиовсплеска FRB 20220912A использовался многолучевой облучатель, состоящий из 19 лучей в  $L$ -диапазоне 1050–1450 МГц. Использовались временное разрешение 98.304 мкс и частотное разрешение 0.122 МГц.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Быстрый радиовсплеск FRB 20220912A впервые был зарегистрирован 12 сентября 2022 г. радиотелескопом CHIME/FRB на частоте 400 МГц [7]. Событие было обнаружено в виде девяти отдельных импульсов в период активности. Оценка меры дисперсии  $DM$  составила  $220\text{ пк/см}^3$ . Локализация источника была определена по самому

яркому импульсу и, таким образом, определены координаты: RA (J2000) 347.29°, DEC (J2000) +48.70°. Мгновенное отождествление сделать не удалось, но на роль родительской, по мнению авторов, может претендовать галактика 19.7 звездной величины, имеющая практически те же координаты.

Позднее появилось сообщение о наблюдении FRB 20220912A на радиотелескопе Стокерт в диапазоне частот 1330–1430 МГц [8]. В сообщении также было отмечено, что наблюдения проводились с 15 по 17 октября 2022 г., что соответствует 49 ч накопления данных по источнику. За указанный период были зарегистрированы 11 импульсов с пиковой плотностью потока от 6 до 181 Ян и флюэнсом от 10 до 779 Ян·мс. Значение меры дисперсии  $DM$  совпало с первоначальной величиной в сообщении [7].

С помощью радиотелескопа Deep Synoptic Array (DSA-110) 18 октября на частоте 1530 МГц также был зарегистрирован единичный импульс FRB 20220912A с соотношением С/Ш = 12.2 [9]. В сообщении приведена оценка меры дисперсии  $DM = 228.3$  пк/см<sup>3</sup>, что в пределах погрешности совпадает со значениями в других сообщениях. Других параметров импульса авторы статьи [9] не привели.

19 октября поступило сообщение о наблюдении FRB 20220912A на MNC (Medicina Northern Cross) на частоте 408 МГц [10]. Наблюдения проводились на протяжении нескольких дней по 43 мин ежедневно. Импульс от источника длительностью 4.5 мс был зарегистрирован 16 октября и имел флюэнс 65 Ян·мс. Следует отметить, что в данном случае авторы статьи [10] дают заниженные оценки, поскольку регистрация импульса была сделана в боковом лепестке диаграммы направленности радиотелескопа. Оценка меры дисперсии составила  $DM = 218.9$  пк/см<sup>3</sup>, соотношение С/Ш = 11.59.

Д. Хираматсу и др. [11] была сделана попытка определить с помощью камеры KeplerCam оптический аналог события FRB 20220912A в период его регистрации радиотелескопом MNC. Авторы статьи [11] сообщили, что однозначные аналоги импульса в указанный момент обнаружены не были.

Викрам Рави в своем сообщении [12] дал более точные координаты события FRB 20220912A. Как сообщил автор, после наблюдения радиовсплеска 18 октября 2022 г. была обнаружена ошибка в интерферометрической локализации импульса. Таким образом, уточненные координаты FRB 20220912A: RA(2000) 23<sup>h</sup> 09<sup>m</sup> 04.9<sup>s</sup> и DEC(2000) +48<sup>d</sup> 42<sup>m</sup> 25.4<sup>s</sup>. Это важное уточнение, поскольку в дальнейшем позволило точно определить родительскую галактику.

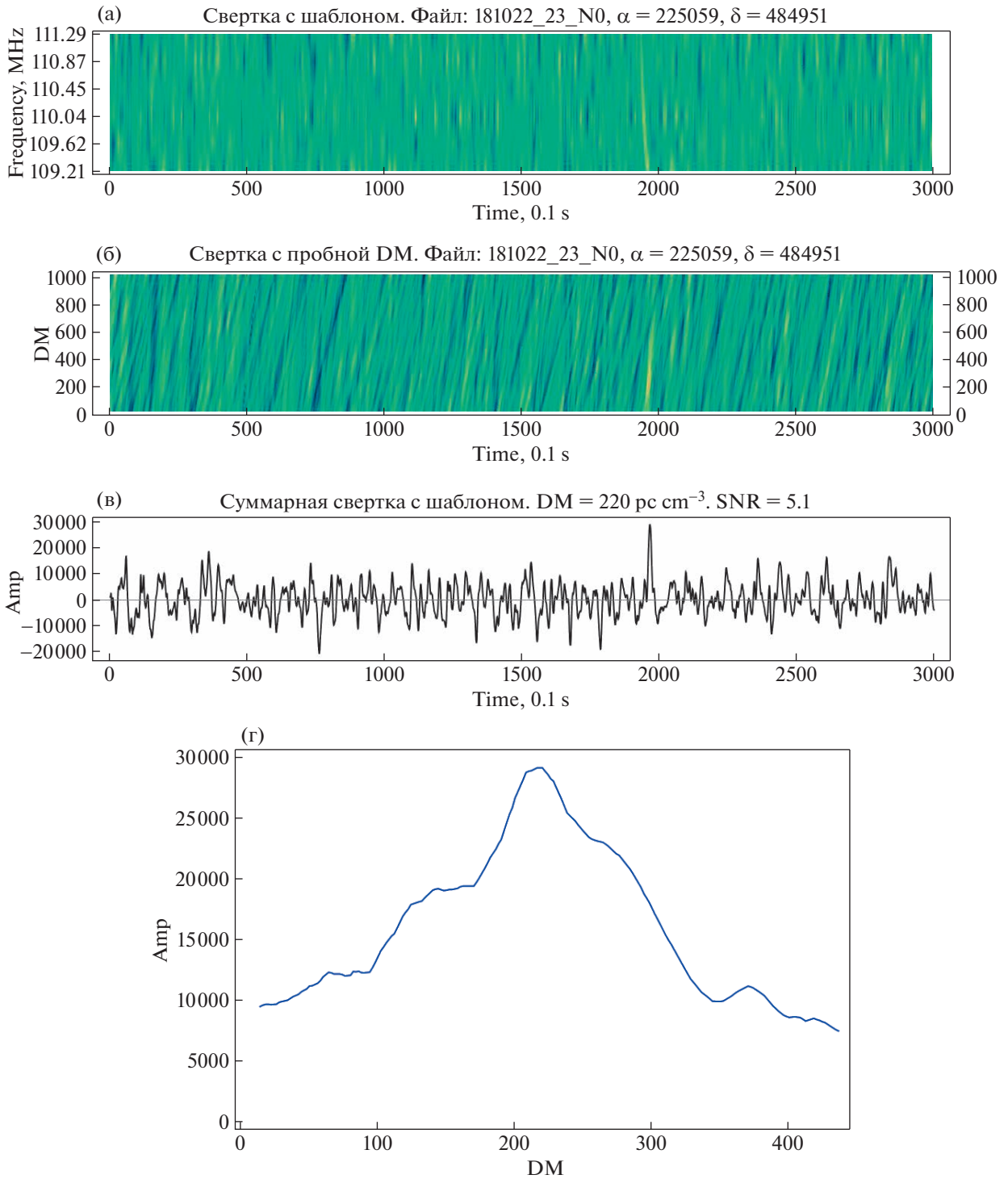
После сообщения [7] об импульсном излучении нового повторяющегося быстрого радиовсплеска к наблюдениям объекта был подключен радиотелескоп GBT. С помощью этого инструмента 24 октября 2022 г. за 85 мин непрерывных наблюдений было зарегистрировано 120 импульсов в диапазоне частот от 1100 до 1900 МГц [13]. Авторами отмечен тот факт, что интенсивность импульсов от FRB 20220912A составила 100 импульсов/час. Это является наибольшей интенсивностью среди других повторяющихся быстрых радиовсплесков.

Кирстен и др. [14] проводили наблюдения с помощью специальной VLBI-сети в рамках проекта PRECISE. Наблюдательные сессии выполнены 22 октября, 24–25 октября и 26–27 октября 2022 г., в общей сложности 16 ч наблюдений. Первые два сеанса наблюдений проходили на частоте 1.4 ГГц. В этот период за 160 мин наблюдений было зарегистрировано 169 импульсов от FRB 20220912A. Третий сеанс наблюдений проходил на частоте 5 ГГц и составил 197 мин. В результате третьего этапа наблюдений сигнала выше уровня  $7\sigma$  и плотностью потока 0.22 Ян обнаружено не было.

31 октября 2022 г. появилось сообщение о том, что на радиотелескопе FAST было зарегистрировано более 180 импульсов FRB 20220912A с соотношением С/Ш > 7 в диапазоне частот 1–1.5 ГГц [15]. Такая активность радиовсплеска наблюдалась в течение 30 мин наблюдений 28 октября и соответствует ~400 импульсам/час.

В этот же день, но несколькими часами позже, Перера и др. [16] сообщили о регистрации мощного импульса от FRB 20220912A на 12-м антенне (Аресибо) на частоте 2.3 ГГц. Авторы исследования проводили ежедневные наблюдения с 22 октября и уже 27 октября они зафиксировали мощный радиовсплеск с соотношением С/Ш = 22, шириной ~0.83 мс и флюэнсом 5.8 Ян·мс. Мера дисперсии импульса хорошо согласуется со значениями, полученными на других инструментах.

При наблюдении быстрого радиовсплеска FRB 20220912A в период активности с октября по ноябрь 2022 г. на радиотелескопе БСА ФИАН были зарегистрированы три единичных импульса 18, 30 октября и 12 ноября. Динамический спектр, суммарный профиль импульсов, а также зависимость  $SNR(DM)$  приведены на рис. 1–3. Мера дисперсии  $DM$  составляет  $220 \pm 10$  пк/см<sup>3</sup> и в пределах погрешности хорошо согласуется с ранее полученными результатами на других инструментах и частотах. Длительность импульсов составила 325, 256 и 332 мс, значение флюэнса ~932, 505 и 305 Ян·мс. Величина флюэнса первого импульса учитывает фактор ослабления 0.29, поскольку регистрация импульса пришлась на

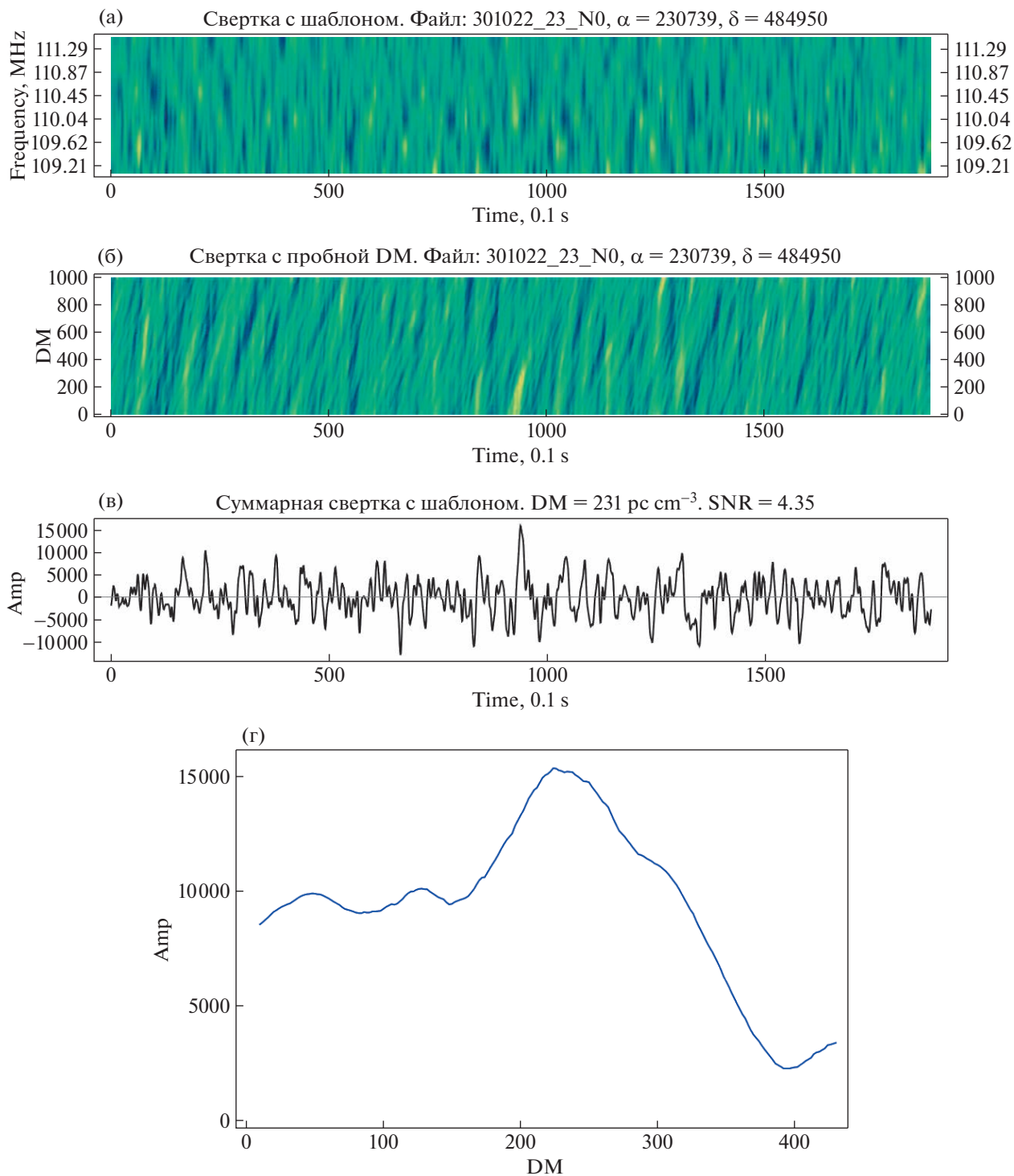


**Рис. 1.** FRB 20220912A, зарегистрированный 18.10.2022. Приведены (сверху вниз) динамический спектр импульса (а); свертка с пробной мерой дисперсии (б); суммарный профиль импульса (с) и зависимость амплитуды импульса от меры дисперсии (д).

боковую часть главного лепестка диаграммы направленности БСА. Погрешность для значения флюэнса составила  $\sim 15\%$ . Пиковая плотность потоков каждого импульса равна 626, 354 и 203 мЯн соответственно. Параметры импульсов

приведены в табл. 1. Все данные радиовсплеска FRB 20220912A, полученные на частоте 111 МГц, занесены в каталог<sup>2</sup> “PRAO FRBs at 111 MHz”.

<sup>2</sup> <https://fedorova-astrofis.wixsite.com/website/catalogue-prao-frb>

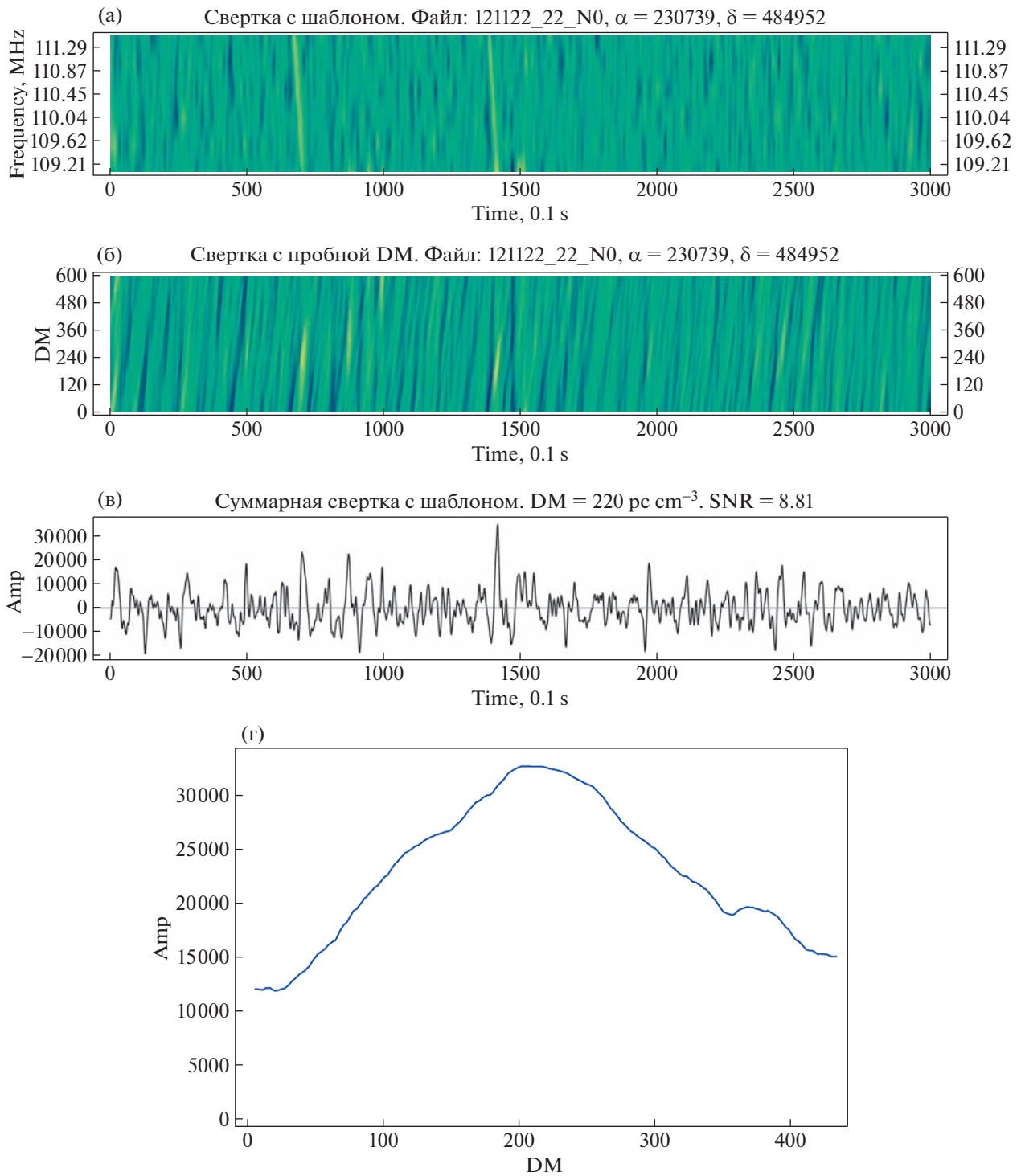


**Рис. 2.** FRB 20220912A, зарегистрированный 30.10.2022. Приведены (сверху вниз) динамический спектр импульса (а); свертка с пробной мерой дисперсии (б); суммарный профиль импульса (в) и зависимость амплитуды импульса от меры дисперсии (д).

## 5. ОБСУЖДЕНИЕ

Благодаря высокой активности быстрый радиовсплеск FRB 20220912A наблюдали во многих радиоастрономических обсерваториях на протя-

жении всей взрывной стадии в сентябре-ноябре 2022 г. на частотах от 0.11 до 5 ГГц. Интересной особенностью этого повторяющегося радиовсплеска является то, что его активность на раз-



**Рис. 3.** FRB 20220912A, зарегистрированный 12.11.2022. Приведены (сверху вниз) динамический спектр импульса (а); свертка с пробной мерой дисперсии (б); суммарный профиль импульса (в) и зависимость амплитуды импульса от меры дисперсии (д).

ных частотах проявляется совершенно по-разному. Так в [17] сообщают, что при одновременных наблюдениях на Allen Telescope Array (ATA) на 1.4 и 3 ГГц вспышки наблюдались только на 1.4 ГГц.

Сходный результат получен при РСДБ-наблюдениях в проекте PRECISE (Pinpointing REpeating CHime Sources with Evn dishes): импульсы были зафиксированы на частоте 1.4 ГГц, но отсутство-

**Таблица 1.** Параметры импульсов FRB 20220912A, зарегистрированных на радиотелескопе БСА ФИАН

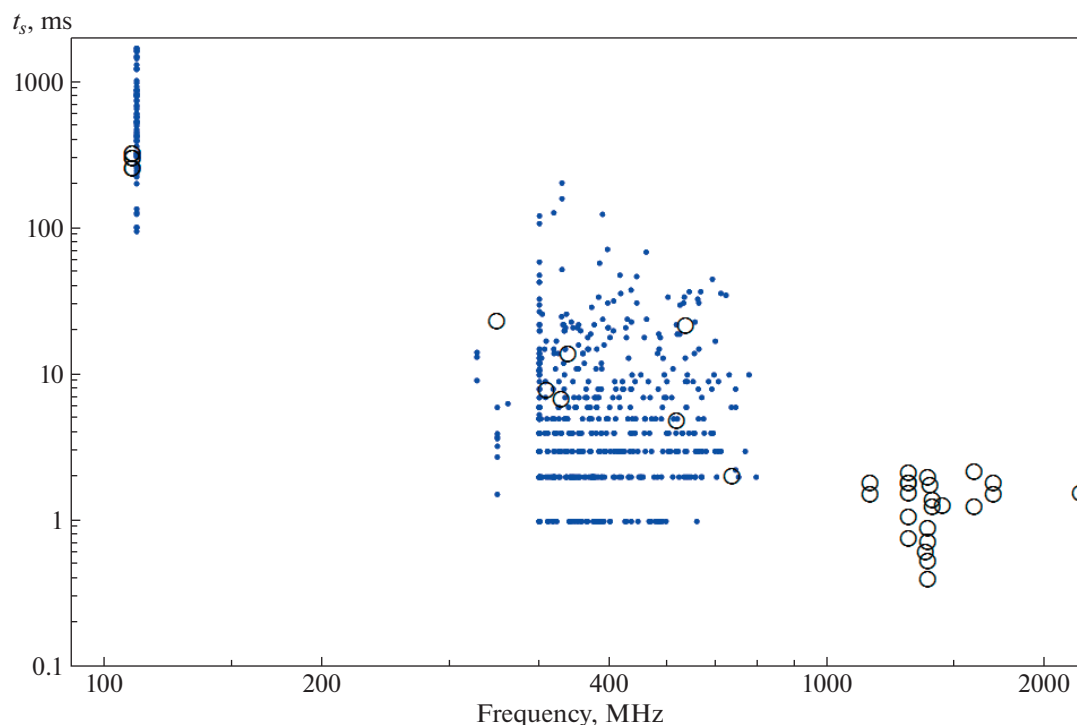
Дата	Мера дисперсии, пк/см <sup>3</sup>	С/Ш	Пиковая плотность потока, мЯн	Рассеяние импульса, мс	Наблюдаемая ширина импульса, с	Энергия, Ян мс
18.10.2022	220 ± 10	5.1	626	325	1.49	932
30.10.2022	231 ± 15	4.4	354	256	1.426	505
12.11.2022	221 ± 12	8.8	203	332	1.5	305

вали на 5 ГГц спустя 45 ч, когда радиоисточник все еще пребывал в активной фазе [14].

ПРАО приступила к поиску вспышек от FRB 20220912A с октября 2022 г. На момент написания статьи зарегистрировано три вспышки, параметры которых приведены в табл. 1. Сейчас можно уже сказать, что, несмотря на крайне высокую активность радиоисточника 400 импульсов/час [15], на частоте 111 МГц до нас доходят только отдельные самые мощные импульсы. Это в целом хорошо согласуется с известным наблюдательным фактом, что на низких частотах 100–150 МГц зарегистрировано на порядок меньше быстрых радиовсплесков, чем на частотах 400 МГц и выше [18]. Самым простым и прямолинейным объяснением этого факта, кроме гораздо меньшего количества наблюдений на низких частотах и разной чувствительности радиотелескопов, на наш

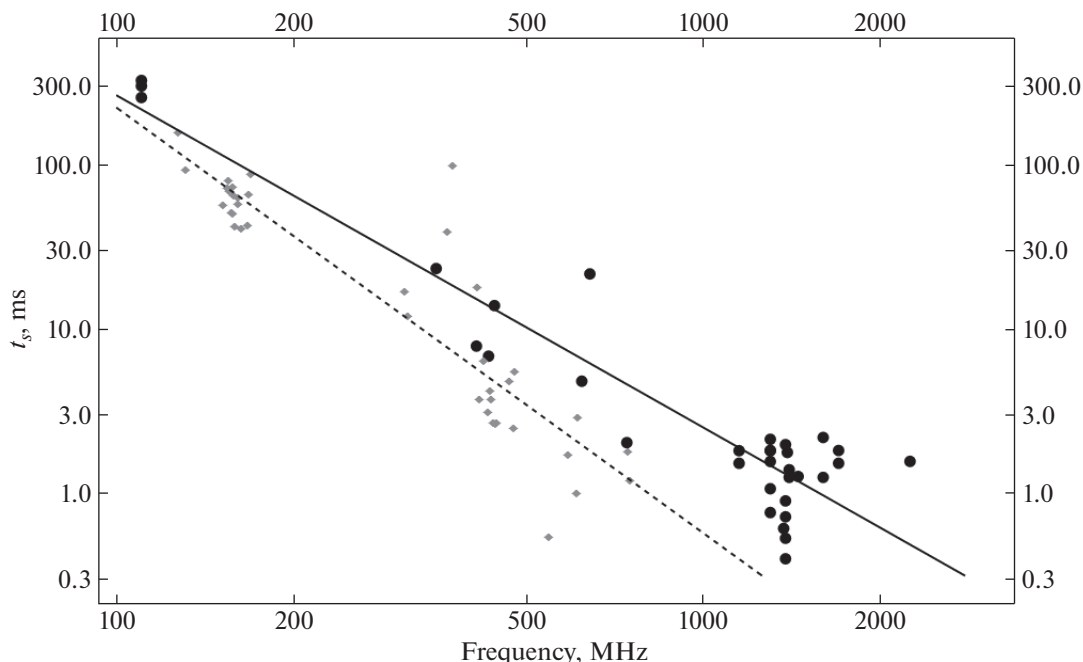
взгляд, является повышенное рассеяние импульса в межзвездной и межгалактической среде, которое автоматически приводит к пропорциональному уменьшению наблюдаемой амплитуды и падению чувствительности. Действительно, измерения ширины импульсов на 111 МГц дают характерные величины 150–300 мс, которые хорошо укладываются в общую зависимость ширины импульсов от наблюдательной частоты (см. рис. 4) по данным из “FRBSTATS: Catalogue”.

За два месяца наблюдений уже накоплен богатый наблюдательный материал на частотах от 0.11 до 5 ГГц, чтобы можно было начать делать экспериментальные выводы. Рисунок 5 сводит вместе все измерения ширины импульса на разных частотах. На графике показана зависимость шири-



**Рис. 4.** Ширина импульсов в зависимости от частоты для всех обнаруженных быстрых радиовсплесков. Импульсы от FRB 20220912A выделены незаполненными кругами.





**Рис. 5.** Ширина импульсов в зависимости от частоты для FRB 20220912A (черные круги) в период активности с сентября по ноябрь 2022 г. и FRB 20180916B (серые квадраты). Зависимости построены по данным из работ [1, 7–17, 19–23]. Мы надеемся, что в будущем импульсы от FRB 20220912A будут зарегистрированы на LOFAR и на графике появятся измерения в радиодиапазоне 120–180 МГц.

ны импульса от частоты в диапазоне  $\sim 0.11\text{--}2$  ГГц. Зависимость описывается формулой:

$$\lg t_s [\text{мс}] = (6.46 \pm 0.38) - (2.02 \pm 0.13) \lg f [\text{МГц}]. \quad (1)$$

На ширину импульса могут влиять разные факторы. В первую очередь стоит упомянуть рассеяние в межгалактической среде, которое при равной с пульсарами мере дисперсии на порядки меньше. Экспоненциальное затухание импульса после вспышки может имитировать рассеяние, в этом случае тяжело разделить эти два эффекта. Также нужно упомянуть эффект “печального тромбона”, который заключается в дополнительном запаздывании импульса на низких частотах. Наконец, уширение вспышки может быть вызвано ее сложной структурой, состоящей из ряда коротких импульсов, размазанных при распространении в среде, и отягощенных каждая своим эффектом “печального тромбона”.

Рассмотрим более детально рассеяние импульса в межгалактической среде на разных частотах. Исследователи, которые занимаются изучением распространения импульсных космических сигналов в плазме, приводят несколько причин для объяснения отличия рассеяния импульсов от закона, хорошо известного из физики межзвездной среды,  $\tau_s \sim f^{-\alpha}$ ,  $\alpha \simeq 4$ , наблюдаемого у пульсаров. Так, в работе [24] в первую очередь упомина-

ется отличие рассеяния от модели тонкого экрана, который должен быть бесконечно тонким и бесконечно большим, что, очевидно, не выполняется в реальности. Левандовски и соавт. [25] приписывают величины  $\alpha < 4$  наличию большого числа рассеивающих экранов. К такому же эффекту приводит наличие экрана конечной толщины [26]. Если смоделировать случай анизотропного распространения сигнала и попытаться его описать изотропной моделью, то это также приведет к величине  $\alpha < 4$  [27].

По поводу зависимости рассеяния от частоты необходимо отметить следующий факт: если придерживаться зависимости рассеяния от частоты  $t_s \sim f^{-4}$ , то мы неизбежно приходим к противоречию с наблюдаемыми величинами  $t_s$ . Детальный визуальный анализ наблюдаемых импульсов на частотах 400 МГц и выше однозначно показывает, что у всех импульсов задний фронт более пологий, чем передний. Даже если принять, что часть ширины определяется уширением в частотных каналах, а часть собственным размером излучающей области, то на само рассеяние остается все равно порядка миллисекунды или субмиллисекунды. Пересчитывая эту величину с частоты 1.4 ГГц на частоту 111 МГц, мы приходим к характерным величинам рассеяния порядка 10–25 с, что, очевидно, противоречит наблюдательным данным. Если провести обратный пересчет рассе-



яния 200–300 мс с 111 на 1400 МГц, то приходим к характерным величинам 7–10 мкс, что также входит в противоречие с характерными величинами шириной импульсов 1–10 мс. Таким образом, в рамках этих рассуждений мы приходим к выводу, что затухающий задний фронт импульса связан с его собственной формой и отражает форму самой вспышки.

Если придерживаться теории рассеяния, то для объяснения отличия величины  $\alpha$  от 4, на наш взгляд, необходимо исходить из следующих соображений. Показатель  $\alpha$  в зависимости  $t_s \sim f^{-\alpha}$  связан с показателем степени  $\beta$  в пространственном спектре неоднородностей  $P_{\delta n}(q)$  формулой

$$\alpha = \frac{2\beta}{\beta - 2},$$

$$P_{\delta n}(q) = C_n^2 q^{-\beta}, \quad \frac{2\pi}{l} \leq q \leq \frac{2\pi}{L}, \quad (2)$$

где  $l$ ,  $L$  – внутренний и внешний масштаб неоднородностей.

Если подходить чисто математически, то, устремляя  $\beta$  к бесконечности, получим  $\alpha \rightarrow 2$ .

Именно такая частотная зависимость  $t_s \sim f^{-(1.9 \pm 0.7)}$  получается, если соотнести рассеяние радиовсплесков на 1400 и 111 МГц, как сделано в работе [18]. С физической точки зрения это соответствует наличию в межгалактической среде очень крупных неоднородностей и отсутствию мелких. В самом предельном случае неоднородность вырождается в градиент плотности между родительской и нашей галактиками, что соответствует  $\beta = \infty$ .

Таким образом, несмотря на большое количество межгалактического вещества по пути распространения быстрых радиовсплесков, вещество это является гораздо более однородным по сравнению с веществом в галактиках и не приводит к заметному рассеянию импульсов на межгалактических расстояниях. Именно это свойство межгалактической среды позволяет регистрировать быстрые радиовсплески на межгалактических расстояниях.

Какое бы из приведенных выше объяснений ни оказалось верным, на наш взгляд представляется не совсем корректным применять теорию рассеяния, разработанную для галактических объектов, пульсаров, к объектам межгалактическим – быстрым радиовсплескам.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период активности нового быстрого радиовсплеска FRB 20220912A при наблюдении события на радиотелескопах FAST и БСА ФИАН в период с октября по ноябрь 2022 г. были обнаружены несколько импульсных сигналов. Параметры

всех трех импульсов, зарегистрированных на Антенне БСА ФИАН, приведены в табл. 1. Мера дисперсии в пределах погрешности совпадает с величиной  $DM$ , измеренной на других частотах. Экспериментальная зависимость ширины  $t_s$  импульсов FRB 20220912A принципиально отличается от закона  $t_s \sim f^{-4}$ , выведенного для рассеяния в межзвездной среде, и описывается законом  $\lg t_s [\text{мс}] = (6.46 \pm 0.41) - (2.02 \pm 0.13) \lg f [\text{МГц}]$ . Мониторинг быстрого радиовсплеска FRB 20220912A продолжается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. A. Fedorova and A. E. Rodin, *Astron. Telegram* № 15713 (2022).
2. *Fundamental Performance Parameters FAST*, <https://fast.bao.ac.cn/cms/article/97/>.
3. В. В. Орешко, Г. А. Латышев, И. А. Алексеев, Ю. А. Азаренков, Б. И. Иванов, В. М. Карпов, В. И. Кастромин, *Труды ИПА* **24**, 80 (2012).
4. A. E. Rodin, V. V. Oreshko, and V. A. Samodurov, *Astron. Rep.* **61** (1), 30 (2017).
5. V. A. Fedorova and A. E. Rodin, *Astron. Rep.* **63** (1), 39 (2019).
6. V. A. Fedorova and A. E. Rodin, *Astron. Rep.* **63** (11), 877 (2019).
7. R. Mckinven, *Astron. Telegram* № 15679 (2022).
8. W. Herrmann, *Astron. Telegram* № 15691 (2022).
9. V. Ravi, *Astron. Telegram* № 15693 (2022).
10. D. Pellicciari, G. Bernardi, M. Pilia, G. Naldi, et al., *Astron. Telegram* № 15695 (2022).
11. D. Hiramatsu, E. Berger, and A. Bieryla, *Astron. Telegram* № 15699 (2022).
12. V. Ravi, *Astron. Telegram* № 15716 (2022).
13. Y. Feng, Y. Zhang, D. Li, P. Wang, et al., *Astron. Telegram* № 15723 (2022).
14. F. Kirsten, J. W. T. Hessels, D. M. Hewitt, O. S. Ould-Boukattine, et al., *Astron. Telegram* № 15727 (2022).
15. Y. Zhang, J. Niu, Y. Feng, W. Zhu, et al., *Astron. Telegram* № 15733 (2022).
16. B. Perera, P. Perillat, F. Fernandez, P. K. Manoharan, et al., *Astron. Telegram* № 15734 (2022).
17. S. Sheikh, W. Farah, A. W. Pollak, A. P. V. Siemion, et al., *Astron. Telegram* № 15735 (2022).
18. V. A. Fedorova and A. E. Rodin, *Astron. Rep.* **65** (9), 776 (2021).
19. D. Pellicciari, G. Bernardi, M. Pilia, G. Naldi, et al., *Astron. Telegram* № 15696 (2022).
20. Z. Yu, F. Deng, C. Niu, J. Li, et al., *Astron. Telegram* № 15757 (2022).
21. Z. Yu, F. Deng, C. Niu, J. Li, et al., *Astron. Telegram* № 15758 (2022).
22. O. S. Ould-Boukattine, W. Herrmann, M. Gawronski, A. Gopinath, et al., *Astron. Telegram* № 15817 (2022).
23. Z. Pleunis, D. Michilli, C. G. Bassa, J. W. T. Hessels, et al., *Astrophys. J. Letters* **911**(1), id. L3 (2021).

24. *K. Bansal, G. B. Taylor, K. Stovall, and J. Dowell*, **875** (2), id. 146 (2019).
25. *W. Lewandowski, M. Dembska, J. Kijak, and M. Kowalinska*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **454** (3), 2517 (2015).
26. *B. J. Rickett, S. Johnston, T. Tomlinson, and J. Reynolds*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **395** (3), 1391 (2009).
27. *D. R. Stinebring, M. A. McLaughlin, J. M. Cordes, K. M. Becker, J. E. Espinoza Goodman, M. A. Kramer, J. L. Sheekard, and C. T. Smith*, *Astrophys. J. Letters* **549**, L97 (2001).

## OBSERVATIONS OF THE FAST RADIO BURST FRB 20220912A ON THE BSA FIAN AND FAST RADIO TELESCOPES

**V. A. Fedorova<sup>a</sup>, A. E. Rodin<sup>a</sup>, Zhi-Bin Zhang<sup>b</sup>, Xiao-Fei Dong<sup>b</sup>, Xiu-Juan Li<sup>c</sup>, Di Li<sup>d,e</sup>,  
Pei Wang<sup>d</sup>, Jun-Shuo Zhang<sup>d</sup>, Yong-Feng Huang<sup>f,g</sup>, and Fan Xu<sup>f,g</sup>**

<sup>a</sup>*P.N. Lebedev Physics Institute of the Russian Academy of Sciences,  
Pushchino Radio Astronomy Observatory, Pushchino, Russia*

<sup>b</sup>*School of Physics and Physical Engineering, Qufu Normal University, Qufu 273165, P. R. China*

<sup>c</sup>*School of Cyber Science and Engineering, Qufu Normal University, Qufu 273165, P. R. China*

<sup>d</sup>*CAS Key Laboratory of FAST, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences,  
100101, Beijing, China*

<sup>e</sup>*University of Chinese Academy of Sciences, 100049, Beijing, China*

<sup>f</sup>*School of Astronomy and Space Science, Nanjing University, Nanjing 210023, People's Republic of China*

<sup>g</sup>*Key Laboratory of Modern Astronomy and Astrophysics (Nanjing University),  
Ministry of Education, Nanjing, People's Republic of China*

This paper presents the result of the search for pulses from the fast radio burst FRB 20220912A on the antenna of the BSA FIAN at a frequency of 111 MHz during the period of activity in October–November 2022. As a result of observations, pulses were recorded on October 18, 30 and November 12 with a dispersion measure of  $(220 \pm 10)$  pc/cm<sup>3</sup> and a peak flux density of 626 Jy, 354 Jy, and 203 Jy, respectively. The registration of the FRB 20220912A radio burst on the FAST radio telescope on October 28 in the frequency range of 1–1.5 GHz is also reported. The data at other frequencies are analyzed, the dependence of the pulse width on the frequency  $t_s \sim f^{-2}$  is obtained.

*Keywords:* fast radio bursts, radiotransients, intergalactic medium