

Круглосуточный радио обзор неба на 110 МГц: база данных наблюдений и статистический анализ импульсных явлений в 2012-2013 гг.

В. А. Самодуров^{1,2}, А.С. Позаненко³, А.Е. Родин¹,
Д.Д. Чураков⁴, Д.В. Думский^{1,2}, Е.А. Исаев^{1,2},
А.Н. Казанцев¹, С.В. Логвиненко¹, В.В. Орешко¹,
М.О. Торопов⁵, М.И. Волобуева⁶

¹Пушинская Радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Пушкино

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва

³Институт космических исследований РАН, Москва

⁴Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, Королёв

⁵ООО "Автоматизация Бизнеса", Москва

⁶Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

sam@prao.ru , apozanen@iki.rssi.ru , rodin@prao.ru , dmitr22@list.ru , dumsky@prao.ru ,
eisaev@hse.ru , kaz.prao@bk.ru , lsv@prao.ru , oreshko@prao.ru , mt1710@yandex.ru ,
panther_gatchina@mail.ru

Аннотация

В Пушинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН находится один из наиболее чувствительных радиотелескопов на частоте 110 МГц – БСА (Большая Сканирующая Антенна). Начиная с 2012 г. на БСА ФИАН стартовали непрерывные круглосуточные наблюдения на многолучевой диаграмме в полосе 109-112 МГц. Сейчас используются 96 лучей наклонениях от –8 до +42 градуса. Число частотных полос – от 6 до 32; постоянная времени 0,1 с и 0,0125 с. В режиме приема 32 полос с постоянной времени 0,0125 с за сутки регистрируется 87.5 Гбайт информации (в год 32 Тбайт). Эти данные дают большие возможности, как для краткосрочного, так и для долгосрочного мониторинга различных классов радиоисточников (в том числе радиотранзиентов различной природы), мониторинга ионосферы Земли, межпланетной и межзвездной плазмы, поиска и мониторинга различных классов радиоисточников. Для структурирования большого количества данных наблюдений и для систематизации их обработки была создана специализированная база данных (http://astro.prao.ru/cgi/out_img.cgi). В данной работе мы обсуждаем методы выделения импульсных явлений из нее и первые результаты такой обработки. При помощи базы данных выделено 83096 индивидуальных импульсных событий (на отрезке

июль 2012 - октябрь 2013), которые могут соответствовать пульсарам, мерцающим источникам и быстрым радиотранзиентам. В результате создана однородная выборка импульсных явлений для последующего проведения статистического анализа обнаруженных событий.

1 Введение

Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН располагает одним из наиболее высокочувствительных радиотелескопов в мире - БСА (Большая Сканирующая Антенна или, в другой расфировке – большая синфазная антенна). Радиотелескоп БСА ФИАН был создан в 1970 – 1974 г.г. БСА ФИАН является радиотелескопом меридианного типа и представляет собой эквидистантную фазированную антенную решетку, состоящую из 16384 волновых диполей расположенных на площадке 384x187 м (геометрическая площадь более 70 тыс. кв. м, эффективная – около 45 тыс.).

Радиотелескоп первоначально работал в диапазоне 101 - 104 МГц, но в 1996 году был перенастроен на диапазон 109 – 112 МГц (т.е. длина волны около 3 м). В этом диапазоне БСА является самым чувствительным телескопом в мире (и одним из наиболее чувствительных в мире на метровом диапазоне волн в целом). Системная эквивалентная плотность потока (SEFD) радиотелескопа равна 34 Ян [1] в зените при минимальной температуре фона, что примерно в 3 раза лучше, чем у радиотелескопа LOFAR [2] на частоте 110 МГц.

БСА ФИАН – это незаменимый инструмент для решения целого ряда задач в области исследования

Труды XVIII Международной конференции DAMDID/RCDL'2016 «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных», Ершово, 11-14 октября 2016

пульсаров, изучения динамических процессов в околосолнечной и межпланетной плазме, анализа структуры компактных радиоисточников в метровом диапазоне волн. Заметим, что сейчас длинноволновая радиоастрономия (в диапазоне 10-300 МГц) переживает новую волну интереса. Для этого диапазона существует обширный класс научных задач (см., например, в [3]). Уже существующие инструменты (наиболее известный из них УТР-2 [4]) переживают второе рождение, строятся также новые радиотелескопы – кроме LOFAR нужно назвать ГУРТ [3] и LWA [5].

2 Наблюдения и аппаратура

2.1 Характеристики радиотелескопа БСА ФИАН

Важнейшей особенностью БСА является то, что он работает в режиме приема полной мощности. Это позволяет снимать на нем, помимо дискретных радиоисточников, фоновое излучение нашей Галактики и протяженные источники с характерным размером до 2-3 градусов. Вторая особенность – БСА изначально проектировался с возможностью формирования на нем многолучевой диаграммы. До 2007 г. диаграмма направленности БСА состояла из 16 лучей, затем была сформирована вторая, независимая 16-лучевая диаграмма. Наконец, в 2010-11 гг. была разработана и создана еще одна (уже третья) диаграммообразующая система из 128 лучей.

Основные технические параметры радиотелескопа БСА сейчас следующие:

- Рабочий диапазон частот – 112 МГц;
- Эффективная площадь антенны (максимальная) – 47 000 м. кв.
- Системная температура шума (минимальная) – 560 К;
- Поляризация антенны – линейная (горизонтальная, вдоль направления восток-запад);
- Число одновременно формируемых лучей диаграммы – 128;
- Ширина луча диаграммы в Е-плоскости – 54 угл.мин.;
- Ширина луча диаграммы в Н-плоскости – 24 угл.мин.(зенит).

Новая система диаграммообразования формирует 128-лучевую диаграмму, плотно перекрывающую телесный угол в 40 кв. градусов. Но без цифровой многоканальной системой регистрации она недееспособна. Первые 48 лучей диаграммы были оснащены многоканальными приемниками 7 июля 2012 г. (старт круглосуточных наблюдений). Начиная с 1 апреля 2013 г. ведется запись файлов с наблюдательными данными уже с 96 лучей в секторе склонений $-8^\circ < \delta < +42^\circ$.

Характеристики приемно-регистрирующей системы (чувствительность – для зенита, при минимальной температуре фона):

- Число каналов (лучей) регистрации – 96;

- Полоса частот регистрации – 2,5 МГц с центральной частотой 110,25 МГц;
- Число частотных каналов в одном канале регистрации от 6 до 32;
- Интервал выборки сигнала в канале $\Delta t = 12,5 - 100$ мс;
- Максимальная чувствительность (для всей полосы 2,5 МГц) радиотелескопа БСА при постоянной времени 100 мс равна 0,07 Ян, при 12,5 мс – 0,2 Ян;
- Чувствительность для одной спектральной полосы (415 или 78 кГц соответственно): 0,16 или 1,06 Ян для 100 и 12,5 мс соответственно.

Итак, начиная с 1 апреля 2013 г. на БСА ведется запись с 96 лучей по линии Юг в секторе склонений: $-8^\circ < \delta < +42^\circ$ (ранее, с 6.07.2012 - регистрация велась с 48 лучей, в секторах склонений $+8.7^\circ < \delta < +12.6^\circ$ и $25^\circ < \delta < +42^\circ$). Это составляет 5,08 стерадиана или 0,40 поверхности всей сферы. Многолучевая диаграмма сейчас одновременно покрывает 40 кв. градусов (1/1000 всей сферы).

При этом время прохождения источника через диаграмму БСА около 5 минут, т.е. вероятность попадания в произвольный момент времени источника из наблюдаемой полосы склонений в главные лепестки многолучевую диаграмму $\sim 1/300$.

Дополнительно особо отметим факт, что возможен захват сигнала от мощных источников также боковыми лепестками диаграммы в зоне наблюдений вплоть до ± 40 градусов от главного лепестка. Действительно, форма диаграммы БСА описывается функцией

$$(\alpha, \delta) = [\sin x / x]^2 \cdot [\sin y / y]^2, \quad (1)$$

где $x = (\pi D_1 / \lambda) (\alpha - \alpha_0)$, $y = (\pi D_2 \cos Z / \lambda) (\delta - \delta_0)$, λ и δ – экваториальные координаты, (λ_0, δ_0) – координаты, определяющие положение максимума диаграммы направленности радиотелескопа, D_1 и D_2 – размеры БСА ФИАН в направлениях с Востока на Запад и с Севера на Юг, соответственно.

Нетрудно найти из (1), что в боковых лепестках на указанном расстоянии от центрального направления регистрируется около 1/10000 от мощности сигнала в главном лепестке. Однако, ввиду того, что диаграмма антенной решетки имеет гораздо более сложный вид (с увеличенными боковыми лепестками), чем диаграмма идеального элемента, а также ввиду влияния погоды и прочих искажающих факторов, сигнал в далеких боковых лепестках увеличивается обычно на порядок и может достигать – 1/1000 от мощности сигнала в главном лепестке.

Как результат, в секторе около 1 стерадиана рядом с небесным меридианом БСА способен регистрировать на небе в любой момент времени источники порядка ~ 1 тыс. Ян (в том числе, особо отметим – источники транзиентного характера).

В случае прямого попадания в зону главного лепестка одного из лучей диаграммы, для критерия

обнаружения $S/N \geq 10$ у спорадического (транзиентного) сигнала на фоне обычных данных, получаем следующие оценки. Единичный надежно обнаружимый импульсный выброс данных на одной полосе 415 кГц ($\Delta t = 100$ мс) будет $\geq 1,6$ Ян, для полосы 78 кГц ($\Delta t = 12,5$ мс – вполне удовлетворяет характерным масштабам FRB, особенно с учетом их возможного уширения ввиду межзвездного рассеяния на низких частотах) – $\geq 10,6$ Ян. Отметим, что для проведенного недавно на LOFAR пульсарного обзора [6] авторы сделали аналогичную оценку с тем же критерием $S/N = 10$ для поиска быстрых радиовсплесков FRB (см. далее), и она ≥ 107 Ян (для $\Delta t = 0,66$ мс). То есть 32-частотные данные БСА с $\Delta t = 12,5$ мс имеют хороший потенциал даже в сравнении с LOFAR, но при этом подобные обзоры мы делаем ежедневно. В данной работе, однако, для отработки методики мы пока работали с 6-частотными данными ($\Delta t = 100$ мс).

2.2 Регистрация наблюдательных данных

Регистратор представляет собой промышленный компьютер с возможностью установки комплекта из 6 модулей для регистрации сигналов, идущих от разных лучей радиотелескопа БСА. Каждый модуль обрабатывает и регистрирует 8 сигналов (лучей). В итоге один регистратор записывает данные с 48 лучей радиотелескопа (работает 2 регистратора).

Сигнал от каждого луча разбивается на несколько частотных диапазонов. По умолчанию количество таких полос устанавливается равным 6 (максимально – 32 полосы) на общую полосу в 2,5 МГц. Кроме того, в выходной файл регистратора записывается также сигнал с общей полосы приема телескопа. При заданном количестве полос 6 (ширина каждой полосы 415 КГц), в выходном файле будет содержаться информация о 7 частотных диапазонах, при числе полос 32 (ширина каждой полосы 78 КГц) – соответственно записываются 33 числа для каждой временной точки с каждого луча. Обычно сигнал снимается с постоянной времени 100 мс, т.е. 10 раз в секунду (максимальная частота съема данных до 80 раз в секунду). Сами данные пишутся как 32-х битные числа с плавающей запятой. Итак, в стандартном режиме (6 полос по 415 КГц, с постоянной времени 100 мс) каждую секунду мы десять раз пишем массив четырехбайтовых чисел 48x7. В конце каждого часа накопившийся массив данных сбрасывается в файл (размером по 46 Мб с каждой из двух установок). В итоге, за сутки с 96 лучей диаграммы с апреля 2013 г. поступает 2.3 гигабайта научной информации (в год 848 Гбт).

В быстрой, «тяжелой» моде (32 полосы по 78 КГц, с постоянной времени 12,5 мс) соответственно в секунду пишется с одной установки $80 \times 48 \times 33 \times 4 \approx 507$ Кб данных (в сутки с 2-х установок – 87.6 Гб, в год – 32 Тб). Именно данные в «тяжелой» моде особо ценны, поскольку могут использоваться для поиска радиотранзиентов самого различного вида – от пульсаров до FRB всплесков. Для поиска быстрых

радиовсплесков (Fast Radio Burst (FRB) – открытые в 2007 [7] источники внегалактической природы, поскольку они имеют большие дисперсионные задержки $DM \gg 100$ $\text{pc} \cdot \text{cm}^{-3}$) необходимы именно миллисекундные масштабы.

Поэтому в мае 2014 г. была проведена работа по перепрограммированию и настройке многоканального регистрирующего комплекса, после чего стала возможной регистрация одновременно двух режимов: и стандартного, и быстрого. В результате с июня 2014 ведется одновременная регистрация обеих мод. Соответственно, поток данных достиг почти 90 Гб в сутки и 33 Тб (терабайт) в год. На текущий момент (начало июля 2016) уже накоплено 4 года ежедневных обзоров для данных малого формата (6 полос 10 раз в секунду) и 2 года непрерывных наблюдений данных большого формата (32 полосы 80 раз в секунду). Всего сейчас уже хранится 68 Тб.

Этот поток данных является ключевым для мониторинга состояния земной ионосферы, мониторинга вспышек на Солнце (космической погоды), обнаружения тысяч мерцающих радиоисточников, мониторинга потоков сотен радиоисточников в нашей Галактике и за ее пределами, поиска новых радио объектов. В последнем типе задач наиболее интересны направления поиска быстрых радиотранзиентов (вспышек), т.н. FRB, на небе на масштабах миллисекунд. Подобные радиовсплески открыты в дециметровом диапазоне, но в метровом диапазоне их пока никто не находил. Мы полагали также возможным обнаружение новых радиопульсаров, и наши надежды уже оправдались [8,9]. Мы надеемся обнаружить в наших данных еще несколько десятков новых пульсаров.

Существуют и другие аспекты применения этих уникальных данных, в том числе для прикладных исследований. Однако для того, чтобы получить выход от этого огромного потока научных данных, его нужно структурировать и максимально эффективно обработать.

3 Обработка данных

3.1 База данных наблюдений

В феврале 2014 года сформирована специальная база данных (на основе PostgreSQL) наблюдений на третьей многолучевой диаграмме БСА. Она снабжена средствами графического вывода данных. В базе данных были собраны наблюдения с 6 июля 2012 вплоть по 20-е октября 2013 г. для стандартной моды наблюдений [10]. Каждые 5 секунд этого периода рассчитывались 27 параметров для каждого луча, на их основе построено более 700 тыс. рисунков (в качестве примера см. рис. 1).

В феврале 2014 эти графические данные стали доступны на сайте ПРАО АКЦ ФИАН по адресу <http://astro.prao.ru/>, в декабре 2014 база данных была переведена в режим публичного on-line доступа.

Размещение сжатых данных в форматах реляционных баз данных позволяет использовать все доступные средства выделения, сортировки, сопоставления, фильтрации и начальной обработки данных при помощи механизма стандартных команд SQL. Это значительно упростило перекрестный и временной анализ данных, осреднение, выделение данных с нестандартным поведением и т.п.

Для всех 5-секундных точек данных (для каждого из 96 лучей, всего 8 млн. точек) получены: максимальные значения для данного луча $S_{max_f_n}$ и данной полосы (с номером $n=1..6$, при этом первая полоса на $f=109.0$ МГц, последующие через каждые 415 кГц, для $n=7$ – общая полоса 2,5 МГц) на этих 5 секундах; минимальные $S_{min_f_n}$, средние медианные $S_{med_f_n}$, дисперсии сигнала N_{f_n} и др.; всего 27 типов данных.

Отметим, что при нахождении средних значений $S_{med_f_n}$ – из каждых 50 последовательных значений отбрасывались 2 нижних значения и 5 верхних (с целью отбраковки "вылетающих" значений от коротких импульсов и предохранения от кратких сбоев аппаратуры); $S_{med_f_n}$ и N_{f_n} определялись по оставшимся 43 точкам. Отбраковка крайних значений не только делает оценку среднестатистических значений более достоверной, но и позволяет затем легко выделить данные, где есть краткие выбросы (см. далее 3.2).

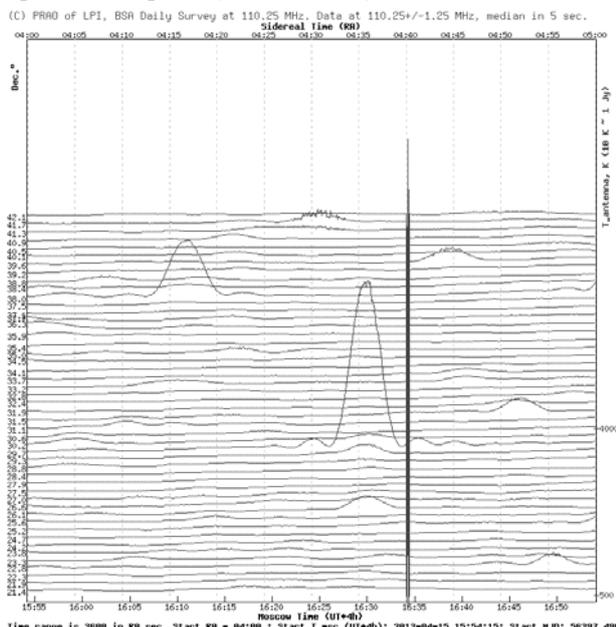


Рисунок 1 Часовой образец данных с многолучевой диаграммы БСА (на R.A.=4 h 40 m – калибровочные сигналы) для 15.04.2013 г. При прохождении радиоисточников через многолучевую диаграмму хорошо заметна форма луча диаграммы БСА (вместе с боковыми лепестками), явление мерцания у точечных источников и т.д.

База данных будет расширяться и перейдет в режим автоматического наполнения с непрерывной выкладкой новых графических данных на сайт.

3.2 Выделение импульсных данных

На основе использования базы данных создана методика выделения единичных импульсов на отдельных лучах диаграммы. Ее первый шаг состоял в подаче на базу данных логических команд на языке SQL, делающих выборку данных по комбинации логических условий:

- для полос $n=1..6$ искались выбросы на 5-ти секундных отрезках с критерием обнаружения $S_{f_n} / N_{f_n} \geq 5.0$, где $S_{f_n} = S_{max_f_n} - S_{med_f_n}$;

- предыдущему условию должны удовлетворять не менее 3-х частотных полос из 6;

- затем проверялись далеко отстоящие лучи многолучевой диаграммы (далее, чем ± 3 луча) – требовалось, чтобы они, напротив, не демонстрировали аналогичного $S_{f_n} / N_{f_n} \geq 5.0$. Данное условие отбраковывает большинство импульсных помех техногенного и природного характера (например, грозы), проявляющие себя обычно на всех лучах синхронно. (Хотя точность регистрации грозových импульсов не позволяет использовать данные для триангуляции, т.е. совместного поиска местоположения каждого разряда, эти данные могут быть использованы для статистического анализа, например, совместно с космическими экспериментами для изучения грозовой активности.) Импульсы же небесного характера проявляют себя обычно лишь в 2-3 лучах многолучевой диаграммы БСА. Заметим, что в этом условии выборки может таиться и изъян методики: могут быть ошибочно отбракованы мощные импульсы на небе, зафиксированные далекими боковыми лепестками диаграммы направленности и проявившимися в более, чем на 3-х лучах.

Описанным образом при помощи базы данных было выделено 83096 отдельных импульсов для $+3.5^\circ < \delta < +42^\circ$ (июль 2012 – октябрь 2013). Каждый из них перечитывался из оригинального файла данных с целью углубленной обработки. Для двух полос с максимальными S/N находилось значения корреляции Пирсона для масштабов 1, 2, 5, 10 сек, массивы двигались друг относительно друга. Для уверенной корреляции при наличии заметных временных сдвигов между полосами (то есть $DM > 0$) в хотя бы двух из четырех временных масштабов импульсу автоматически присваивалось признак импульса космического происхождения. Но, поскольку автоматический классификатор в 10-15% случаев промахивался, импульсы дополнительно проверялись и сортировались визуально (посредством специально разработанного веб-интерфейса). При классификации импульсов схожего характера, еще не описанных ранее, вводились их новые классы. Результаты сортировки сохранялись в базе данных в специальную таблицу.

Импульсы с дисперсионными задержками (космического происхождения) уже отсортированы. Пример такого импульса (отклик от одного из многочисленных импульсов пульсара PSR2305+3100) – представлен на рис. 2.

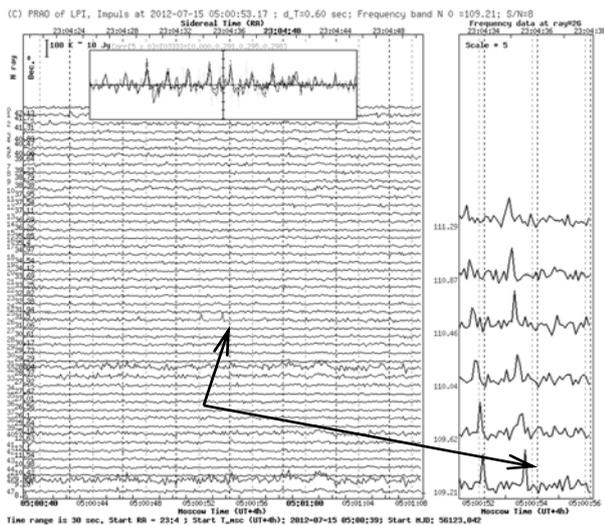


Рисунок 2 Пример одного из найденных импульсных событий: отклик от одного из импульсов (в центре рисунка) пульсара PSR2305+3000. Стрелками указан выделенный импульс: в левом, основном боксе рисунка – временная развертка по лучам диаграммы БСА, в правом боксе – развертка одного луча по 6 частотам. В правом боксе хорошо заметен сдвиг импульса вдоль частот (здесь $DM=49,6$ pc/cm³). Верхний бокс рисунка показывает результат поиска корреляции Пирсона по 4-м временным масштабам: все они показали четкий сдвиг более низкочастотных данных относительно высокочастотной полосы. Данный пульсар достаточно ярк (~ 5 Ян) и заметна серия импульсов, следующих друг за другом с периодом $P=1,58$ сек. Всего для PSR2305+3000 на отрезке времени 6.07.2012 – 20.10.2013 гг. выделено 334 импульсных события.

Работа по классификации импульсов без ярко выраженных дисперсионных задержек (мерцания, аппаратные и другие техногенные эффекты) будет закончена в ближайшее время. Пример одного такого импульса (пролет космической станции МКС через луч аэродромного маяка) показан на рис. 3.

4 Основные результаты

В результате работы сформирована однородная выборка индивидуальных импульсных событий, пригодная для проведения различных статистических исследований. Предварительно найдено, что:

А) 10-15% импульсов имеет техногенный характер различного рода: помехи, грозовые разряды, пролеты самолетов через диаграммы лучей, отражения аэродромных маяков от искусственных спутников Земли (пример – на рис. 3) и т.д.

Б) 15-20% – аппаратные сбои данных (среди них могут содержаться реальные импульсы пока неопределенного происхождения – например, импульсы от пролета метеоров).

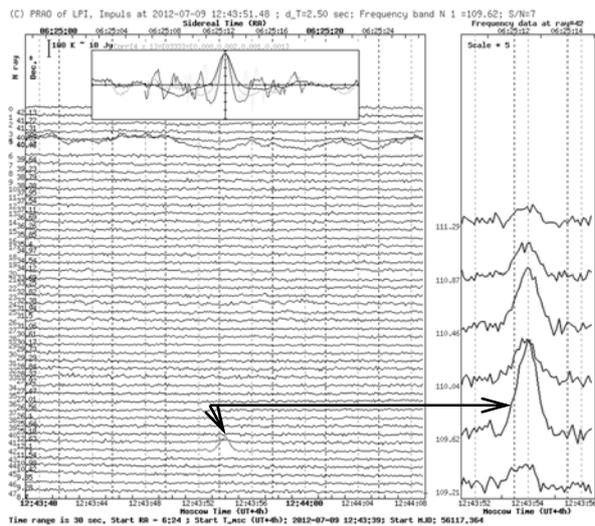


Рисунок 3 Пример одного из найденных импульсных событий: отклик от пролета спутника Земли (Международной Космической Станции, отражающая площадь около 400 м²) через луч самолетного курсоглиссадного радиомаяка с одного из подмосковных аэродромов. Данные маяки работают на частотах около 110 МГц (попадают в диапазон частот БСА). Стрелками указан выделенный импульс (ширина около 1.5 сек): в левом, основном боксе рисунка – временная развертка по лучам диаграммы БСА, в правом боксе – развертка одного луча по 6 частотам. В правом боксе сдвига импульса вдоль частот – нет. Верхний бокс рисунка показывает результат поиска корреляции Пирсона по 4-м временным масштабам: все они показали, что корреляция максимальна при нулевом сдвиге от данных разной частоты наблюдений. Количество событий такого характера уточняется (ожидаем не менее нескольких десятков в нашей выборке). Вверху рисунка, на 6-м луче сверху – пример мерцаний точечного радиоисточника. Подобные сильные (одиночные) мерцания масштаба порядка секунды обычно также выделялись как независимые импульсные события.

В) около 25% импульсов имеет характер единичных мерцаний радиоисточников разного вида – от ионосферных до межзвездных (в том числе от боковых лепестков).

Г) около 40% импульсов имеет хорошо выраженный космический характер, показывая дисперсионное запаздывание импульсов относительно частоты (за счет прохождения в межзвездной среде).

Наиболее интересны результаты выделения импульсов космического происхождения. В частности, из примерно 340 пульсаров каталога ATNF [11], попадающий в полосу $+3.5^\circ < \delta < +42^\circ$ (наиболее пригодной для обработки) и с периодами более 0.3 секунды в нашей выборке найдены импульсы для 41 из них (еще 2 пульсара найдено из имеющих период 0.2-0.3 секунды). При этом число найденных импульсов для указанных пульсаров

колеблется от 1 (одного) до тысяч за все указанное время наблюдений (в среднем около года).

Для пульсаров с дисперсионным запаздыванием $DM < 15$ импульсы зарегистрированы для каждого второго пульсара указанной выборки из ATNF, с дисперсионным запаздыванием $DM < 50$ – для каждого третьего, для пульсаров $50 < DM < 100$ – для каждого 25-го, для $DM > 100$ в импульсах не найдено ни одного пульсара. Очевидно влияние уширения импульсов пульсара рассеянием на эффективность выделения импульсов из базы данных. Пути усовершенствования методики поиска импульсных явлений теперь довольно ясны (переход на данные с $\Delta t = 12.5$ мс, увеличение времени анализа).

Найдено также несколько импульсов предположительно космического характера, по-видимому, никак не связанных с уже известными пульсарами.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 14-07-00870а и 16-07-01028а.

Литература

- [1] Орешко В.В. Радиотелескопы ПРАО – состояние и перспективы. http://www.prao.ru/conf/rcc2014/docs/22092014/06_Oreshko.pdf
- [2] Van Haarlem M. P. et al: LOFAR: the low-frequency array // *Astron. Astrophys.* – 2013. – Vol. 556. – id. A2
- [3] Коноваленко А.А. и др.: Астрономические исследования с помощью малоразмерных низкочастотных радиотелескопов нового поколения // *Радиофизика и радиоастрономия.* — 2016. — Т. 21, № 2. — С. 83-131.
- [4] Брауде С. Я., Мень А. В., Содин Л.Г. Радиотелескоп декаметрового диапазона волн УТР-2 // *Антенны.* – М.: Связь, 1978. – Вып. 26. – С. 3–14.
- [5] Taylor G. B. et al: First Light for the First Station
- [6] of the Long Wavelength Array // *J. Astron. Instrum.* – 2012. – Vol. 1. – P. 1–56
- [7] Coenen, Thijs et al: The LOFAR pilot surveys for pulsars and fast radio transients // *Astronomy & Astrophysics*, Volume 570, id.A60, 16 pp
- [8] Lorimer, D. R. et al: A Bright Millisecond Radio Burst of Extragalactic Origin // *Science.* - 2007, Vol. 318, Is. 5851. — P. 777-780
- [9] Тюльбашев С.А., Тюльбашев В.С. Открытие новых пульсаров на радиотелескопе БСА ФИАН. *Астрономический циркуляр.* 2015, N 1624, 4 pp.
- [10] Родин А.Е., Самодуров В.А., Орешко В.В. Быстрый метод обнаружения периодических радиоисточников на БСА ФИАН. *Астрономический циркуляр.* 2015, N 1629, 4 pp.
- [11] Samodurov V. A., Rodin A.E., Kitaeva M. A., Isaev E., Dumsky D. V., Churakov D.D., Manzyuk M.O.: The daily 110 MHz sky survey (BSA FIAN): online database, science goals data processing by distributed computing. // *Труды XVII международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (“Data Analytics and Management in Data Intensive Domains” (DAMDID)).* Обнинск: НИЯУ МИФИ, 2015. P. 127-128.
- [12] G. Hobbs, R. N. Manchester and L. Toomey ATNF Pulsar Catalogue v1.54 : <http://www.atnf.csiro.au/people/pulsar/psrcat/>

The daily radio sky survey at 110 MHz: database and statistical analysis of transient phenomena in 2012-2013

V.A. Samodurov, A.S. Pozanenko, A.E. Rodin, D.D. Churakov, D.V. Dumsky, E.A. Isaev, A.N. Kazantsev, S.V. Logvinenko, V.V. Oreshko, M.O. Toropov, M.I. Volobueva

Radio Observatory of Lebedev Physical Institute in Pushchino has one of the most sensitive radio telescope at 110 MHz BSA (Big Scanning Antenna). Since 2012 BSA started multi-beams observations using 96 beams in declination from -8 up to $+42$ degrees in 6 and 32 frequency bands at 109-112 MHz and time sampling 0.1 s and 0.0125 s. The data stream in 32 bands and time sampling of 0.0125 s is producing 87.5 gigabytes per day. The data obtained can be used for short and long-term monitoring of various classes of radio sources (including radio transients), the Earth's ionosphere, interplanetary and interstellar plasma monitoring. A database is constructed to facilitate access to a large amount of observational data (see http://astro.prao.ru/cgi/out_img.cgi). We discuss algorithms of detection and identification of different classes of transients using the database. In particular we found 83096 events which could be associated with pulsars, scintillation sources and fast radio transients. These events are a homogenous sample suitable for statistical analysis.