

# ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕКАМЕТРОВОГО ОБЗОРА СЕВЕРНОГО НЕБА. РЕДЕТЕКТИРОВАНИЕ ИЗВЕСТНЫХ ПУЛЬСАРОВ

В.В.Захаренко<sup>1</sup>, Я.Ю.Васильева<sup>2</sup>, А.А.Коноваленко<sup>1</sup>, Ф.Зарка<sup>3</sup>, В.С.Николаенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Радиоастрономический институт НАН Украины, *zakhar@rian.kharkov.ua*

<sup>2</sup> Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,  
Украина, *khai@khai.edu*

<sup>3</sup> LESIA, Observatoire de Paris, CNRS, UPMC, Universite Paris Diderot Paris-Meudon,  
*philippe.zarka@obspm.fr*

ABSTRACT. At the UTR-2 radio telescope the survey of northern sky is being conducted with aim to search for pulsars and transients. In the first stage the detection of a complete list of known pulsars with parameters  $DM < 30 \text{ pc cm}^{-3}$ , period more than 0.1 s and declination above  $-10^\circ$  was carried out. For the first time in the decameter range more than a half of known pulsars with the aforementioned parameters (40 of 74) have been detected, whereas before there were known only about 10 of them. An average exponent value for the frequency dependence of scattering time constant for the detected pulsars was obtained. It is equal 4.18. Also, the value of the radiation cone broadening was estimated. With decreasing of frequency from 100 to 25 MHz for pulsars with period of  $< 1 \text{ s}$  the extension is equal 2.2, and with period of  $> 1 \text{ s}$  – 1.6 times. Obtained results give a hope for finding a significant number of pulsars and transient sources of radiation in the ongoing survey.

## Введение

Исследование импульсного радиоизлучения важно для задач астрофизики как с точки зрения понимания внутренней природы источников, так и для изучения среды распространения. С целью поиска новых источников периодического (пульсары) и транзиентного радиоизлучения в ближайших окрестностях Галактики (до 2 кпк) на крупнейшем декаметровом радиотелескопе УТР-2 проводится полный обзор северного неба. До недавнего времени количество протектированных пульсаров на столь низких частотах было весьма незначительно (около 10). Это объясняется рядом ограничений при наблюдении импульсных сигналов на декаметровых

волнах таких, как высокий галактический фон и большая постоянная рассеяния в межзвездной среде. Но проводимая на радиотелескопе УТР-2 модернизация радиоприемной и регистрирующей аппаратуры, расширение полосы, увеличение частотного и временного разрешения позволяет надеяться на то, что трудности наблюдений перестанут являться непреодолимой преградой. Тогда в полной мере смогут проявиться преимущества низкочастотного диапазона, который может дать уникальную информацию об излучении нейтронных звезд. Целью данной работы является оценка эффективности проводимого обзора северного неба, для которого выбраны следующие параметры: мерой дисперсии (DM) не более  $30 \text{ пк см}^{-3}$ , периодом более 0.1 с и  $\delta$  выше  $-10^\circ$ . Детектирование полной выборки пульсаров с подобными параметрами никогда ранее в декаметровом диапазоне не проводилось. Доля обнаруженных пульсаров, известных по наблюдениям на высоких частотах, поможет оценить эффективность детектирования в зависимости от галактических координат, потока пульсаров, эффективной площади и т.п. Рассмотрим трудности, ограничения и преимущества декаметрового диапазона с точки зрения наблюдения импульсного радиоизлучения.

## 1. Особенности исследования пульсаров в декаметровом диапазоне

Самой серьезной преградой для низкочастотных исследований импульсного и транзиентного излучения является рост постоянной времени рассеяния в межзвездной среде к низким частотам ( $\propto f^{-4.4}$  для Колмогоровского распределения неоднородностей).

Он приводит к увеличению времени рассеяния примерно в  $10^7$  раз, по отношению к дециметровому диапазону. Импульсы уширяются настолько, что их последовательность преобразуется в непрерывное излучение с одновременным ослаблением максимумов интенсивности. Поэтому миллисекундные пульсары регистрируются как источники континуального радиоизлучения, а детектирование далеких секундных пульсаров становится крайне затруднительным.

Второй серьезный мешающий фактор – растущий к низким частотам галактический фон ( $\propto f^{-2.5}$ ), достигающий на 10 МГц 500 тыс. К, и в несколько раз более высоких значений в диске Галактики [1].

Кроме того, мощные помехи ширококвотельных радиостанций превышают радиоастрономические сигналы иногда на 70...80 дБ (за исключением ночного времени суток). Широкополосные разряды естественного (молнии) и искусственного происхождения часто занимают весь диапазон рабочих частот. Пораженные помехами частоты и интервалы времени приходится исключать из анализа, что уменьшает чувствительность.

Таким образом, в декаметровом диапазоне существует большое число факторов, серьезно затрудняющих наблюдения импульсных сигналов. Сигнал/шум (С/Ш) для отстоящих лишь на две октавы частот 25 и 100 МГц только за счет роста фона Галактики и падения плотности потока пульсаров к низким частотам ухудшается более чем на два порядка. Воздействие помех, особенно в дневное время, может увеличивать проигрыш по С/Ш еще в несколько раз.

Однако существует ряд преимуществ декаметрового диапазона, которые делают наблюдения импульсных сигналов весьма привлекательными. Так, например, большая дисперсионная задержка и полоса более октавы позволяет обнаруживать близкие источники космического транзиентного радиоизлучения. Для высокочастотных наблюдений различие истинно нулевой меры дисперсии и ДМ порядка единиц  $\text{пк}\cdot\text{см}^{-3}$  является существенной проблемой. Вторым значительным преимуществом является расширение конуса излучения пульсаров к низким частотам, что может способствовать получению новой информации о нейтронных звездах или даже привести к открытию пульсаров или RRAT, которые недоступны для наблюдений на высоких частотах.

## 2. Наблюдения и результаты

Измерения проводились на радиотелескопе УТР-2 с помощью комплекса модернизированной аппаратуры [2] с временным разрешением 8 мс, полосой 16.5...33.0 МГц (4096 каналов с парциальной полосой около 4 кГц) и временем наблюдения каждого источника 1.5 часа. Было проведено три сессии наблюдений (11-18 октября 2010, 17-24 января 2011 и 21-28 марта 2011). Основным результатом является то, что впервые были протектированы более половины всех известных на настоящий момент пульсаров с упомянутыми выше параметрами (40 пульсаров из 74).

На рис.1 представлены координаты протектированных (а) и непротектированных (б) пульсаров из упомянутой выборки.

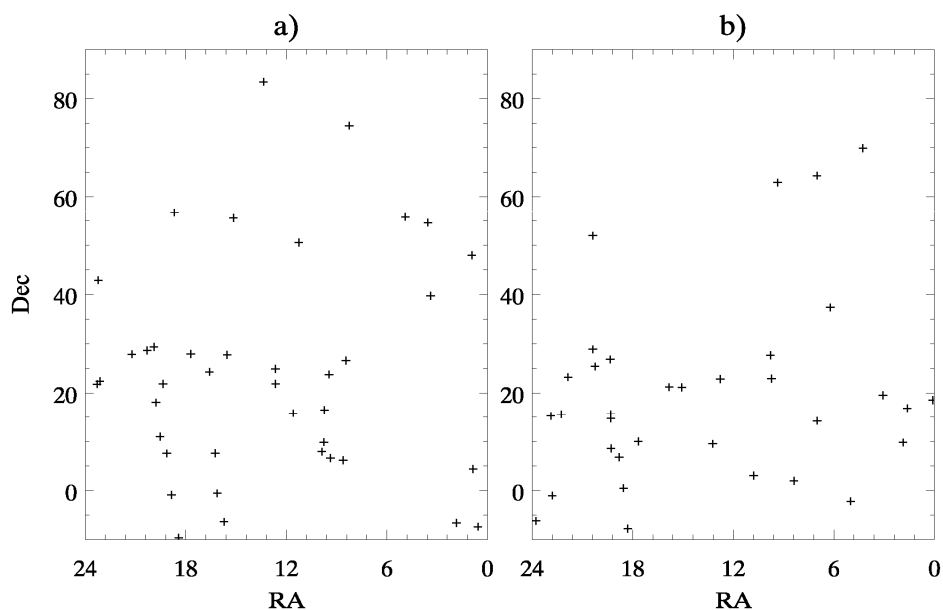


Рисунок 1. Координаты 40-ка протектированных (а) и 34-х непротектированных (б) пульсаров с параметрами, аналогичными тем, которые используются в декаметровом обзоре северного неба

Малая мера дисперсии означает близость источников, и пульсары выборки расположены в достаточно широком диапазоне склонений. Около 90% находятся в интервале примерно  $-10...60^\circ$ . Подобным образом располагаются и протектированные пульсары. Это, с одной стороны, подтверждает необходимости поиска во всем диапазоне склонений, а не только около галактического диска, как это обычно делается на высоких частотах. С другой стороны, из сравнения положений протектированных и непротектированных пульсаров видимой зависимости от  $\delta$  не прослеживается. Таким образом, нет явной зависимости от эффективной площади радиотелескопа (уменьшение количества протектированных источников в обе стороны от  $\delta \approx 50^\circ$ ). Кроме области близкой к центру Галактики ( $RA = 18...19$  часов), где уровень фона превышает средний более чем в 5 раз и количество протектированных пульсаров меньше, чем непротектированных, зависимости от прямого восхождения также не прослеживается.

Результаты детектирования указывают на сильную зависимость от потока пульсаров. Несмотря на то, что использовалось значение потока на 400 МГц [3], (его нельзя однозначно пересчитывать в значение потока на низких частотах из-за различных спектральных индексов и/или свойств межзвездной среды) количество протектированных пульсаров удваивается при росте потока примерно в 3 раза. Это открывает перспективы дальнейшего увеличения протектированных источников при увеличении времени наблюдения. Было проведено уточнение меры дисперсии. Это дало возможность корректно оценить форму средних профилей. Ширина импульсов на половинной интенсивности ( $W_{50}$ ) позволила определить зависимость расширения профиля от частоты для пульсаров с различными периодами. Полученные данные говорят о том, что при изменении частоты от 100 до 25 МГц расширение средних профилей происходит в  $\approx 1.8$  раза (для пульсаров с периодом  $<1$  с  $\approx 2.2$ , с периодом  $>1$  с в  $\approx 1.6$  раза). Это подтверждает более ранние результаты, касающиеся расширения конуса излучения к низким частотам [4], и дает основания ожидать обнаружения заметного количества пульсаров и источников транзитных сигналов в проводимом декаметровом обзоре северного неба, которые недоступны для высокочастотных наблюдений.

Также были получены значения постоянной времени рассеяния на частоте 25 МГц. На основании данных каталога [3] был рассчитан показатель степени для частотной зависимости постоянной времени рассеяния по отношению к 1 ГГц  $\alpha_{SC25-1000}$ . Его

среднее значение оказалось несколько меньше, чем 4.4 ( $\approx 4.18$ ). При этом существуют пульсары с аномально низким  $\alpha_{SC25-1000}$  ( $\approx 3.7$ ). Это подтверждает результаты [5] и позволяет надеяться на детектирование более далеких пульсаров с DM до 70 пк см<sup>-3</sup>, а источников с большим временем между импульсами – вращающихся радиотранзиентов (RRAT), гигантских импульсов – до 100 пк см<sup>-3</sup>.

### Выводы

Количество протектированных пульсаров говорит о многообещающих перспективах поиска импульсных и транзитных источников в декаметровом диапазоне. Модернизация радиотелескопа УТР-2 дает более широкие возможности изучения импульсного излучения. Полученные значения ширины средних профилей пульсаров позволяют сделать вывод о том, что рассеяние на декаметровых волнах позволяет надеяться на регистрацию секундных пульсаров с мерой дисперсии до 70 пк см<sup>-3</sup>, а для RRAT-подобных источников и более.

Несмотря на обилие мешающих факторов, высокая эффективность детектирования пульсаров в декаметровом диапазоне, а также подтвержденный в данной работе факт расширения конуса излучения при понижении частоты позволяют нам ожидать обнаружения некоторого числа новых пульсаров и источников транзитного излучения в наиболее интересной, ближайшей к нам области Галактики.

*Благодарности.* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Украины докторам наук (возрастом до 45 лет) для проведения научных исследований на 2011 г. № Ф35/009 «Поляризационные исследования магнитосферы пульсаров».

### Литература

1. R S Roger, C H Costain, T L Landecker, C M Swerdlyk 1999, A&A Suppl., Vol.137, No.1, p.7-19
2. A. A. Konovalenko, I.S. Falkovich, H.O. Rucker et al.: 2010, The 7th International Workshop on Planetary, Solar and Heliospheric Radio Emissions (PRE VII), Graz, Austria, September p.15-17.
3. R.N. Manchester, G.B. Hobbs, A. Teoh, M Hobbs: 2005, AJ, Vol. 129. p. 1993-2006
4. S.E.Thorsett: 1991, ApJ, Vol. 377. p. 263-267.
5. М.В.Попов, А.Д.Кузьмин, О.М.Ульянов и др.:2006, *Астрономический журнал*, Vol. 83, No. 7, p. 630-637