

---

Издаётся Международной общественной организацией «Астрономическое общество»  
и Государственным астрономическим институтом имени П.К. Штернберга МГУ

---

№ 1644, 2018 августа 10

---

**Подтверждение корреляции между рассеянием  
и мерой дисперсии пульсара в Крабовидной туманности**

**Б.Я. Лосовский, Д.В. Думский, Ю.А. Беляцкий**

*Пушчинская радиоастрономическая обсерватория,  
Астрокосмический центр, Физический институт им. П.Н.Лебедева  
Российской Академии наук, Пушчино, Московская область, 142290, Россия  
E-mail: blos@pra0.ru*

Поступила в редакцию 19 июля 2018 г.

**Резюме.** Новые наблюдения в Пушчинской радиоастрономической обсерватории с Большой Синфазной Антенной Астрокосмического центра Физического института имени П.Н. Лебедева подтверждают корреляцию между рассеянием радиоволн и мерой дисперсии пульсара в Крабовидной туманности.

## Введение

Пульсар в Крабовидной туманности V0531+21 спорадически генерирует в радиодиапазоне так называемые гигантские импульсы (ГИ), плотность потока которых на порядки превышает среднюю плотность потока. Благодаря этим импульсам он и был открыт [1]. ГИ рассеиваются в межзвёздной среде, причем величина рассеяния может значительно превышать период пульсара.

Явление вариаций рассеяния и меры дисперсии радиоимпульсов пульсара в Крабовидной туманности впервые зафиксировали Ранкин и Каунсельман [2] по наблюдениям в Аресибо в диапазоне 74–430 МГц в 1969–1971 гг. Анализируя вариации рассеяния, они пришли к выводу, что эти процессы происходят в пределах Крабовидной туманности. Исаакмен и Ранкин [3] продолжили измерения до 1974 г. Они также зафиксировали вариации рассеяния и меры дисперсии, но никакой зависимости между этими явлениями не обнаружили.

Бхат и др. [4] по данным измерений на антенной решетке в Австралии на частотах 1300 и 1470 МГц в 1996–2006 гг. обратили внимание на одновременные изменения рассеяния и меры дисперсии.

Выводы о корреляции между вариациями рассеяния и меры дисперсии были получены в ПРАО АКЦ ФИАН Кузьминым и Лосовским на частоте 111 МГц совместно с Джорданом и Смитом из обсерватории Джодрелл Бэнк в 2006–2007 гг. [5].

Далее приводятся новые данные, подтверждающие корреляцию, которые были получены в течение 2002–2018 гг. в процессе наблюдений пульсара в Крабовидной туманности.

## Наблюдения и результаты

Наблюдения ГИ пульсара B0531+21 в Крабовидной туманности на частоте 111 МГц проводятся регулярно на радиотелескопе БСА АКЦ ФИАН. ГИ анализируются с помощью специальной программы, позволяющей определить величину рассеяния путём моделирования прохождения импульса через рассеивающую среду [6]. Результаты анализа параметра рассеяния ГИ сопоставляются с вариациями меры дисперсии по данным обсерватории Джодрелл Бэнк [7].

Радиотелескоп БСА ФИАН является меридианным инструментом. Эффективная площадь около  $3 \times 10^4$  м<sup>2</sup>, а диаграмма направленности  $44.0 \times 21.3$  угловые минуты. В зависимости от температуры фона чувствительность системы составляет от 60 до 190 мЯн в полосе 1 Гц и постоянной времени 1 с [8]. Длительность единичной записи космического источника радиоизлучения определяется временем его прохождения через диаграмму направленности антенны, которое составляет для пульсара в Крабе 3.5 мин. На первом этапе наблюдения проводились с помощью 128-канального анализатора спектра АС-128 с шириной полосы каждого канала 20 кГц в общей полосе 2560 кГц с интервалом считывания 2.56 мс. Начиная с апреля 2006 г. наблюдения проводятся с использованием 512-канального цифрового анализатора спектра (ЦАС-512) с полосой каналов 5 кГц, с интервалом считывания 2.56 мс.

В течение 2002–2018 гг. были неоднократно зафиксированы нестационарные процессы, характеризующиеся повышенным рассеянием, в частности, в 2008–2014 гг., в 2015–2016 гг. и в 2017 г. Взаимосвязь между рассеянием и мерой дисперсии хорошо прослеживается (рис. 1). Коэффициент корреляции составляет  $0.85 \pm 0.01$ .

Анализируя характеристики радиоизлучения пульсара Крабовидной туманности по данным обсерватории Джодрелл Бэнк за период с 1988 по 2014 г. вместе с данными оптических наблюдений, Чадеж и др. [9] заключили, что вариации меры дисперсии связаны с возмущениями в магнитосфере пульсара, которые могут приводить к выбросу заряженных частиц в туманность, образованию волокон и увеличению меры дисперсии.

Размеры волокон, затмевающих пульсар, составляют  $10^{11} - 10^{12}$  м при электронной плотности  $10^3 - 10^4$  см<sup>-3</sup>. Величина магнитного поля в волокнах оценивается в 100–160 мкГс [5-6].

Определен коэффициент турбулентности  $C_n^2 (m^{-20/3})$ .

В 2002–2007 гг., в спокойные периоды,  $C_n^2 = 0.00661$ . В 2009–2015 гг., в активные периоды,  $C_n^2 = 0.0662$  [10].

## Заключение

Наблюдаемые вариации величины рассеяния импульсов пульсара в Крабовидной туманности и меры дисперсии и их корреляция объясняются прохождением перед пульсаром облаков плазмы размером  $10^{11} - 10^{12}$  м с электронной плотностью  $10^3 - 10^4$  см<sup>-3</sup> и различной степенью турбулентности.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории технического обеспечения радиотелескопов метровых волн. Работа выполняется по программе Президиума РАН «Космос: исследование фундаментальных процессов и их взаимодействие».

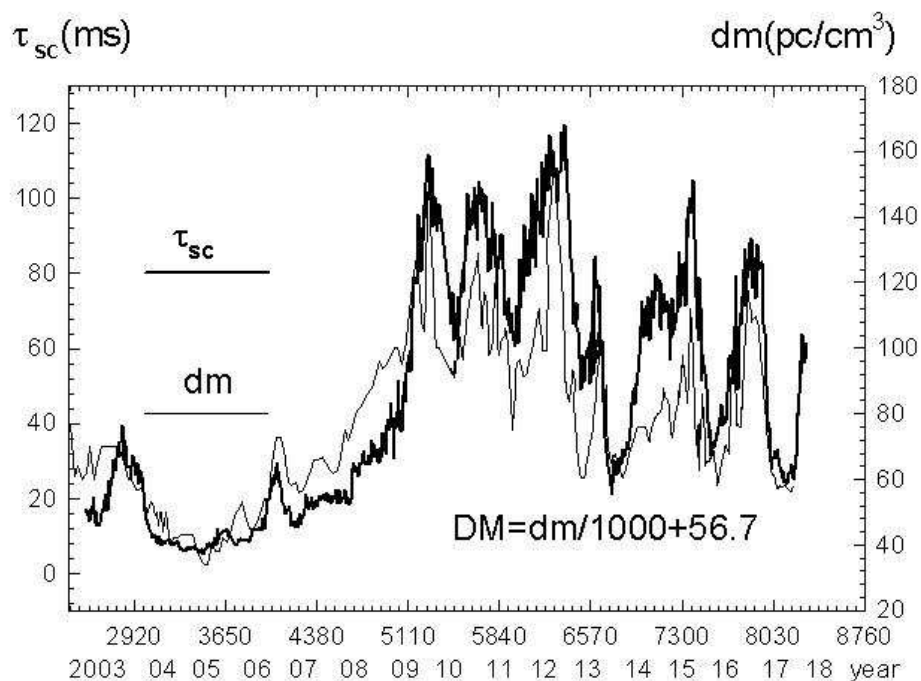


Рис. 1: Сопоставление вариаций рассеяния в мс (ось ординат слева) и условной меры дисперсии  $dm=(DM-56.7)*1000$  в  $\text{пк}/\text{см}^3$  (ось ординат справа). По оси абсцисс — эпоха наблюдения в модифицированных юлианских днях  $MJD=JD-2450000$  и соответствующих им годах.

## Литература

1. D.H. Staelin and E.C. Reifenstein, *Science* **162**, 1481 (1968).
2. J.M. Rankin and C.C. Counselman, *ApJ* **181**, 875 (1973).
3. R. Isaacman and J.M. Rankin, *ApJ* **214**, 214 (1977).
4. D.R. Bhat, S.J. Tingay, and H.S. Knight, *ApJ* **676**, 1200 (2008).
5. A.D. Kuzmin, B.Я. Losovsky, С.А. Jordan, and F.G. Smith, *A&A* **483**, 13 (2008).
6. А.Д. Кузьмин, Ю.А. Беяцкий, Д.В. Думский, В.А. Извекова, К.А. Лапаев, С.В. Логвиненко, Б.Я. Лосовский и В.Д. Пугачёв, *АЖ* **88**, 254 (2011).
7. A.G. Lyne, R.S. Pritchard, and F.G. Smith, *MNRAS* **265**, 1003 (1993)
8. С.М. Кутузов, Ю.И. Азаренков, И.А. Алексеев и др., *Труды ФИАН, Радиоастрономическая техника и методы*, **229**, 3 (2000).
9. A. Čadež, L. Zampieri, С. Barbieri, M. Calvani, G. Naletto, M. Barbieri, and D. Ponikvar, *A&A* **587**, A99 (2016).
10. Б.Я. Лосовский, *АЖ* **94**, 204 (2017).

**Confirmation of the Correlation Between Scattering  
and Dispersion Events in the Crab Nebula Pulsar**

**B.Ya. Losovsky, D.V. Dumsky, and Yu.A. Belyatsky**

*Pushchino Radio Astronomy Observatory*

*Astrospace Centre, P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences*

*Pushchino, Moscow Region, 142290 Russia*

*E-mail: blos@prao.ru*

Received July 19, 2018

**Abstract.** New observations with the Large Phase Array at the Pushchino Radio Astronomy Observatory of the Astrospace Center of the P.N. Lebedev Physical Institute confirm correlation between scattering and dispersion events in the Crab Nebula pulsar.