

# Зависимость периодов вращения миллисекундных пульсаров от металличности шаровых скоплений

Dependence of the periods of rotation millisecond pulsars from metallicity globular clusters

N.V. Semenets\*  
ETM Company (St.Petersburg, Russia)

## АННОТАЦИЯ

В последние годы открыто много новых миллисекундных пульсаров в шаровых скоплениях (Hessels et al. 2007, Freire et al. 2008). Используя эти данные, показано, что в бедных металлами шаровых скоплениях радиопульсары в среднем имеют более короткие периоды вращения, чем в богатых металлами скоплениях. Скорее всего, это связано с различием возрастов обоих типов шаровых скоплений и, соответственно, продолжительностью “раскрутки” находящихся в них радиопульсаров.

In recent years, many new millisecond pulsars have been discovered in globular clusters (Hessels et al. 2007, Freire et al. 2008). Using these data, we show that in metal-poor globular clusters millisecond pulsars, on average, have shorter spin periods than in metal-rich clusters. Most likely, this is due to the differences in ages of such globular clusters, and, accordingly, the differences in the duration of pulsar acceleration.

## ВВЕДЕНИЕ

- Открытие первого миллисекундных радиопульсаров (MSP) (Backer et al. 1982).
- Обнаружение MSP в шаровом скоплении (Lyne et al. 1987).
- В последние годы открыто много новых MSP (Ransom et al. 2005, Hessels et al. 2007, Freire et al. 2008). К настоящему времени известно 137 миллисекундных пульсаров в 25 шаровых скоплениях: <http://www.naic.edu/%7pfreire/GCpsr.html> (Freire 2008)

Исследование пульсаров, особенно имеющих очень короткие периоды вращения, необходимо для изучения поведения вещества при экстремальных значениях плотностей и энергий.

Связь характеристик MSP со свойствами шаровых скоплений подробно рассмотрена в (Camilo & Rasio 2005): двойные MSP с длинными орбитальными периодами располагаются в основном в скоплениях с небольшой центральной плотностью; пульсары часто локализованы в центральных областях скоплений, имеющих высокую плотность ядра.

Численное моделирование образования MSP и связанных с ними генетически маломассивных рентгеновских двойных (LMXB) в шаровых скоплениях проведено в (Ivanova et al. 2008). Образование нейтронных звезд и MSP в шаровых скоплениях рассмотрено в (Kuranov & Postnov 2006).

## АНАЛИЗ

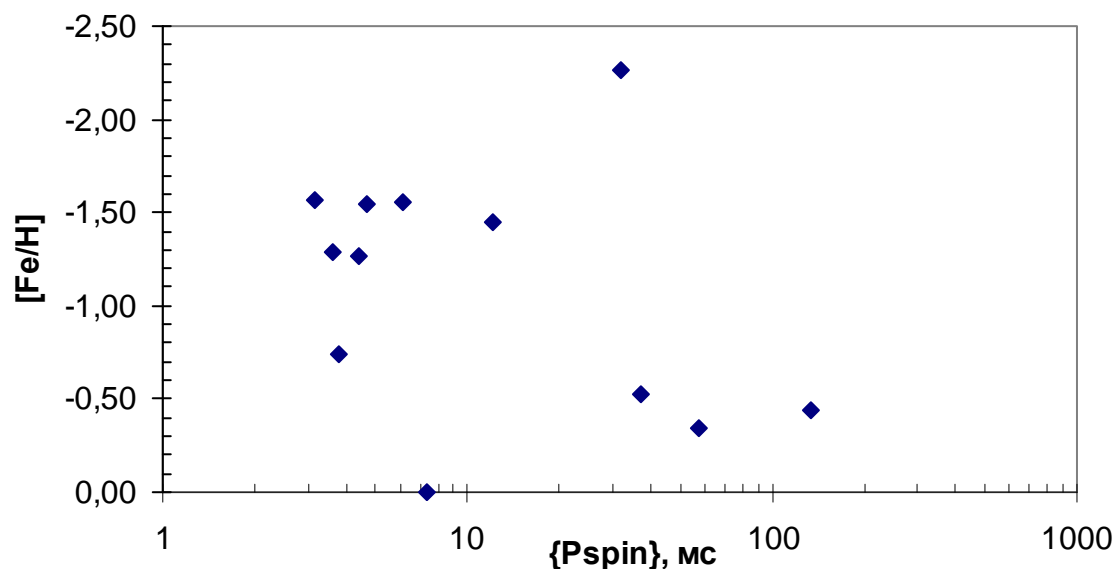
- Характеристики пульсаров взяты из обновляемой базы данных <http://www.naic.edu/%7pfreire/GCpsr.html> (Freire 2008).
- Данные по металличности шаровых скоплений Галактики взяты из (Harris 1996).
- Для анализа отобраны только те шаровые скопления, в которых на настоящий момент известно четыре и больше пульсаров (для получения усредненных характеристик и снижения влияния отдельных пульсаров).
- В качестве характеристики зависимости периодов вращения пульсаров в шаровых скоплениях от их металличности бралось среднее арифметическое  $\langle P_{\text{spin}} \rangle$  периодов пульсаров в каждом из скоплений. Этот выбор обусловлен известным фактом, что в шаровых скоплениях из-за “раскручивания” в двойных системах происходит уменьшение периодов вращения MSP (см. обзор Bhattacharya & van den Heuvel 1991, Phinney 1993).

- Данные по шаровым скоплениям и расположенных в них пульсарам, приведены в табл. На основании этих данных построен график зависимости средних периодов вращения пульсаров от металличности шаровых скоплений  $\langle P_{\text{spin}} \rangle = f[\text{Fe}/\text{H}]$ .

Данные по шаровым скоплениям и пульсарам

NGC	[Fe/H]	Npsr, шт	$\langle P_{\text{spin}} \rangle$ , мс
6266	-1,29	6	3,60
47 Tuc	-0,74	23	3,80
5904	-1,27	5	4,43
6205	-1,54	5	4,65
6752	-1,56	5	6,10
5272	-1,57	4	3,14
Ter 5	0,00	33	7,30
6626	-1,45	11	12,20
7078	-2,26	8	31,90
6441	-0,53	4	37,30
6440	-0,34	6	57,50
6624	-0,44	6	133,70

Зависимость средних периодов вращения пульсаров от металличности шаровых скоплений



### РЕЗУЛЬТАТЫ и ОБСУЖДЕНИЕ

- На графике зависимости  $\langle P_{\text{spin}} \rangle = f[\text{Fe}/\text{H}]$  видно, что в бедных металлами шаровых скоплениях средние периоды пульсаров короче, чем в скоплениях с высокой металличностью. В шаровых скоплениях, имеющих  $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -1,2 \dots -1,6$  типичные значения средних периодов составляют  $\langle P_{\text{spin}} \rangle \sim 3,5 - 6$  мс; для шаровых скоплений с  $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0,3 \dots -0,6$  средние периоды  $\langle P_{\text{spin}} \rangle \sim 30 - 140$  мс.

Этот результат согласуется с найденной (Camilo & Rasio 2005) тенденцией, что медленные пульсары чаще обнаруживаются в высокоплотных богатых металлами шаровых скоплениях. Отметим, что в данной работе удалось получить характеристики средних периодов в шаровых скоплениях с низкой

металличностью благодаря недавнему открытию пульсаров в NGC 6440 и NGC 6441 (Freire et al. 2008).

- Шаровое скопление NGC7078 имеет аномально большое значение  $\langle P_{\text{spin}} \rangle$  пульсаров для своей металличности, поскольку некоторые пульсары, например, B2127+11A и B2127+11B имеют периоды вращения более 30мс (Jacoby et al. 2006).

Возможное объяснение - NGC7078 имеет небольшое, радиусом  $r_c=0,07$  угл. мин сколлапсировавшее ядро (параметр концентрации  $s=2,5$ ) (Harris 1996), часть пульсаров могла находиться вне ядра и поэтому иметь низкий темп смены компаньонов, необходимых для эффективного “раскручивания” в двойных системах.

- 47 Tuc, как и Ter5, при большом количестве пульсаров и низкой металличности, имеют небольшое значение  $\langle P_{\text{spin}} \rangle$ : соответственно 3,8мс и 7,3мс.

Основная причина – 47 Tuc имеет высокую центральную плотность (Pryor & Meylan 1993), что стимулирует образование маломассивных рентгеновских двойных систем, в которых в дальнейшем формируются MSP (Bhattacharya & van den Heuvel 1991). Недавно было проведено сравнение распределения периодов пульсаров в нескольких скоплениях, в том числе Ter 5 и 47 Tuc, но при этом связь с металличностью шаровых скоплений не рассматривалась (Camilo & Rasio 2005, Hessels et al. 2007). Там же отмечено, что Ter 5 расположено в центральной области Галактики, на него сильно влияют приливные воздействия Млечного Пути, поэтому внутри скопления интенсивно идут процессы обменов и столкновений звезд, что стимулирует образования пульсаров.

- Так как в шаровых скоплениях со временем происходит уменьшение периодов вращения MSP, то зависимость  $\langle P_{\text{spin}} \rangle$  от металличности шаровых скоплений согласуется с гипотезой, что скопления с низкой металличностью образовались раньше, чем с высокой металличностью.

Обзор современных гипотез образования шаровых скоплений представлен в (Brodie & Strader 2006). Здесь, в частности, бимодальность цветов скоплений, вызванная различиями металличности и найденная во многих галактиках, объясняется тем, что было или два эпизода звездообразования, либо два различных механизма образования шаровых скоплений.

Автор выражает благодарность организационному комитету конференции за предоставленную возможность принятия в ней участия.

## ЛИТЕРАТУРА

- Backer, D. C., et al. 1982, Nature, 300, 615  
 Bhattacharya D., van den Heuvel E. P. J., 1991, PhysRep, 203, 1  
 Brodie, J. P., & Strader, J. 2006, ARA&A, 44, 193  
 Camilo, F. & Rasio, F. A. 2005, in Binary Radio Pulsars, ed. F. A. Rasio & I. H. Stairs, volume 328 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 147  
 Freire, P. C. C., et al. 2008, ApJ, 675, 670  
 Harris W. E., 1996, AJ, 112, 1487  
 Hessels, J. W. T., et al. 2007, ApJ, 670, 363H  
 Ivanova, N., et al. 2008, MNRAS, 386, 553  
 Jacoby, B. A., et al. 2006, ApJ, 644, 113  
 Kurranov A. G., Postnov K. A., 2006, Astronomy Letters, 32, 393  
 Lyne, A. G., et al. 1987, Nature, 328, 399  
 Phinney E. S., “Pulsars as Probes of Globular Cluster Dynamics,” in *Structure and Dynamics of Globular Clusters*, edited by S. G. Djorgovski, and G. Meylan, 1993, vol. 50 of ASP Conf. Ser., p. 141.  
 Pryor C., Meylan G., 1993 “Velocity Dispersions for Galactic Globular Clusters” in *Structure and Dynamics of Globular Clusters*, edited by S. G. Djorgovski, and G. Meylan, 1993, vol. 50 of ASP Conf. Ser., p. 357.  
 Ransom, S. M., et al. 2005, Science, 307, 892