

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Том 13

№4 (106)

1961

Звезды типа RR Lyr в далеких окрестностях шаровых скоплений

Н.Е.Курочкин

В окрестностях 200–1000 пс от центра, т.е. далеко за границами скоплений NGC 104, 362, 5139, 5272, 5466, 6205 обнаруживается избыточное число звезд типа RR Lyr по отношению к окружающим областям или по отношению к ожидаемому числу этих звезд. Это рассматривается как свидетельство диссипации скоплений.

RR Lyr Type Stars in the Distant Vicinities of Globular Clusters

N.E.Kurochkin

An excess of RR Lyr type stars relative to surrounding regions or to the expected number is found in the vicinities of the globular clusters NGC 104, 362, 5139, 5272, 5466 and 6205, at a distance of 200 – 1000 pc from the center, i.e. far beyond their boundaries. This is considered to be evidence of the dissipation of the clusters.

В работе [1] автором было показано, что в далеких окрестностях скопления М3 обнаруживается избыток звезд типа RR Lyr, что может быть результатом диссипации скопления. В настоящей статье рассматриваются звезды типа RR Lyr в окрестностях других шаровых скоплений.

Наибольший интерес представляют скопления, которые находятся в высоких галактических широтах, где плотность фона звезд типа RR Lyr мала и избыток плотности легко заметить. Были выбраны скопления, расположенные вблизи или внутри площадок, в которых интенсивно велись поиски переменных звезд до 16^m – 17^m . Однако, во многих случаях, если модуль расстояния скопления невелик, можно было исследовать область вокруг скопления по разрозненным данным о переменных звездах. Вокруг скопления можно описать сферу, внутри которой мала вероятность обнаружения звезды фона (например, меньше 0.1). Если в этой области все же наблюдается по крайней мере одна звезда типа RR Lyr, следует полагать, что ее появление здесь не случайно, независимо от степени исследованности области вокруг скопления. Такие случаи, по-видимому, часто встречаются. Здесь приведены примеры такого рода.

Полагая в соответствии с данными Б.В.Кукаркина [2], что па-

дение плотности в зависимости от z -координаты происходит для звезд типа RR Lyr по закону

$$\rho_c = \rho_0 e^{-z/\beta}, \quad (\beta = 2000 \text{ пс}, \rho_0 = 21.9 \text{ зв/кпс}^3) \quad (1)$$

можно вычислить ожидаемое число звезд для разных z -координат в областях скоплений. Плотность в плоскости Галактики для звезд типа RR Lyr взята по данным Л.Н.Радловой [3]. Результаты вычислений по формуле (1) представлены в таблице 1, где $R_{0.1}$ и R_1 означают радиусы сфер, описанных вокруг скопления, внутри которых мы можем ожидать одну звезду фона с вероятностью 0.1 и 1.

Таблица 1

z	$e^{-z/\beta}$	$\rho \text{ зв/кпс}^3$	$R_{0.1}$	R_1	z	$e^{-z/\beta}$	$\rho \text{ зв/кпс}^3$	$R_{0.1}$	R_1
			кпс	кпс				кпс	кпс
0	1.00	21.9	0.103	0.222	7000	0.030	0.666	0.330	0.710
500	0.779	17.05	0.112	0.240	8000	0.018	0.394	0.393	0.845
1000	0.606	13.30	0.122	0.262	9000	0.011	0.241	0.463	0.995
1500	0.472	10.35	0.132	0.284	10000	0.0067	0.147	0.545	1.170
2000	0.368	8.05	0.144	0.310	11000	0.0041	0.090	0.640	1.370
3000	0.223	4.89	0.169	0.364	12000	0.0025	0.055	0.760	1.630
4000	0.135	2.96	0.200	0.430	15000	0.00055	0.012	1.260	1.710
5000	0.082	1.80	0.237	0.510	20000	0.000045	0.001	2.840	6.100
6000	0.050	1.095	0.279	0.600					

При вычислении расстояний до шаровых скоплений использовались данные о поглощении, приведенные в работе [4], модули взяты либо по [4], либо вычислялись по звездам типа RR Lyr в скоплении, в предположении $M_{pg} = 0^m$. При вычислении расстояний звезд от скоплений учитывались как угловое удаление от центра скопления, так и модуль звезды при $M_{pg} = 0^m$. Поглощение для окрестных звезд принималось такое же, как и для скопления, что для больших широт удовлетворительно, так как основная масса поглощающей материи располагается вблизи плоскости Галактики. Сведения о переменных звездах в скоплениях взяты по каталогу Соьер [5], сведения о звездах в окружающих областях по каталогу [6] или по литературным данным.

В таблице 2 приведены результаты вычислений пространственных плотностей для звезд типа RR Lyr, находящихся на разных расстояниях от скопления. В таблице даны: номер NGC, галактические координаты l и b , видимый модуль скопления по звездам типа RR Lyr ($\bar{m}-M$), поглощение (a), истинный модуль ($\bar{m}_0-M$), расстояние до скопления (R), число звезд типа RR Lyr в скоплении (N); сведения об окрестностях скопления: зона, в которой велся подсчет звезд (r — расстояние от центра скопления), число звезд типа RR Lyr в этой зоне (n), объем зоны (V), пространственная плотность звезд типа RR Lyr в зоне (ρ_0), z — координата, соответствующая середине зоны; плотность, предвычисленная по формуле (1) — (ρ_c). Далее следуют отношение наблюдаемой плотности к предвычисленной (ρ_0/ρ_c), и относительная плотность ($\rho_{отн}$), вычисленная при условии, что плотность в более далекой от скопления зоне равна единице. При избытке плотности $\rho_{отн} > 1$. Так как учет градиента по радиусу-вектору в Галактике не производился, в некоторых случаях значение предвычисленной плот-

ности сильно отличается от наблюдаемой, и величина $\rho_{отн}$ более наглядно определяет избыток плотности.

Таблица 2

NGC	l	b	m-M	α	m_o-M	Rпс	N
104	272°	- 45°	14.0 ^m	0.5 ^m	13.5 ^m	5000	2?
362	268	- 47	15.5	0.5	15.0	10000	7
4590	268	37	15.8	0.7	15.1	10470	18
5139	277	15	14.65	1.34	13.31	4600	168
5272	7	77	15.6	0.4	15.2	10960	186
5466	8	72	16.16	0.4	15.76	14200	18
6205	26	40	14.65	0.5	14.15	6760	1

NGC	Зона	n	V кпс ³	ρ_o эв/кпс ³	z пс	ρ_c эв/кпс ³	ρ_o/ρ_c	$\rho_{отн}$
104	r < 350	1	0.18	5.5	3500	4.0	1.38	1.66
	r < 600	3	0.90	3.3	3500	4.0	0.83	1.00
362	r < 1000	5	2.1	2.4	7300	0.6	4.00	5.70
	1000 < r < 2000	9	12.8	0.7	6200	1.0	0.70	1.00
4590	r < 1000	1	4.2	0.24	6300	1.0	0.24	-
5139	Mod < 13.3 ^m 1000 < r < 2000	2	0.14	13.8	450	19.5	0.71	1.00
	Mod < 13.3 r < 1000	1	0.12	8.3	550	17.0	0.49	0.69
	Mod > 13.3 r < 1000	6	0.15	40.0	640	15.8	2.53	3.56
	Mod > 13.3 1000 < r < 2000	2	0.40	5.0	740	15.2	0.33	0.47
5272	Mod < 15.4 r < 2500	6	17.2	0.35	10100	0.14	2.50	2.49
	Mod < 15.4 2500 < r < 6000	6	7.4	0.81	6700	0.80	1.01	1.00
5466	r < 1100	1	4.3	0.23	13500	0.03	7.7	-
6205	r < 1000	5	1.24	4.0	4350	2.6	1.54	0.75
	1000 < r < 2000	4	0.5	8.0	3500	3.9	2.06	1.00

Далее можно сделать некоторые замечания и обсудить результаты для отдельных скоплений.

NGC 104 (47 Tuc , 00^h19^m5, -72°38', 1900). Вблизи скопления нет хорошо исследованных площадок. Однако, переменные звезды в скоплении яркие и из них две звезды типа RR Lyr имеют среднюю звездную величину $\bar{m} = 14.70$ (см. [4,7]). Три звезды типа RR Lyr: WY Tuc , XY Tuc и VY Hui находятся от скопления на расстояниях 310 пс, 580 пс, 504 пс соответственно. Значительного избытка плотности нет, судя по этим данным, однако звезда WY Tuc расположена внутри сферы, где вероятность нахождения звезды зона существенно меньше единицы.

NGC 362 (00^h59^m0, -71°23', 1900). Вблизи скопления хорошо исследована площадка ~10°x15° VSF 212 (00^h40^m, -78°). Рассмотрено распределение 21 звезды типа RR Lyr по расстояниям от скопления (рис.1). В окрестностях скопления обнаруживается явный избыток звезд типа RR Lyr. На рис.2 показано распределение звезд по модулям в площадке VSF212 вместе с распределением по модулям звезд скопления. Видно, что дисперсия значительна уже для звезд скопления, что может привести к занижению плотности звезд вблизи скопления ("растягивание" по лучу зрения). На рис.3 дается связь средней величины и периода для звезд в скоплении и вне его. Ясно видно, что часть звезд поля концентрируется в области звезд скопления.

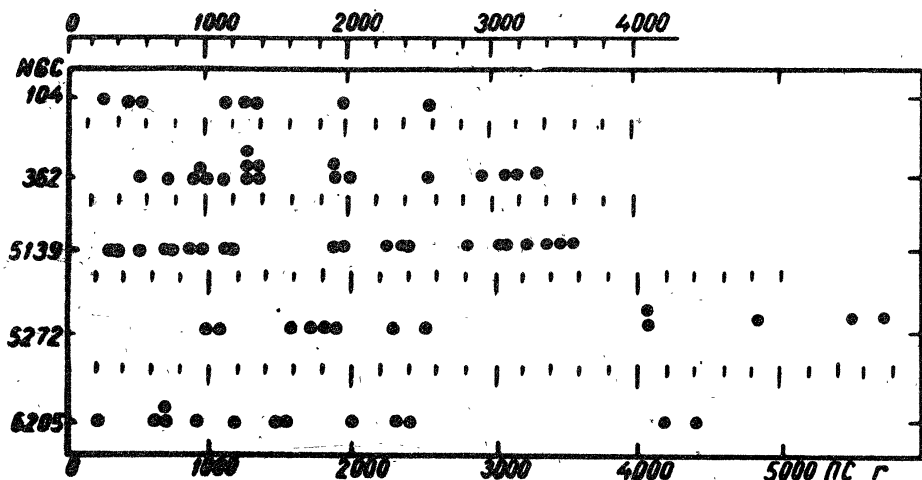


Рис.1. Распределение звезд типа RR Lyr по расстояниям от центра ближайших скоплений.

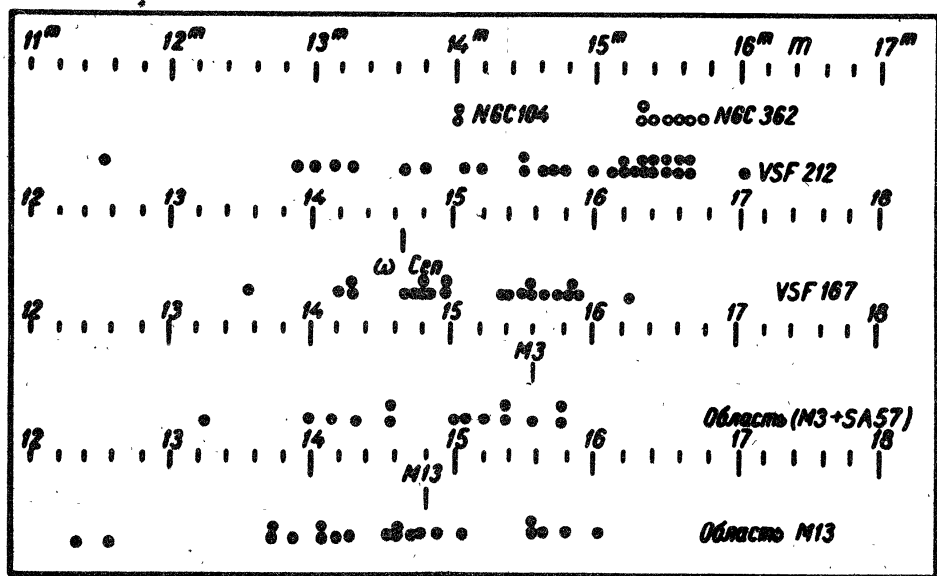


Рис.2. Распределение по видимым звездным величинам звезд типа RR Lyr в площадках вблизи скоплений. Отмечены максимумы распределений для звезд внутри скоплений.

На рис.4 приведена диаграмма период–амплитуда (P, A) для звезд скопления и поля. Наиболее близки к скоплению AD Tuc (566 пс) и AI Tuc (735 пс).

NGC 4590 (M68, $12^{\text{h}}34^{\text{m}}2$, $-26^{\circ}13'$, 1900). Область вокруг скопления не исследована. Для звезд скопления наблюдаются четкие зависимости ($\bar{m}$, P) и (A, P). Это делает расстояние до скопления не очень надежным, так как помимо дисперсии может сказаться систематическая ошибка в $\pm 0^{\text{m}}.2$. Возле скопления, в $11^{\text{h}}.7$ от центра, имеется звезда типа RR Lyr –EN Huc ($12^{\text{h}}33^{\text{m}}7$, $-26^{\circ}22'$), которая хорошо укладывается на зависимости (P, A) и ($\bar{m}$, P) для скопления (рис.5).

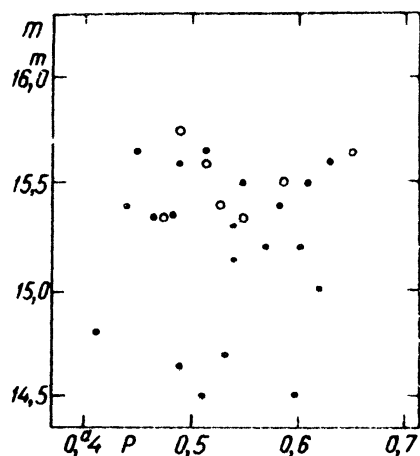


Рис.3. Зависимость период—средняя звездная величина (m , P) для звезд окружающей области (точки).

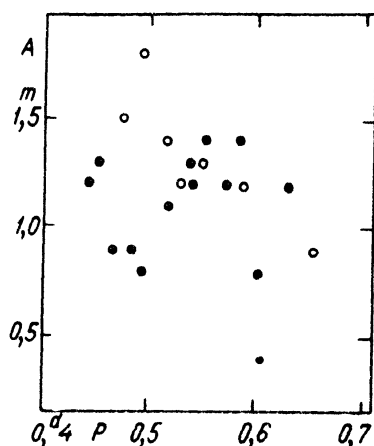


Рис.4. Зависимость период—амплитуда для звезд скопления NGC 362 (кружки) и звезд окружающей области (точки).

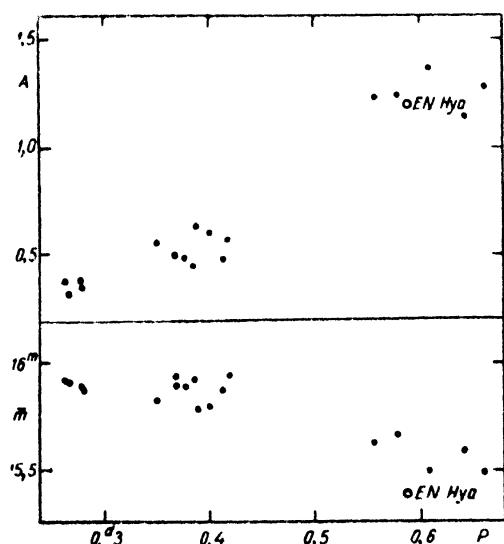


Рис.5. Зависимости (A , P) и (m , P) для звезд в скоплении M68. Нанесена также звезда вблизи скопления EN Hyg.

Ге расстояние от центра скопления, судя по модулю, 920 пс, но модуль создает большую ошибку и звезда в действительности может оказаться ближе. Согласно таблице 1 одну звезду фона можно ожидать при $r < 630$ пс. Избытка плотности не обнаружено, но это может быть следствием недостаточной изученности области.

NGC 5139 (ω Cen, 13^h20^m8 , $-47^\circ20'$, 1900). Вблизи скопления находится площадка VSF 167 (13^h31^m , $-53^\circ8$), верхняя граница которой располагается в 2° от ω Cen. Распределение звезд по расстояниям и модулям дано на рис.1 и 2. Значительный максимум плотности находится в области $r < 1000$ пс, несколько дальше скопления.

Наиболее близки к скоплению звезды GW Cen (353 пс), EM Cen (372 пс), EQ Cen (516 пс), BZ Cen (740 пс), GK Cen (735 пс), DL Cen (880 пс).

NGC 5272 (M3, 13^h37^m8 , $+28^\circ52'$, 1900). Окрестности скопления изучены автором [1,9]. Обнаруживается определенный избыток звезд типа RR Lyg в области $r < 2500$ пс по сравнению с более далекой областью, а также, как видно из таблицы 1, и по сравнению с предвычисленной плотностью по формуле (1).

NGC 5466 (14^h00^m9 , $+29^\circ01'$, 1900). Область вокруг скопления изучена слабо, так как видимый модуль скопления по звездам типа

RR Lyr составляет 16^m17 . Бааде [10] нашел в окрестностях скопления 5 звезд, из которых 2 имеют модули, близкие к модулю скопления. Эти звезды исследованы недавно Б.В.Кукаркиным [11]. Звезда №3 (14^h00^m2 , $+28^\circ40'$, 1900) имеет $\bar{m} = 15^m7$, $\bar{m}-a = 15^m3$ и расстояние от скопления 2800 пс. По-видимому, это звезда фона. На расстоянии 1080 пс (по модулю) расположена другая звезда №4 (14^h02^m9 , $+29^\circ31'5$, 1900), имеющая модуль 16^m0 . Эта звезда находится внутри зоны, где вероятность нахождения звезды фона составляет 0.1. Две звезды Бааде №1 и №5 принадлежат, по-видимому, к далеким окрестностям М3 (их видимые модули 15^m2 и 15^m4).

NGC 6205 (М13, 16^h38^m0 , $+36^\circ39'$, 1900). В скоплении обнаружена лишь одна звезда типа RR Lyr №8 с $P = 0^d750$, $A = 1^m4$ (необычно большая амплитуда для такого периода), $\bar{m} = 14^m9$. Скопление находится в изученной Хофмейстером площадке (16^h41^m , $+34^\circ$) [12]. Рассмотрено распределение 21 звезды типа RR Lyr по расстояниям и модулям (рис.1 и 2). Определенного избытка плотности нет, что естественно связать с небольшим числом звезд этого типа в скоплении. Однако, звезда GX Her расположена в 200 пс от скопления, тогда как радиус зоны, где вероятность звезды фона составляет 0.1, равен 210 пс. Эта звезда может быть генетически связана со скоплением.

Выводы. В 3-х случаях из 4-х, когда имелись исследованные области, вблизи скоплений обнаружен явный избыток звезд типа RR Lyr (NGC 362, 5139, 5272). Для двух скоплений NGC 5466 и NGC 6205 обнаружены звезды типа RR Lyr в области, где вероятность нахождения звезды фона меньше 0.1. В NGC 104 одна звезда расположена в зоне, где вероятность много меньше 1. Только в одном случае не удалось установить избытка плотности (NGC 4590), хотя в скоплении имеются звезды типа RR Lyr. Однако, область вокруг этого скопления наименее исследована. Избыток плотности обнаружен несмотря на неучет дисперсии абсолютных величин и дисперсии за счет ошибок, что приводит всегда к занижению плотности в зонах сосредоточения звезд ("растягивание" вдоль луча зрения). Итак, обнаруживается существование избытка звезд типа RR Lyr вблизи скоплений в 6 случаях из 7. Естественно предполагать, что в области вблизи скоплений присутствуют звезды, вылетевшие из скоплений или связанные со скоплениями, которые и создают наблюдаемый излишек плотности. Мы получаем непосредственное свидетельство распада скоплений.

Численно избыток звезд типа RR Lyr в окрестностях скоплений, богатых звездами этого типа, составляет 2–4 звезды на кпс³. Это согласуется с оценкой потока звезд от скопления М3 (см. предыдущую работу автора [1], более подробно [9]).

Мы должны теперь представлять звезды типа RR Lyr, как весьма сложный конгломерат подсистем. Среди них могут выделяться по физическим свойствам звезды галактического диска, звезды ядра Галактики; возможно, звезды короны; наконец, звезды, связанные непосредственно со скоплениями. Последние, по-видимому, имеют весьма разнородные физические свойства, как звезды и в самих скоплениях. Одним из признаков расхождения в физических свойствах разных групп звезд является разный вид диаграммы период–амплитуда (P, A). В работе автора [13] показано, что звезды типа RR Lyr в направле-

нии антицентра (это преимущественно звезды диска) показывают иную диаграмму (P, A), чем звезды вблизи полюсов Галактики, где могут быть звезды короны и звезды, связанные генетически со скоплениями. У звезд антицентра присутствуют звезды с периодами $0^d.36-0^d.45$, в отличие от звезд высоких широт. Все эти факты приобретают в связи с данной работой важное значение. Возникает проблема более четкого разделения групп звезд типа RR Lyr, различающихся, как можно думать, по происхождению.

В дальнейшем следует всемерно расширять поиски звезд типа RR Lyr в далеких окрестностях шаровых скоплений и начать более детальное исследование их физических характеристик. Решающим экспериментом для подтверждения обнаруженных фактов явилось бы изучение окрестностей до $2^\circ-3^\circ$ вокруг скоплений NGC 2419 и NGC 7006, которые находятся в межгалактическом пространстве и окрестности которых свободны от звезд галактической короны. Весьма интересны были бы поиски межгалактических переменных звезд.

Литература

1. И.Е.Курочкин, АЦ 205, 1959.
2. В.В.Кукаркин, Исследование строения и развития звездных систем на основе изучения переменных звезд, ГИИЛ, 1949.
3. И.И.Радлова, ИЗ 7, №1, 1, 1949.
4. И.И.Паренаго, В.В.Кукаркин, Ч.Ф.Флоря, Тр. ГАИШ 16,47, 1949.
5. H.B.Sawyer, Publ. David Dunlap Obs., 2, №2, 1955.
6. В.В.Кукаркин, И.И.Паренаго, Ю.И.Еремюков, И.И.Холопов ОКНЗ, 1958.
7. A.D.Thackeray, Specola Vaticana, Ricerche Astron. 5, 69, 1958.
8. H.Shapley, E.M.Hughes, HA 90, №4, 1934.
9. И.Е.Курочкин, ИЗ 13, №2, 84, 1960.
10. W.Paade, Hamb. Mitt. 6, №27, 1926.
11. В.В.Кукаркин, ИЗ 12, №1, 50, 1957.
12. C.Hoffmeister, KVBB №24, 1941.
13. И.Е.Курочкин, АЖ 36, №5, 816, 1959.

Гос. Астрономический институт им.П.К.Летникова
Москва, ноябрь 1959 г.