

Spatial structure of some globular and open star clusters: III. Comparative analysis of the structures of the clusters*

Zvezdelin I. Peykov

University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia

E-mail: peykov_fhe@uacg.bg

(Research report. Accepted on 02.08.2007)

Abstract. The article presents a qualitative comparative analysis of the parameters describing the spatial structure of seven globular and four open star clusters in our Galaxy, investigated in the first article of this cycle. The principles and the quantities of the comparison are also given. A row of qualitative empirical relationships between the compared parameters is obtained for the investigated globular clusters. These dependences are also confirmed by the open clusters. The following relations are investigated in details: (1) between the relative radii of the spatial zones, angular slopes of the linear change of the structure and the absolute radius of the cluster; (2) between the structural parameters and the metal abundance in the cluster; (3) between the structural parameters, distance from the galactic center to the cluster and the conditions of their visibility. The established correlations show possible connections between the characteristics of the structure, age and location of the clusters in the Galaxy.

Key words: star cluster - structure

Пространствена структура на някои сферични и разсейни звездни купове: III. Сравнителен анализ на структурите на куповете

Звезделин И. Пейков

Приведен е качествен сравнителен анализ на параметрите, описващи пространствената структура на седем сферични и четири разсейни звездни купа от нашата Галактика, които са изследвани в първата работа от този цикъл. Разгледани са принципите и величините при сравнението. За изследваните сферични купове са получени ред качествени зависимости между параметрите на сравнението, които се подтвърждават и при разсечните купове. Подробно са разгледани следните зависимости: (1) между относителните радиуси на пространствените зони, ъгловите наклони на линейното изменение на структурата и абсолютния радиус на купа; (2) между структурните параметри и обилието на метали в купа; (3) между структурните параметри, разстоянието от Галактичния център до купа и условията за неговата видимост. Намерените корелации отразяват възможни връзки между особеностите в структурата на куповете, техните възрасти и местоположението им в Галактиката.

Пространственная структура некоторых шаровых и рассеянных скоплений: III. Сравнительный анализ структур скоплений

Звезделин И. Пейков

Приведен качественный сравнительный анализ параметров, описывающих пространственной структуры семи шаровых и четырех рассеянных звездных скоплений нашей Галактики, которые исследованы в первой работе этого цикла. Рассмотрены принципы и величины сравнения. Для исследуемых шаровых скоплений получен ряд качественных зависимостей между параметрами сравнения, которые подтверждаются и при рассеянных скоплениях. Более подробно рассмотрены следующие зависимости: (1) между относительными радиусами пространственных зон, угловыми наклонами линейного изменения структуры и абсолютным радиусом скопления; (2) между структурными параметрами и обилием металлов в скоплении; (3) между структурными параметрами, расстоянием от скопления до галактического центра и условиями его видимости. Обнаруженные корреляции отражают возможные связи между особенностями структуры скоплений, их возрастами и местонахождением в Галактике.

* Based on observations obtained at the Rozhen National Astronomical Observatory, operated by the Institute of Astronomy of the Bulgarian Academy of Sciences.

1 Введение

На основе полученных результатов по исследованию пространственной структуры семи шаровых и четырех рассеянных скоплений (которые приведены в первой работе этого цикла) и при помощи каталогов скоплений в этой работе будет сделано сравнение между параметрами, описывающими пространственную структуру, и некоторых других интегральных характеристик рассматриваемых объектов. Из-за того, что число исследованных скоплений явно недостаточно для уверенного статистического сравнения, полученные здесь результаты имеют общий, качественный характер, который в будущем будет уточнен и дополнен.

2 Основные положения при сравнении отдельных параметров

Возможные для сравнения параметры, описанные в первой работе цикла, даны ниже вместе с их размерностями:

a_i [°/м] - угловой наклон зависимости: $R_i(B) = a_i(B - B_{0i})$,

\tilde{r}_i - относительные радиусы пространственных зон скопления, нормированные к $R_4(B)$,

A [°/м] - коэффициент зависимости: $a_i = A\tilde{r}_i$,

B_0 [м] - звездная В-величина, при которой радиусы зон становятся равными нулю для гомологического скопления,

B_{lim} [м] - звездная В-величина, выше которой наблюдается систематическое изменение структуры скопления,

$\ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)}{\Delta B} \left[\frac{N}{(')^3} \right]$ - натуральный логарифм из нормированной к единичному интервалу звездных величин звездной плотности на границах пространственных зон.

Здесь (') - минута дуги, м - звездная величина, N - число звезд.

Параметры $\tilde{r}_i, B_0, B_{lim}$ и А описывают гомологическое скопление. Так как \tilde{r}_i представляют „относительную“ структуру системы относительно $R_4(B)$, уместно сделать и сравнение $R_4(B)$ между отдельными скоплениями, что даст сведения об абсолютных размерах объекта. Чтобы избавится от зависимости от звездной величины, мы будем сравнивать значения R_4 при определенной абсолютной величине $M_B = 5^m$, одинаковой для всех скоплений. Тогда последним параметром для сравнения будет радиус внутренней зоны короны каждого скопления при указанной величине, т. е.

$R_4(M_B = 5)$ ['].

К этим параметрам мы добавили еще следующие, взятые из определенного каталога:

СС - класс концентрации по Шепли-Сойер.

$\left[\frac{m}{H} \right]$ - индекс обилия металлов,

Sp - интегральный спектральный класс скопления,

BMS - Звездная величина точки поворота главной последовательности (ГП), полученная из приведенных в первой работе диаграмм „цвет-величина“, там, где это возможно,

r_\odot [pc] - расстояния от Солнца до скопления,

Rg [pc] - расстояния от галактического центра до скопления,

b [°] - галактическая широта скопления,

D [pc] - диаметр скопления по каталогу,

E_{B-V} [м] - избыток цвета.

Чтобы избавиться от влияния внешних факторов (расстояния до скопления, межзвездного поглощения света, фотометрической системы) при сравнении всех этих параметров, мы превратили их значения в абсолютные единицы: угловые - в парсеки, видимую величину - в абсолютную с учетом поглощения и сделали

сравнение в единой фотометрической системе - использованной В системе. При этом мы воспользовались формулами:

$$R[pc] = r_{\odot}[pc]\alpha[rad]$$

где α - угловой размер в радианах,

$$M_B = B - Mod_{app}^V - E_{B-V}$$

где Mod_{app}^V - наблюдаемый модуль расстояния до скопления.

Следует особо подчеркнуть, что использование данных каталога при переходе к абсолютным единицам связано с переносом всех систематических ошибок данного каталога (представляющего собой замкнутую систему) на результаты сравнения. Единственной величиной, свободной от ошибок каталога, является \tilde{r}_i , которая безразмерна.

Для сравнения мы использовали каталог Кукаркина (1974), причем величина $\left[\frac{m}{H}\right]$ для NGC6535 взята из работы Liller (1980), из-за сильной неуверенности ее значения в каталоге.

Полученные величины в абсолютных единицах для рассматриваемых шаровых скоплений приведены в табл. 1, где двоеточие обозначает неуверенность в соответствующих значениях. Сравнение с соответствующими параметрами в табл. 2 для исследуемых рассеянных скоплений затруднено, потому что данные находятся в системе V (см. первую работу), звездная плотность $\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta V)$ на границах пространственных зон не получена, а соответствующие расстояния и видимые модули взяты из других работ. Поэтому сравнение с рассеянными скоплениями является только грубым качественным подтверждением полученных далее корреляций для шаровых скоплений.

Таблица 1. Параметры сравнения для шаровых скоплений

Parameters	NGC 5466	M 15	M 92	M 12	M 56	NGC 6535	NGC 6171
$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \left[\frac{N}{pc^3} \right]$	$NGC5466 < M15 \approx M92 < M1 \approx M56 \approx NGC6535 < NGC6171$						
$R_4(M_B = 5)[pc]$	23.5	21	16.3	12.0	12.1	6.4	7.1
M_{Bo}	$-5.93^m:$	-7.88^m	$-6.14^m:$	-4.80^m	-6.14^m	-4.67^m	-2.57^m
M_{Blm}	3.79 m	3.23 m	3.29 m	3.02 m	2.59 m	2.58 m	3.22 m
M_{Bms}	4.90 m	4.37 m	4.29 m	5.05 m	-	-	4.6 m :
$A[pc/m]$	2.138	1.559	1.468	1.216	1.080	0.668	0.950
r_1	0.163	0.079	-	0.138	0.092	0.112	0.147
\tilde{r}_2	0.380	$\left\{ \begin{array}{l} 0.334 \\ 0.499 \end{array} \right.$	0.410	0.362	0.296	0.239	0.318
\tilde{r}_3	0.651	0.696	0.666	0.654	0.629	0.547	0.634
\tilde{r}_4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
\tilde{r}_5	1.478	1.418	1.367	1.399	1.472	1.593	1.412
\tilde{r}_6	2.012:	1.759	-	1.742	2.011	-	1.900
$a_1[pc/m]$	0.487	0.123:	-	0.168:	0.098:	0.086	0.132:
$a_2[pc/m]$	1.506	$\left\{ \begin{array}{l} 0.522 \\ 0.801 \end{array} \right.$	0.790	0.395	0.396	0.142	0.312
$a_3[pc/m]$	1.651	1.383	1.320	0.859	0.769	0.299	0.668
$a_4[pc/m]$	2.288	2.087	1.390	1.184	1.051	0.635	0.906
$a_5[pc/m]$	2.812	2.449	1.840	1.523	1.590:	1.111	1.407:
$a_6[pc/m]$	4.301:	2.358	-	2.268	2.146	-	1.756
CC	XII	IV	IV	IX	X	XI	X
Sp	F5:	F3.2	F2.8	F5.7	F4.6	F6:	G0.0
$[m/H]$	-1.87	-2.02	-1.99	-1.52	-1.77	-1.6	-0.80
$r_{\odot}[pc]$	14300	9800	7400	5300	8900	8700:	5200
$R_g[pc]$	15600	11100	10500	6100	9900	4800:	5600
E_{B-V}	0.02 m	0.09 m	0.03 m	0.18 m	0.21 m	0.33 m	0.35 m
$b[^{\circ}]$	73.59 $^{\circ}$	-27.32 $^{\circ}$	34.86 $^{\circ}$	26.32 $^{\circ}$	8.34 $^{\circ}$	10.43 $^{\circ}$	23.02 $^{\circ}$
$D[pc]$	46	35	24	22	18	9:	15

3 Основные результаты сравнения отдельных параметров

Последовательность семи шаровых скоплений в табл. 1 основана на сравнении их абсолютных значений дифференциальной звездной плотности $\ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)}{\Delta B}$ на границах каждой зоны. Используя данные исследований (см. первую статью) и сравнивая эти величины для всех зон с данной i при одинаковых M_B , мы получили, что наблюдается следующий качественный ряд возрастания дифференциальной звездной плотности разных скоплений:

$$NGC5466 < M15 \approx M92 < M12 \approx M56 \approx NGC6535 < NGC6171 .$$

(Здесь только М56 сравнено с другими скоплениями по интегральным кривым $f(\tilde{r}_i, B)$, так как для него не получены дифференциальные кривые $\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)$).

Наблюдаемая закономерность, по нашему мнению, наиболее существенна. Она показывает, что наиболее плотным по всему объему является скопление NGC 6171, а наиболее разреженным - NGC 5466. Интересно отметить, что такую же последовательность следуют и большинство параметров, характеризующих разные скопления в табл.1. Ниже на это будет обращено специальное внимание.

Таблица 2. Параметры сравнения для рассеянных скоплений

Параметры	Плеяды	Ясли	Волосы Вероники	NGC2420
$R_4(M_V = 5)[pc]$	8.5	8.1	8.3	$R_4(M_B = 5) = 9.2$
M_{V_o}	-2.08 ^m	-2.88 ^m	-2.8 ^m :	$M_{Bo} = -3.8^m$
M_{Vlim}	< 0 ^m	< 2 ^m	< 2 ^m	$M_{Blim} = 4.18^m$
M_{Vms}	-	1.0 ^m	1.0 ^m	$M_{Bms} = 3.92^m$
$A[pc/m]$	0.699	0.667	-	0.942
r_1	0.189	0.162:	0.20	-
\tilde{r}_2	0.352	0.380	0.45	-
\tilde{r}_3	0.600:	0.562:	0.63	0.620
\tilde{r}_4	1.0	1.0	1.0	1.0
\tilde{r}_5	1.622	1.490	1.57	1.418
$a_1[pc/m]$	0.142:	0.108:	-	-
$a_2[pc/m]$	0.396:	0.245	-	-
$a_3[pc/m]$	0.288	0.278:	-	0.577
$a_4[pc/m]$	0.690:	0.560	-	1.412
$a_5[pc/m]$	1.157	1.108	-	1.009
Sp	поздний	поздний	поздний	средний
$[m/H]$	большое	большое	большое	среднее
$r_\odot[pc]$	126	158	80	2400
$R_g[pc]$	10000	10000	10000	8600
E_{B-V}	$\approx 0^m$	$\approx 0^m$	$\approx 0^m$	0.02 ^m
$b[^{\circ}]$	-	-	-	20 [°]
$D[pc]$	16.2	13.8	15.4	25.4

Сравнение между собою ширин разных логарифмических диапазонов звездной плотности для разных зон скоплений:

$$\ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)}{\Delta B} - \ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_j, \Delta B)}{\Delta B}, i > j$$

показывает их весьма своеобразное изменение по шкале M_B , которое, вероятно, обусловлено эффектами звездной и динамической эволюции этих объектов. Единственno более уверенно можно сказать, что средний логарифмический наклон $\frac{\partial}{\partial B} \left(\ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)}{\Delta B} \right)$ для M12 определено больше для всех зон относительно других скоплений. Это согласуется и с отмеченной в работе Миронова и др. (1984) большой разницей $\Delta V_{TO,HB}$ между положением горизонтальной ветви и точкой поворота ГП в этом скоплении.

Из табл. 1 видна и другая интересная особенность - предельные величины M_{Blim} , выше которых наблюдается систематическое изменение в структуре скопле-

ний, меньше абсолютных величин точки поворота ГП ($M_{B_{ms}}$) на $1-1,3^m$ величины. Иными словами, вероятно $M_{B_{lim}}$ коррелируют с $M_{B_{ms}}$, как уже это было допущено в второй статье этого цикла. (Снова исключение заметно здесь при M12, где эта разница больше - около 2^m). Такая же корреляция наблюдается и у рассеянных скоплений (см. табл. 2). Наверно эта зависимость может быть использована при определении возраста скоплений, там где положение точки поворота ГП неизвестно.

Возможные корреляции, полученные из сравнения параметров табл. 1, приведены в табл. 3.

Первая колонка этой таблицы содержит условный номер замеченной зависимости, во второй даны коррелирующие величины (символ \uparrow обозначает возрастание, а \downarrow - убывание значений соответствующих параметров), в третьей приведен предполагаемый вид зависимости, а в четвертой - возможная причина. Некоторые из наблюдаемых зависимостей показаны на рисунках ниже. Приведены также и эмпирически полученные зависимости из первой статьи. Прежде чем приступить к детальному рассмотрению результатов табл. 3, отметим, что зависимости: №1-6 - структурные, №7-22 - структурно-звездные (т.е. связанные с характеристиками звездного населения скопления), а №23-27 - связанные с положением скопления в Галактике и с условиями его видимости. По нашему мнению, некоторые из этих корреляций являются следствием других, основных закономерностей, указанных в табл. 3. Отметим еще, что данные из табл. 2 для рассеянных скоплений качественно подтверждают описанные зависимости для шаровых скоплений.

Мы рассмотрим более внимательно следующие основные наблюдаемые корреляции:

1. №5. Интересная зависимость между \tilde{r}_i и $R_4(M_B = 5)$ (рис.1а). Она показывает связь между относительными радиусами пространственных зон (нормированными к $R_4(B)$) и абсолютным радиусом внутренней короны при $M_B = 5^m$. Видно, что скопления с большими $R_4(M_B = 5)$ имеют относительно большее ядро и меньшую корону и наоборот.

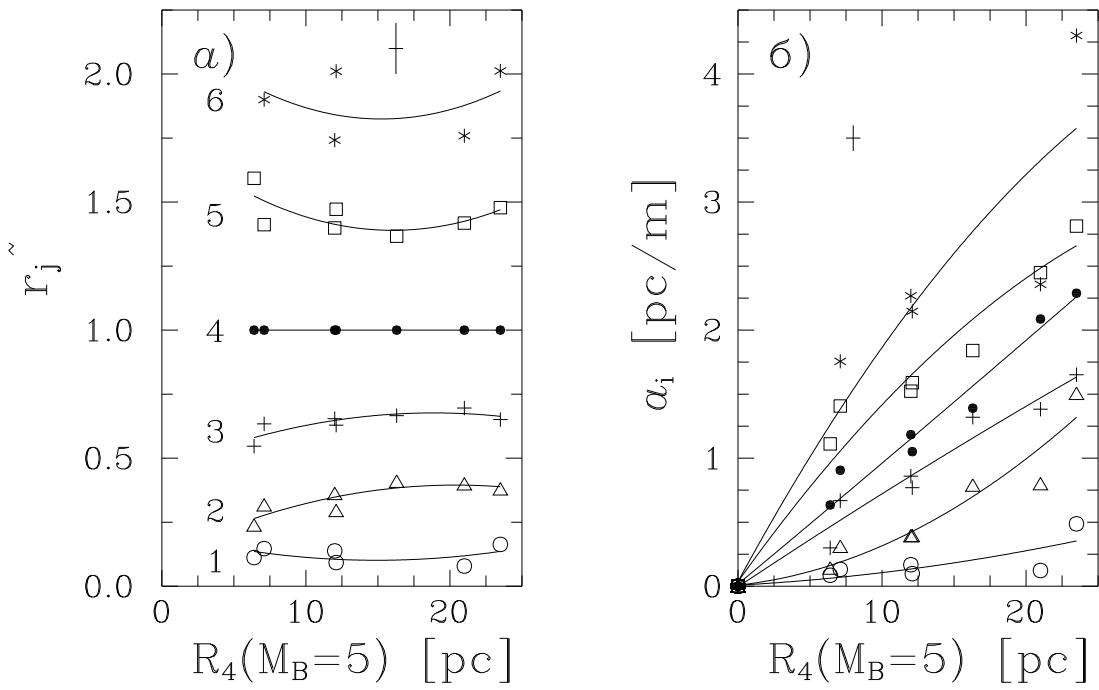
Подобное изменение, связанное с вышесказанным, наблюдается и между a_i и $R_4(M_B = 5)$ на рис.1б - это зависимость №6. (Ясно, что зависимости №5 и №6 связаны между собою посредством №3). Наверно можно объяснить эти корреляции либо различиями в начальных параметрах скопления (масса, радиус и т.д.) во время формирования его гомологической структуры, либо эффектами динамической эволюции - сжатие ядра и расширение короны (см. вторую статью).

2. №7. Важная зависимость между $\ln \frac{\Delta f(\tilde{r}_i, \Delta B)}{\Delta B}$ и $R_4(M_B = 5)$ (см. табл. 1). Она показывает, что с увеличением звездной плотности во всем объеме скопления значения $R_4(M_B = 5)$ уменьшаются. Это можно интерпретировать как более высокую среднюю плотность в меньших по размерам скоплениях. Одним возможным объяснением является сравнительно небольшой разброс в массах только что сформировавшихся скоплений и различная продолжительность их начального коллапса. Другое объяснение будет рассмотрено ниже.

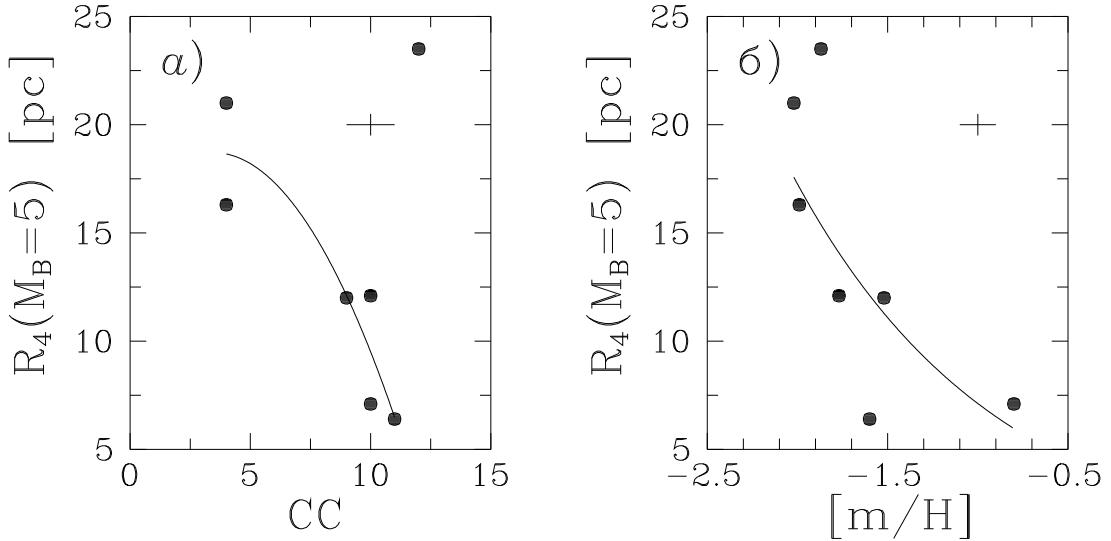
3. Интересно проверить, существует ли корреляция между классами концентрации СС по Шепли-Сойер и $R_4(M_B = 5)$ - это зависимость №15. Из рис.2а видно, что, если исключить из рассмотрения NGC5466, можно наблюдать известную корреляцию, которая однако может быть случайной, так как не представлены все классы СС.

4. №16. Интересная зависимость между обилием металлов $[\frac{m}{H}]$ и абсолютным радиусом $R_4(M_B = 5)$ (рис. 2б). Ее можно связать с временем и местом образования скопления (см. ниже).

5. №17. Чисто „звездная“ зависимость, связывающая $[\frac{m}{H}]$ с параметром M_{Bo} (рис. 3а). Принимая предположение о физическом смысле параметра B_0 (см. вторую статью), ее можно объяснить различной светимостью звезд при образовании бедных и богатых металлами скоплений. Отметим, что соответствующая величина M_{Vo}



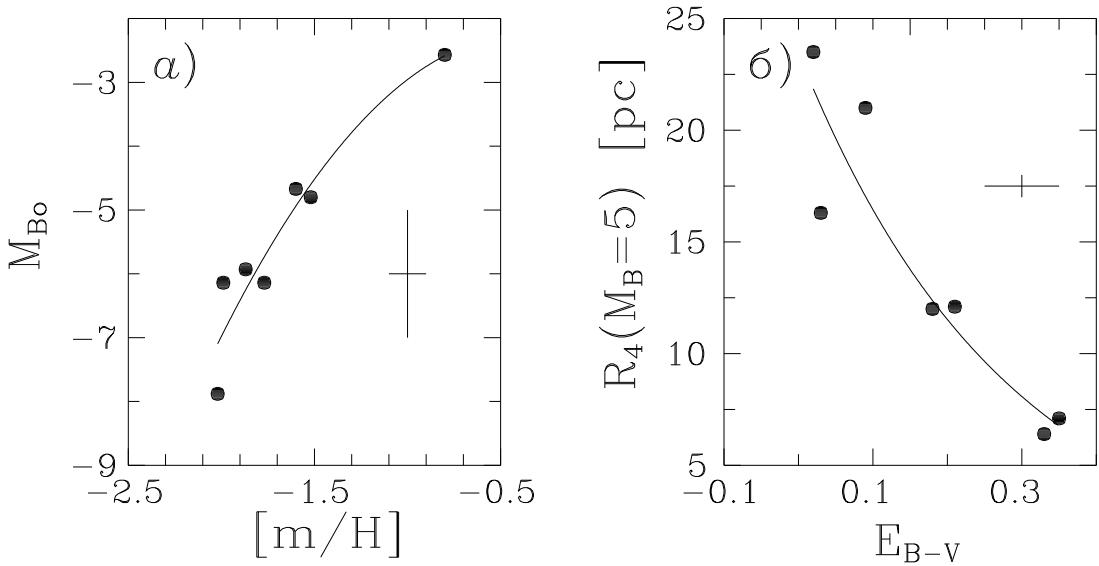
Фиг. 1. Иллюстрации зависимостей $R_4(M_B = 5) - \tilde{r}_j$ (а) и $R_4(M_B = 5) - a_i$ (б). Зависимости представлены параболами. Оценки стандартных ошибок данных представлены крестами.



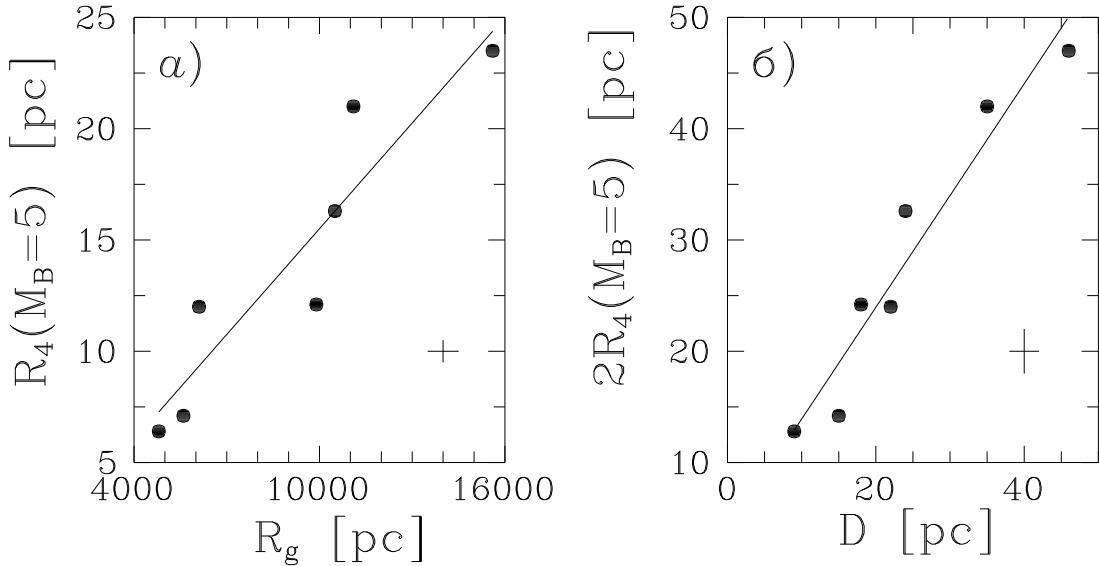
Фиг. 2. Иллюстрации зависимостей $R_4(M_B = 5) - CC$ (а) и $R_4(M_B = 5) - [m/H]$ (б).

для рассеянных скоплений (табл. 2), имеющих высокое содержание металлов, также находится в области меньших светимостей.

6. №23. Эта зависимость связывает абсолютный размер $R_4(M_B = 5)$ с условиями видимости скопления, т.е. с влиянием межзвездного поглощения света, характери-



Фиг. 3. Иллюстрации зависимостей $M_{B0} - [m/H]$ (а) и $R_4(M_B = 5) - E_{B-V}$ (б).



Фиг. 4. Иллюстрации зависимостей $R_4(M_B = 5) - R_g$ (а) и $2R_4(M_B = 5) - D$ (б).

зующегося величиной E_{B-V} . Из рис.3б видно, что с увеличением E_{B-V} значения $R_4(M_B = 5)$ уменьшаются. Такая же зависимость наблюдается и между E_{B-V} и диаметром скопления D , взятым из каталога Кукаркина. Для ее объяснения можно сделать две гипотезы:

а) Влияние E_{B-V} на определенные из наблюдений размеры $R_4(M_B = 5)$.

Согласно работам Бархатовой (1949) и Паренаго, Кукаркина и Флоря (1949) межзвездное поглощение света влияет на определенные из наблюдений диаметры рассеянных и шаровых скоплений в результате уменьшения их видимых угловых

размеров при больших E_{B-V} из-за „срезания“ внешних частей скопления. Приведенная Бархатовой формула:

$$\lg D = \lg D_1 + 1,3CE$$

(где: D - истинный, D_1 - искаженный поглощением диаметр, CE - избыток цвета) сравнительно хорошо описывает вид зависимости на рис.3б. Иными словами, можно считать, что с возрастанием поглощения наблюдатель систематически преуменьшает значения видимых $R_4(M_B = 5)$.

Против этой гипотезы, однако, имеются серьезные возражения:

1. Подобная зависимость между E_{B-V} и D наблюдается для всех скоплений (больше ста) из каталога Кукаркина, а также из каталога Alcaino (1979). Приходится допустить, что такая систематическая ошибка не учтена в этих каталогах при получении линейных размеров D .

2. Отсутствие подобной зависимости между расстояниями до скоплений и их $R_4(M_B = 5)$ (см. табл. 1) противоречит идее о неучтенном влиянии межзвездного поглощения света.

3. E_{B-V} влияет в основном на размеры внешней короны, а мы рассматриваем радиус $R_4(M_B = 5)$ внутренней короны, который определяется надежнее чем R_c . Кроме того, благодаря связи $R_4(M_B = 5)$ с \hat{r}_i , следовало бы и влияние E_{B-V} на все радиусы $R_i(B)$ разных зон, а они, особенно в ядре скопления, определяются достаточно надежно.

Все это приводит нас к отказу от этой гипотезы при объяснении наблюданной зависимости.

б) Влияние местонахождения скоплений в Галактике на $R_4(M_B = 5)$.

Имея ввиду, что максимальное поглощение света наблюдается в направлении к центру Галактики и вдоль галактической плоскости, можно предположить, что наблюданное изменение $R_4(M_B = 5)$ с изменением E_{B-V} связано с расстоянием R_g скопления от галактического центра и с его $|z|$ -координатой. В пользу этого предположения мы приводим следующие факты:

1. Наблюдается корреляция между $R_4(M_B = 5)$ и расстоянием скопления R_g от центра Галактики (рис.4а).

2. Наблюдается и корреляция между $R_4(M_B = 5)$ и галактической широтой $|b|$ скопления (зависимость №25 из табл. 3).

3. Шаров (1976) считает, что шаровые скопления можно разбить на две группы: скопления со спектральными классами $F8.5 - G$, относящиеся к населению диска, и скопления с классами $F2 - F8$, имеющие сферическое распределение. Из табл. 1 видно, что по спектральным классам NGC6171 и NGC6535 вероятно попадают в первую группу, т.е. относятся к населению диска, а другие скопления: NGC5466, M15, M92, M12 и M56 относятся ко второй группе и имеют сферическое распределение в Галактике. Это наверно связывается и с различиями в их $R_4(M_B = 5)$.

4. Миронов и Самусь (1974) также разбивают шаровые скопления на две группы - первая из них содержит скопления с очень населенным голубым концом (по сравнению с красным) горизонтальной ветви, с малой концентрацией к центру Галактики и с независящим от расстояния от этого центра химическим составом, а вторая группа охватывает остальные скопления с большой концентрацией и с изменяющимся химическим составом. Из табл. 1 видно, что NGC6171 и NGC6535 имеют в среднем наибольшие $[\frac{m}{H}]$, соответствующие виду их диаграмм „V, B-V“ (см. рис. 1 из первой статьи), что вероятно относит их ко второй группе Миронова и Самуся. Остальные скопления с населенными голубыми концами горизонтальной ветви и с меньшими $[\frac{m}{H}]$ можно отнести к первой группе.

5. Kinman и Michie (1963), исследовав около 50 шаровых скоплений, установили, что чем меньше и плотнее скопление в среднем, тем ближе оно к центру Галактики. Полученные зависимости: №7 и №26 очень хорошо согласуются с их выводами.

Все эти аргументы наводят нас на мысль о правильности второй гипотезы б). Тогда основной вывод, который может быть сделан, является следующим: рассматриваемые семь скоплений представляют собой разнородную группу, причем два

из них принадлежат диску, а остальные - к сферической составляющей. При этом предположении зависимость " $R_4(M_B = 5), E_{B-V}$ " легко объясняется тем фактом, что межзвездное поглощение света наиболее сильно в направлении на центр Галактики и вдоль галактической плоскости. Очень возможно, что некоторые из замеченных корреляций №5, 7, 16 отчасти или в целом объясняются различным расположением скоплений в Галактике. Наверно это расположение связано и с различиями в условиях образования, возрастом и динамической эволюцией шаровых скоплений.

7. №27. Это последняя из рассматриваемых корреляций. Она дает связь полученных нами значений $R_4(M_B = 5)$ с каталожными стойностями диаметров D этих скоплений. Из рис.4б видно, что с хорошей степенью точности: $2R_4(M_B = 5) \approx D$. Это показывает, что нет систематических ошибок в определении радиусов пространственных зон скоплений. Сами параметры $R_4(M_B = 5)$ могут рассматриваться как система определенных из наблюдений радиусов скоплений, полученных с достаточной точностью и не зависящих от изменения $R_4(B)$ с звездной величиной. Нельзя забывать, что относительно них нормирована и „относительная“ структура скопления, выражаемая значениями \tilde{r}_i .

4 Заключение

В заключении этой работы отметим, что описанные корреляции показывают существование возможной связи между процессами, протекающими во время формирования звездных скоплений, их динамической эволюцией и местонахождением в Галактике.

Автор выражает благодарность Цветану Георгиеву, Орлину Станчеву и Василу Попову за внимание к этой работе и помощь при ее оформлении.

Литература

- Бархатова К., 1949, Астрон. журн., т.26, с.251.
 Кукаркин Б., Шаровые звездные скопления, М., Наука, 1974.
 Миронов А., Самусь Н., 1974, Переменные звезды, т.19, с.337.
 Миронов А., Самусь Н., Шугаров С., Юферов А., 1984,
 Астрон. цирк., №1313, с.1.
 Паренаго П., Кукаркин Б., Флоря Н., 1949. Труды ГАИШ, т.16, с.47.
 Шаров А., 1976, Астрон. журн., т.53, с.702.
 Alcaino G. 1979, Vistas in Astronomy, v.23, p.1.
 Kinman T., Michie R., 1963, Astron. J., v.68, p.282.
 Liller, M. 1980, Astron. J., v.85, p. 1480.

Таблица 3. Наблюдаемые корреляции для шаровых скоплений

№	Коррелирующие величины	Предполагаемый вид корреляции	Возможная причина корреляции
1	$R_i \uparrow, B \uparrow$	$R_i(B) = a_i(B - B_{0i})$	Возможная связь с начальным стадием формирования скопления
2	\tilde{r}_i, B	$\tilde{r}_i(B) = const.$	То же самое
3	$a_i \uparrow, \tilde{r}_i \uparrow$	$a_i = A\tilde{r}_i$	№1 и №2
4	$A \uparrow, R_4(M_B = 5) \uparrow$	$A = R_4(M_B = 5)/const$	№1, №2 и №3
5	$\tilde{r}_i \downarrow, R_4(M_B = 5) \uparrow$	$\tilde{r}_i \sim \log_{10} R_4(M_B = 5)$	Возможная связь с динамической эволюцией скопления
6	$a_i \uparrow, R_4(M_B = 5) \uparrow$	$a_i \sim R_4(M_B = 5) \log_{10} R_4(M_B = 5)$	№3 и №5
7	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, R_4(M_B = 5) \downarrow$	-	Возможная связь с формированием, эволюцией и местонахождением скопления в Галактике
8	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, A \downarrow$	-	№4 и №7
9	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, \tilde{r}_i \downarrow$	-	-
10	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, a_i \downarrow$	-	№6 и №7 (Исключение NGC6171)
11	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, CC \uparrow$	-	- (Исключение NGC5466)
12	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, [\frac{m}{H}] \uparrow$	-	Возможная связь с временем и местом формирования скопления
13	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, E_{B-V} \uparrow$	-	№7 и №24
14	$\ln \frac{\Delta f_i}{\Delta B} \uparrow, D \downarrow$	-	№7 и №27
15	$CC \uparrow, R_4(M_B = 5) \downarrow$	$CC \sim -\log_{10} R_4(M_B = 5)$	№7 и №11 (Исключение NGC5466)
16	$[\frac{m}{H}] \uparrow, R_4(M_B = 5) \downarrow$	$[\frac{m}{H}] \sim -\log_{10} R_4(M_B = 5)$	Возможная связь с временем и местом формирования скопления
17	$[\frac{m}{H}] \uparrow, M_{Bo} = 5 \uparrow$	$[\frac{m}{H}] \sim \log_{10} M_{Bo}$	То же самое
18	$CC \uparrow, \tilde{r}_i \downarrow$	$CC \sim \log_{10} \tilde{r}_i$	№5 и №15 (Исключение NGC5466)
19	$CC \uparrow, a_i \downarrow$	$CC \sim \log_{10} a_i$	№6 и №15 (Исключение NGC5466)
20	$CC \uparrow, A \downarrow$	$CC \sim \log_{10} A$	№4 и №15 (Исключение NGC5466)
21	$[\frac{m}{H}] \uparrow, A \downarrow$	$[\frac{m}{H}] \sim \log_{10} A$	№4 и №16
22	$[\frac{m}{H}] \uparrow, \tilde{r}_i \downarrow$	-	№5 и №16
23	$E_{B-V} \uparrow, R_4(M_B = 5) \downarrow$	$E_{B-V} \sim \log_{10} R_4(M_B = 5)$	№26 и №27
24	$E_{B-V} \uparrow, D \downarrow$	$E_{B-V} \sim \log_{10} D$	№26, №27 и №23
25	$b \uparrow, R_4(M_B = 5) \uparrow$	$b \sim R_4(M_B = 5)$	Возможная связь с местонахождением скопления в Галактике
26	$R_g \uparrow, R_4(M_B = 5) \uparrow$	$R_g \sim R_4(M_B = 5)$	То же самое
27	$2R_4(M_B = 5) \uparrow, D \uparrow$	$2R_4(M_B = 5) = D$	Высокая точность измерений R_i