

კვლევა ახალგაზრდა ვარსკვლავთა კლასტერის NGC 2420-ის სტრუქტურაზე

ბ.სალუკვაძე

/რეზიუმე/

კლასტერის სტრუქტურის /გარეგანი რეზიუმე/ კვლევაზე მიღებული ასტრონომიკური მონაცემების საფუძველზე გამოკვლეულია ვარსკვლავთა კლასტერის NGC 2420 სტრუქტურა.

საძირკვე მონაცემები ა /14.5 ვ.სიძ./ და ბ /14.5 - 16.20 ვ.სიძ./ კლასტერის ვარსკვლავთა კლასტერის. დადგინდა მისი სტრუქტურა ნახ. 4-ში.

დასკვნაში აღნიშნულია, რომ კლასტერის აქვს ბირთვი და ძალიან განვითარებული კორონა.

ON THE STRUCTURE OF THE OLD OPEN CLUSTER NGC 2420

G.N.SALUKVADZE

(Summary)

The structure of the cluster NGC 2420 is investigated on the basis of the photographic plate obtained by means of 2-meter universal telescope of Tautenburg Observatory (GDR).

The counts were made for the stars of "a" (14.5 mg) and "b" (14.5-16.20 mg) groups. The results are displayed in fig. 4.

The conclusion is made that the cluster has a well expressed nucleus and a very expanded corona.

Цитированная литература

1. Trumpler R.J. Lick Obs. Bull. 1930, 14, 154.
2. Bergh S. van den. Zaf. Aph. 1958, 46, 176.
3. Sarma M.B.K., Walker M.P. Aph. J. 1962, 135, 11.
4. West P.R. Aph. J. Suppl. 1967, 67, 699.
5. van Altena W.F., Jones B.P. Astron. and Astrophys. 1970, 8, N1, 112.
6. Cannon R.D., Lloyd C. Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 1970, 150, 3, 279.
7. Салуквадзе Г.Н., Шаров А.С. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. 1968, 36, 51.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗВЕЗД В ШАРОВОМ СКОПЛЕНИИ M15И. Г. КОЛХИДАШВИЛИ<sup>х)</sup>

Исследование закономерностей в структуре звездных скоплений представляет большой интерес с точки зрения проблем, связанных со звездной эволюцией. Несмотря на то, что работы в этом направлении ведутся с давних пор, многие вопросы окончательно еще не решены и требуют дальнейших исследований.

За последние два-три десятилетия появились новые концепции о структуре звездных скоплений. В настоящее время приводятся серьезные доводы, указывающие на то, что фактические размеры скоплений намного больше, чем это считалось до сих пор, что скопления, кроме центральной области (которую раньше принимали за все скопление), содержат корону большой протяженности, состоящую из значительного количества звезд.

Признается вместе с тем общность природы и закономерностей эволюции открытых и шаровых скоплений; основными параметрами, различающими их, являются масса и размер.

Закон изменения пространственной плотности для многих открытых скоплений установлен путем подсчета звезд достаточно надежно, что же касается шаровых скоплений, то для них определение плотностей и масс усложняется эффектом полного видимого перекрытия звезд в их центральных областях, что исключает возможность подсчетов в них. Несмотря на это, интерес к изучению пространственных плотностей в шаровых скоплениях остается высоким и попытки их определений продолжают.

Мы предприняли работу по выявлению закона изменения пространственной плотности от центра к периферии в широко известном шаровом скоплении M15 и по оценке, при этом, числа звезд в нем.

Шаровое скопление M15 было сфотографировано на 70-см менисковом телескопе Абастуманской астрофизической обсерватории (негатив № ИО92, полученный 1-2 сентября 1973 г. с экспозицией 20 минут на фотопластинке ZU-2 OPBO), фотометрическая обработка выполнена на микрофотометре МФ-4, снабженном специальной приставкой для автоматической записи на особой разграфленной бумаге. Измерения велись вдоль диаметра скопления, с севера на юг. При этом щель микрофотометра покрывала участок на пластинке размером 0,05x0,2 мм, что при масштабе 28 секунд дуги на мм, занимает площадь в 0,027 кв. минуты. Ширина всей фотометрируемой области около скопления достигала 2000 секунд дуги. В итоге была

х) Кафедра астрономии Тбилисского государственного университета.

получена кривая изменения почернений вдоль диаметра скопления и в его окрестностях.

Как обычно, кривая не гладка и обнаруживает многочисленные флуктуации, иногда и значительные, вызванные отдельными яркими звездами. Но, в намерении установить лишь общую картину изменения видимой плотности, мы огладили ее, проведя плавную осредненную кривую. Эта процедура допускает разные решения, хотя и несущественно отличные друг от друга, но все же в некоторой степени влияющие на окончательные результаты. Тем не менее, подобные измерения не лишены значения и интереса.

На фотопластинке были получены изображения марок трубчатого фотометра, пользуясь которыми мы преобразовали кривую почернения в кривую изменения интенсивности, послужившую для решения поставленной задачи.

Сначала необходимо было подыскать соответствующую теоретическую функцию распределения интенсивностей, приближающуюся к полученной наблюдаемой. После многих испытаний мы остановились на функции из пирсоновских кривых, имеющей вид [1]:

$$y = y_0 \left(1 + \frac{x^2}{a^2}\right)^{-m}$$

Она включает в себя также и распределение Шустера при  $m=2,5$ .

По наблюдаемой кривой интенсивностей были вычислены соответствующие постоянные [2], а по ним — значения параметров  $a$  и  $m$ . Разные  $a$  и  $m$  дают кривые, довольно отличные друг от друга по форме. К наблюдаемой нами картине лучше других подошла кривая с параметрами  $a=2,5$ ;  $m=3$  и  $y_0=1000$  (рис.1).

Как уже отмечалось выше, фотометрирование было выполнено только вдоль одного диаметра с севера на юг. Отдавая себе отчет в том, что другие направления могут дать другую картину, анализ мы провели все же по кривой, полученной по одному диаметру, тем самым приписывая шаровому скоплению сферическую симметрию.

После того как установили аналитический вид распределения видимой интенсивности, мы провели анализ двух кривых (теоретической и наблюдаемой) на основе подсчета звезд в скоплении.

Для облегчения подсчетов, с негатива был снят на бумагу позитивный отпечаток в увеличенном виде; по нему была составлена карта на белой бумаге посредством прокалывания изображений звезд. При этом, осуществлялся контроль одновременным просмотром негатива в микроскоп. На полученной карте масштаб увеличен примерно в 27-раз.

Из намеченного центра скопления (где звезды сливаются и выступают в виде размытого пятна) мы прочерчивали круги радиусами в 10, 20, ..., 130 мм. Ширина каждого кольца  $36,45$  (масштаб картины:  $3,645$  на мм). Внутри колец подсчитывались звезды.

Результаты подсчетов приведены в таблице I. В подсчеты не включены 23 звезды ярче  $14,5$ .

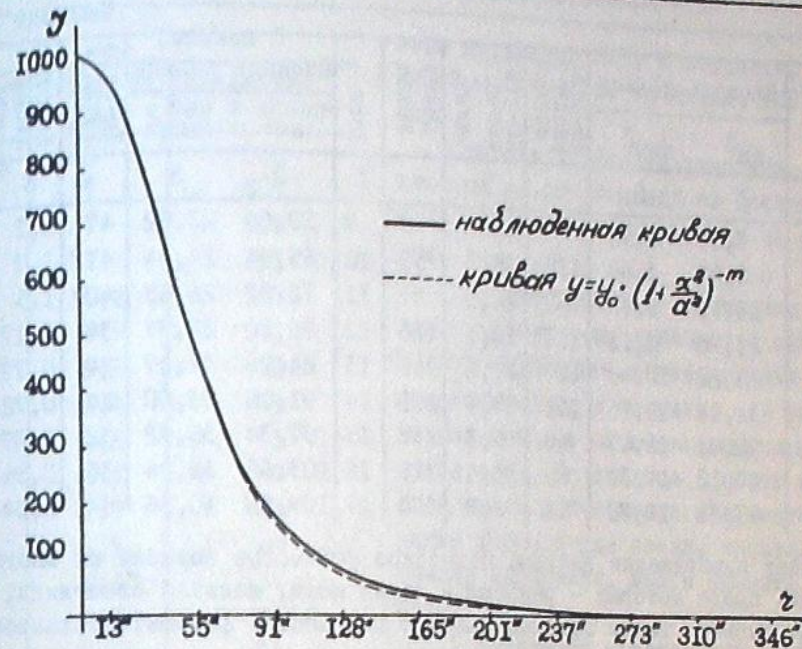


Рис. I

Ни при подсчетах, ни при фотометрировании не учтены ошибки интервала [3], определенным образом влияющие на получаемые результаты.

По рис.1 и аналогичному, но увеличенному рисунку, построенному для низких интенсивностей (он здесь не приводится), составлена таблица 2, содержащая значения интенсивностей внутри колец. Начиная с кольца  $201''$ , вычисленные звездные плотности на 1 кв. мин. нам представляются реальными, а к центру, ввиду перекрытия изображений звезд в подсчетах участвуют не все объекты (такие подсчеты в таблице I отмечены вопросительным знаком), в самом же центре подсчеты, конечно, вовсе невозможны.

Рассматривая таблицу I и рисунок, можно заметить, что за кольцом  $456''$  поверхностная плотность звезд и интенсивности участков фотонегатива остаются постоянными, указывая на то, что более или менее плотная часть скопления (в пределах точности фотометрирования и в условиях осреднения количества звезд внутри кольца) заканчивается. Так что, для радиуса скопления получается величина  $7,9$ . Эта цифра больше определенного в [4] значения радиуса основного тела скопления, но меньше радиуса всего скопления, получаемого в той же работе.

На основе детального подсчета звезд П.Н.Холоповым выявлена корона скопления, простирающаяся до  $15,5$  от центра, наше же фотометрирование указывает на постоянную поверхностную плотность уже с расстояния  $7,9$  от центра. Возможно, это расхождение объясняется тем, что при фотометрировании цель фотометра покрывает малую площадь пластинки и при низкой плотности внешних частей скопления в гель не всегда

Таблица 1

Зона	Площадь кольца		Ко-ство звезд в кольце	Ко-ство звезд в мин <sup>2</sup>	Центр колец	Зона	Площадь кольца		Ко-ство звезд в кольце	Ко-ство звезд в мин <sup>2</sup>	Центр колец
	см <sup>2</sup>	мин <sup>2</sup>					см <sup>2</sup>	мин <sup>2</sup>			
I	2	3	4	5	6	I	2	3	4	5	6
Центр	3,14	1,16			0"	9	59,66	22,02	47	2,1	346"
1	9,42	3,48	125?	35,9	55	10	65,94	24,34	41	1,7	383
2	15,70	5,79	152?	26,3	91	11	72,22	26,65	40	1,5	419
3	21,98	8,11	147?	18,1	128	12	78,50	28,97	34	1,17	456
4	28,26	10,43	127?	12,1	165	13	84,78	31,29	24	0,77	492
5	34,54	12,75	101	7,9	201	14	91,06	33,60	24	0,72	529
6	40,82	15,07	80	5,3	237	15	97,34	35,92	32	0,89	565
7	47,10	17,38	59	3,4	273	16	103,62	38,24	36	0,94	601
8	53,38	19,70	51	2,6	310	17	109,90	40,56	34	0,84	638

попадает изображение звезды. Показание фотометра зависит от многих причин, среди которых - размеры и форма щели, масштаб пластинки, вуаль и т.д. Выявить такие эффекты (низкую плотность) фотометрированием при описанных обстоятельствах весьма затруднительно.

Таблица 2

Кольцо	$\mathcal{J}$	Число звезд на 1 кв. мин. (по таблице 1)	Коэффициент перевода числа звезд в интенсивность
0	1000		
55	462		
91	174		
128	62		
165	22,4		
201	14,9	7,9	1,89
237	9,9	5,3	1,87
273	7,4	3,4	2,18
310	5,8	2,6	2,23
346	4,6	2,1	2,19
383	3,6	,7	2,12
419	2,8	1,5	1,87
456	2,2	1,17	1,88

Для установления числа звезд во внутренних кольцах (со средними радиусами I65, I28, 91, 55" и в самом центре скопления) мы воспользовались кривой изменения интенсивности (рис.1), считая интенсивность пропорциональной количеству звезд.

Таблицей 2 представлена зависимость интенсивности от количества звезд в тех кольцах, в которых подсчеты надежны. Эту же зависимость, исходя из предположения о пропорциональности (количество - интенсивность), мы распространили и на внутренние кольца. По таблице 2 средний коэффициент перевода получается равным 2, так что, например, в кольце I65" количество звезд на I кв. мин. получается II,2; аналогично и в остальных кольцах и в центре скопления.

Использование коэффициента 2 для центральной области скопления, где эффект перекрытия максимальный, мы сочли возможным благодаря отсутствию на фотометрической кривой области соларизации.

Переходя от плотности, путем умножения ее на площадь кольца, к полному количеству звезд в кольцах, получаем данные таблицы 3.

Числа в таблице 3 до кольца I65" включительно, вычислены указанным путем, после него же определены непосредственно по подсчетам.

Согласно данным таблицы 3 шаровое скопление можно условно разделить на две части: внутреннюю - более плотную, простирающуюся от це-

Таблица 3

Кольцо	Число на I мин <sup>2</sup>	Полное число в кольце
центр	500	580
55	231	804
91	87	504
128	31	251
165	11,2	117
201	7,9	101
237	5,3	80
273	3,4	59
310	2,6	51
346	2,1	47
383	1,7	41
419	1,5	40
456	1,17	34
492	0,77	24
529	0,72	24
565	0,89	32
601	0,94	36
638	0,84	34

тра до кольца I65", и наружную, с меньшей плотностью, от кольца 201" до окраин.

Средняя плотность участков, находящихся на расстояниях от центра более 7',9, составляет 0,83 звезды на I кв. мин. дуги.

Так что площадь, занимаемая собственно скоплением, включает в себя  $0,83 \pi r^2 = 163$  звезды, принадлежащих галактическому фону и вероятно той обширной короне, которая на нашем материале не проявила себя. По таблице 3 общее количество звезд в скоплении получается порядка 2700, а для звезд, принадлежащих самому скоплению, можем принять число 2550.

В подсчетах участвовали звезды до I7,5 фотографической звездной величины, начиная от I4,5. Звезды ярче I4,5 в расчет не брались.

Оценку звездных величин мы произвели по работе Арпа [5], где даны стандарты звездных величин вокруг скопления и в самом скоплении (таблицы). Если считать, что скопление M15 находится на расстоянии I2 кпс от нас и для поглощения света принять величину 0,53 [6], то наблюдаемые величины окажутся в интервале от I4<sup>m</sup> до I7<sup>m</sup>, чему соответствуют абсолютные величины от M=-I,4 до M=I,6. Получается, что все 2550 звезд, составляющие скопление, являются гигантами. Звезды с меньшей светимостью на данной фотопластинке не выявляются. Использование функции светимости могло бы дать приближенное общее количество звезд в скоплении. Для этой цели мы воспользовались функцией светимости, построенной Сендиджем [7] для скопления M3, по многим характеристикам схожего со скоплением M15 и поэтому позволяющего судить ориентировочно о последнем.

Диаграмма Сендиджа  $[-\lg \varphi(M), M]$  построена по 44500 звездам от M=-0,3 до +6,0 с разбиением на интервалы по 0,2 и продолжена дальше путем экстраполяции. Наши подсчеты охватывают абсолютные величины от -I,14 до +I,6, что составляет I5 интервалов по 0,2. В них подсчеты по диаграмме дали I780 звезд, что намного меньше подсчитанного и вычисленного нами по нашей карте. Чтобы отсчеты по диаграмме дали полученное нами число (2550), диаграмму  $[-\lg \varphi(M), M]$  мы подняли вверх на 0,16 единиц, т.е. количество звезд для каждого M (по 0,2 интервала) увеличили в I,44 раза по сравнению с тем, что имеем для скопления M3. И т.к. количество звезд в M3 до M=+6,0 равно 44500, то в M15 их будет 64000. Правда, в M3 подсчеты велись начиная с M=-3,0 но от -3,0 до -I,4, откуда начи-

наются наши выкладки) всего около 200 звезд, что можем вовсе и не принимать во внимание.

Для звезд низких светимостей  $M > 6$  отсчеты также брались по диаграмме. От  $M=6$  до  $M=10$ , включительно, в M15 должно быть 140000 звезд, а от  $M=10,2$  до  $M=15$  около 508000. Следовательно, если допустить, что функция светимости M15 не отличается от таковой для M3, за количество звезд в M15 можно принять число порядка 700000.

Для линейного радиуса скопления получается 27 пс (расстояние 12000 пс, угловой радиус  $7,9'$ ), а в качестве средней плотности во всем объеме — 8 звезд на куб. пс.

Если допустить, что функция светимости для ядра, короны и вообще всего скопления одинакова (хотя, как видно из разных источников, напр., [8] и др., она должна быть различна для разных частей скопления), то в сфере с радиусом  $165''$  ( $\approx 9$  парсекам) по итогам поверхностного распределения, без учета пространственной картины, окажется около 600000 звезд и для средней плотности в указанном объеме получим 200 зв. на куб. пс. Как указывается в [9], плотности в центральных частях скопления определяются с низкой надежностью, причем получаются весьма различные значения — от 50 до 50000 и более звезд в куб. пс. Здесь, конечно, надо обратить внимание на то, какой именно объем принимается за центральную часть. На большое значение массы в центре M15 указано в [10]. Остальные 350 звезд распределены в объеме от кольца  $165''$  до  $456''$ , в котором плотность получается около 0,004 звезды в куб. пс.

Мы отдаем себе отчет в том, что количественные выводы не могут претендовать на большую точность, тем не менее считаем, что изложенная здесь характеристика структуры скопления M15 не лишена интереса.

В заключение выражаю признательность научному сотруднику Абастанской астрофизической обсерватории С.М.Чантурия, отснявшему по нашей просьбе скопление M15.

Январь, 1977.

საბსტრუქტო უკუბრუნებული M15 კლასტრის სფერული სიმკვრივე

მ. კოლხიდაშვილი

ON DISTRIBUTION OF STELLAR DENSITY IN THE SPHERICAL CLUSTER M15

M.G. KOLKHIDASHVILI

Ц и т и р о в а н н а я л и т е р а т у р а

1. Эльдerton В.П. Кривые распределения численностей и корреляция. М. 1924
2. Романовский В. Математическая статистика. М.-Л. 1938
3. Холопов П.Н. Астрон. Ж. 1953, 30, 4.
4. Холопов П.Н. Астрон. Ж. 1963, 40, 3.
5. Agr H.S. A.J. 1955, 60, 9.
6. Строение звездных систем. Под ред. Холопова П.Н. 1962, стр. 266
7. Sandage A.R. Astrophys. J. 1957, 125, 422.
8. Холопов П.Н. Астрон. Ж. 1964, 41, 5.
9. Hogg H.S. A.J. 1959, 64, 10.
10. Bahcall J.V. et al. Astrophys. Lett. 1975, 16, 4.

ДЕТАЛЬНЫЙ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЛАКТИК  
 NGC 3593, 3623, 3627 И 3628 В СИСТЕМЕ ЛЬВА. I.

Т.М.БОРЧХАДЗЕ

В работе [1] нами были представлены результаты изучения методом детальной поверхностной фотометрии галактики NGC 4151, а также галактик, находящихся в ее окрестностях. Здесь мы приводим результаты фотометрического анализа квартета NGC 3593, 3623, 3627 и 3628, входящего в систему Льва, включающую около 20 членов [2,3]. Предварительные результаты изучения галактик названного квартета были сообщены в [4,5].

I. Общие сведения. Обычно, в литературе, при том или ином изучении названных галактик рассматривается тесная тройная группа NGC 3623, 3627 и 3628 (Holm. N246 a, b, c [6]). NGC 3593 удалена от них на 81.7 минуты дуги к западу, однако, ее лучевая скорость и сравнительная угловая близость к названному триплету дают основание рассматривать группу как четырехкратную. Следует также отметить, что названные четыре галактики образуют в системе Льва как бы отдельную, пространственно изолированную, подсистему. Ближайшая к ним галактика системы Льва, NGC 3489, удалена на четыре градуса. В [7] Вокулер относит NGC 3593 к тройной группе Holm. N240 (NGC 3605-07-08), которая также образует отдельную подсистему во Льве. Это мнение, пожалуй, следует считать ошибочным т.к. NGC 3593 удалена от триплета NGC 3605-07-08 более чем на пять градусов.

Возможно, некоторым косвенным доводом в пользу предположения о принадлежности NGC 3593 к триплету NGC 3623-27-28 можно считать и то обстоятельство, что из всех членов системы Льва только рассматриваемые четыре галактики характеризуются присутствием обильного количества пылевой материи, как это отмечается, например, в [3].

Если мы примем теперь такое допущение, то рассматриваемые галактики образуют сравнительно близкую к нам группу, находящуюся на расстоянии порядка 11.3 Мпс, исходя из их средней лучевой скорости [7,8]. На этом расстоянии  $\Gamma = 55$  пс, при  $H = 55$  км/сек·Мпс [9].

Большие угловые размеры позволили построить для изучаемых галактик сравнительно подробные фотометрические карты, которые приводятся в настоящей работе.

Каждый квадрат карты содержит в первой строчке средние значения,