

Б. В. Кукаркин

# ШАРОВЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR  
THE ASTRONOMICAL COUNCIL

---

STERNBERG STATE ASTRONOMICAL INSTITUTE  
OF THE MOSCOW STATE LOMONOSOV UNIVERSITY

B. V. Kukarkin

# THE GLOBULAR STAR CLUSTERS

The General Catalogue  
of Globular Star Clusters of our Galaxy  
Concerning Information on 129 Objects  
Known before 1974

PUBLISHING HOUSE «NAUKA»

Moscow 1974

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СОВЕТ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. П. К. ШТЕРНБЕРГА  
ПРИ МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

Б. В. Кукаркин

# ШАРОВЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

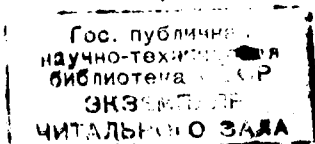
Общий каталог  
шаровых звездных скоплений нашей Галактики,  
содержащий приведенные к единой системе  
характеристики 129 объектов

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1974

КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР

74-24558



134  
33625

Кукаркин Б.В.

Шаровые скопления. "Наука", 1974 специалистов-астрономов,

В книге рассматриваются различные физические характеристики шаровых звездных скоплений нашей Галактики, полученные из наблюдений, проводимых на разных астрономических обсерваториях всего мира. В первой части книги даны исследования различных наблюдений и приведены формулы редукции этих наблюдений к однородной системе. Во второй части книги дан каталог всех известных в настоящее время шаровых скоплений нашей Галактики и приведены их характеристики в однородной системе с указанием источников. Книга рассчитана на специалистов астрономов, на студентов и аспирантов, изучающих астрономию.

БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ КУКАРКИН

ШАРОВЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Утверждено к печати  
Астрономическим Советом АН СССР

Издание осуществлено способом офсетной печати  
с оригиналов, представленных Астрономическим Советом  
АН СССР

Редактор Р.Г. Немков  
Художественный редактор Н.Н. Власик. Технический редактор Е.К. Полукарова

Подписано к печати 1/УП-74 г. Т - 12222. Усл.печ.л. 8,5. Уч.-изд.л. 8,67  
Формат 60 x 90 1/16. Бумага машин. мелов. Тираж 500 экз. Тип. зак 1305  
Цена 71 коп.

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука", 103/17 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21  
1-я типография издательства "Наука". 199034, Ленинград, В-34, 9-я линия. 12

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## CONTENTS

Предисловие. . . . .	7
Preface. . . . .	10
<b>ЧАСТЬ I. ОСОБЕННОСТИ ШАРОВЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ (PART 1. THE PROPERTIES OF THE GLOBULAR CLUSTERS OF OUR GALAXY).</b>	
Введение (Introduction). . . . .	15
1. Положение шаровых скоплений на небесной сфере (The Positions of Globular Clusters). . . . .	18
2. Интегральные звездные величины (The Integrated Magnitudes of Globular Clusters). . . . .	20
3. Цветовые эквиваленты (The Colour Equivalent). . . . .	29
4. Спектральные классы (The Spectral Types). . . . .	37
5. Истинные цветовые эквиваленты шаровых скоплений в фотометрической системе U, B, V, I и избытки цвета (The Intrinsic Colours of Globular Clusters in U, B, V, I System and Colour Excesses). . . . .	41
6. Содержание металлов в атмосферах звезд шаровых скоплений (The Problem of Metal Abundance in Atmospheres of Stars in Globular Clusters). . . . .	47
7. Диаметры шаровых скоплений (The Diameters of Globular Clusters). . . . .	59
8. Модули расстояний шаровых скоплений (The Distance Moduli of Globular Clusters). . . . .	88
The Discription of the Part 1 of the Book. . . . .	93
<b>ЧАСТЬ 2. ОБЩИЙ КАТАЛОГ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ (PART 2. THE GENERAL CATALOGUE OF GLOBULAR CLUSTERS OF OUR GALAXY).</b>	
Описание общего каталога шаровых скоплений нашей Галактики	99
The Discription of the General Catalogue of Globular Clusters of our Galaxy. . . . .	103
Таблица А. Координаты шаровых скоплений (Table A. Co-ordinates of Globular Clusters). . . . .	106
Таблица В. Вспомогательные величины (Table B. Auxiliary Quantities). . . . .	109

Таблица С. Интегральные величины, цветовые эквиваленты U, B, V, I и избытки цвета E (B-V). (Table C. Integrated Magnitudes, Colour Equivalentents U, B, V, I and Colour Excesses E (B-V)). . . .	112
Таблица D. Спектры и содержание металлов (Table D. Spectral and Metal Abundances). . . . .	118
Таблица E. Диаметры и видимые модули расстояний (Table E. The Diameters and Apparent Distances Moduli). . . . .	120
Таблица F. Общие сведения (Table F. General Data). . . . .	124
Дополнение (Appendix) . . . . .	130
Источники (References). . . . .	132

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная идея, положенная в основу этой книги и каталога общих характеристик шаровых звездных скоплений нашей Галактики, очень проста. Но, возможно, изложенные далее мысли покажутся спорными.

Любые теории и любые интерпретации сложных явлений сужают понимание природы и происходящих в ней процессов. Планеты, звезды, звездные скопления, галактики, межзвездная и межгалактическая среда представляют сложные по структуре и эволюционирующие формации материи. Разрабатывая теорию этих формаций материи или интерпретируя то или иное сложное явление, мы неизбежно оставляем вне внимания множество деталей и процессов. Мы невольно отказываемся от их рассмотрения либо потому, что эти детали просто еще не открыты, либо потому, что не подозреваем их большую значимость. Таким образом, эти особенности и детали остаются вне нашего поля зрения. Часто это связано с принимаемой аксиоматикой. К сожалению, аксиоматика часто не формулируется с необходимой точностью и откровенностью. Между тем учет пренебрегаемой или упущенной информации может коренным образом изменить текущую интерпретацию.

Все сказанное не означает отрицания эвристического значения теории. Наоборот, развитие любой науки с несомненностью говорит, что хорошая теория, несмотря на все упрощения, приводила к выдающимся открытиям как в исследовании природы, так и в изучении развития общества. Но любая хорошая теория должна опираться на наиболее достоверные для своего времени факты. Должно осуществляться действительное единство теории и практики.

Уже достаточно давно стало очевидным, что шаровые скопления нашей Галактики являются представителями заведомо старых, относительно автономных звездных систем. Это делало их прекрасными объектами для изучения звезд на поздних стадиях развития (по абсолютному возрасту). Ознакомившись с вышедшим почти пятнадцать лет назад обзором Е. Сойер Хогг (H. В. Sawyer-Hogg, 1959), легко убедиться в удивительной разнородности опубликованного к тому времени материала о самых общих характеристиках шаровых скоплений. Около десяти лет назад было задумано привести наиболее общие характеристики к однородной системе, чтобы ими можно было пользоваться с достаточной для нашего времени степенью надежности. Несмотря на то, что в течение этих десяти лет было опубликовано много новых рядов наблюдений и разработано достаточное количество теорий, разнородность материала еще сохранилась. В течение всего этого времени в Москве велась работа по созданию однородной системы основных характеристик шаровых скоплений. В последнее время стало очевидным, что следует отка-



заться от постоянной переработки данных в связи с учетом новой информации. Было принято решение не использовать работы, полученные в Москве *после* 31 декабря 1973 года. Лишь в одном случае это решение было нарушено.

В предлагаемой работе была сделана попытка основываться на непосредственных наблюдениях. Однако, в ряде случаев некоторые важнейшие характеристики шаровых скоплений и населяющих их звезд могли быть получены только путем использования вытекающих из современных теорий уравнений и соотношений. Таким образом, единство теории и практики в этой работе по возможности не нарушалось, хотя основной упор был все же сделан на использование наблюдений.

Книга состоит из двух частей.

Первая часть содержит описание основных особенностей шаровых скоплений и способов редукции наблюдений и измерений к однородной системе. В каждой из глав этой части приводятся краткие сведения о значении рассматриваемых особенностей шаровых скоплений. Даны аналитические табличные значения величин, применявшихся для редукции. В некоторых случаях опубликованы оригинальные методы и измерения. На базе первой части создан каталог основных характеристик шаровых скоплений нашей Галактики.

Вторая часть содержит сводные таблицы самых общих характеристик шаровых скоплений. Почти во всех случаях мы старались дать оценки точности сообщаемых данных. Таблицам второй части предшествует краткое их описание. В этом описании неизбежно повторены некоторые сведения из первой части. Это сделано для того, чтобы освободить читателей, пользующихся *только* каталогом, от необходимости каждый раз обращаться к первой части.

Предисловие дано на русском и английском языках. Первая часть книги дана только на русском языке. Поэтому, в конце первой части, дан краткий пояснительный текст на английском языке. В него включено очень краткое описание основных положений первой части.

Предлагаемую книгу следует рассматривать как предварительную попытку. Мы надеемся в ближайшие годы не только улучшить каталог, но и расширить его, включив шаровые скопления Магеллановых Облаков, Туманности Андромеды и, может быть, других звездных систем.

Автор считает своим долгом выразить глубокую благодарность многим лицам, оказавшим ему помощь в работе. М.П. Попова и Н.Н. Киреева провели множество вычислений на ЭВМ. Н.П. Кукаркина и Н.Н. Киреева постоянно помогали на различных этапах конечной стадии работы. Н.Н. Киреева принимала участие в решении некоторых задач. Большую помощь оказали Ю.В. Ворошилов, В.П. Горанский, А.В. Миронов, Н.Н. Самусь и П.Н. Холопов, принимавшие участие в обсуждении ряда этапов работы. Ряд сотрудников Кафедры звездной астрономии и астрометрии Московского уни-

верситета и Сектора переменных звезд Астрономического совета Академии наук СССР принимали участие в обсуждении отдельных сообщений, сделанных в процессе подготовки этой книги.

Г. В. Зайцева и В. М. Лютый провели ряд фотометрических измерений шаровых скоплений. А. С. Шаров оказал помощь в расчетах межзвездного поглощения света. Помощь в переводе на английский язык оказали Ю. Н. Ефремов и Н. Н. Самусь.

Большую признательность выражаю следующим лицам, приславшим свои книги, оттиски и препринты или сообщивших новые сведения о шаровых скоплениях: Х. Абт, Г. Алькаино, Х. Арп, Т. ван Альбада, С. ван ден Берг, А. Вахманн, Х. Вилкенс, Х. Геттер, Дж. Грехем, Л. Детре, Р. Диккенс, Ф. Загар, К. Кви, Э. Кинг, Т. Кинман, Дж. Крон, Х. Лаборде, Т. Ллойд Ивенс, Дж. Локвуд, В. Ломанн, Д. МакКоннел, Дж. Маннино, Л. Мейнунгер, Н. Мейолл, У. Морган, П. Оостерхофф, У. Осборн, Л. Плаут, Л. Розино, Р. Русев, Б. Сейдл, Ц. Смит, Е. Соьер Хогг, К. Стренд, Г. Тамманн, А. Терцан, Р. Уайт, А. Уелау, С. Фабер, А. Филип, У. Фитч, К. Фуркаде, Г. Хербиг, Дж. Хессер, О. Эгген.

С благодарностью отмечаю большую помощь Т. А. Красюк и Т. Д. Нищевой в подготовке рукописи к печати.

## P R E F A C E

The basic idea of this book and the catalogue of the basic characteristics of Galaxy's globular clusters is very simple. But some people may, however, find the following ideas to be debatable.

All the theories and interpretations of complex phenomena put certain limitations to our conception of the nature and its processes. Planets, stars, star clusters, galaxies, interstellar and intergalactic medium are evolving forms of matter with complex structure. When working out a theory of these forms of matter or interpreting a complex phenomenon, we are inevitably forced not to pay attention to a lot of details and processes. We have to leave these features without consideration since they are either not discovered or are not yet supposed to be of great significance. So we do not include those features into the field of our investigation. This is often connected with the accepted assumptions. It's a pity that the assumptions are often not formulated with due punctuality and frankness, though taking into account the information which was earlier neglected or omitted may change the current interpretation radically.

This does not mean the denial of the heuristic value of theory. On the contrary, the development of every branch of science obviously shows that a good theory, in spite of all the simplifications, leads to outstanding discoveries in the exploration of both nature and society. But every good theory must be based on the facts which are most trustworthy for the time when the theory is formed. The real unity of theory and practice is necessary.

It became obvious well long ago that the globular clusters of our Galaxy are representatives of undoubtedly old, relatively autonomous stellar systems. So they turned out perfect objects for the investigation of stars on late evolutionary stages (by absolute age). When reading the survey published nearly fifteen years ago by H. P. Sawyer-Hogg (1959), one easily notices the striking heterogeneity of the data published by that time on the most basic characteristics of globular clusters. About ten years ago a plan was initiated to reduce these general characteristics to a uniform system in order to make it possible to use them with the degree of reliability sufficient in our time. During these ten years many new series of observations were published and a considerable number of theories were developed; however, the heterogeneity of the material still remained. During the whole time interval the work was carried out in Moscow in order to develop the homogeneous system of basic characteristics of globular clusters. It became evident in the recent time that it is time to put an end to the continuous data processing with ac-

count of new information. We decided not to take into consideration the papers received in Moscow after December 31, 1973. This decision was disregarded only once.

In this paper the attempt has been made to be based on direct observations. In several cases, however, some extremely important properties of globular clusters and their stars could be obtained only by means of the application of equations and relations given by modern theory. So the unity of theory and practice was realised as far as possible, though we laid special stress on making use of observations.

The book consists of two parts.

Part 1 contains the description of the globular clusters main features and the methods of reduction of observations and measurements to the homogeneous system. The information on the meaning of the globular clusters features under consideration is presented in brief outline in every chapter of this part. The values applied for reduction are given in analytic or tabular form. In several cases original methods and (or) measurements are published. On the base of Part 1 the catalogue of the basic characteristics of globular clusters of our Galaxy is formed.

Part 2 contains summary tables of the most basic characteristics of globular clusters. In almost all the cases we managed to give information on the accuracy of the data published. A brief description of the tables of Part 2 is given before them. This description contains inevitably some information already presented in Part 1. The purpose of it was to enable those readers who use only the catalogue not to search for necessary information in Part 1 every time.

This Preface is given both in Russian and in English. Part 1 of the book is given only in Russian. For this reason the brief explanatory text in English is published in the last section of Part 1. A very brief description of the main contents of Part 1 is included in it.

This book should be considered as a preliminary attempt. In the near future we hope not only to improve the catalogue but also to expand it by adding the globular clusters of the Magellanic Clouds, the Andromeda nebula and, may be, of other stellar systems.

The author is glad to express his profound gratitude to a great number of persons for their assistance in his work. M. P. Popova and N. N. Kireeva carried out a great amount of computational work on computers. N. P. Kukarkina and N. N. Kireeva regularly assisted on different stages of the last period of the work. N. N. Kireeva took part in the solution of several problems. Also considerable was the assistance by V. P. Goranskij, P. N. Kholopov, A. V. Mironov, N. N. Samus' and Yu. V. Voroshilov who took part in the discussion of several fragments of the paper. A number of scientific workers of the Stellar Astronomy and Astrometry Chair of Moscow University and of the Variable Stars Sector

of the Astronomical Council of the USSR Academy of Sciences took part in the discussion of some reports which were delivered during the preparation of the book.

G. V. Zaitseva and V. M. Lyutyi carried out a number of photoelectric measurements of globular clusters. A. S. Sharov assisted in the calculations of the interstellar absorption of light. I am deeply indebted to the following persons for sending their books, re- and preprints and communicating new information on globular clusters: H. A. Abt, G. Alcaino, H. C. Arp, L. Detre, R. J. Dickens, O. Eggen, S. M. Faber, W. S. Fitch, C. R. Fourcade, J. Graham, H. H. Guetter, G. H. Herbig, J. E. Hesser, I. R. King, T. D. Kinman, G. E. Kron, K. K. Kwee, J. R. Laborde, T. Lloyd Evans, G. W. Lockwood, W. Lohmann, D. J. Mac Connell, G. Mannino, N. U. Mayall, L. Meinunger, W. W. Morgan, P. Th. Oosterhoff, W. Osborn, A. G. D. Philip, L. Plaut, L. Rosino, R. M. Russev, H. B. Sawyer Hogg, B. Szeidl, C. S. Smith, K. Aa. Strand, G. A. Tammann, A. Terzan, S. L. Th. J. Van Agt, G. B. Van Albada, S. van den Bergh, A. A. Wachmann, A. Wehlau, R. E. White, H. Wilkens, R. F. Wing, F. Zagar.

I am glad to thank T. A. Krasnyuk and T. D. Nishcheva for their considerable assistance during the preparation of the manuscript for print.

ЧАСТЬ 1

ОСОБЕННОСТИ  
ШАРОВЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ  
НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ  
И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ

PART 1

THE PROPERTIES  
OF GLOBULAR CLUSTERS  
OF OUR GALAXY

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к шаровым звездным скоплениям особенно усилился за последние 15–20 лет. Шаровые скопления представляют сравнительно однородные агрегаты звезд с средней массой порядка  $10^5$ – $10^6$  масс Солнца (есть предположения и о больших массах). Шаровые скопления обладают разнообразием специфических особенностей (различная интегральная абсолютная звездная величина, различие в обилии тяжелых элементов в атмосферах входящих в данное скопление звезд по сравнению с другими скоплениями, различие диаметров и некоторые более тонкие различия). Однако все шаровые скопления удивительно сходны по своей структуре сфероидов с центральной симметрией. Диаграммы Герцшпрунга–Рессела (в дальнейшем диаграммы H–R) обладают общей структурой, различающейся заметно лишь развитием горизонтальной ветви и наклоном ветви гигантов. Все это дает основания предполагать, что все шаровые скопления образовывались в результате одинакового процесса, происшедшего на различных этапах развития нашей Галактики, чем и объясняются их особенности. *Современные особенности шаровых скоплений представляют результат продолжительного влияния эволюционных изменений на начальные условия, которые уже сами по себе обеспечили дисперсию основных характеристик (масса, светимость, функция светимости и др.).*

Шаровые скопления являются характерными представителями населения таких несходных звездных систем, как эллиптическая галактика M87 = NGC 4486 = радиисточник Vir A, Большая туманность Андромеды (M31 = NGC 224) и оба Магеллановых облака. Все это делает шаровые скопления благодарными объектами для глубоких космологических исследований. Так, например, П. Пиблс и Р. Дики (P. J. E. Peebles, R. H. Dicke, 1968) считают, что шаровые скопления могли образоваться раньше галактик и являются реликтовыми объектами. В последние годы было опубликовано множество работ, посвященных расчетам эволюции звезд в шаровых скоплениях (см., например, M. Schwarzschild, 1970; I. Iben, 1971), проблеме содержания гелия (см., например, A. Sandage, 1969; A. Mironow, 1973) и другим проблемам современной астрономии.

В нашу задачу не входит исторический анализ развития взглядов на природу шаровых скоплений и на проблемы космологии и космогонии. Имеются обширные монографии и обзоры, посвященные этим проблемам. Не претендуя на полноту обзора, отметим уже устаревшую, но классическую монографию Х. Шепли (H. Shapley, 1930), укажем на по-

пытку П. П. Паренаго, Н. Ф. Флоря и автора (P. P. Parenago et. al., 1949) привести наблюдения к единой шкале и дать правильное представление о системе шаровых скоплений в нашей Галактике. Отметим обширную и содержательную монографию Е. Соьер—Хогг (H. B. Sawyer-Hogg, 1959) и более современный, но, к сожалению, тоже уже устаревший обзор Х. Арпа (H. Arp, 1965).

В течение последних 15 лет было выполнено множество исследований отдельных шаровых скоплений нашей Галактики, Магеллановых облаков и Туманности Андромеды. Многие из этих исследований будут упомянуты и использованы в настоящей работе.

В процессе изучения обширной информации о шаровых звездных скоплениях, проводящегося в Москве в течение более десяти лет, была обнаружена удивительная неоднородность выполненных различными авторами измерений основных характеристик шаровых скоплений. Это и привело нас к мысли об общей ревизии всей накопленной информации и приведении всех измерений к единой системе.

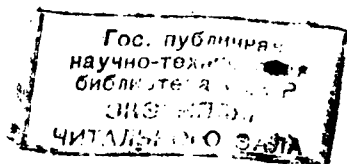
Настоящая работа представляет собой итог почти пятнадцатилетней работы. Получены разнообразные характеристики шаровых звездных скоплений. Они сведены в таблицы А, В, С, D, Е, F и помещены в конце книги. В большинстве случаев удалось не только получить характеристики шаровых скоплений в единой системе, но и объективно оценить погрешности большей части помещенных в таблицах величин.

В последующем тексте даны все необходимые сведения, поясняющие каким путем были получены все величины в основных таблицах каталога шаровых скоплений нашей Галактики.

Одной из главных целей исследования было получение глобальных характеристик шаровых скоплений *непосредственно из наблюдений*, чтобы теоретические соображения, часто носящие временный характер, не влияли на результаты. Далекое не во всех случаях удавалось избежать влияния современных теоретических концепций. Так, например, отношение общего поглощения  $A$  к селективному  $E(B-V)$  было принято равным 3, в то время как имеются соображения о зависимости этой величины как от распределения энергии в каждом излучающем источнике, так и о различии этой величины в разных участках Галактики. При выборе шкалы расстояний была допущена значительная дисперсия абсолютных величин звезд типа RR Лиры, вытекающая из современных расчетов моделей этих звезд. При выводе величины, характеризующей содержание металлов в атмосферах звезд различных шаровых скоплений привлекались характеристики, связанные с химическим составом только по соображениям, вытекающим из современных теорий. По-видимому, это неизбежно в любой современной работе.



Наибольшие трудности встретились при рассмотрении проблемы диаметров шаровых скоплений. И в этом случае был избран путь предпочтения использования прямых наблюдений, хотя теоретические исследования этой проблемы очень убедительны. К сожалению, предварительные результаты исследований, которые проводил И.Р.Кинг (I.R.King, 1974), были получены мной лишь в январе 1974 г. и не могли уже значительно повлиять на наши результаты. Однако все же удалось провести сравнение с его исследованием. Большую помощь в проблеме диаметров пытался оказать Г.Вилкенс (H.Wilkens). Его исследования предполагалось даже включить как самостоятельное дополнение к этой книге. Но технические трудности заставили нас отказаться от этой мысли. Исследования Г.Вилкенса будут опубликованы особо, как приложение к сборникам "Переменные звезды".



# 1. ПОЛОЖЕНИЕ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ НА НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

Точные измерения средних мест шаровых скоплений лишены большого смысла из-за протяженности этих объектов и трудности определения центра плотности. Основное назначение координат шаровых скоплений — быстрая идентификация на небесной сфере и изучение их пространственного распределения и кинематики. Точность до десятой доли минуты времени по прямому восхождению и до одной минуты дуги по склонению вполне достаточна для этих целей.

Координаты всех известных ко времени окончания подготовки рукописи к печати (31 декабря 1973 г.) шаровых скоплений были тщательно проверены по различным спискам и картам. В случае противоречий или невязок проводились независимые приближенные определения координат. Все определения были приведены к равноденствию 1950.0. В некоторых случаях причисление вновь найденных скоплений к шаровым было сочтено недостаточно обоснованным и эти скопления не включались в каталог (например, скопления 7 и 8 из списка A. Terzan, 1971).

В таблице А (стр. 106) в первом столбце приведено принятое в данной книге обозначение шарового скопления, а во втором — встречающееся в литературе другое его обозначение, если оно имеется. Для большинства скоплений в первом столбце даны их номера по каталогу NGC и лишь для скоплений, не имевшихся в этом каталоге даны другие обозначения. Скопления расположены в порядке номеров NGC так, что в прямых восхождениях могут быть небольшие инверсии. В третьем и четвертом столбцах приведены экваториальные координаты для равноденствия 1950.0. Для удобства перевода координат к другим равноденствиям в пятом и шестом столбцах даны значения годовой прецессии, тоже для равноденствия 1950.0.

В двух последних столбцах таблицы А приведены галактические координаты шаровых скоплений. Они вычислены в принятой в настоящее время новой системе [координаты северного галактического полюса:  $R.A. = 12^h 49^m$ ;  $Decl. = +27^\circ 4'$  (1950)].

*Во всех последующих таблицах координаты шаровых скоплений не повторяются.*

## Вспомогательные величины

В таблице В приведены значения косинусов и синусов галактических широт и долгот для всех шаровых скоплений таблицы А. Эти величины могут оказаться полезными при решении задач, связанных с исследованием пространственного распределения шаровых скоплений или при изу-

чении их кинематики. Прямоугольные галактические координаты относительно Солнца могут быть вычислены по формулам:

$$x = r \cdot \cos b \cdot \cos l \quad (1)$$

$$y = r \cdot \cos b \cdot \sin l \quad (2)$$

$$z = r \cdot \sin b \quad (3)$$

Для вычисления расстояний шаровых скоплений от центра Галактики служит формула

$$R = \sqrt{R_0^2 + r^2 - 2 \cdot r \cdot R_0 \cdot \cos b \cdot \cos l} \quad (4)$$

Для облегчения всех этих вычислений в таблице В даются также значения входящих в формулы (1)–(4) произведений синусов и косинусов широт и долгот.

В этих формулах  $r$  означает расстояние шарового скопления от Солнца,  $R_0$ —расстояние Солнца от центра Галактики, а  $R$ —расстояние шарового скопления от центра Галактики.

В последнем столбце таблицы В приведены значения  $\cos b$  (по модулю). Эти значения могут оказаться полезными при решении задач, связанных с изучением влияния межзвездного поглощения света на фотометрические и колориметрические измерения шаровых звездных скоплений.

## 2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Измерения интегральных звездных величин шаровых скоплений необходимы для определения их абсолютных величин, функции светимости и некоторых других существенных характеристик.

Попытки оценки интегральных величин шаровых скоплений производились еще в начале века (J. Holetschek, 1904). Эти оценки были повторены другими астрономами и была также сделана попытка привести их в единую систему (M. E. Nabokov, 1925, 1931). Однако случайные и систематические ошибки всех этих оценок оказались столь существенными, что все они сейчас уже не принимаются во внимание.

Определения интегральных фотографических величин всех 93 известных в то время шаровых скоплений были произведены во второй половине двадцатых годов (H. Shapley, H. B. Sawyer, 1927, H. Shapley, 1930). Эти определения высокой точностью не обладают и шкала звездных величин своеобразна и неоднородна. Однако, до сих пор интегральные величины некоторых скоплений оценены *только* в этих работах и, несмотря на невысокую точность, их использование пока неизбежно (см. ниже).

Вскоре была произведена первая попытка фотоэлектрической фотометрии шаровых скоплений (J. Stebbins, A. E. Whitford, 1936). В этой работе измерялась лишь интегральная величина скоплений, ограниченная тремя диафрагмами различного диаметра. В большинстве случаев даже наибольшая диафрагма была меньше диаметра скоплений. Тем не менее эти измерения могут быть редуцированы к единой системе звездных величин (см. ниже).

Прекрасная работа по фотографической фотометрии шаровых скоплений была выполнена с помощью так называемой "штрихующей кассеты" (W. H. Christie, 1940).

Лишь немногим более десяти лет назад появились работы, давшие возможность обосновать систему интегральных звездных величин шаровых скоплений (H. L. Johnson, 1959; G. E. Kron, N. U. Mayall, 1960). В последней из этих двух работ была осуществлена трехцветная фотоэлектрическая фотометрия 67 шаровых скоплений с большим набором диафрагм, достигавших таких размеров, что охватывались практически все звезды даже весьма протяженных объектов. Было предложено принимать за интегральную величину скопления *асимптоту*, к которой стремилась измеряемая с увеличивающимися диафрагмами звездная величина данного шарового скопления. Звезды фона, естественно, могут исказить полученный результат. При этом влияние фона неизбежно возрастает при переходе от галактического полюса к галактическому экватору. Возрастающее межзвездное поглощение света действует в противоположном направлении.

В последующие годы были произведены многочисленные фотозлектрические многоцветные широко-, средне- и узкополосные измерения шаровых скоплений. Некоторые из них (как и прежние фотографические определения) оказались пригодными для определения интегральных звездных величин.

Прежде чем приступить к описанию способа редукции всех определений интегральных величин шаровых скоплений к единой системе, необходимо сделать методическое замечание. Еще более 40 лет назад было получено свидетельство (P. P. Parenago, 1930), что поглощение света в земной атмосфере по-разному влияет на величины звезд и протяженных объектов. Протяженные объекты поглощаются сильнее звездных. К сожалению, этот эффект, находящий простое и естественное объяснение (с увеличением атмосферной толщи свет слабых частей протяженных объектов уходит в область шумов), никогда не подвергался изучению при фотозлектрических измерениях. Однако, при сравнении фотозлектрических измерений шаровых скоплений, произведенных различными авторами, я неоднократно отмечал, что наибольшие различия встречались у скоплений с наименьшими высотами над горизонтом. Действительно, в этом случае даже не очень большая разность широт мест наблюдений уже может вызвать значительные изменения атмосферной толщи. Особенно ярко этот эффект ощущается при сравнении интегральных величин очень южных шаровых скоплений, измеренных в северном полушарии, с интегральными величинами, измеренными в южном полушарии, где те же скопления достигают на небесной сфере областей близких к зениту. К сожалению, опубликованные материалы не дают возможности получить надежную численную оценку этого эффекта. Требуется специально поставленные исследования. Невозможность учета этого эффекта заставила нас принять его как некий дополнительный "шум" (в надежде, что при взятии среднего из нескольких измерений он будет близок к нулю).

Для получения предварительной системы интегральных звездных величин шаровых скоплений были использованы четыре следующих ряда наблюдений:

А. Измерения интегральных величин G. E. Kron, N. U. Mayall, 1960 были приняты без дополнительных редукций.

В. Измерения H. L. Johnson, 1959, произведенные с ограниченным числом диафрагм, были приведены к полным интегральным величинам с помощью измерений предшествующего ряда А, соответствующих тем же диаметрам диафрагм, что и измерения Джонсона. Никаких дополнительных поправок не придавалось.

С. Измерения J. Rousseau, 1964 были изображены графически и для них определялась "асимптота", подобно тому как это делалось в работе А.

Д. Измерения I. R. King, 1966 были подвергнуты такой же процедуре.

Путем сравнения всех четырех рядов наблюдений между собой была определена предварительная средняя квадратичная ошибка. Она оказалась приблизительно одинаковой для каждого ряда наблюдений и близкой к  $\pm 0^m 10$ . Таким образом бралось простое среднее из всех рассмотренных рядов наблюдений.

Полученные таким образом предварительные значения были использованы для приведения всех других рядов наблюдений к системе V. Фотографические наблюдения редуцировались к системе В, которая получалась прибавлением к предварительным значениям V величины В-V.

Редукция измерений интегральных звездных величин производилась двумя способами а и б (кроме особых случаев):

*Способ а.* Если для измеренных в изучаемой работе скоплений уже имелись измерения звездных величин с различными диафрагмами в только что упомянутых работах А, В, С, Д, то из измеренной величины просто вычиталась разность между полной интегральной величиной и величиной, соответствующей размеру употреблявшейся диафрагмы. В случае отсутствия измерений в работах А, В, С, Д подбирались скопления с близкими диаметрами и приблизительно одинаковыми разностями величин в применявшихся диафрагмах.

*Способ б.* Для всех шаровых скоплений, общих для рассматриваемого исследования и для нашего предварительного списка, основанного на работах А, В, С, Д, способом наименьших квадратов решались системы уравнений следующего вида:

$$V = a + b m_1 + c \lg d \quad (5)$$

Здесь V — интегральная величина из предварительного списка,  $m_1$  — измеренная величина с данной диафрагмой в исследуемой работе, а  $\lg d$  — логарифм диаметра данного шарового скопления (по нашим же данным, приведенным к единой системе, см. стр. 120).

При выводе окончательных редуцированных значений бралось взвешенное среднее (определениям, сделанным первым способом, давался вес 2, а вторым — вес 1).

Старые определения фотографических звездных величин требовали обычно еще более сложных приемов редукции к шкале В (см. далее).

Ниже дается описание редукции всех использованных нами рядов наблюдений к нашей предварительной фотометрической системе в полосах V и В. Привлеченные нами ряды наблюдений расположены в хронологическом порядке.

## 1. Оценки фотографических интегральных величины

Sawyer H. B. and Shapley H., 1927 (mSS)

Задача редукции фотографических звездных величин Соьер—Шепли (mSS) оказалась очень сложной. Шкала величин (mSS) не связана линейно с фотометрической системой В. На рис. 1 дано графическое изображение зависимости (mSS) и В. Очевидно, что мы имеем несколько "семейств" оценок. Семь скоплений ярче  $4.^m5$ , десять скоплений с величинами от  $4.^m5$  до  $6.^m0$ , скопления от  $6.^m0$  до  $8.^m0$  и скопления от  $8.^m0$  до  $13.^m0$  могут быть представлены различными линейными уравнениями. Это, вероятно, вызвано тем, что оценки производились по снимкам, полученным на различных инструментах и на разных эмульсиях. Оказалось, что в каждом из этих участков оцененная величина зависит не только от истинной величины скопления, но и от его диаметра, абсолютной величины и цвета. Поскольку разделение всего комплекса измеренных скоп-

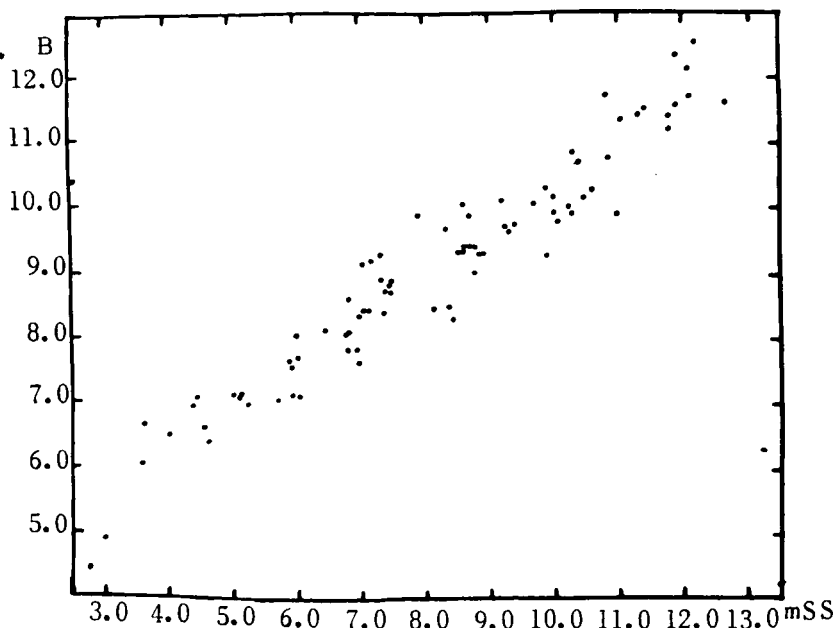


Рис. 1. Зависимость между интегральными величинами шаровых скоплений Соьер—Шепли и величинами в системе В.

лений на четыре группы весьма произвольно, было решено вычислить единое редуционное уравнение, откинув два наиболее ярких скопления.

В результате получено следующее уравнение:

$$B = -8.04 + 0.495 mSS + 0.51 (B-V) - 1.58 \lg d + 0.25 M_B \quad (6)$$

$$\pm 0.033 \quad \pm 0.14 \quad \pm 0.28 \quad \pm 0.03$$

Здесь  $M_B$  означает абсолютную величину шаровых скоплений в системе В.

Средняя квадратичная ошибка одного определения оказалась равной  $\pm 0.37$ .

## 2. Оценки фотографических интегральных величин

В. А. Воронцова-Вельяминова (В. Vorontsov-Velyaminov, 1929) (VV)

Получено следующее редуционное уравнение:

$$B = 6.68 + 0.46 VV + 0.73 (B-V) - 2.76 \lg d \quad (7)$$

$$\pm 0.11 \quad \pm 0.48 \quad \pm 0.60$$

Средняя ошибка оказалась равной  $\pm 0.33$ .

## 3. Оценки фотографических интегральных величин

А. N. Vyssotsky, E. T. R. Williams, 1933 (VW).

Получено следующее редуционное уравнение

$$B = 0.80 + 0.92 VW - 0.31 (B-V) \quad (8)$$

$$\pm 0.09 \quad \pm 0.32$$

Средняя ошибка составляет  $\pm 0.21$ .

## 4. Фотоэлектрические измерения, J. Stebbins, A. E. Whitford, 1936 (StW).

Интегральные звездные величины измерялись с тремя диафрагмами, имевшими диаметры  $128''$ ,  $64''$  и  $42''$ . Обычно скопление измерялось с одной диафрагмой в зависимости от диаметра скопления. Таких скоплений было 52. С двумя диафрагмами измерено 14 скоплений и лишь два с тремя диафрагмами.

При редукиции применялись оба способа, описанных на стр. 22. В случае первого способа использовались измерения из работ А, В, С, D. Для второго способа найдены следующие редуционные уравнения:



$$V = 5.60 + 0.73 \cdot StW (128^m) - 4.28 \cdot \lg d$$

$$\pm 0.04 \quad \pm 0.41$$

$$V = 6.66 + 0.52 \cdot StW (64^m) - 3.97 \cdot \lg d \quad (9)$$

$$\pm 0.03 \quad \pm 0.20$$

$$V = 6.27 + 0.50 \cdot StW (42^m) - 3.81 \cdot \lg d$$

$$\pm 0.06 \quad \pm 0.59$$

Вычисленные двумя способами интегральные величины StW были непосредственно сравнены с нашими предварительными величинами с целью определения цветового уравнения. Получена следующая формула:

$$V = 0.36 + 1.01 StW - 0.49 (B-V)$$

$$\pm 0.02 \quad \pm 0.09 \quad (10)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.15$ .

### 5. Фотографические измерения, W. H. Christie, 1940 (Ch).

Очень ценный ряд фотографических измерений Кристи, произведенных с помощью "шрафиркассеты", оказался при сравнении с нашей предварительной системой интегральных величин очень хорошим в отношении шкалы, но не очень точным. Получена следующая редуцирующая формула

$$B = 0.07 + 1.00 Ch - 0.31 (B-V)$$

$$\pm 0.02 \quad \pm 0.11 \quad (11)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.25$ .

### 6. Измерения фотографических интегральных величин, A. Wallenquist and A. Lundby, 1944 (WL)

Интегральные величины, измеренные Валенквистом и Лундби могут быть редуцированы к системе В только с помощью двух систем уравнений (скопления ярче и слабее  $B = 10^m.0$ ):

$$B = 8.31 + 0.33 WL - 0.55 (B-V) - 1.21 \lg d \quad (V < 10^m.0) \quad (12)$$

$$\pm 0.08 \quad \pm 0.58 \quad \pm 0.99$$

$$B = -0.47 + 1.08 WL + 0.41 (B-V) - 2.15 \lg d \quad (V > 10^m.0) \quad (13)$$

$$\pm 0.20 \quad \pm 0.45 \quad \pm 0.91$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.26$ .

### 7. Измерения интегральных величин, C. Fehrenbach, 1948 (Fr).

Интегральные величины, измеренные Ференбаком, оказались ближе к фотометрической системе V, чем B:

$$B = 0.83 + 0.96 Fr - 0.59 (B-V)$$

$$\pm 0.04 \quad \pm 0.29 \quad (14)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.21$ .

**8. Фотозлектрические измерения,  
S. van den Bergh and R. C. Henry, 1962 (vdBH).**

Интегральные звездные величины, соответствующие длине волны, близкой к системе V, были получены с диафрагмой 28". При редукиции применялись оба способа, описанных на стр. 22. В случае первого способа использовались измерения из работ A, B, C, D.

Для второго способа редукиции получена следующая формула:

$$V = 9.39 + 0.30 \text{ vdBH} - 5.08 \lg d \quad (15) \\ \pm 0.07 \quad \pm 0.33$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.^m 31$ .

**9. Фотозлектрические измерения,  
S. van den Bergh, 1967a, 1968 (vdB67, 68).**

Интегральные величины 46 шаровых скоплений ванден Берг определил в работе 1967 года, применяя диафрагму 3'.02. Как и в аналогичных предыдущих случаях применены два способа. Для второго способа получена следующая формула:

$$V = 4.52 + 0.73 \text{ vdB67} - 3.11 \lg d \quad (16) \\ \pm 0.05 \quad \pm 0.22$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.^m 14$ .

Интегральные величины в работе 1968 года приведены только для пяти шаровых скоплений. Они измерены с диафрагмами 60" и 30". Применение первого способа редукиции было сделано обычным образом. Вывод же формулы для редукиции вторым способом ненадежен, вследствие небольшого числа скоплений. Формально получено следующее уравнение (графически):

$$V = 3.05 + 0.71 \text{ vdB68} - 3.55 \lg d \quad (17)$$

но ошибки коэффициентов столь значительны, что вычисленные значения использовались с уменьшенным вдвое весом. Средней квадратичной ошибке было дано произвольное значение  $\pm 0.^m 15$ .

**10. Фотозлектрические измерения, J. S. Neff, 1970 (Nf).**

Как и в предыдущих случаях были применены два способа редукиции. Формула получилась следующая:

$$V = 4.27 + 0.68 \text{ Nf} - 2.67 \lg d \quad (18) \\ \pm 0.17 \quad \pm 0.94$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.^m 26$ .

11. Фотозлектрические измерения Г. В. Зайцевой и В. М. Лютого,  
G. V. Zaitseva and V. M. Lyutiy, 1974 (ZL)

Фотозлектрические измерения проводились в 1971–1972 гг. в системе UVV с диафрагмами 137" и 68". Редукции к полной интегральной величине производились теми же двумя способами, как и для других рядов наблюдений с диафрагмами, не покрывающими скоплений полностью. Для второго способа редукции получены следующие формулы:

$$\begin{aligned} V &= 3.50 + 0.78 \text{ ZL (137)} - 2.39 \lg d \\ &\quad \pm 0.05 \qquad \qquad \pm 0.30 \\ V &= 5.54 + 0.63 \text{ ZL (68)} - 3.56 \lg d \\ &\quad \pm 0.06 \qquad \qquad \pm 0.35 \end{aligned} \quad (19)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.12$ .

12. Электронографические измерения, Г. Е. Крон, 1973 (Kr).

В ответ на мою просьбу Г. Крон любезно сообщил мне предварительные результаты электронографических наблюдений 14 шаровых скоплений. Помимо измерения диаметров (см. дальше) Крон вывел также интегральные величины этих скоплений. Его измерения в системе V практически совпадают с нашей предварительной системой и связаны с ней формулой (получено графическим путем):

$$V = 0.02 + 0.99 \text{ Kr} \quad (20)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.11$ .

13. Фотографические измерения, Н. Wilkens, 1937 (Wk).

Особо хочется отметить первую попытку трехцветных измерений интегральных звездных величин, не вполне удачную по ее точности, но интересную по замыслу. Были измерены интегральные величины 27 шаровых скоплений в трех участках спектра b, v, r, близких к участкам B, V и R. Их редукция к нашей системе привела к следующим формулам:

$$\begin{aligned} B &\approx 7.75 + 0.39 \text{ (Wk) b} + 0.47 \text{ (B-V)} - 3.09 \lg d + 0.27 z \\ &\quad \pm 0.08 \qquad \pm 0.36 \qquad \pm 0.57 \qquad \pm 0.27 \end{aligned} \quad (20a)$$

$$\begin{aligned} V &= 6.24 + 0.53 \text{ (Wk) g} - 0.40 \text{ (B-V)} - 2.56 \lg d - 0.10 z \\ &\quad \pm 0.07 \qquad \pm 0.27 \qquad \pm 0.47 \qquad \pm 0.23 \end{aligned} \quad (20b)$$

$$\begin{aligned} V &= 7.64 + 0.41 \text{ (Wk) r} - 0.27 \text{ (B-V)} - 2.89 \lg d \\ &\quad \pm 0.06 \qquad \pm 0.26 \qquad \pm 0.44 \end{aligned} \quad (20c)$$

Средние квадратичные ошибки измерения одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.32$ ,  $\pm 0.25$  и  $\pm 0.26$ .

По каждой из этих формул были вычислены по данным Вилкенса редуцированные значения величин, приведены с помощью значений (B-V) к системе V. Затем из этих трех значений вычислялось взвешенное среднее. Оно и учитывалось с весом 0.4 при вычислении общего среднего.

В таблице С приведены взвешенные средние значения  $V$  видимых интегральных величин всех шаровых скоплений, для которых сделаны измерения или оценки. При назначении весов учитывалась ошибка измерения и число измерений. За единицу веса принят вес, соответствующий средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$ . Следующие далее числа соответствуют источникам, на основе которых вычислено среднее взвешенное значение  $V$ .

Фотографические наблюдения, редуцированные к системе В, переводились в систему  $V$  простым вычитанием окончательных значений цветовых эквивалентов  $B-V$  (см. следующий раздел), которые были выведены раньше интегральных звездных величин. Веса фотографических измерений интегральных звездных величин шаровых скоплений значительно уступают весам фотоэлектрических измерений и существенны лишь в случае отсутствия или очень малого числа или ненадежности фотоэлектрических измерений.

### 3. ЦВЕТОВЫЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ

Цветовые эквиваленты в современных фотометрических системах несут весьма существенную информацию о физических особенностях объектов и межзвездном поглощении. За последние 15 лет произведено много измерений шаровых скоплений в фотометрических системах U, B, V, I. Именно поэтому было принято решение в первую очередь привести к единой системе все наблюдения, произведенные в этих или близких к ним системам. Кроме того, в последние годы было сделано много измерений в узкополосных и среднеполосных фотометрических системах. Но свести их к однородным системам невозможно и, несмотря на то, что их информативность больше информативности U, B, V, I фотометрии, было принято решение ограничиться в этой книге лишь перечислением источников (см. стр. 34–35).

За предварительную систему шаровых эквивалентов B–V и U–B была принята система, которую выработал S. van den Bergh, 1967. К ней и приводились все использованные нами наблюдения. В отношении цветových эквивалентов V–I была выбрана система H. L. Johnson et al, 1966. Она связана с системой V–I (G. E. Kron and N. U. Mayall, 1960) уравнением

$$V-I = 0.245 + 1.203 (V-I)_{KM} \pm 0.009 \pm 0.014 \quad (21)$$

К системе Джонсона редуцировались все измерения.

Редукция цветových эквивалентов к единой системе несравненно более проста, чем редукция интегральных звездных величин и обычно сводится к получению линейного уравнения с двумя членами: (нуль-пункт и коэффициент пропорциональности). Далее дается описание всех использованных нами рядов наблюдений.

#### 1. Цветовая система $C_2$ , J. Stebbins and A. E. Whitford, 1936 (StW).

Большое количество измеренных скоплений дают возможность с большой уверенностью получить редуциционную формулу

$$B-V = 0.883 + 2.748 C_2 \pm 0.009 \pm 0.072 \quad (22)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.006$ .

#### 2. Шестицветная фотометрия, J. Stebbins, 1950 (St).

Наиболее тесную связь с величинами B–V показали величины (B–G) Стеббинса. Они связаны формулой

$$B-V = 0.633 + 1.383 (B-G) \pm 0.040 \pm 0.076 \quad (23)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.006$ .

3. Фотоэлектрические показатели цвета, J. Dufay and J. H. Bigay, 1959 (DB).

$$B-V = 0.031 + 0.960 DB \quad (24) \\ \pm 0.056 \pm 0.044$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.007$ .

4. Фотоэлектрические измерения, H. L. Johnson, 1959 (J).

$$B-V = 1.018 J - 0.020 \quad (25) \\ \pm 0.030 \pm 0.031$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0045$ .

5. Фотоэлектрические измерения, G. E. Kron and N. U. Mayall, 1960 (KM).

Измерения производились в системе R-V, но она линейно связана с системой B-V следующей формулой

$$B-V = 0.074 + 1.066 KM \quad (26) \\ \pm 0.012 \pm 0.013$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0030$ .

6. Фотоэлектрические измерения, S. van den Bergh and R. C. Henry, 1962 (vdBH).

Использованы величины C (41-51), которые очень хорошо связываются с величинами B-V уравнением

$$B-V = 0.039 + 1.027 vdBH \quad (27) \\ \pm 0.048 \pm 0.060$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0049$ .

7. Фотоэлектрические измерения, J. Roussseau, 1964 (Rou).

$$B-V = 0.005 + 0.999 (Rou) \quad (28) \\ \pm 0.024 \pm 0.023$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0036$ .

8. Фотоэлектрические измерения, I. R. King, 1966b (Kk)

При вычислении редуций использованы лишь измерения, сделанные с тремя наибольшими диафрагмами. Так как измерено всего девять скоплений с очень небольшой дисперсией значений B-V, было решено не вычислять уравнений обычного вида, а ограничиться лишь средней разностью между измерениями Кинга и системой ван ден Берга.

$$B-V = Kk + 0.02 \quad (29)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0021$ .

9. Фотоэлектрические измерения, S. van den Bergh, 1967a, 1968 (vd.3).

$$B-V = 0.018 + 0.981 vdB \quad (30) \\ \pm 0.013 \pm 0.015$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.019$ .

10. Среднеполосная фотометрия, J. S. Neff, 1970 (Nf).

Наиболее тесную связь с величинами  $B-V$  показала полусумма двух среднеполосных цветовых эквивалентов  $0.5 (\chi_1 + \chi_2) = Nf$ . Получено следующее уравнение

$$B-V = 0.316 + 1.145 Nf \quad (31) \\ \pm 0.019 \pm 0.036$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.023$ .

11. Фотоэлектрические измерения, H. H. Guetter, 1973 (Gt).

Любезно предоставленные в наше распоряжение многочисленные измерения Геттера произведены в системе шестицветной фотометрии. Наиболее тесную связь с величинами  $B-V$  показали величины  $B-G$ . Они связаны уравнением

$$B-V = 0.587 + 1.361 (B-G) \quad (32) \\ \pm 0.008 \pm 0.029$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.045$ .

12. Среднеполосная фотометрия, S. M. Faber, 1973 (Fab).

Наиболее тесную связь с величинами  $B-V$  показали среднеполосные цветовые эквиваленты (45-55). Получено уравнение:

$$B-V = 0.183 + 1.139 (45-55) \quad (33) \\ \pm 0.026 \pm 0.050$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.022$ .

13. Фотоэлектрические измерения Г. В. Зайцевой и В. М. Лютого, G. V. Zaitseva and V. M. Lyutiy, 1974 (ZL).

Измерения были использованы до их опубликования.

$$B-V = 0.038 + 0.968 (ZL) \quad (34) \\ \pm 0.024 \pm 0.023$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0^m.046$ .

Измерения весьма важных цветовых эквивалентов  $U-V$  более малочисленны и менее точны, чем измерения  $B-V$  или близких к ним эквивалентов. Тем не менее их измерение особенно существенно потому, что, захватывая область бальмеровского скачка и ультрафиолетового излучения за скачком, величины  $U-V$  несут добавочную информацию о химическом составе звездных атмосфер.

Далее даются сведения о всех использованных нами рядах измерений величины  $U-V$  или близких к ней эквивалентов.

1. Фотоэлектрические измерения, H. L. Johnson, 1959 (J).

$$U-V = 0.013 + 0.997 J \quad (35) \\ \pm 0.008 \quad \pm 0.018$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0024$ .

2. Фотоэлектрические измерения, J. Rousseau, 1964 (Rou).

$$U-V = 1.114 Rou - 0.015 \quad (36) \\ \pm 0.052 \quad \pm 0.016$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0026$ .

3. Фотоэлектрические измерения S. van den Bergh, 1967a, 1968 (vdB).

$$U-V = 0.011 + 0.942 vdB \quad (37) \\ \pm 0.007 \quad \pm 0.019$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0025$ .

4. Среднеполосная пятицветная фотометрия R.D. McClure and S. van den Bergh, 1968 (vdBC).

Наиболее тесную связь с величинами  $U-V$  показала сумма всех четырех цветовых эквивалентов  $C(42-45) + C(41-42) + C(38-41) + C(35-38) = vdBC$ . Получено следующее уравнение

$$U-V = 0.825 vdBC - 0.539 \quad (38) \\ \pm 0.019 \quad \pm 0.020$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0036$ .

5. Среднеполосная фотометрия J. S. Neff, 1970 (Nf).

Наиболее тесную связь с величинами  $U-V$  показала сумма двух среднеполосных цветовых эквивалентов  $(\chi_2 + \chi_3) = Nf$ . Получено следующее уравнение:

$$U-V = 0.744 Nf - 0.079 \quad (39) \\ \pm 0.034 \quad \pm 0.019$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0032$ .



## 6. Фотоэлектрические измерения, Н. Н. Guetter, 1973 (Gt).

Измерения произведены в системе шестицветной фотометрии. Наиболее тесную связь с величинами  $U-V$  показала комбинация цветов  $\frac{1}{3} [(U-V) + 2(U-B)] = Gt$ . Они связаны уравнением:

$$U-V = 0.149 + 0.831 Gt \\ \pm 0.009 \pm 0.030 \quad (40)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0051$ .

## 7. Среднеполосная фотометрия, S. M. Faber, 1973 (Fab).

Наиболее тесную связь с величинами  $U-V$  показала следующая комбинация среднеполосных измерения С. Фабер:  $Fab = \frac{1}{3} [(35 - 45) + 2(38 - 45)]$ . Обе величины связаны уравнением:

$$U-V = 0.812 Fab - 0.678 \\ \pm 0.034 \pm 0.036 \quad (41)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0021$ .

## 8. Фотоэлектрические измерения Г. В. Зайцевой и В. М. Лютого, G. V. Zayzeva and V. M. Lyutiy, 1974 (ZL)

Измерения были использованы до их опубликования.

$$U-V = 0.013 + 0.941 ZL \\ \pm 0.011 \pm 0.027 \quad (42)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0029$ .

---

К сожалению, наблюдения шаровых скоплений в близкой инфракрасной области очень немногочисленны, но разнообразны в отношении тех полос, которые выбирались наблюдателями. К счастью, сравнение отдельных рядов наблюдений между собой показало, что все они легко и без систематических уклонов редуцируются к избранной нами системе  $V-I$  (H. L. Johnson et al., 1966).

Далее даются сведения о всех использованных нами рядах измерений величин  $V-I$  или близких к этой системе эквивалентов.

### 1. Шестицветные измерения, J. Stebbins, 1950 (St)

Наиболее тесную связь с величинами  $V-I$  показали разности  $G-I$  Стеббинса. Получено следующее уравнение

$$V-I = 0.915 + 0.917 St \\ \pm 0.012 \pm 0.008 \quad (43)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.0022$ .

## 2. Фотоэлектрические измерения G.E.Kron and N.U.Mayall, 1960 (KM).

$$V-I = 0.245 + 1.203 KM \quad (44) \\ \pm 0.009 \pm 0.014$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.042$ .

## 3. Шестицветные измерения H.H.Guetter, 1973 (Gt)

Наиболее тесную связь с величинами  $V-I$  показали разности  $G-I$  Геттера. Они связаны друг с другом следующей формулой:

$$V-I = 0.950 + 0.846 Gt \quad (45) \\ \pm 0.018 \pm 0.019$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.070$ .

## 4. Среднеполосная фотометрия S.M.Faber, 1973 (Fab)

Наиболее тесную связь с величиной  $V-I$  показала разность (74-55), полученная Фабер для десяти скоплений. Формула, связывающая эти величины была получена графически

$$V-I = 1.33 Fab - 0.155 \quad (46)$$

Средняя квадратическая ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.022$ .

---

В таблице С (стр. 112-117) помещены средние взвешенные значения интегральных звездных величин в системе  $V$  и цветовых эквивалентов  $B-V$ ,  $U-B$ ,  $V-I$ . Единица веса соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$ . В столбцах, следующих за каждым из четырех значений, даны источники, обозначенные числами, соответствующими тем исследованиям, которые были использованы при вычислении взвешенного среднего. Их список помещен после таблицы, а полный источник — в перечне использованных источников в конце книги.

## Узкополосная, среднеполосная фотометрия и спектрофотометрия шаровых скоплений

Интегральные спектры шаровых скоплений представляют суммарный эффект наложения спектров всех звезд скопления. Очевидно, что интегральный спектр определяют главным образом те звезды скопления, которые дают наибольший вклад в общее излучение интересующих исследователя участков спектра. Поэтому, как градиенты самих спектров, так и спектрофотометрические измерения, средне- и узкополосная фотометрия не могут быть однозначными функциями температуры, химического состава или какой-либо другой характеристики излучения скопления. Тем не менее, подобные исследования очень существенны, т. к. дают возможность хотя бы приблизительно судить именно о физических особенностях шаровых скоплений.

Ниже приводится список опубликованных работ в рассматриваемой области исследований с их краткой характеристикой.

1. S. van den Bergh and R.C. Henry, *Publications David Dunlap Observatory*, Vol. 2, pp. 281–313, 1962.

Для 21 шарового скопления приведены полученные путем сканирования спектров относительные интенсивности для ряда круглых значений длин волн. На их основе выведены вспомогательные величины, коррелирующие с температурой, содержанием тяжелых элементов и т. д. Измерения уже частично использованы нами выше и будут использоваться в дальнейшем.

2. R.D. McClure and S. van den Bergh, *Astronomical Journal*, Vol. 73, pp. 313–337, 1968.

Среднеполосная электрофотометрия 67 шаровых скоплений, в результате которой выведены следующие цветовые эквиваленты: C (42–45), C (41–42), C (38–41) и C (35–38). На их основе можно вывести вспомогательные величины, коррелирующие с температурой и содержанием тяжелых элементов. Измерения уже были использованы ранее для получения величин U–B и будут использоваться в дальнейшем.

3. H.L. Johnson and D.H. McNamara, *Publications Astronomical Society Pacific*, Vol. 81, p. 485, 1969.

Узкополосная фотометрия 15 шаровых скоплений. Измерены величины  $b-u$ ,  $m_1$ ,  $c_1$  и  $\beta$ . Измерения будут использованы в дальнейшем для оценки содержания металлов и спектрального класса.

4. J.S. Neff, *Monthly Notices Royal Astronomical Society*, Vol. 149, pp. 45–50, 1970.

Среднеполосные фотоэлектрические измерения в четырех участках спектра. Полученные величины  $\chi_1$ ,  $\chi_2$  и  $\chi_3$  дают возможность судить о температуре, спектре, обычных цветовых эквивалентах. Измерения уже были использованы и будут использованы в дальнейшем тексте. Всего измерено 9 шаровых скоплений.

5. W.H. Osborn, *Position of Globular Cluster Stars in the Physical H–R Diagram*, Thesis, 1971.

Среднеполосные измерения отдельных звезд в шаровых скоплениях M3, M5, M10, M13 и M92, полученные с целью определения температуры, содержания металлов и ускорения силы тяжести на поверхности. Используются в дальнейшем тексте.

6. S.M. Faber, *Astrophysical Journal*, 179, pp. 731–754, 1973.

Десятицветная среднеполосная электрофотометрия десяти шаровых скоплений в диапазоне длин волн 3500–7400 Å. Из этих величин получались многие производные величины, дающие возможность оценить ряд характеристик. Измерения использованы для получения цветовых эквивалентов и будут использованы в дальнейшем тексте.

Кроме того, опубликованы отдельные определения разных характеристик отдельных шаровых скоплений, сделанные совместно с другими задачами. Они использованы в дальнейшем тексте с соответствующими библиографическими ссылками.

В высшей степени интересным и многообещающим является недавнее открытие избыточного инфракрасного излучения в центре скопления M15 (Mc Gregor et al., 1973) на волне 10,2  $\mu$ . Пока еще неизвестна природа этого явления. Но очевидно, что следует искать подобные же явления в центральных областях самых массивных шаровых скоплений высокой светимости, сильной концентрации и с большими размерами ядер (например, 47 Tuc,  $\omega$  Cen, M3, NGC 6093, M92, NGC 6541, M2).

Идентификация шаровых скоплений M92 и M15 с X-источниками 3U 1736 + 43 и 3U 2131 + 11 очень интересна, но требует проверки. Если идентификация подтвердится, то будет крайне желательны дальнейшие поиски рентгеновского излучения шаровых скоплений.

Многочисленные узкополосные фотоэлектрические наблюдения звезд в некоторых шаровых скоплениях ведет A.G.Davis Philip, 1973 главным образом в отношении горячих звезд горизонтальных ветвей. Работа обещает быть весьма информативной.

Все, что связано со спектральными и фотометрическими исследованиями глобальных характеристик шаровых скоплений ждет более глубокого теоретического осмысливания. Накопленные знания о функциях светимости и цвета ряда шаровых скоплений уже дают возможность построения достаточно обоснованных моделей и сравнение особенностей этих моделей с наблюдаемыми особенностями скоплений. Эта проблема будет возникать и в последующих разделах книги, но мы уже не будем каждый раз к ней возвращаться.

## 4. СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ

Определение интегральных спектральных классов шаровых скоплений имеет большое значение хотя бы по той простой причине, что критерии спектральной классификации практически не зависят от межзвездного поглощения, в противоположность почти всем фотометрическим измерениям. Правда, химический состав звезд шаровых скоплений тесно связан с критериями спектральной классификации. Это приводит к затруднениям и противоречиям в спектральной классификации.

Если не говорить о пионерской попытке определить спектральные классы шаровых скоплений ветерана спектральной классификации звезд А. Кеннон (A. J. Cannon, 1929), то первой современной работой следует признать исследование Н. Мейола (N. U. Mayall, 1946).

При выборе системы спектральной классификации мы, как и некоторые наши предшественники, остановились на определениях Моргана (W. W. Morgan, 1956) и Кинмана (T. D. Kinman, 1959b). Оба этих ряда определений практически совпадают и основаны на оценках отношения  $S_H/N_H$ . Систематическая разность между определениями одних и тех же скоплений у этих авторов меньше одной десятой спектрального подкласса и не учитывалась нами. Все остальные определения спектральных классов приводились к этой системе. Далее следует перечень всех использованных рядов наблюдений спектров и приведены редуцированные формулы или таблицы.

### 1, 2. Спектральная классификация N. U. Mayall, 1946.

В работе Мейола приведены два ряда спектральных классов измеренных в старой системе критериев, принятых на обсерватории Маунт Вилсон. Первый ряд соответствует спектрограммам, полученным со спектрографом на 36" рефракторе Ликской обсерватории. Эти спектральные классы связаны с выбранной нами системой  $S_H/N_H$  уравнением

$$S_p = F_{4.46} + 0.41 (M_{36''} - F_0) \quad (47)$$

где величина  $(M_{36''} - F_0)$  означает разность между спектральным классом Мейола и  $F_0$ , выраженную в количестве десятых долей спектрального класса.

Второй ряд Мейола соответствует спектрограммам, полученным на рефлекторе Crossley. Эти спектральные классы не связаны с выбранной нами системой линейно и зависимость протабулирована. Первый символ соответствует спектральному классу по Мейолу (MC), а второй — спектральному классу в нашей системе.

MC	CN/H $\gamma$	MC	CN/H $\gamma$	MC	CN/H $\gamma$	MC	CN/H $\gamma$
A5	F2.0	F0	F3.3	F5	F5.3	G0	F8.0
A6	F2.3	F1	F3.7	F6	F5.8	G1	F8.6
A7	F2.5	F2	F4.0	F7	F6.3	G2	F9.5 or G6.0
A8	F2.8	F3	F4.5	F8	F6.8	G3	G0.2 or G4.6
A9	F3.0	F4	F4.9	F9	F7.4	G4	G1.8

Как видно, для спектральных классов позднее G1 эта зависимость двузначна. Обычно выбиралось то значение, которое находилось в лучшем согласии с другими определениями.

### 3, 4, 5. Спектральная классификация Morgan, 1956, Kinman, 1959b.

Как сообщалось выше, спектральная классификация Моргана и Кинмана, основанная на оценках отношения CN/H $\gamma$  принята нами за систему. Оба ряда оценок Моргана, произведенных им как по спектрограммам, полученным Мейоллом на рефлекторе Crossley, так и по специально снятым на спектрографе 82" рефлектора обсерватории Мак Дональд, основаны на стандартах МК. На этой же системе основаны и измерения Кинмана, полученные по спектрограммам на 74" рефлекторе Радклиффовской обсерватории в Южной Африке.

### 6. Спектральная классификация S. Van den Bergh, 1969.

Изучая фотометрические и спектроскопические особенности шаровых скоплений в Туманности Андромеды, Ван ден Берг определил заново спектральные классы 42 шаровых скоплений нашей Галактики. Он применил стандарты МК к четырем участкам спектра: линии H и K Ca II,  $\lambda 4226$  Ca I, полоса G и  $\lambda 4325$  Fe I. К сожалению, как и многие другие особенности шаровых скоплений, основанные на спектральных или фотометрических характеристиках, эти измерения Ван ден Берга связаны как с температурой, так и с содержанием тяжелых элементов. Но как и в других случаях они могут быть использованы как для спектральной классификации, так и для оценки содержания металлов. Наилучшее согласие с выбранной нами системой спектральных классов показали средние значения из всех четырех определений Ван ден Берга, обозначенные им символом L. Эти значения не показали линейной связи с нашей системой и протабулированы (см. таблицу).

L	CN/H $\gamma$	L	CN/H $\gamma$	L	CN/H $\gamma$	L	CN/H $\gamma$
A9	F2.0	F3	F5.2	F7	F8.9	G1	G4.0
F0	F2.7	F4	F6.3	F8	G0.0	G2	G5.8
F1	F3.5	F5	F7.0	F9	G1.2	G3	G7.5
F2	F4.3	F6	F8.0	G0	G2.5		

## 7. Спектральная классификация P.J.Andrews and T.Lloyd Evans, 1973 (ALE)

Пользуясь несколько другими критериями, чем Кинман, авторы со спектрографом в Ньютоновском фокусе 74" рефлектора Радклиффовской обсерватории определили спектральные классы 17 шаровых скоплений. Сравнение определенных ими спектральных классов по полосе G с нашими спектральными классами привело к получению следующего линейного уравнения

$$Sp = 1.014 (ALE - F0.0) - 0.35 \quad (48)$$

где величина (ALE - F0.0) означает разность между спектральным классом авторов и F0.0, выраженную в десятых долях полного спектрального класса.

В отличие от интегральных звездных величин и цветовых эквивалентов, численные значения которых всегда дают возможность оценить их точность, оценка точности определения спектральных классов более затруднена. Тем не менее сравнение предварительных (до введения весов) средних значений с значениями отдельных рядов определений дало возможность судить об относительной точности. Измерения спектральных классов Моргана, Кинмана и Эндрюса с Ллойд Ивенсом оказались наиболее точными. Им был приспан вес 3, считая за единицу веса величину, соответствующую средней квадратичной ошибке в одну десятую долю полного спектрального класса. В случае знаков неуверенности эти веса соответствующим образом уменьшались. Всем остальным прямым определениям спектральных классов приспывался вес 1.

Кроме прямых определений спектральных классов были сделаны и косвенные определения, основанные на фотометрических измерениях.

### 1. Измерения интенсивности G-полосы S.C.B.Cascoigne and J.A.Koehler, 1963.

Величины  $\gamma$  показывают уверенную корреляцию со спектральными классами. Исправленные за межзвездное поглощение, эти величины связаны со спектральными классами следующим уравнением, найденным графически:

$$Sp = 40.2 (\gamma - 3) - 6.9 \quad (49)$$

По отклонениям от надежно определенных спектральных классов ряда скоплений оценен вес, оказавшийся близким к 0.1.

### 2. Среднеполосная фотометрия R.D. McClure and S. van den Bergh, 1968.

Уверенную зависимость от спектральных классов показали узкополосные измерения C (42-45), исправленные за межзвездное покрас-

нение. Графически получено следующее уравнение, где  $S^*(42-45)$  означает исправленную за поглощение величину

$$Sp = 54.0 S^*(42 - 45) - 15.1 \quad (50)$$

Уклонения от принятых значений приводят к оценке веса 0.5.

### 3. Среднеполосная фотометрия S.M.Faber, 1973.

Очень четкую зависимость от спектрального класса показала величина  $(G)_0$ . Эта величина была несколько изменена за счет несовпадения наших значений межзвездного покраснения с значениями, принятыми Фабер. Графически получена следующая формула:

$$Sp = 48.65 (G)_0 - 5.6 \quad (51)$$

По уклонениям вычисленных спектров от принятых оценен вес 1.

В помещенных в конце книги таблицах окончательных значений унифицированных глобальных характеристик шаровых скоплений все значения спектральных классов, выведенные только с помощью косвенных (фотометрических) методов, взяты в скобки, хотя и могут иногда оказаться более точными, чем плохие прямые определения (см. таблицу D).

К сожалению, интегральные спектральные классы шаровых скоплений тесно связаны с содержанием металлов и трудно найти способы их уверенного разделения. Поэтому в ряде случаев, особенно при наличии противоречий в отдельных определениях, производилась взаимная проверка достоверности по уравнению (71), на основе *независимых* определений величины  $[m/H]$  и спектральных классов.

Окончательные значения спектральных классов приведены в таблице D. Единица веса соответствует десятой доле целого спектрального класса. Однако в отличие от весов других величин каталога, веса спектральных классов в некоторой мере произвольны.



## 5. ИСТИННЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ В ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ U, V, I И ИЗБЫТКИ ЦВЕТА

Как уже упоминалось во введении, многие части этой книги тесно связаны друг с другом и при изложении того или иного вопроса невозможно обойтись без ссылок на *последующие* части. Так, например, при выводе интегральных звездных величин нужно знать значения цветовых эквивалентов; при исследовании численных соотношении между узкополосными или среднеполосными фотометрическими измерениями и спектральными классами нужно знать избытки цвета и т. д.

В значительной степени только что сказанное относится и к этому разделу книги. Невозможно говорить об истинных цветах шаровых скоплений, не зная избытков цвета, вывод которых будет изложен лишь в следующем разделе.

Шаровые скопления являются весьма благодарными объектами для изучения межзвездного поглощения света. Они встречаются практически на всех широтах, но обладают сильной концентрацией к центру нашей Галактики. Светимости их так высоки, внешний вид так характерен, что их легко отождествлять на больших расстояниях от Солнца. Обнаружение таких поглощенных объектов, как шаровое скопление Terzan 5 = IRC - 20385 (A. Terzan, 1968, 1971), дает возможность оценить величину общего и селективного поглощения света на таких больших расстояниях, которые трудно достичь с помощью других объектов звездной природы в оптическом диапазоне частот. Относительное обилие шаровых скоплений в области центра нашей Галактики особенно существенно, поскольку, например, мы до сих пор не знаем с достаточной степенью надежности расстояния до ее центра.

Использование наблюдаемых значений цветовых эквивалентов для определения избытков цвета, связанных с общим поглощением простыми соотношениями, требует знания *истинных* (свободных от селективного поглощения) значений этих эквивалентов. В настоящем разделе книги описывается методика получения истинных значений цветовых эквивалентов  $(B-V)_0$ ,  $(U-B)_0$  и  $(V-I)_0$ . Это было сделано путем нескольких последовательных приближений.

Прежде всего были определены избытки цвета  $E(B-V)$  различными способами, не связанными с измерениями цветовых эквивалентов самих скоплений. Были использованы избытки цвета, вычисленные (по закону косеканса широты) для шаровых скоплений с галактическим широтами вне пояса  $\pm 30^\circ$ . Затем это же было сделано по методу Паренаго-Шарова (A. S. Sharov, 1963). Оба эти способа не могут дать точных значений избытков цвета каждого скопления, но вполне пригодны для общего решения задачи при достаточном числе

скоплений. В некоторых случаях использовались оценки избытков цвета звезд поля в окрестностях отдельных скоплений. Наконец, избытки цвета были определены путем сравнения различных точек и последовательностей наиболее достоверных диаграмм цвет-светимость с диаграммами тех скоплений, у которых избытки цвета заведомо очень малы и известны. Правда, всегда надо помнить, что эти определения отягчены хотя и незначительными, но неизбежными ошибками, связанными с аксиоматикой, положенной в основу выбора и калибровки абсолютных величин избранных точек и последовательностей.

В результате проделанного "первого приближения" было отобрано 38 шаровых скопления, для которых значения избытков цвета получались особенно уверенными. Исправленные за избытки цвета значения  $(B-V)_0$  были сопоставлены со спектральными классами скоплений, определены предварительные значения величин  $E(B-V)$  и объединены с прежними значениями, полученными другими методами. Это послужило началом "второго" приближения.

Затем были определены следующие необходимые для дальнейших приближений отношения:

$$x = \frac{E(U-B)}{E(B-V)}, \quad y = \frac{E(V-I)}{E(B-V)}, \quad z = \frac{E(U-B)}{E(V-I)}. \quad (52)$$

Для этой цели все отобранные нами 38 шаровых скопления были разделены на пять групп, внутри которых спектральные классы были достаточно близки друг к другу. Для каждой из этих пяти групп решались уравнения вида:

$$(U-B) = a + b(B-V), \quad (V-I) = c + d(B-V), \quad (U-B) = e + f(V-I) \quad (53)$$

Полученные значения  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  отягчены случайными ошибками, происходящими из неточного знания исходных величин уравнений. Но искомые величины связаны друг с другом точными уравнениями (52). Для пяти средних спектральных классов, соответствующих упомянутым выше пяти группам скоплений, наблюдаемые значения  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  путем последовательных приближений были приведены в соответствие с уравнениями (52). Полученные таким образом значения изображались графически как функции спектрального класса скоплений и по ним проводились плавные кривые. Затем для всего интервала наблюдаемых интегральных спектров скоплений была повторена процедура согласования снятых с графика значений  $X''$ ,  $Y''$ ,  $Z''$  с уравнениями (52). В конечном счете в результате получены следующие значения  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  для всего диапазона спектральных классов, характерных для шаровых скоплений. Эти значения приведены в таблице 1 и изображены графически на рисунке 2.

ТАБЛИЦА 1

TABLE 1

Sp	X	Y	Z
F1	0.72	1.89	0.38
F2	0.72	1.89	0.38
F3	0.72	1.89	0.38
F4	0.72	1.89	0.38
F5	0.73	1.86	0.39
F6	0.82	1.74	0.47
F7	0.87	1.65	0.53
F8	0.91	1.62	0.56
F9	0.94	1.59	0.59
G0	0.98	1.60	0.61
G1	1.02	1.62	0.63
G2	1.05	1.64	0.64
G3	1.10	1.66	0.66
G4	1.14	1.67	0.68
G5	1.17	1.68	0.70
G6	1.20	1.69	0.71

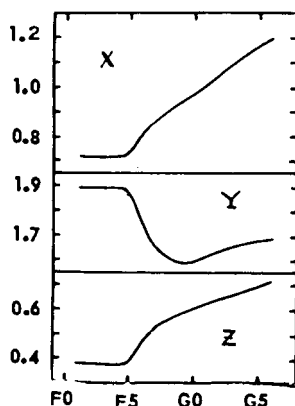


Рис. 2. Ход величин  $X = (U-B)/(B-V)$ ,  $Y = (V-I)/(B-V)$  и  $Z = (U-B)/(V-I)$  в зависимости от спектрального типа.

Зная избытки цвета  $E(B-V)$  и пользуясь величинами таблицы 1, можно определить избытки цвета  $E(U-B)$  и  $E(V-I)$  для всех скоплений, имеющих измерения в системах  $U, B, V, I$ . Вычитанием этих избытков из наблюдаемых значений  $(B-V)$ ,  $(U-B)$ ,  $(V-I)$  были получены предварительные истинные значения  $(B-V)_0$ ,  $(U-B)_0$ ,  $(V-I)_0$ .

Очевидно, что значения истинных цветовых эквивалентов шаровых скоплений связаны с их интегральными спектральными классами. Поэтому были решены уравнения типа

$$\begin{cases} (B-V)_0 = a + b Sp + c Sp^2 \\ (U-B)_0 = d + e Sp + f Sp^2 \\ (V-I)_0 = g + h Sp + k Sp^2, \end{cases} \quad (54)$$

где левые части известны в результате только что описанных расчетов, а в правые части подставлялись значения спектральных классов (см. предшествующих раздел). Полученные в результате решения этих уравнений новые значения избытков цвета были осреднены с прежними, независимыми от них, определениями. С этими улучшенными значениями были заново определены истинные цветовые эквиваленты и опять решены системы уравнений (54).

В результате описанных здесь последовательных приближений приняты следующие численные выражения уравнений (54):

$$(B-V)_0 = 0.513 + 0.267 Sp - 0.030 Sp^2 \pm 0.014 \pm 0.039 \pm 0.023 \quad (55)$$

$$(U-B)_0 = -0.065 + 0.226 Sp + 0.009 Sp^2 \pm 0.025 \pm 0.071 \pm 0.042 \quad (56)$$

$$(V-I)_0 = 0.902 + 0.431 Sp - 0.062 Sp^2 \pm 0.030 \pm 0.083 \pm 0.049 \quad (57)$$

Пользуясь этими уравнениями, можно построить прямые зависимости между величинами  $(B-V)_0$ ,  $(U-B)_0$ ,  $(V-I)_0$ . Эти зависимости приведены в Таблице 2 и изображены графически на рисунке 3.

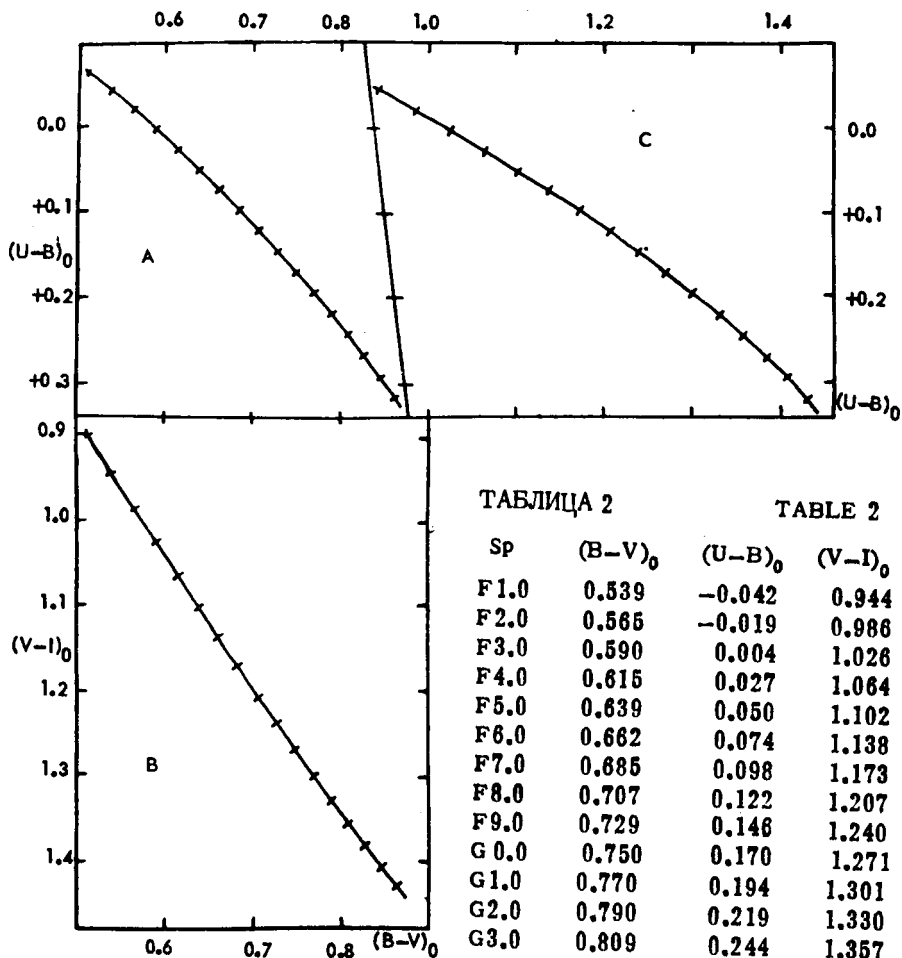


ТАБЛИЦА 2

TABLE 2

Sp	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	$(V-I)_0$
F1.0	0.539	-0.042	0.944
F2.0	0.565	-0.019	0.986
F3.0	0.590	0.004	1.026
F4.0	0.615	0.027	1.064
F5.0	0.639	0.050	1.102
F6.0	0.662	0.074	1.138
F7.0	0.685	0.098	1.173
F8.0	0.707	0.122	1.207
F9.0	0.729	0.146	1.240
G 0.0	0.750	0.170	1.271
G1.0	0.770	0.194	1.301
G2.0	0.790	0.219	1.330
G3.0	0.809	0.244	1.357
G4.0	0.828	0.269	1.384
G5.0	0.846	0.294	1.409
G6.0	0.863	0.320	1.433

Рис. 3. Связь между истинными цветовыми эквивалентами  $(U-B)_0$ ,  $(B-V)_0$  и  $(V-I)_0$  шаровых скоплений

Зная наблюдаемые значения цветовых эквивалентов шаровых скоплений в системе  $U, V, V, I$ , интегральные спектральные классы и пользуясь величинами из Таблиц 1 и 2 для каждого скопления, можно найти избытки цвета, оптимально удовлетворяющие численным значениям всех используемых величин. В случае же отсутствия спектрального класса можно подобрать и его значение, оптимально удовлетворяющее наблюдаемым значениям цветовых эквивалентов.

Недавно Р. Расин (R. Racine, 1973) применил сходную методику для цветовых эквивалентов  $B-V, U-B$ . Эта методика была подвергнута критике (Б. В. Кукаркин, Н. Н. Киреева, 1973). Здесь же уместно отметить, что утверждения Расина о непригодности цветовых эквивалентов для оценки содержания металлов в атмосферах звезд шаровых скоплений не верна. В величину  $X$  уравнения (52) *неизбежно* входит покровный эффект. Величины  $(B-V)_0, (U-B)_0$  действительно в значительной степени освобождены от покровного эффекта как у Расина, так и у нас. Но в наблюдаемых значениях всех цветовых эквивалентов покровный эффект проявляется в полной мере и они *приводны* для уверенного определения содержания металлов. Соответствующие формулы выведены в разделе этой книги, посвященном проблеме "металличности" шаровых скоплений.

Более строгое решение проблемы истинных цветовых эквивалентов шаровых скоплений требует совместного рассмотрения влияния на них как температуры, так и химического состава атмосфер. Стремление не задерживать издание настоящего исследования не дало нам возможности рассмотреть и эту задачу. Однако мы надеемся сделать это в дальнейшем. Собранные же здесь значения цветовых эквивалентов вполне пригодны для решения многих практических задач, связанных с межзвездным поглощением, химическим составом и т. д.

### Избытки цвета и межзвездное поглощение света

В предшествующих разделах книги уже приходилось неоднократно говорить о избытках цвета и межзвездном поглощении света у шаровых скоплений. В этом кратком разделе книги будет дано описание методов получения избытков цветового эквивалента  $E(B-V)$ , использованных в наших исследованиях и опубликованных в соответствующем столбце Таблицы D в конце книги.

Основным источником численных оценок величины  $E(B-V)$  было сравнение наблюдаемых значений  $B-V, U-B, V-I$  с их истинными значениями (см. предшествующий раздел книги) и определение оптимального значения, наилучшим образом удовлетворяющего всем условиям.

Вторым источником служило изучение диаграмм цвет-светимость и сравнение их с диаграммами хорошо изученных скоплений вроде 47 Tuc, M3, M92 и других, для которых  $E(B-V)$  мало и известно. Этот способ, широко применяемый рядом исследователей, очень чувствителен к аксиоматике, положенной в основу выбора точек и последовательностей, пригодных для этой цели (голубой и красный концы полосы звезд типа RR Lyrae, точка поворота от ветви гигантов к главной последовательности, точка пересечения горизонтальной ветви и ветви гигантов, среднее значение  $(B-V)$  для звезд типа RR Lyrae и т. д.).

Третьим источником служили некоторые теоретические зависимости, определяющие истинный цветовой эквивалент некоторых точек.

Наконец, для некоторых скоплений определялось поглощение света по избыткам цвета окружающих звезд фона, если их спектры были известны в двумерной классификации МК.

Как и в случае определений спектральных классов, было затруднительно дать точную оценку средних ошибок и весов всех использованных значений избытков цвета. По отклонениям данного ряда величин  $E(B-V)$  от предварительных средних значений была оценена средняя квадратичная ошибка и назначен вес. Затем вычислялось уже взвешенное среднее. Повторение этого приема лишь незначительно меняло веса и в большинстве случаев не производилось. Единица веса соответствует средней квадратичной ошибке величины  $E(B-V) \pm 0.010$ .

## 6. СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРАХ ЗВЕЗД ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ

Проблема изучения химического состава атмосфер звезд шаровых скоплений не менее сложна, чем проблема определения истинных цветовых эквивалентов и избытков цвета. К сложным суммарным интегральным спектрам шаровых скоплений прилагаются те же критерии, что и к отдельным звездам, а это, естественно, не корректно. Лишь для немногих шаровых скоплений были сделаны попытки определения химического состава по спектрам отдельных звезд. Но и здесь далеко не все обосновано.

Успехи в разработке теории внутреннего строения звезд с массой менее 1,5 солнечной и расчеты различных моделей привели к выводам, что многие особенности диаграмм цвет-светимость коррелируют с содержанием тяжелых элементов и гелия. Это дает дополнительные возможности оценки содержания тяжелых элементов.

Электрофотометрия в системе U, B, V, I, среднеполосная и узкополосная фотометрия тоже дают определенную информацию.

Однако необходимо всегда помнить, что все перечисленные здесь методы оценок химического состава зависят от многих параметров и не могут рассматриваться как однозначные, объективные и достаточно точные. Все они отягчены систематическими ошибками.

В связи с этим было принято решение выработать однородную шкалу, приблизительно линейно связанную с логарифмом относительного по сравнению с Солнцем содержания металлов. Привлекались все доступные способы оценок содержания металлов в надежде, что при достаточном их числе присущие им систематические ошибки можно будет рассматривать как случайные.

Впервые серьезное внимание на относительную бедность звезд в шаровых скоплениях металлами обратил, по-видимому, А. Дейч (A. J. Deutsch, 1955). Вскоре Морган (W. W. Morgan, 1959) обратил внимание на то, что интегральные спектры шаровых скоплений тоже обладают особенностями, связанными с содержанием металлов. Затем этим же вопросам были посвящены работы Кинмана (T. Kinman, 1959b), Арпа (H. Arp, 1959) и многих других.

В начале шестидесятых годов в Москве была сделана попытка свести все накопившиеся тогда определения "металличности" к произвольной шкале, пропорциональной логарифму относительного содержания металлов. В дальнейшем к этой произвольной шкале стали редуцироваться все публиковавшиеся определения содержания металлов. Наконец, в работе Русева и автора (B. V. Kukarkin et al., 1972) были опубликованы предварительные значения индексов металличности. Им, в процессе многочисленных редуций целого ряда определений относительного содержания металлов, наша произвольная шкала индекса металличности IM потребовала новой калибровки, что и было сделано недавно (B. V. Kukarkin, 1973).

В следующем далее тексте дается описание всех использованных нами определений содержания металлов в шаровых скоплениях или величин, количественно связанных с содержанием металлов. Описаны способы редукции к принятой нами величине  $[m/N]$ , соответствующей логарифму содержания металлов по отношению к Солнцу.

Путем изучения отклонений редуцированных значений от предварительных средних значений делалась оценка среднего квадратичного отклонения для каждого ряда определений. На основании этих оценок средней ошибки назначались веса. При этом в каждом из рядов учитывалась относительная надежность определения. Единица веса соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$  в величине  $[m/N]$ .

### 1. Классы Моргана (W.W.Morgan, 1959).

Морган разбил всю совокупность рассмотренных им шаровых скоплений на восемь классов, обозначенных им римскими цифрами таким образом, что I соответствовала наименьшему относительному содержанию металлов, а VIII — наибольшему. Зависимость значений  $[m/N]$  от классов Моргана протабулирована в следующей далее таблице

I — 2.13	II — 1.58	III — 1.26	IV — 0.98
V — 0.72	VI — 0.28	VII — 0.15	VIII + 0.04

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/N]$  одного скопления  $\pm 0.22$ .

### 2. Определения относительного содержания металлов по спектрам стдельных звезд скоплений (T.D.Kinman, 1959b).

Определение содержания металлов путем исследования спектров заведомых членов шаровых скоплений было бы самым прямым способом исследования этой проблемы. К сожалению, надежное изучение спектров с высокой дисперсией пока недоступно вследствие слабости даже самых ярких членов шаровых скоплений. Поэтому Дейч и Кинман были вынуждены ограничиться изучением спектров с невысокой дисперсией. По предложению Дейча результаты измерений были распределены на три группы: А, В и С. Первая из этих групп (А) соответствует скоплениям, звезды которых показали наибольшее, а последняя группа (С) — наименьшее содержание металлов. В следующей далее табличке даны средние значения  $[m/N]$  в нашей системе для каждой из этих групп, отдельно для определений Дейча и Кинмана. Не следует удивляться некоторой разнице в значениях  $[m/N]$  у обоих авторов. Общих скоплений оказалось всего три (по одному в каждой группе), так что выборки состоят из разных объектов и вполне вероятно, при небольшом числе скоплений в каждой группе, случайное накопление систематических отклонений за счет значительной дисперсии в каждой из групп.



	A	B	C
Deutsch	-1.33	-1.69	-2.10
Kinman	-0.90	-1.61	-1.90

Средняя квадратичная ошибка измерения [m/H] одного скопления  $\pm 0.20$ .

### 3. Разность спектральных классов, оцененных по линиям водорода и железа (W.W.Morgan, 1956; T.D.Kinman, 1959b).

Разность между оценками спектрального класса по линиям водорода и железа, обозначаемая обычно символом  $\Delta S$ , тоже может служить мерой металличности. Каждый из двух рассматриваемых рядов наблюдений был сравнен с предварительными значениями [m/H] путем построения графиков. С них были сняты значения, протабулированные в следующей табличке:

$\Delta S$ (Morgan)	-3	3	6	7	8	9			
[m/H]	+0.06	-0.75	-1.16	-1.30	-1.43	-2.00			
$\Delta S$ (Kinman)	0	1	2	3	4	6	7	8	9
[m/H]	-0.90	-1.01	-1.12	-1.23	-1.34	-1.56	-1.67	-1.78	-2.00

Средняя квадратичная ошибка определения [m/H] одного скопления  $\pm 0.39$ .

### 4. Спектрофотометрические величины $\bar{\Delta}$ , $\Phi$ и $\psi$ (S. van den Bergh and G.L.Hagen, 1962).

Все три приведенные в заголовке величины уверенно связаны с величиной [m/H]. Графически получены следующие пять уравнений:

$$[m/H] = 4.92 \bar{\Delta} - 2.68 \quad (58)$$

$$\left. \begin{aligned} [m/H] &= 6.8 \Phi - 2.88 &> 0.19 \\ [m/H] &= 13.0 \Phi - 3.95 &< 0.19 \end{aligned} \right\} \quad (59)$$

$$\left. \begin{aligned} [m/H] &= 2.75 \psi - 2.64 &\leq 0.48 \\ [m/H] &= 5.1 \psi - 3.76 &> 0.48 \end{aligned} \right\} \quad (60)$$

Средние квадратичные ошибки определения [m/H] одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.28$ ,  $\pm 0.26$  и  $\pm 0.20$ .

### 5. Среднеполосная фотометрия (R.D.McClure and S. van den Bergh, 1966)

Из цветовых индексов пятицветной среднеполосной фотометрии шаровых скоплений наилучшую связь с величинами [m/H] показали исправленные за межзвездное покраснение цветовые эквиваленты  $S^*(38-41)$  и  $S^*(41-42)$ . Графически получены следующие четыре уравнения:

$$\left. \begin{aligned} [m/H] &= 8.2 S^*(38-41) - 5.09, & S^*(38-41) &\leq 0.50 \\ [m/H] &= 5.05 S^*(38-41) - 3.51, & S^*(38-41) &> 0.50 \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

$$\left. \begin{aligned} [m/H] &= 48.0 S^*(41-42) - 3.87, & S^*(41-42) &\leq 0.056 \\ [m/H] &= 14.3 S^*(41-42) - 1.91, & S^*(41-42) &> 0.056 \end{aligned} \right\} \quad (62)$$

Средние квадратичные ошибки определения  $[m/H]$  одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.22$  и  $\pm 0.51$ .

#### 6. Узкополосная фотометрия (H.L.Johnson and D.H.McNamara, 1969).

Предварительные значения  $[m/H]$  хорошо представляются уравнением, в которое входят исправленные за межзвездное поглощение величины  $[m_1]$  и  $[c_1]$ :

$$[m/H] = 15.8 [m_1] + 6.8 [c_1] - 6.3 \quad (63)$$

$$\pm 2.4 \quad \pm 2.0$$

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/H]$  одного скопления составляет  $\pm 0.20$ .

#### 7. Измерения спектров по линиям различных элементов (S. van den Bergh, 1969).

Величина  $L$  тесно связана с величиной  $[m/H]$ . В следующей таблице приведены значения, снятые с графика:

$L$	$[m/H]$	$L$	$[m/H]$	$L$	$[m/H]$	$L$	$[m/H]$
-1	-2.31	3	-1.42	7	-0.77	11	-0.14
0	-2.09	4	-1.23	8	-0.62	12	+0.01
1	-1.87	5	-1.08	9	-0.46	13	+0.17
2	-1.64	6	-0.93	10	-0.30	14	+0.33

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/H]$  одного скопления составляет  $\pm 0.24$ .

#### 8. Величина $\Delta(U-B)$ (O.J.Eggen, 1972).

В процессе фотометрирования звезд в нескольких шаровых скоплениях О.Эгген определил величину  $\Delta(U-B)$ , связанную с величинами  $[m/H]$  следующим уравнением (найденно графически):

$$[m/H] = -2.76 \Delta(U-B) - 0.03 \quad (64)$$

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/H]$  одного скопления составляет  $\pm 0.35$ .

#### 9. Десятицветная среднеполосная фотометрия (S.M.Faber, 1973).

Из всех разнообразных комбинаций измерений Фабер наиболее четкую зависимость от  $[m/H]$  показали исправленные за межзвездное поглощение величины  $(Mg)_0$  и  $(38-41)_0$ . Они связаны с величиной  $[m/H]$  уравнениями (найденно графически):

$$[m/H] = -16.6 (Mg)_0 - 1.71 \quad (65)$$

$$[m/H] = 6.2 (38-41)_0 - 4.89 \quad (66)$$

Средние квадратичные ошибки определения  $[m/H]$  одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.21$  и  $\pm 0.10$ .

## 10. Определение относительного содержания металлов по широкополосной фотометрии U, B, V, I (this paper).

Как было недавно показано (B.V.Kukarkin, N.N.Kireeva, 1973) обычная фотометрия вполне пригодна для оценок относительного содержания металлов, вопреки высказанным сомнениям (R.Racine, 1973). Основываясь на выведенных в публикуемой работе (см. таблицу С) значениях цветовых эквивалентов (B-V), (U-B) и (V-I), и в результате их сравнения с предварительными значениями [m/N] были получены следующие уравнения:

$$[m/N] = 0.61 + 5.6 (U-B) - 3.9 (B-V) \pm 1.1 \pm 1.2 \quad (67)$$

$$[m/N] = 0.10 + 4.8 (U-B) - 1.8 (V-I) \pm 0.8 \pm 0.5 \quad (68)$$

$$[m/N] = 0.43 + 5.3 (U-B) - 1.3 (B-I) \pm 0.9 \pm 0.3 \quad (69)$$

Эти же формулы для вычисления Q даны в работе (B.V.Kukarkin, N.N.Kireeva, 1974). Средние квадратичные ошибки определения [m/N] одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.27$ ,  $\pm 0.25$  и  $\pm 0.25$ .

## 11. Связь между независимыми определениями [m/N] и спектральными классами.

Неоднократно отмечалось, что спектральные классы шаровых скоплений связаны с содержанием металлов. Это имеет как отрицательное, так и положительное значение. Отрицательная сторона заключена главным образом в том, что в ряде случаев очень трудно отделить влияние температуры (спектра) от влияния химического состава на различные фотометрические измерения, особенно в случаях широкополосной фотометрии. Положительная же сторона заключена главным образом в том, что обе эти величины взаимно контролируют друг друга, что может быть использовано. Это особенно важно в случае отсутствия или недостаточности иной информации.

Сравнение наиболее надежных определений величин [m/N] с наиболее уверенными определениями спектральных классов дало следующее уравнение (спектральный класс F0.0 условно принят за 0.00, а спектральный класс G0.0 за 1.00):

$$[m/N] = -2.40 + 1.70 (Sp - F0.0) \pm 0.07 \pm 0.09 \quad (70)$$

Была решена и обратная задача — определение спектрального класса по величине [m/N]:

$$(Sp - F0.0) = 1.44 + 0.59 [m/N] \pm 0.04 \pm 0.03 \quad (71)$$

Средние квадратичные ошибки определения соответствующих величин одного скопления оказались равными  $\pm 0.15$  и  $\pm 0.09$ . Но эти оценки но-

сят формальный характер, т. к. обе величины связаны друг с другом статистически. Эти ошибки не привлекались для определения весов. Веса назначались произвольно, основываясь на оценке уклонений от средних значений.

---

В течение последних десяти лет было опубликовано весьма большое количество исследований эволюции звезд с массами равными солнечной или меньшими на поздних стадиях развития и линейной и кельвейновой теории пульсации. Укажем, например, на работы Albada T.S. van et al., 1973, Christy R.F., 1966, Demarque P.R. et al., 1963, Demarque P.R. et al., 1972, Iben I.Jr., 1971, Iben I.Jr. et al., 1970, Rood R.T., 1970, Rood R.T., 1973.

В этих работах делались неоднократные сравнения выводов теорий с наблюдениями, в частности с особенностями диаграмм Герцшпрунга—Ресселла (в дальнейшем они будут для краткости обозначаться символом  $H-R$ ). Были предсказаны некоторые закономерности этих диаграмм, связанные с химическим составом (содержание металлов, содержание гелия и т. д.). Как и в случае спектральных и фотометрических определений содержания металлов, все закономерности (вероятно даже в большей степени) связаны с аксиоматикой, положенной в основу соответствующих теоретических расчетов. Но в ряде случаев связь между содержанием металлов и некоторыми характеристиками, "предсказанными" теоретически, была известна и до этого (например, с крутизной ветви гигантов на диаграмме  $H-R$ , населенностью голубой и красной части горизонтальной ветви и т. д.). Все это заставляет обратить особое внимание на подобные зависимости и попытаться использовать их для определения относительного содержания металлов в звездном населении шаровых скоплений.

Далее рассмотрены и выведены формулы или табличные значения, связывающие ряд характеристик диаграмм  $H-R$  и других физических особенностей звезд шаровых скоплений с химическим составом их атмосфер.

### 1, 2, 3. Характеристики ветви гигантов шаровых скоплений

Уже давно было обнаружено, что величина  $\Delta V$ , означающая разность звездных величин горизонтальной ветви и той точки ветви гигантов, которая соответствует значению  $(B-V)_0 = +1.40$  не одинакова и коррелирует с содержанием металлов. Корреляция с содержанием металлов есть и у положения точки пересечения горизонтальной ветви и ветви субгигантов, исправленной за избыток цвета  $E(B-V)$ , обозначаемой символом  $(B-V)_{0,s}$ . Несколько лет назад была введена еще одна характеристика  $S$  (F.D.A. Hartwick, 1968), представляющая, по словам Хартвика, "наклон линии, соединяющей точку пересечения горизон-

тальной ветви с ветвью субгигантов и точкой ветви гигантов на  $2.5^m$  над горизонтальной ветвью". На самом же деле это просто тангенс угла между описанными в цитате линиями, умноженный на 2.5. Хартвик утверждает, что величина  $S$  не зависит от учета избытка цвета и, поэтому предпочтительнее величины  $V$ . Однако, в принципе, он не прав, т. к. избыток цвета зависит от самого цвета, особенно при больших значениях  $(B-V)$ , характерных для звезд ветви гигантов. Кроме того, точность определения величины  $S$  сильно падает при увеличении крутизны ветви гигантов, т. к. небольшая ошибка в определении точки пересечения горизонтальной ветви с ветвью субгигантов окажет незначительное влияние при малом наклоне, но окажется весьма существенной при крутых наклонах. Тем не менее мы решили воспользоваться и величиной  $S$ .

При определении величин  $\Delta V$ ,  $S$  и  $(B-V)_{0.8}$  всегда возможен некоторый произвол. Чтобы свести его к минимуму независимые определения этих величин были дважды сделаны через значительный промежуток времени. Затем были собраны все определения из литературы. Кроме того, некоторые из этих величин независимо определяли мои сотрудники Н.Н. Самуся и А.В. Мионов. Из всех этих определений бралось среднее. В следующей далее таблице 3 приведены принятые нами значения всех трех величин, а также величина звезд горизонтальной ветви. После каждого значения приведена субъективная оценка степени надежности (наивысшая 4).

Затем была изучена зависимость величины  $[m/H]$  от этих трех характеристик диаграммы  $H-R$  (был применен графический прием).

Величина  $\Delta V$  связана с  $[m/H]$  уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} [m/H] &= 3.54 - 1.96 \Delta V, & \Delta V < 2.32 \\ [m/H] &= 1.89 - 1.25 \Delta V, & \Delta V \geq 2.32 \end{aligned} \right\} \quad (72)$$

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/H]$  одного скопления составляет  $\pm 0.28$ .

Зависимость  $[m/H]$  от величины  $S$  построена графическим путем и протабулирована в следующей далее табличке:

$S$	$[m/H]$	$S$	$[m/H]$	$S$	$[m/H]$	$S$	$[m/H]$
2.6	+0.18	3.8	-0.99	5.0	-1.58	6.2	-1.99
2.8	-0.02	4.0	-1.09	5.2	-1.67	6.4	-2.05
3.0	-0.22	4.2	-1.19	5.4	-1.74	6.6	-2.11
3.2	-0.41	4.4	-1.29	5.6	-1.80	6.8	-2.18
3.4	-0.61	4.6	-1.38	5.8	-1.87	7.0	-2.24
3.6	-0.81	4.8	-1.48	6.0	-1.93		

Средняя квадратичная ошибка определения  $m/H$  одного скопления составляет  $\pm 0.35$ .

ТАБЛИЦА 3

TABLE 3

Cluster	$\Delta V$		S		$(B-V)_{0,9}$		HB	
104	2.03	3	3.38	3	0.89	3	14.06	2
362	2.28	2	3.54	2	0.81	2	15.48	1
1261	2.68	1	4.52	1	0.79	1	16.60	1/2
1851	2.26	1	4.31	1	0.93	1	15.81	1
2298	3.13	1	5.55	1	0.70	1	16.20	1
2808	3.10	1	4.63	1	0.57	1/2	16.90	1
3201	2.80	1	4.93	1	0.65	1	14.88	1
Pal 4	2.67	1	4.56	1	0.74	1	20.50	1
4147	2.49	1	5.45	1	0.80	1	16.82	1
4372	3.10	2	6.10	2	0.78	2	15.58	2
4833	3.06	1	5.14	1	0.71	1	15.47	1
5024	2.88	1	5.07	1	0.71	1	16.83	1
5053	3.2	1/2	4.73	1	0.64	1	16.65	1/2
5139	2.86	4	5.26	4	0.78	4	14.46	4
5272	2.70	3	5.00	3	0.79	3	15.64	4
5466	3.08	1	5.49	1	0.64	1	16.53	2
5997	2.79	1	5.00	1	0.76	1	16.21	1
5904	2.66	2	4.42	2	0.78	2	15.10	2
6121	2.18	1	3.20	1	0.79	1	13.32	1
6171	2.28	3	4.03	3	0.89	3	15.64	3
6205	2.61	3	4.86	3	0.80	3	14.75	3
6218	2.89	1	5.74	1	0.77	1	14.94	1
6254	2.65	1	5.38	1	0.82	1	14.72	1
6341	3.10	3	6.79	3	0.89	3	15.08	3
6352	1.62	1	2.9	1/2	0.97	1	15.12	1
6356	1.98	1	2.56	1	0.85	1	17.68	1
6362	2.45	2	4.61	2	0.90	2	15.28	2
6397	2.56	1	5.06	1	0.84	1	12.58	1
6402	2.03	2	3.03	2	0.74	2	17.25	2
6522	2.26	1	3.57	1	0.85	1	16.25	1
6528	1.7	1/2	3.2	1/2	1.0	1/2	17.2	1/2
6541	2.84	1	6.60	1	0.81	1	15.0	1
6553	-		3.0	1	0.98	1/2	-	
6637	1.52	1	3.16	1	0.98	1	16.25	1
6656	2.62	1	3.72	1	0.64	1	14.05	1
6712	2.23	1	4.54	1	0.91	1	16.10	1
6723	2.09	2	3.79	2	0.97	2	15.52	2
6752	2.91	3	6.58	3	0.81	2	13.99	3
6779	3.02	1	4.63	1	0.58	1	16.20	1
6838	1.97	1	3.22	1	0.87	1	14.49	1
6934	2.92	2	6.81	2	0.81	2	16.84	2
6981	2.61	1	4.87	1	0.74	1	16.87	1
7006	2.65	1	4.44	1	0.74	1	18.74	1
7078	3.27	2	7.07	2	0.73	2	15.66	2
7089	2.90	1	6.78	1	0.75	1	15.91	1
7099	3.01	1	4.75	1	0.66	1	15.10	1
Pal 13	-		-		0.9	1/2	17.70	1
7492	2.32	2	3.20	2	0.74	2	16.98	2

Зависимость  $[m/N]$  от величины  $(B-V)_{0,9}$  может быть представлена двумя уравнениями (получены графическим путем):

$$\begin{aligned} [m/N] &= 6.75 (B-V)_{0,9} - 6.57, & (B-V)_{0,9} &\geq 0.74 \\ [m/N] &= 2.70 (B-V)_{0,9} - 3.57, & (B-V)_{0,9} &\leq 0.74 \end{aligned} \quad (73)$$

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/N]$  одного скопления составляет  $\pm 0.37$ .

#### 4. Населенность горизонтальной ветви диаграммы Герцшпрунга-Ресселла.

Уже давно стало очевидным, что горизонтальная ветвь диаграммы H-R у разных шаровых скоплений не одинакова. Около пятнадцати лет тому назад (1959) в Москве была предложена классификация шаровых скоплений по виду горизонтальной ветви. Вскоре была обнаружена связь между видом горизонтальной ветви и содержанием металлов. Была разработана непрерывная шкала чисел, характеризующих населенность горизонтальной ветви. В последние годы в разработке этой шкалы принимал участие А.В.Миронов (см. А.В.Миронов, 1972, 1973) и несколько работ, посвященных проблеме населенности горизонтальной ветви опубликовал А.М.Эйгенсон (А.М.Ейгенсон, 1973).

В 1972 г. совершенно независимо от нас сходную классификацию предложил Р.Диккенс (R.J.Dickens, 1972), разбивший всю совокупность шаровых скоплений на семь классов.

Разработанная в Москве шкала представляет непрерывный ряд чисел от 0 до 1. При этом 0 соответствует абсолютному отсутствию звезд в красной части горизонтальной ветви и наиболее заметной плотности звезд близ голубого конца ветви. За единицу принималось полное отсутствие горизонтальной ветви. Очевидно, что среди наблюдаемого многообразия шаровых скоплений нет ни одного, соответствующего крайним значениям нашей шкалы.

Оценки населенности горизонтальных ветвей шаровых скоплений весьма субъективны, даже в тех случаях, когда делаются попытки подсчетов звезд и оценок их плотности по интервалам  $(B-V)$ . Это связано с тем, что трудно разработать единые принципы определения красной границы горизонтальной ветви и точно ограничить принадлежность звезд к этой ветви. Различные диаграммы построены по наблюдениям разной точности и то, что покажется недопустимым для точных измерений, может оказаться вполне приемлемым для неточных.

Чтобы до некоторой степени уменьшить влияние субъективного фактора, оценки "индекса относительной населенности"  $K$  горизонтальных ветвей производились несколько раз через большие промежутки времени. К нашей шкале  $K$  редуцировались классы Диккенса, величины  $V/(B+R)$  Миронова. Окончательно принятые значения величины  $K$  даны

в таблице 4. Рядом с числом К дана оценка надежности по шестибальной системе: самым надежным оценкам приписан вес 6, самым ненадежным — вес 1, а сомнительным  $\frac{1}{2}$ .

ТАБЛИЦА 4

TABLE 4

Cluster	K	Cluster	K	Cluster	K	Cluster	K
104	0.81 6	5053	0.13 2	6352	0.78 5	6712	0.60 6
288	0.02 1	5139	0.13 6	6356	0.82 5	6723	0.54 6
362	0.69 5	5272	0.46 6	6362	0.49 4	6752	0.10 6
1261	0.56 4	5466	0.16 4	6397	0.14 5	6779	0.11 5
1851	0.71 4	5897	0.11 6	6402	0.18 3	6838	0.77 5
2298	0.47 1	5904	0.32 6	6522	0.78 3	6934	0.33 3
2808	0.5 ? $\frac{1}{2}$	6121	0.43 5	6541	0.13 4	6981	0.42 5
3201	0.48 4	6171	0.70 6	6553	0.86 1	7006	0.60 6
4147	0.25 6	6205	0.05 6	6637	0.80 5	7078	0.22 6
4372	0.22 2	6218	0.09 6	6656	0.11 6	7089	0.12 6
4833	0.07 6	6254	0.12 6			7099	0.13 5
5024	0.14 6	6341	0.10 6			7492	0.18 5

Сравнение величин [m/H] с нашими значениями К привели к получению графическим путем следующих редуцированных величин:

K	[m/H]	K	[m/H]	K	[m/H]	K	[m/H]
0.00	-1.81	0.25	-1.60	0.50	-1.24	0.70	-0.73
0.05	-1.79	0.30	-1.54	0.55	-1.14	0.75	-0.54
0.10	-1.75	0.35	-1.48	0.60	-1.02	0.80	-0.31
0.15	-1.70	0.40	-1.41	0.65	-0.89	0.85	-0.05
0.20	-1.65	0.45	-1.33				

Средняя квадратичная ошибка определения [m/H] одного скопления составляет  $\pm 0.26$ .

### 5. Переходные периоды звезд типа RR Лирь

Опираясь на определенную аксиоматику при разработке теории пульсации переменных звезд Кристи вывел соотношение между переходным периодом (между колебаниями в основном тоне и первом обертоном)  $P_{tr}$  и светимостью звезд типа RR Лирь (R.F.Christy, 1966). Этот вывод неоднократно подвергался заслуженной критике, поскольку светимость звезд типа RR Лирь (да и других пульсирующих звезд) зависит не только от факторов, учтенных Кристи (Albada, T.S. van et al., 1973; Rood R.T., 1973). Выводы Кристи вызывали некоторое недоверие и с нашей стороны. Однако, случайно сделанное сопоставление величины переходного периода  $P_{tr}$  с нашими индексами металличности IM (Kukarkin B.V., Russev R.M., 1972) неожиданно привело к обнаружению тесной взаимной связи между ними. Как известно, индексы металличности выведены методами



совершенно не связанными с теорией пульсации, и наличие обнаруженной связи безусловно является сильным свидетельством в пользу того, что формула Кристи имеет во всяком случае статистический смысл, хотя и может приводить в отдельных случаях к значениям светимости, уклоняющимся от истинных. Мы приняли значения переходных периодов  $P_{tr}$  после очередного пересмотра всех наблюдений звезд типа RR Лиры в шаровых скоплениях. Были отобраны лишь те скопления, число обнаруженных звезд типа RR Лиры в которых равно или превышает десять. Это до некоторой степени защищает нас от случайности выборки. Для определения  $P_{tr}$  применялась формула Кристи:

$$P_{tr} = \frac{1}{2} (P_{ab}^{min} + \frac{4}{3} P_c^{max}) \quad (74)$$

При этом для определения предельных значений наименьших периодов звезд типа RRab и наибольших у звезд RRc выбиралась не одна, а две звезды. Это тоже, в известной степени уменьшало влияние случайности выборок. Принятые нами значения логарифмов переходных периодов  $P_{tr}$  для различных шаровых скоплений приведены в таблице 5. Мы не вводили знаки надежности, хотя заведомо очевидно, что вероятность большей точности переходного периода на основе выборки из 200 звезд превышает вероятность такой же точности на основе выборки в 10 звезд. Вместо этого в таблице 5 после значения  $\lg P_{tr}$  приведено число звезд типа RR Лиры. Значения периодов брались обычно из каталога Соьер (H. B. Sawyer-Hogg, 1973), но всегда проверялись по оригинальным источникам и в некоторых случаях изменялись.

ТАБЛИЦА 5

TABLE 5

Cluster	$\lg P_{tr}$	n	Cluster	$\lg P_{tr}$	n	Cluster	$\lg P_{tr}$	n
3201	-0.315	82	5904	-0.337	90	6402	-0.316	34
4147	-0.297	16	6121	-0.360	40	6656	-0.228	17
4590	-0.257	37	6171	-0.362	21	6715	-0.311	31
5024	-0.275	35	6229	-0.327	15	6723	-0.370	27
5053	-0.231	10	6266	-0.352	74	6934	-0.340:	30
5139	-0.253	125	6333	-0.293	10	6981	-0.322	27
5272	-0.331	178	6341	-0.242	12	7006	-0.293:	36
5466	-0.260	20	6362	-0.314	14	7078	-0.250	63
						7089	-0.305	17

Сопоставление величин  $[m/H]$  со значениями  $\lg P_{tr}$  из таблицы 5 дало возможность получить следующую формулу:

$$[m/H] = -3.71 - 7.52 \lg P_{tr} \pm 0.30 \pm 1.00 \quad (75)$$

Средняя квадратичная ошибка определения  $[m/H]$  одного скопления составляет  $\pm 0.20$ .

На основании всех описанных выше способов оценки содержания металлов [м/Н] были вычислены взвешенные средние значения. Они приведены в таблице D в конце книги. Как и в других случаях, единица веса соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$  в величине [м/Н].

## 7. ДИАМЕТРЫ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ

### Пространственная структура шаровых скоплений

При самом первоначальном знакомстве с шаровыми скоплениями складывалось представление об относительной однородности их строения: круглая форма, центральная симметрия. Однако более тщательное изучение структуры шаровых скоплений показало, что она сложна и не так уж однородна.

Уже около сорока лет назад Шепли и Сойер (H. Shapley et al., 1927) сделали первую попытку ввести классификацию шаровых скоплений по степени концентрации звезд в самих скоплениях. Правда, в дальнейшем оказалось, что их классификация скорее связана со светимостью (массой) скоплений и лишь в некоторой степени с реальной концентрацией (см. напр., В. В. Кукаркин, 1971). Это в значительной степени нашло подтверждение в сравнении классов концентрации Шепли-Сойер с более объективной оценкой концентрации "С" (I. R. King, 1974). Как видно на рисунке 4 можно констатировать лишь слабую корреляцию между обеими величинами.

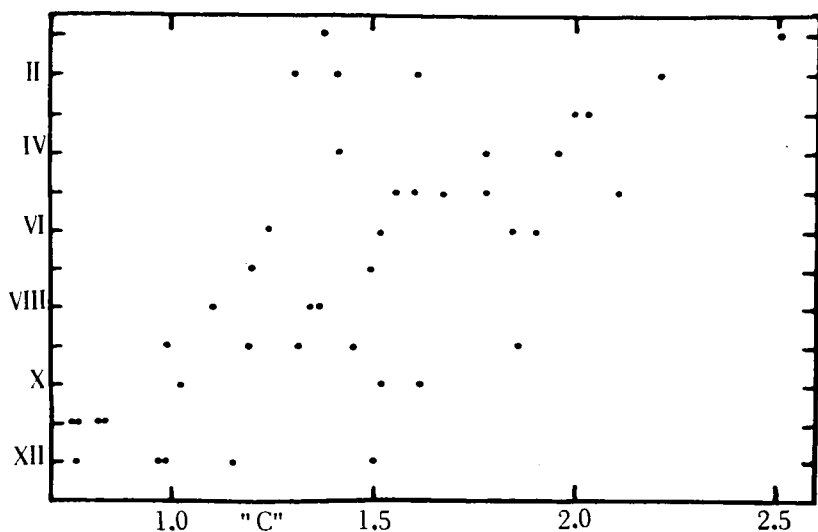


Рис. 4. Слабая зависимость между "классами концентрации" Шепли-Сойер и характеристикой действительной концентрации звезд скоплений "С" по Кингу.

Мы не будем останавливаться на ранних исследованиях, посвященных разработке численных методов определения пространственной плотности звезд в скоплениях.

Важное, тщательное, но почти забытое исследование шаровых скоплений выполнил Маубрей (A.G.Mowbray, 1946). Он ввел четкое разделение понятия ядра и общего тела шаровых скоплений. По тщательности выполнения и однородности использованного материала работа Маубрея и сейчас может быть оценена как одна из наиболее надежных. Корреляция его классов концентрации с величинами "С" Кинга выражена значительно более четко, чем с классами Шепли-Сойер.

Весьма существенным для понимания структуры звездных скоплений оказался цикл исследований П.Н.Холопова (P.N.Kholopov, 1949, 1952, 1953, 1957, 1965, 1968а, 1968б). В этих работах было убедительно показано, что скопления представляют сложные, стратифицированные структуры, в которых четко можно различить центральное ядро, главное тело, промежуточную зону и корону. К сожалению, тщательному анализу были подвергнуты лишь немногие скопления и основываться на этих строгих исследованиях калибровку массовых измерений структурных особенностей шаровых скоплений пока затруднительно.

Начиная с 1961 года Кинг и его сотрудники опубликовали цикл работ, посвященных теории структуры шаровых звездных скоплений и провели фотометрические измерения и подсчеты (I.R.King, 1961; 1962; 1966а; 1966б; I.R.King et al., 1968; I.R.King, 1974). Было введено важное понятие предельного радиуса скопления, т. е. такого радиуса, за пределами которого любая звезда скопления будет потеряна как член. Много работ, связанных с динамическим развитием скоплений в гравитационном поле Галактики было опубликовано за последние годы разными авторами. Упомянем лишь одну из них (Ostricer J.P. et al., 1972).

При работе над этой книгой и каталогом глобальных характеристик мы не ставили задачи изучения тонких структурных особенностей шаровых скопления. Во-первых, многое в этом отношении уже сделал П.Н.Холопов. Во-вторых, И.Кинг анонсировал анализ упомянутых выше подсчетов звезд в 54 шаровых скоплениях. В самом начале 1974 г. Кинг любезно предоставил в мое распоряжение предварительные результаты, непосредственно снятые с ЭВМ. Однако, книга была практически готова и мы смогли воспользоваться его любезностью лишь в очень скромном объеме.

## Видимые диаметры (радиусы) шаровых скоплений

В ряду глобальных характеристик шаровых скоплений диаметры представляют одну из наиболее трудно определяемых. Это вытекает из сложности структуры скоплений, трудности определения простыми средствами как радиуса ядра, так и предельного радиуса.

Если не говорить о эпизодических работах, в которых делались попытки измерений диаметров шаровых скоплений, то первые систематические исследования, проведенные в более или менее однородных системах, безусловно принадлежат Х. Шепли. Они нашли завершение в трех работах, охвативших почти все известные в то время шаровые скопления (H. Shapley et al., 1927b; H. Shapley, 1930; H. Shapley et al., 1935). В двух первых был применен способ глазомерного определения диаметра по трем сериям пластинок Гарвардской обсерватории. Третья работа основана на промерах фона пластинок с помощью микрофотометра (за величину диаметра принималась величина области равенства поверхностной плотности звезд скопления с фоном).

В 1941 году П. Паренаго, Б. Кукаркин и Н. Флорья предприняли анализ всех опубликованных к тому времени данных о видимых величинах, цветовых эквивалентах и диаметрах шаровых скоплений. Была обнаружена четко выраженная зависимость всех измеренных видимых диаметров шаровых скоплений от величины межзвездного поглощения света. Война помешала опубликованию этой работы и она увидела свет только через восемь лет (P. Parenago et al., 1949). Четырьмя годами позже В. Ломанн, основываясь на идеях нашей работы и добавив новые данные, появившиеся после 1941 года, полностью подтвердил наши выводы (W. Lohmann, 1953). Удивительно, что ни в подробном обзоре Е. Сойер Хогг (H. Sawyer Hogg, 1959), ни в обзоре Х. Арпа (H. Arp, 1965) наша работа даже не упоминается, а проблема излагается по работе Ломана, хотя в ней подробно и четко говорится о первоисточнике.

О влиянии межзвездного поглощения света на измерения видимых диаметров шаровых скоплений говорится в очень интересной работе Х. Вилкенса (H. Wilkens, 1960). В дальнейшем Вилкенс развил свои исследования проблемы диаметров шаровых скоплений. Его исследование выйдет отдельным изданием, как приложение к сборникам "Переменные звезды".

Уже в самом начале работы над проблемой диаметров шаровых звездных скоплений встала задача выбора системы. Поскольку ожидать окончания работ И. Кинга стало затруднительно (все остальные части исследования были в основном закончены), надо было принять какое-то решение, чтобы не задерживать и так уже запоздавшее издание этой книги. В результате было принято компромиссное решение, основанное на предшествующих многочисленных попытках выработать однородную и обоснованную систему диаметров. Переходим к описанию принятой системы.

Вскоре после выхода в свет работы Крона и Мейолла (G.E.Kron and N.U.Mayall, 1960) была предпринята редукция всех опубликованных к тому времени определений диаметров шаровых скоплений к их системе. Действительно, электрофотометрические измерения достаточно уверенно регистрируют превышение излучения звезд скопления по отношению к излучению звезд фона. Это, в принципе, дает возможность оценить протяженность скопления. Но поскольку равенство с фоном (по определению это асимптота!) фиксируется очень неуверенно, Крон и Мейолл предложили принимать за диаметр скопления величину, при которой регистрируется 0,9 всего светового потока скопления в системе V. При редукции всех опубликованных к тому времени диаметров шаровых звездных скоплений весьма уверенно подтвердилась их чрезвычайная чувствительность к поглощению света в межзвездном пространстве. Однако не следует забывать, что сама система диаметров Крона и Мейолла не свободна от влияния поглощения света в межзвездном пространстве. Действительно, расстояния до шаровых скоплений обычно значительно превосходят расстояния до звезд фона и межзвездное поглощение, особенно у скоплений близ галактического экватора, может сильно превышать таковое для звезд фона. При электрофотометрических измерениях в область шумов в шаровых скоплениях будет "уходить" значительно большая часть звезд, чем из звезд фона. Таким образом, стало необходимым искать способы учета влияния межзвездного поглощения света на выработанную предварительную систему видимых диаметров шаровых скоплений.

В настоящее время единственной системой диаметров шаровых скоплений, на которую межзвездное поглощение света не может оказать влияния, является система диаметров, измеренная по звездам типа RR Лиры, заведомо принадлежащих скоплению. Диаметры шаровых скоплений по звездам типа RR Лиры уже определялись (см. S.Bergh, van den, 1956; H.Wilkens, 1960).

Необходимо выработать методику определения диаметров шаровых скоплений по звездам типа RR Лиры. Очевидно, что оценивать диаметр по одной самой далекой звезде этого типа нельзя из-за возможной случайности и ненадежности такой выборки. Можно брать среднее расстояние *всех* звезд типа RR Лиры от центра данного скопления. Но имеются скопления столь плотные в своих центральных частях, что переменные звезды там либо вовсе еще не обнаружены, либо обнаружены лишь частично. Наряду с этим имеются скопления полностью разрешенные и исследованные (напр., NGC 5053, 5466, 6121, 6171).

Радиусом скопления было принято считать среднее расстояние от центра скопления до наиболее далекой трети общего числа звезд типа RR Лиры в хорошо разрешенных и изученных скоплениях. Для менее разрешенных и изученных скоплений эта доля немного увеличивалась, в зависимости от

изученности. Тут возможен некоторый произвол, но при навыке он не может быть существенным.

Были отобраны все скопления, в которых число звезд типа RR Лиры превышало девять. При этом использовались не только звезды, периоды которых были определены, но и все неисследованные звезды, амплитуды и медианные видимые величины которых соответствовали звездам типа RR Лиры данного скопления.

*Все диаметры и радиусы шаровых скоплений в этой книге даны в логарифмах дуговых минут ( $\lg d$ ).*

В следующей далее таблице 6 даны определенные нами логарифмы диаметров шаровых скоплений по переменным звездам типа RR Лиры.

ТАБЛИЦА 6

NGC	$\lg d_{RR}$	NGC	$\lg d_{RR}$	NGC	$\lg d_{RR}$	NGC	$\lg d_{RR}$
2419	0.72	5272	1.12	6266	1.17	6715	1.13
3201	1.48	5466	1.03	6333	0.97	6723	0.85
4147	0.57	IC4499	0.93	6341	0.85	6934	0.75
4590	1.04	5824	0.99	6362	1.05	6981	0.70
4833	1.04	5904	1.15	6402	0.95	7006	0.64
5024	1.11	6121	1.32	6426	0.71	7078	1.03
5053	1.11	6171	0.97	6656	1.29	7089	1.15
5139	1.57	6229	0.62	6712	0.62		

TABLE 6

С точки зрения структурных особенностей шаровых скоплений, диаметры, выведенные на основе звезд типа RR Лиры, не фиксируют какой-либо определенной части (ядро, промежуточный слой, корона). Эти значения диаметров были использованы *только* для учета действия межзвездного поглощения света на измеренные различными методами диаметры скоплений. Из всех исправленных таким образом определений диаметров были образованы взвешенные средние значения (веса приблизительно оценивались по отклонениям от простого среднего).

В процессе редукции выяснилось, что измеряемые по подсчетам звезд, глазомерным оценкам и фотометрическим измерениям диаметры скоплений чувствительны не только к межзвездному поглощению, но и к атмосферной экстинкции. Кроме того, было отмечено, что диаметры скоплений зависят от содержания металлов в атмосферах звезд этих скоплений. Эта зависимость выражена менее четко, чем предыдущие, но все же реальна. Она может быть объяснена разностью масс голубых звезд горизонтальной ветви и звезд ветви гигантов. Поэтому диаметры скоплений с очень развитой голубой частью горизонтальной ветви могут оказаться в синих лучах больше, чем в красных, а диаметры скоплений без голубой части горизонтальной ветви систематически отличаться

(В.В.Кукаркин, 1970). В связи с этим в редуцированные формулы стали вводиться члены, пропорциональные атмосферной толщине и индексу металличности  $IM$  (см. В.В.Кукаркин и Р.М.Руссов, 1972). За систему диаметров в этой книге принята система, основанная на подсчетах звезд в 54 шаровых скоплениях (L.R.King et al., 1968). Измеренным диаметром скопления считался диаметр, соответствующий пересечению функции логарифма плотности с плотностью звезд фона. Для уточнения этой величины определялись пересечения не только с логарифмами плотности 0.0, но и 0.1 и 0.2 по отношению к фону. Была найдена разность между этими значениями и значением, полученным для равенства с фоном, после чего бралось среднее из трех определений и считалось за радиус скопления. Оказалось, что радиусы, полученные по подсчетам звезд, *крайне чувствительны* как к межзвездному, так и атмосферному поглощению.

Сравнение системы диаметров, основанной на звездных подсчетах и обозначенной нами  $lg r$  (КННВ) с нашей предварительной, описанной ранее, системой привело к уравнению:

$$lg d = 0.04 + 1.05 lg (КННВ) + 0.97 E (B-V) + 0.54z - 0.19 IM, \quad (76)$$

$$\pm 0.11 \pm 0.07 \quad \pm 0.14 \quad \pm 0.15 \pm 0.24$$

где  $z$  — логарифм атмосферной толщины, а  $IM$  — значение индекса металличности. Четко видна сильная зависимость от поглощения света в межзвездной среде и атмосфере. Зависимость от индекса металличности выражена слабо по той простой причине, что при подсчетах звезд был использован богатейший, но не однородный материал (снимки с разными крупнейшими инструментами на различных эмульсиях, с разными экспозициями и т. д.).

Как видно, предварительная система оказалась не столь уж плохой. Принимая во внимание, что коэффициент пропорциональности между системами (1.05) отличается от единицы в пределах средней квадратичной ошибки, мы не стали исправлять нашу систему.

К этой предварительной системе и редуцировались вторично все измерения, но уже с учетом членов  $z$  и  $IM$ .

Еще в процессе первых шагов по созданию однородной системы диаметров выяснилось, что глазомерные измерения диаметров (например, первая система диаметров Шепли-Сойер) вовсе не так уж плохи и по сходимости с другими определениями иногда даже превосходят их по точности. В связи с этим, а также в связи с бедностью материала по измерению диаметров и отсутствием измерений для многих, особенно недавно открытых шаровых скоплений, было принято решение произвести глазомерные измерения на всех доступных в СССР снимках и атласах.

Были использованы следующие источники:



- KFA Franklin-Adams Charts, London; 1914–1935.  
Оценки диаметров производились лишь на картах двух первых томов атласа (от южного полюса до +15° склонения).
- KPA National Geographical Society and Palomar Observatory Sky Survey, 1954–1966.  
Оценки производились только с целью выработки методики, записывалось лишь среднее значение измерений на картах, полученных с эмульсиями O и E. Оказалось, что эти измерения сравнимы по точности с другими рядами.
- KPAE В том же атласе измерения диаметров производились отдельно на картах, полученных со снимков с эмульсией E.
- KPAO В том же атласе измерения диаметров производились отдельно на картах, полученных со снимков с эмульсией O.
- KLA Lick Observatory Sky Atlas, 1967.
- KVA2 Vehrenberg H., Atlas Stellarum, Düsseldorf, 1968–1970.  
В этом атласе измерения производились только по репродукциям пластинок, полученных в южном полушарии.
- KA Измерения на многочисленных пластинках в синих лучах, полученных с 1959 по 1973 годы на Южной станции ГАИШ в Крыму с помощью астрографа Цейсса (400/1600 мм).

Все эти измерения были редуцированы к выработанной нами системе. В целях экономии места редуциционные формулы не приводятся. В следующей далее таблице 7 собраны все измерения, уже приведенные с помощью редуциционных формул типа (76) к нашей системе. В конце таблицы в соответствующих столбцах приведены средние квадратичные ошибки измерения диаметра одного скопления.

Все опубликованные или любезно сообщенные мне измерения диаметров шаровых скоплений тоже были приведены к нашей системе. Далее даются краткие сведения о каждом ряде измерений и приводятся редуциционные формулы.

### 1. Первые измерения Шепли–Сойер (H. Shapley and H. B. Sawyer, 1927b; H. Shapley, 1930) (SS1)

Глазомерные измерения диаметров шаровых скоплений на трех различных сериях гарвардских снимков неба в целом образуют довольно однородную систему. Она связана с нашей системой формулой:

$$\lg d = 0.59 + 0.65 (SS1) + 0.56 E (B-V) - 0.14 IM \quad (77)$$

$$\pm 0.04 \pm 0.03 \quad \pm 0.05 \quad \pm 0.08$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0.08$ .

### 2. Микрофотометрические измерения Шепли–Сейер (H. Shapley and A. R. Sayer, 1935) (SS2).

Микрофотометрические измерения поперечных разрезов ряда шаровых скоплений на различных снимках гарвардской коллекции были, ве-

Измерения диаметров  
Measuring of Diameters

NGC	KFA	KPA	KPAE	KPAO	KLA	KVA2	KA
104	1.49	-	-	-	-	1.52	-
288	1.12	1.26	1.18	1.18	1.03	0.96	-
362	1.14	-	-	-	-	0.19	-
1261	0.83	-	-	-	-	0.91	-
Pal 1	-	0.32	0.22	0.27	-	-	-
Pal 2	-	0.38	0.52	0.33	-	-	-
1851	1.06	-	1.11	-	-	0.98	-
1904	0.92	0.88	0.98	0.95	0.91	0.92	-
2298	0.97	-	0.77	-	-	0.84	-
2419	-	0.59	0.57	0.58	0.62	-	-
2808	1.15	-	-	-	0.80	1.27	-
Pal 3	-	0.54	0.40	0.48	-	-	-
3201	1.26	-	-	-	-	1.25	-
Pal 4	-	0.33	0.40	0.35	-	-	-
4147	0.63	0.56	0.65	0.65	0.65	-	-
4372	1.31	-	-	-	-	1.31	-
4590	0.98	1.08	1.07	1.15	1.09	1.04	-
4833	1.20	-	-	-	-	1.32	-
5024	1.16	1.14	1.15	1.13	1.02	-	1.11
5053	1.13	1.00	1.06	1.06	1.02	-	1.05
5139	1.61	-	-	-	-	1.61	-
5272	-	1.26	1.28	1.23	1.17	-	1.16
5286	1.05	-	-	-	-	1.08	-
5466	-	1.04	1.08	1.09	0.96	-	1.04
5634	0.58	0.76	0.68	0.73	0.66	0.70	0.73
5694	0.58	0.65	0.58	0.58	0.64	-	-
IC 4499	0.93	-	-	-	-	0.82	-
5824	0.79	0.74	0.79	0.79	0.87	0.87	-
Pal 5	-	0.92	0.81	0.83	-	-	-
5897	1.13	1.12	1.06	1.11	1.14	1.15	1.20
5904	1.16	1.30	1.29	1.24	1.28	-	1.24
5927	1.19	-	-	-	-	1.19	-
5946	0.85	-	-	-	-	1.06	-
5986	1.03	-	1.11	-	0.98	0.99	-
1609+15	-	0.47	0.34	0.27	-	-	-
6093	1.03	0.96	0.99	0.99	1.04	0.02	0.97
6101	1.08	-	-	-	-	1.09	-
6121	1.42	1.54	1.44	1.48	1.42	1.34	1.57
6139	0.77	-	0.91	-	-	0.93	-
6144	0.89	1.06	0.95	0.94	0.84	0.95	0.95
6171	1.08	1.12	0.98	1.00	0.94	-	1.00
6205	-	1.21	1.21	1.22	1.18	-	1.20
6218	1.23	1.21	1.20	1.18	1.19	-	1.09
6229	-	0.73	0.64	0.68	0.74	-	0.62
6235	0.71	0.73	0.69	0.67	0.72	0.82	0.75
6254	1.27	1.27	1.20	1.22	1.24	-	1.10
6266	1.20	1.22	1.35	1.28	1.31	1.22	1.00
6273	1.14	1.20	1.34	1.23	1.21	1.17	1.14
6284	0.83	0.76	0.79	0.80	0.81	0.89	0.83
6287	0.70	0.75	0.76	0.80	0.77	0.81	0.91
6293	1.09	0.94	0.97	0.95	1.00	0.97	0.93
6304	0.93	0.88	0.86	0.86	0.95	1.04	0.96
6316	0.72	0.80	0.84	0.74	0.77	0.86	0.85
6325	0.76	0.86	0.86	0.80	0.71	0.71	0.74
6333	1.11	1.00	1.01	1.03	1.07	1.13	1.04
6341	-	1.06	1.03	1.06	1.16	-	1.08
6342	0.63	0.52	0.56	0.47	0.43	0.72	0.65
6352	0.90	-	-	-	-	0.89	-

ТАБЛИЦА 7 (продолжение)

TABLE 7 (continued)

NGC	KFA	KPA	KPAE	KPAO	KLA	KVA2	KA
6355	0.91	0.92	0.77	0.76	0.79	-	0.82
6356	0.90	0.82	0.85	0.87	0.83	0.98	0.86
Trx 2	-	-	0.37	0.30	-	-	-
6362	1.10	-	-	-	-	1.17	-
6366	0.89	1.06	1.06	1.07	1.02	-	-
Trx 4	-	-	0.26	-	-	-	-
HP 1	-	-	0.66	0.67	-	-	-
6380	-	-	0.76	-	-	0.56	-
6388	1.06	-	0.97	-	-	1.00	-
Trx 1	-	-	0.84	-	-	-	-
Ton 2	-	-	0.63	-	-	-	-
6397	1.51	-	-	-	-	1.36	-
6401	0.84	0.98	0.92	0.85	0.70	0.92	0.82
6402	1.19	1.14	1.12	1.17	1.20	-	1.11
Pal 6	-	1.28	1.06	1.24	-	-	-
6426	0.53	0.47	0.51	0.52	0.60	-	0.65
Trx 5	-	-	0.87:	-	-	-	-
6440	0.91	0.96	0.85	0.96	0.94	0.97	1.00
6441	0.98	-	1.07	-	0.97	0.95	-
Trx 6	-	-	0.25	-	-	-	-
6453	0.70	-	0.67	-	0.84	0.39	-
6496	0.84	-	0.80	-	-	-	-
6517	0.79	0.80	0.80	0.81	0.73	-	0.91
6522	0.92	0.78	0.86	0.85	0.93	0.96	-
6528	0.68	0.67	0.72	0.70	0.84	0.69	-
6535	0.66	0.51	0.59	0.64	0.47	-	0.82
6539	1.04	1.04	0.95	0.96	0.97	-	1.01
6541	1.18	-	1.12	-	-	1.17	-
6544	1.16	1.05	1.08	1.06	1.11	1.05	-
6553	0.92	1.09	1.07	1.18	0.97	0.93	-
6558	0.65	0.60	0.61	0.65	0.71	0.67	-
IC 1276	-	0.97	0.95	0.95	-	-	-
6569	0.83	0.81	0.90	0.84	0.83	0.78	-
6584	0.88	-	-	-	-	0.94	-
6624	0.86	0.79	0.80	0.82	0.87	0.82	-
6626	1.13	1.13	1.11	1.16	1.13	1.16	1.01
6637	0.98	0.84	0.85	0.87	0.90	0.87	-
6638	0.83	0.77	0.73	0.79	0.81	0.75	0.75
6642	0.91	0.72	0.65	0.70	0.75	0.75	0.65
6652	0.65	-	0.60	-	0.67	0.71	-
6656	1.55	1.50	1.44	1.42	1.54	1.46	1.51
Pal 8	-	0.66	0.68	0.69	-	0.78	-
6681	0.86	0.95	0.91	0.95	0.89	0.87	-
6712	0.99	0.89	0.95	0.96	0.94	-	0.82
6715	1.09	0.94	0.98	0.99	0.96	0.91	-
6717	-	0.61	0.62	0.69	-	-	-
6723	1.06	-	1.06	-	0.97	1.06	-
6749	-	0.93	0.91	1.03	-	-	-
6752	1.26	-	-	-	-	1.32	-
6760	1.13	0.93	0.96	0.99	0.98	-	0.97
6779	-	0.82	0.91	0.89	0.97	-	0.84
Pal 10	-	0.62	0.62	0.65	-	-	-
1927-30	-	0.70	0.63	0.53	-	-	-
6809	1.32	1.28	1.33	1.28	1.30	1.18	-
Pal 11	-	0.64	0.54	0.52	-	-	-
6838	0.96	0.86	0.91	0.83	0.97	-	0.91
6864	0.81	0.75	0.81	0.81	0.75	0.89	-
6934	0.88	0.74	0.75	0.76	0.74	-	0.78
6981	0.76	0.66	0.72	0.73	0.81	-	0.87
7006	0.48	0.37	0.46	0.46	0.59	-	0.45
7078	1.02	1.05	1.11	1.09	1.18	-	1.11
7089	1.10	1.05	1.10	1.10	1.14	-	1.08
7099	0.99	1.02	1.06	1.05	1.06	1.00	1.09
Pal 12	-	0.38	0.41	0.53	-	-	-
Pal 13	-	0.30	0.28	0.22	-	-	-
7492	0.92	0.73	0.78	0.78	0.74	-	0.96
$\sigma$	$\pm 0.07$	$\pm 0.06$	$\pm 0.05$	$\pm 0.04$	$\pm 0.07$	$\pm 0.08$	$\pm 0.08$

роятно, первой попыткой инструментального определения диаметров. Однако, эта попытка по точности оказалась неудачной. Система диаметров Шепли-Сойер связана с нашей системой соотношением:

$$\lg D = 0,09 + 0,84 (SS2) + 0,27 E (B-V) - 0,06 IM \quad (78)$$

$$\pm 0,07 \pm 0,04 \quad \pm 0,09 \quad \pm 0,11$$

Средняя квадратичная ошибка измерения одного скопления  $\pm 0,09$ . Как видно из величин коэффициентов формулы (78), микрофотометрический способ измерения диаметров менее чувствителен к величине поглощения света, чем глазомерные измерения и, особенно, чем подсчеты звезд.

### 3. Фотометрические измерения диаметров Маубрея в синих и красных лучах (A.G.Mowbray, 1946) (MB, MR).

Из всех использованных нами измерений диаметров шаровых скоплений, измерения Маубрея являются самыми точными. Вероятно, это объясняется строгим подбором однородного наблюдательного материала. Диаметры Маубрея связаны с нашей системой уравнениями:

$$\lg d = 0,15 + 0,83 (MB) + 0,67 E (B-V) + 0,37z - 0,14 IM \quad (79)$$

$$\pm 0,04 \pm 0,03 \quad \pm 0,04 \quad \pm 0,04 \pm 0,06$$

$$\lg d = 0,41 + 0,73 (MR) + 0,45 E (B-V) + 0,23z - 0,20 IM \quad (80)$$

$$\pm 0,04 \pm 0,02 \quad \pm 0,06 \quad \pm 0,05 \pm 0,09$$

Средние квадратичные ошибки измерения одного скопления составляют соответственно  $\pm 0,05$  и  $\pm 0,035$ .

Изучение коэффициентов при последовательных членах уравнений (79) и (80) весьма поучительно. Прежде всего очевидно, что "красные" диаметры протяженнее "синих" (отношение коэффициентов 1.1). Это, вероятно, объясняется тем, что на красных снимках чувствуется интегральный эффект слабых красных карликов главной последовательности, массы которых малы и подсистема которых более протяженна. Естественно, что влияние межзвездного поглощения света гораздо сильнее сказывается на "синих" диаметрах, чем на "красных" (отношение коэффициентов 1.5). Атмосферная экстинкция, естественно, действует сильнее на "синие" диаметры, чем на "красные" (отношение коэффициентов 1.6). Коэффициент при индексе металличности у "синих" диаметров меньше, чем у "красных". Это тоже находит естественное объяснение, если принять, что массы голубых звезд горизонтальной ветви меньше масс красных звезд ветви субгигантов тех светимостей, которые наиболее эффективны в этом диапазоне абсолютных звездных величин.

### 4. Глазомерные измерения новых шаровых скоплений Эйбелла (G.O.Abell, 1955) (Pal)

Получение редуccionной формулы для измерений Эйбелла было сначала затруднено, так как его измерения нельзя было сравнивать

с другими. Однако после редукции наших измерений (см. таблицу 7) это стало осуществимым :

$$\lg d = 0.07 + 0.71 (Pal) + 0.46 E (B-V) + 0.52 z \quad (81)$$

$$\pm 0.05 \pm 0.08 \quad \pm 0.04 \quad \pm 0.23$$

Средняя квадратичная ошибка измерения диаметра одного скопления оказалась  $\pm 0.06$ .

### 5. Фотометрические измерения диаметров Крона и Мейолла (G.E.Kron and N.U.Mayall, 1960) (KM)

За величину диаметра Крон и Мейолл принимали тот диаметр скопления, при котором освещенность составляла 0,9 всего потока в фотометрической системе V. Система диаметров Крона и Мейолла связана с нашей системой уравнением:

$$\lg d = 0.32 + 0.84 (KM) - 0.05 E (B-V) + 0.19z - 0.28 IM \quad (82)$$

$$\pm 0.09 \pm 0.07 \quad \pm 0.08 \quad \pm 0.10 \pm 0.14$$

Средняя квадратичная ошибка измерения диаметра одного скопления составляет  $\pm 0.11$ .

Как видно из коэффициентов, система диаметров Крона-Мейолла мало чувствительна как к межзвездному, так и атмосферному поглощениям, но характеризуется заметной чувствительностью к металличности скоплений. Вероятно, это можно объяснить тем, что приемная аппаратура была более чувствительна к синей части спектра и диаметры скоплений с сильно населенными голубыми концами горизонтальных ветвей оказывались систематически большими из-за относительно малых масс этих звезд.

### 6. Диаметры по определениям Кинмана и Розино (T.D.Kinman and L.Rosino, 1962) (KR).

Кинман и Розино сделали подсчеты звезд в семи плохо изученных шаровых скоплениях и опубликовали соответствующие таблицы. За диаметр было принято взвешенное среднее для плотностей 0,2 и 0,1 (веса 2 и 1, соответственно). Малое число измеренных скоплений делает редукционную формулу не очень надежной, что подтверждается большими ошибками коэффициентов:

$$\lg d = 0.18 + 0.68 (KR) + 0.25 E (B-V) + 0.53z \quad (83)$$

$$\pm 0.11 \pm 0.12 \quad \pm 0.23 \quad \pm 0.64$$

Средняя квадратичная ошибка измерения диаметра одного скопления составляет  $\pm 0.10$ .

### 7. Определение диаметров по подсчетам звезд (I.R.King, E.Hedemann, S.M.Hodge, R.F.White, 1968) (KHHW).

Система указанных в заголовке авторов уже использовалась для построения нашей системы. Тем не менее, после вычисления взвешенных

средних из всех определений мы еще раз вычислили редуccionную формулу, которая оказалась очень близкой к формуле (76). Средняя квадратичная ошибка определения диаметра одного скопления оказалась  $\pm 0.14$ . Таким образом диаметры, определяемые по подсчетам звезд оказались наименее точными. Причину этого следует искать, по-видимому, в очень большой чувствительности этих определений к межзвездному и атмосферному поглощению. Кроме того весьма вероятно, что оценка диаметра зависит и от богатства звездного фона. Учет этого эффекта требует разработки специальной методики и у нас просто не было времени заняться этой задачей.

### 8. Диаметры по звездам типа RR Лиры.

Как и в предшествующем случае диаметры по звездам типа RR Лир уже применялись нами для построения нашей системы диаметров шаровых скоплений. Тем не менее было интересно сопоставить систему диаметров с взвешенными средними значениями, полученными на основе всех определений. Действительно, в результате редуccion и усреднения отдельных определений, отягченных случайными и неучтенными систематическими ошибками, могли накопиться односторонне действующие отклонения. Поэтому величины из таблицы 6 еще раз были сравнены с взвешенными средними значениями диаметров из всех описанных выше определений. Оказалось, что эффект межзвездного покраснения не равен нулю, что, вероятно, можно объяснить некоторой переоценкой этого фактора в редуccionных формулах. Все видимые диаметры были уменьшены по формуле:

$$\lg d_0 = \lg d - 0.18 E (B-V) \pm 0.10 \quad (84)$$

### 9. Диаметры по электронографическим наблюдениям

Крон а (G.E.Kron, 1973) (Kr)

Крон любезно предоставил в наше распоряжение свои электронографические измерения диаметров и интегральных звездных величин четырнадцати шаровых звездных скоплений. Им были измерены диаметры, соответствующие 0.1, 0.5 и 0.9 всего потока излучения скопления. Мы сравнили диаметры, соответствующие 0.9 с диаметрами в нашей системе. Они связаны формулой (получена графически):

$$\lg d = 0.02 + 1.365 \lg d (Kr 0.9)$$

Средняя квадратичная ошибка измерения диаметра одного скопления составляет  $\pm 0.12$ .

### 10. Диаметры Вилкенса (H.Wilkens, 1970)

Поскольку система диаметров Вилкенса основана на микрофотометрических измерениях Шепли-Сойер (H.Shapley et al., 1935) и на

диаметрах по звездам типа RR Лиры, мы не можем считать его системой независимой от нашей. Оба эти ряда измерений использованы в нашей системе. Поэтому диаметры Вилкенса не использовались.

Как уже раньше сообщалось, очень ценные исследования Кинга (I.R.King, 1974) были получены нами так поздно, что они не могли уже существенно повлиять на выработку нашей системы диаметров шаровых скоплений. По идее нам казалось, что наша система должна быть близкой (или пропорциональной) системе предельных радиусов Кинга. Для проверки этого мы сопоставили графически наши окончательные диаметры с логарифмами предельных радиусов Кинга. Как видно (см. рис. 5) обе системы действительно связаны между собой линейно. Графически получено следующее уравнение:

$$\lg(RT) = 0.28 + 0.94 \lg d_0 \quad (86)$$

Таким образом, богатый материал наших определений диаметров шаровых скоплений может быть использован и в системе предельных радиусов Кинга.

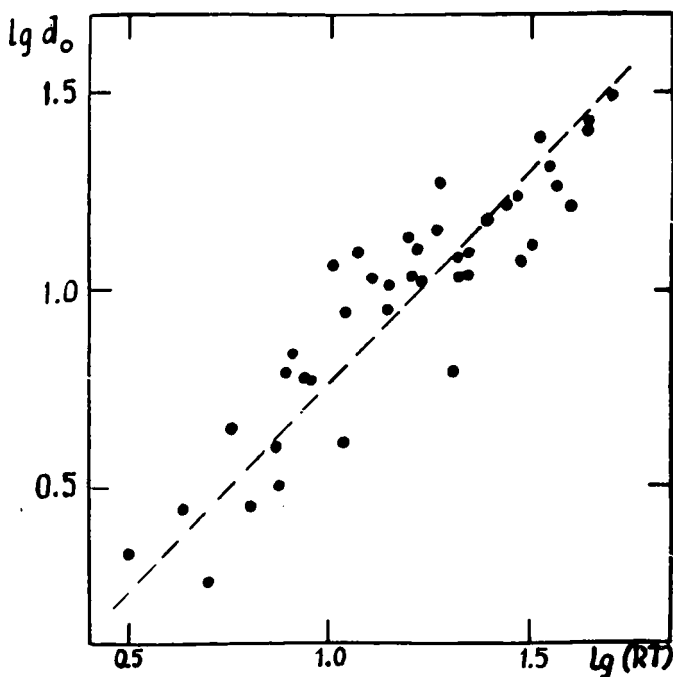


Рис.5. Зависимость между логарифмами видимых диаметров шаровых скоплений в нашей системе и предельными радиусами Кинга  $\lg(RT)$

В некоторых формулах редукции диаметров к однородной системе фигурирует величина  $IM$ . Это объясняется тем, что формулы были вычислены до приведенной сравнительно недавно новой калибровки содержания металлов. Между величинами  $[m/H]$  и  $IM$  имеется зависимость (B.V.Kukarkin, 1973).

$$\begin{array}{ll} [m/H] = 4.4 IM - 2.88 & IM > 0.45 \\ [m/H] = 6.4 IM - 3.77 & IM < 0.45 \end{array} \quad (86a)$$

Выведенные нами значения диаметров шаровых скоплений приведены в таблице E. Они выражены в логарифмах минут дуги. Как и во всех предшествующих случаях, единица веса соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$ .



## 8. МОДУЛИ РАССТОЯНИЙ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ

Определение модулей расстояний шаровых скоплений, как и измерение их диаметров, встало на твердую почву фактов после классических работ Х.Шепли. Мы не будем излагать историю этой проблемы, поскольку она хорошо освещена в монографии самого Шепли (H.Shapley, 1930), и в ряде других обзоров.

С легкой руки Шепли в течение почти четырех десятилетий основным методом определения видимых модулей расстояний шаровых скоплений служили переменные звезды типа RR Лиры. Это было тем более удобно, что Шепли приписал им абсолютную медианную величину  $\cdot 0.00$ . Таким образом, было достаточно определить видимую величину звезд типа RR Лиры в данном шаровом скоплении. Их видимая величина соответствовала видимому модулю расстояния.

Однако, после "катастрофы" с нуль-пунктом зависимости "период-светимость" классических цефеид, последовавшей в 1952 году в связи с замечательными работами В.Бааде (W.Baade, 1954), началось более тщательное изучение вопроса об абсолютных величинах звезд типа RR Лиры.

Е.Д.Павловская впервые показала, что эти звезды безусловно слабее, чем принималось. Кроме того, и это особенно существенно, она впервые указала на наличие значительной дисперсии абсолютных величин звезд типа RR Лиры (Е.Д.Павловская, 1953). С тех пор проблема изучения абсолютных величин звезд типа RR Лиры стала предметом многочисленных исследований, как связанных с определениями собственных движений и лучевых скоростей, так и чисто теоретических. Их изложение не входит в нашу задачу. Отметим лишь, что не осталось сомнений, что абсолютная величина звезд типа RR Лиры в шаровых скоплениях фиксируется где-то в пределах от  $+0.5^m$  до  $+1.2^m$  и что дисперсия абсолютных величин даже данного скопления реальна, не говоря о дисперсии при переходе от одного скопления к другому (мы не касаемся проблемы карликовых цефеид и других пульсирующих звезд, пока еще не обнаруженных в шаровых скоплениях).

Четверть века назад С.А.Жевакин начал цикл работ, поставивших на твердую почву теорию звездной пульсации и давший толчок к моделированию пульсирующих звезд (S.A.Zhevakin, 1947, 1952, 1963, 1970).

Вскоре Р.Ф.Кристи развил идеи Жевакина, построил модели и вывел некоторые теоретические закономерности (R.F.Christy, 1962; 1964; 1966; 1970). Были опубликованы и другие важные работы по теории пульсации, но их анализ тоже не входит в нашу задачу.

Одной из многообещающих закономерностей, вытекающих из работ Кристи, была зависимость между светимостью звезд типа RR Лиры и так называемым переходным периодом  $P_{tr}$  (см. стр. 57). Эта зависимость принята нами в виде:

$$M_V^{RR} = -0.58 - 4.46 \lg P_{tr} \quad (87)$$

Лишь после долгих сомнений и проб мы приняли абсолютные величины, вычисляемые по этой формуле, за основу для калибровки системы абсолютных величин других звезд, последовательностей и точек на диаграммах цвет-светимость шаровых скоплений. Соображения по этому поводу уже приведены на стр. 56–58. Добавим лишь, что многочисленные работы последних лет безусловно свидетельствуют в пользу необходимости еще некоторого небольшого дополнительного ослабления светимости звезд типа RR Лиры в шаровых скоплениях и подтверждают заметную дисперсию их величин, как внутри каждого скопления, так, в особенности, при переходе от одного скопления к другому. Уравнение (87) вполне удовлетворяет обеим этим тенденциям.

Обнаружив хорошо выраженную зависимость абсолютных величин звезд типа RR Лиры, вычисленных по формуле (87), от содержания металлов  $[m/H]$  и интегрального спектра  $Sp$  (см. таблицу D в конце книги) мы образовали предварительные средние значения из всех трех определений. После этой операции мы еще раз решили уравнения, связывающие величины  $[m/H]$  и  $Sp$  с абсолютными величинами звезд типа RR Лиры. В результате были получены следующие формулы для вычисления абсолютных величин звезд типа RR Лиры:

$$M_V^{RR} = 1.32 + 0.38 [m/H] \pm 0.02 \pm 0.01 \quad (88)$$

$$M_V^{RR} = 0.425 + 0.60 (Sp - F0.0) \pm 0.027 \pm 0.04 \quad (89)$$

По этим формулам были получены новые численные значения абсолютных величин звезд типа RR Лиры в системе V и опять усреднены с значениями, полученными непосредственно по формуле (87). При этом назначались веса, вычислявшиеся по отклонениям от общего среднего и с учетом надежности определения величин  $P_{tr}$ ,  $[m/H]$  и  $Sp$ .

В следующей далее таблице 8 даны принятые нами значения абсолютных величин звезд типа RR Лиры (а следовательно и горизонтальных ветвей) тех скоплений, для которых такие вычисления оказались возможными).

Единица веса формально соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$ , но реальная погрешность значений абсолютной величины конечно, значительно больше.

ТАБЛИЦА 8

TABLE 8

NGC	$M_V^{RR}$	Wt	NGC	$M_V^{RR}$	Wt	NGC	$M_V^{RR}$	Wt
104	1.14	8	6121	0.90	8	IC 1276	0.58	2
288	0.80	4	6139	1.03	5	6553	1.24	8
362	0.93	8	6171	1.01	10	6569	1.02	2
1261	0.86	4	6205	0.74	14	6584	1.00	5
1851	0.91	5	6218	0.75	8	6624	1.21	4
1904	0.75	7	6229	0.84	9	6626	0.94	9
2298	0.79	5	6254	0.78	12	6637	1.27	10
2419	0.72	6	6266	0.94	10	6638	1.08	5
2808	0.81	6	6273	0.83	13	6642	1.00	5
3201	0.84	8	6284	0.86	6	6652	1.09	5
Pal 4	0.88	1	6293	0.67	6	6656	0.65	13
4147	0.72	9	6304	1.33	6	6681	0.84	7
4372	0.69	4	6316	0.99	2	6712	0.98	10
4590	0.58	7	6333	0.65	7	6715	0.85	8
4833	0.62	4	6341	0.56	17	6723	1.04	8
5024	0.66	16	6352	1.24	4	6752	0.75	7
5053	0.58	6	6356	1.24	14	6760	1.06	4
5139	0.70	11	6362	0.91	6	6779	0.66	12
5272	0.82	17	6388	1.23	6	6809	0.68	7
5466	0.63	6	6397	0.75	7	6838	1.16	11
5634	0.75	3	6402	0.88	12	6864	0.88	10
5694	0.69	4	6426	0.69	3	6934	0.80	8
5824	0.61	6	6440	1.26	7	6981	0.84	7
Pal 5	0.9:	½	6441	1.25	6	7006	0.73	11
5897	0.58	6	6522	0.98	8	7078	0.57	19
5904	0.83	17	6528	1.30	5	7089	0.68	17
5927	1.29	6	6535	0.89	1	7099	0.58	11
5946	0.73	2	6539	1.30	½	Pal 13	0.85	1
5986	0.81	8	6541	0.72	6	7492	0.82	2
6093	0.78	8	6544	0.97	2			

## 1. Определение видимых модулей расстояния по звездам типа RR Лиры и горизонтальной ветви.

К 1974 году в нашем распоряжении было 78 диаграмм цвет-светимость 47 шаровых скоплений. Мы имеем в виду лишь те диаметры, которые были построены либо прямо в фотометрических системах U, B, V, I, либо в других, легко редуцируемых системах. Несколько диаграмм были предоставлены в наше распоряжение в процессе работы.

Для всех 47 шаровых скоплений в таблице 8 имеется достаточно надежная абсолютная величина V звезд типа RR Лиры (что соответствует горизонтальной ветви). В таблице 3 приведены измеренные по диаграммам цвет-светимость величины звезд горизонтальной ветви (HB) тоже в системе V. В 47 шаровых скоплениях в той или иной степени исследованы переменные звезды типа RR Лиры. В некоторых скоплениях их видимые величины определены прямо в системах B и V. Для большинства же скоплений известны лишь фотографические величины в старой международной системе. В тех случаях, когда у таких скоплений имелись диаграммы цвет-светимость в системах B, V, обычно было легко переходить с помощью звезд сравнения от опубликованных величин к величинам в системе B. В остальных же (не редуцируемых прямым путем) случаях редукция к системе B производилась по формулам:

$$\begin{aligned} B &= m_{pg} + 0.^m10, (m_{pg} < 14.^m0); \\ B &= m_{pg} + 0.^m1(m_{pg} - 14.^m0) + 0.^m1, (m_{pg} > 14.0) \end{aligned} \quad (90)$$

Из полученной таким образом медианной величины B вычиталась величина  $[+0.26 + E(B-V)]$ , где  $+0.26$  — принятое нами истинное среднее значение  $(B-V)$  для звезд типа RR Лиры (т.е. свободное от межзвездного поглощения). В следующей далее таблице 9 приведены медианные значения V звезд типа RR Лиры. В тех случаях, когда величина получалась по формулам (90), она в таблице 9 заключена в скобки. Следует иметь в виду, что в таблице 9 даны *медианные* величины. Это сделано умышленно, поскольку для многих скоплений нет возможности вычислить средние значения величин V по интенсивностям. Вес медианных видимых величин вычислялся по отклонениям от средних значений таким образом, чтобы единица веса соответствовала средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$ .

Комбинируя видимые величины звезд горизонтальной ветви из таблицы 3 и видимые величины звезд типа RR Лиры из таблицы 9 с абсолютными величинами из таблицы 8, были получены предварительные значения модулей расстояния  $Mod_{\text{арр}}^{RR}$  и  $Mod_{\text{арр}}^{HB}$ . Эти значения модулей были использованы для калибровки всех остальных методов определения расстояний шаровых скоплений.

ТАБЛИЦА 9

TABLE 9

NGC	$m_V$	Wt	NGC	$m_V$	Wt	NGC	$m_V$	Wt
362	(15.51)	0.7	Pal 5	17.35	1.1	IC1276	(18.57)	0.6
1261	16.60	1.6	5897	16.23	2.2	6558	(16.71)	0.6
1904	(16.31)	0.4	5904	15.02	9.5	6626	(15.83)	0.6
2419	(19.61)	1.3	5986	(16.43)	0.3	6656	(13.89)	1.0
2808	16.86	0.5	6093	(15.82)	0.3	6712	16.16	3.0
3201	14.80	4.6	6121	13.29	3.2	6715	(17.10)	1.8
4147	16.80	2.0	6171	15.60	4.5	6723	15.53	4.7
4590	(15.80)	1.5	6205	14.72	2.0	6934	16.93	2.7
4833	(15.33)	0.7	6229	(17.65)	1.0	6981	16.94	5.1
5024	16.88	5.9	6266	(16.32)	2.2	7006	18.81	6.0
5053	16.24	1.6	6333	(16.15)	0.8	7078	15.83	8.3
5139	14.51	11.4	6341	15.11	3.5	7089	15.97	4.1
5272	15.59	13.7	6362	(14.72)	0.9	7099	15.11	1.7
5466	16.58	4.5	6402	17.31	1.5	Pal 13	17.70	2.0
5634	(16.98)	0.6	6426	(17.72)	0.8	7492	17.08	1.7
5824	(17.72)	1.2	6522	(16.40)	0.3			

## 2. Определение видимых модулей расстояния по пяти и двадцати пяти самым ярким звездам шаровых скоплений.

Долгое время пренебрегали старым методом Шепли, основанным на оценках звездных величин двадцати пяти самых ярких звезд шаровых скоплений. Этот метод попытался восстановить Х. Арп (H. Arp, 1965). В недавней работе (B.V. Kukarkin and R.M. Russiev, 1972) было показано, что, при более строгом отборе звезд скопления, этот метод приводит к весьма обнадеживающим результатам. Все величины, опубликованные в только что указанной работе, были тщательно проверены и исправлены. За небольшой промежуток времени, протекший после завершения этой работы, было опубликовано или предоставлено в наше распоряжение много исследований, позволивших очень расширить и уточнить предварительные данные.

Для поставленной нами цели использования ярких звезд при определении видимых модулей расстояний выбирались только звезды на ветви гигантов-субгигантов, Цефеиды и другие возможные члены скоплений (см., напр., R.J. Zinn et al., 1972) исключались, естественно, из рассмотрения.

Наиболее яркие звезды ветви гигантов на диаграмме цвет-светимость располагаются на самом верхнем правом ее конце. Эта часть ветви почти параллельна оси абсцисс. Таким образом, эти звезды особенно пригодны для определения модулей расстояния. В случае 25 звезд дело обстоит несколько сложнее, так как эти звезды распола-

гаются уже на более крутой части ветви гигантов, переходящей уже в ветвь субгигантов. Неучтенные звезды плотных частей скопления могут привести к тому, что среднее из видимых величин 25 ярких звезд окажется слабее истинного значения. Да и среднее по пяти самым ярким звездам не гарантировано от этого эффекта.

Предельно ценные работы, выполненные недавно (Z.I.Kadla, 1971; Z.I.Kadla, S.Spasova, 1972), дают возможность рассмотреть этот вопрос не только качественно. Применив инструменты с большим фокусным расстоянием, З.Кадла получила возможность фотометрировать звезды в самых плотных центральных частях нескольких хорошо изученных скоплений. Особенно существенно, что Кадла определила собственные движения этих звезд, что дало возможность с большой степенью уверенности отделить звезды фона. Мы не будем касаться в высшей степени перспективных выводов Кадлы и Спасовой о структурных особенностях самых ярких звезд (сильная концентрация к центру!), весьма важных для решения вопросов об относительных массах звезд шаровых скоплений, относящихся к различным последовательностям на диаграммах цвет-светимость. Здесь же просто сравним результаты их и наших определений величин пяти самых ярких звезд.

NGC	5272	5904	6205	6341
Кадла, Спасова	12.41	11.81	12.03	11.94
Кукаркин	12.64	12.29	12.03	12.12
С (King, 1974)	1.90	1.78	1.55	1.78
$M_V$	-8.4	-8.3	-8.2	-7.9

В случае NGC 6205 был использован, вероятно, одинаковый материал. В трех остальных случаях мы заведомо не могли учесть звезды центральных областей. По-видимому, самые яркие звезды массивных скоплений действительно находятся в самых центральных областях. Естественно, что их учет неизбежно приведет к поярчанию величин V5, V25, B5, B25. Но концентрация звезд и богатство скоплений звездами тесно связано с массами, а следовательно и с интегральными светимостями (абсолютными величинами) скоплений. Таким образом, "неразрешимость" центральных областей скоплений (следовательно и систематическая ошибка в величинах V5, V25, B5, B25) будет нарастать с величиной  $M_V^{Cl}$ . А эта величина входит в уравнение типа (91). Таким образом, коэффициенты при члене  $M_V^{Cl}$  в уравнениях (92)–(95) будут в значительной мере компенсировать ошибку, возникающую в связи с неучетом (или частичным учетом) звезд центральных областей шаровых скоплений. Модули расстояния, полученные по этим формулам, хорошо согласуются с независимыми определениями, что служит лучшим подтверждением обоснованности наших рассуждений.

К сожалению, Кадла и Спасова не опубликовали величины (B-V) ярких звезд в центральных областях изученных ими скоплений. Поэтому мы не можем судить о положении этих звезд на диаграмме цвет-светимость. Будем надеяться, что они продолжают последовательность гигантов *вправо*. Если же они образуют особое семейство объектов, это будет не менее интересно.

В следующей далее таблице 10 приведены принятые нами значения V5, V25, B5 и B25 для 49 шаровых скоплений (для двух скоплений они весьма уверены). Оценить ошибки этих величин крайне затруднительно, поэтому мы не даем, против обыкновения, никаких весов и считаем их приблизительно равноценными, исключая два особо отмеченных двоеточием случаев.

ТАБЛИЦА 10

TABLE 10

NGC	V5	V25	B5	B25	NGC	V5	V25	B5	B25
104	11.52	11.92	13.03	13.38	6341	12.12	12.52	13.44	13.67
362	12.56	13.14	14.32	14.64	6352	13.06	13.77	14.93	15.42
1261	13.60	14.44	15.04	15.66	6356	15.01	15.29	17.00	17.27
Pal 2	17.5:	—	19.7:	—	6362	12.65	13.21	14.24	14.63
1851	13.31	13.88	15.02	15.29	6397	10.16	10.96	11.65	12.16
2298	13.68	14.56	14.96	15.63	6402	14.39	14.68	16.57	16.76
2808	13.20	13.62	15.03	15.34	6522	13.64	14.68	15.54	16.37
3201	11.96	12.73	13.50	14.07	6528	15.05	—	17.28	—
Pal 4	17.78	18.91	19.26	19.93	6541	12.30	12.90	13.81	14.10
4147	14.85	15.75	15.94	16.67	6637	13.07	13.54	15.18	15.52
4372	12.25	13.04	14.01	14.54	6656	10.96	11.59	12.94	13.28
4833	12.41	12.91	14.10	14.41	6712	13.55	14.42	15.45	16.06
5024	13.90	14.54	15.38	15.73	6723	13.10	13.85	14.70	15.14
5053	13.94	14.91	15.12	15.82	6752	10.98	11.72	12.49	12.90
5139	11.52	11.78	12.98	13.23	6779	13.24	14.19	14.81	15.34
5272	12.64	13.27	14.20	14.55	6838	12.40	13.24	14.24	14.74
5466	13.69	14.39	14.98	15.45	6934	14.16	15.01	15.57	16.20
5897	13.42	14.28	14.97	15.48	6981	14.53	15.12	15.75	16.21
5904	12.29	12.82	13.75	14.11	7006	15.89	16.60	17.41	17.84
6121	19.93	11.67	12.75	13.11	7078	12.83	13.52	14.06	14.56
6171	13.22	13.85	15.11	15.46	7089	13.26	13.78	14.58	14.89
6205	12.03	12.48	13.45	13.79	7099	12.45	13.35	13.73	14.31
6218	12.25	13.20	13.70	14.38	7492	14.81	15.74	16.19	16.74
6254	11.96	12.71	13.63	14.14					

Принимая во внимание, что все яркие звезды являются низкотемпературными и в их атмосферах возникают полосы поглощения TiO, особенно многочисленные в фотометрической системе V и менее многочисленные в системе B, можно предполагать, что модули, определенные по величинам B5 и B25, будут точнее, чем модули, определенные по величинам V5 и V25.

С увеличением содержания металлов в звездных атмосферах болометрические поправки будут быстро возрастать, а вместе с ними будут возрастать и значения  $B-V$ . Вследствие этого, ветвь гигантов будет становиться все более и более пологой (существуют и другие причины этого явления, связанные с внутренним строением этих звезд). Поэтому в редуцированные уравнения необходимо вводить член, зависящий от содержания металлов  $[m/H]$ . Кроме того, очевидно, что чем богаче скопление звездами, тем еще более яркими из-за большей населенности ветви гигантов будут становиться звезды скопления высокой светимости. Следовательно в редуцированные формулы необходимо включать член, пропорциональный богатству функции светимости. Хорошим знаменателем такой величины может служить абсолютная величина шаровых скоплений. Эта методика уже применялась на практике (В.В.Кукаркин, R.M.Russev, 1972) и дала весьма хорошие результаты. Как и в упомянутой работе, составлялись уравнения вида:

$$\text{Mod}_{\text{app}} = V5 + a + b [m/H] + cM_V^{C1} \quad (91)$$

и решались способом наименьших квадратов. В результате были получены четыре следующие формулы:

$$\text{Mod}_{\text{app}}^V = V5 + 0.03 - 0.52 [m/H] - 0.15 M_V^{C1} \pm 0.20 \pm 0.06 \pm 0.03 \quad (92)$$

$$\text{Mod}_{\text{app}}^V = V25 - 1.45 - 0.33 [m/H] - 0.30 M_V^{C1} \pm 0.28 \pm 0.09 \pm 0.04 \quad (93)$$

$$\text{Mod}_{\text{app}}^B = B5 - 1.35 - 0.77 [m/H] - 0.12 M_B^{C1} \pm 0.11 \pm 0.04 \pm 0.02 \quad (94)$$

$$\text{Mod}_{\text{app}}^B = B25 - 2.24 - 0.66 [m/H] - 0.20 M_B^{C1} \pm 0.16 \pm 0.06 \pm 0.02 \quad (95)$$

Наши качественные прогнозы об ожидаемой относительной точности каждого из уравнений блестяще подтвердились: наименьшая ошибка определения видимого модуля расстояния одного скопления  $\pm 0.10$  получалась у величин, основанных на величинах  $B5$ . Затем следует  $B25$  (ошибка  $\pm 0.15$ ),  $V5$  (ошибка  $\pm 0.16$ ) и  $V25$  (ошибка  $\pm 0.24$ ).

Как уже упоминалось раньше, Шепли предложил в свое время определять расстояния до шаровых скоплений, пользуясь величинами ярких звезд. Он опубликовал фотографические величины 25 самых ярких звезд, а также величины шестой и тридцатой по блеску звезды в каждом из 48 шаровых скоплений (H.Shapley, 1930). В некоторых последующих книгах и обзорах как самого Шепли, так и других авторов сведения о средней фотографической величине 25 самых ярких звезд повторялись, расширялись и несколько видоизменялись. Упомянем весьма ценный каталог шаровых скоплений Соьер Хогг, в котором опубликованы величины уже для 66 скоплений (H.B.Sawyer Hogg, 1963). Двумя годами позже Х.Арп редуцировал фотографические ве-



личины 25 ярких звезд с помощью формул (90) к системе В и довел число скоплений до 67 (Н.Арг, 1965). Недавно было показано, что величины Арпа содержат систематическую ошибку, связанную с галактической широтой (B.V.Kukarkin, R.M.Russev, 1972). Вероятно, было бы правильнее искать эту систематическую ошибку в связи с избытком цвета E (B-V), но мы, учитывая невысокую точность величин Арпа, отложили это исследование, чтобы не задерживать публикацию этой книги. Исправив величины Арпа за "эффект галактической широты", мы получили следующую формулу, связывающую исправленные величины Арпа (B'25) с видимыми модулями расстояния в нашей системе:

$$\text{Mod}_{\text{Арп}}^B = (B'25) - 2.98 - 0.51 [m/H] - 0.36 M_B \quad (95a)$$

$$\pm 0.41 \pm 0.13 \quad \pm 0.06$$

Средняя квадратичная ошибка определения модуля расстояния одного скопления оказалась равной  $\pm 0.35$ , что значительно хуже любого из определений по формулам (92)–(95). Тем не менее эти модули необходимо использовать, особенно в тех случаях, когда нет более надежных определений. Средний вес этих определений, естественно очень невелик (0.08).

*При вычислении видимых модулей по уравнениям (92)–(95a) следует всегда иметь в виду, что решать эти уравнения необходимо последовательными приближениями, принимая предварительные значения  $M_V$  и  $M_B$  по возможности близкими к ожидаемым. Обычно требуется всего два приближения. Лишь при неудачном выборе предварительного значения абсолютной величины приходится делать большее число приближений.*

Визуальные оценки величин ярких звезд Ван ден Берга и выведенные им значения  $(m-M)_V$  тоже могут быть использованы. Они были редуцированы к нашей системе по формуле:

$$\text{Mod}_{\text{Арп}}^V = 6.00 + 0.62 (m-M)_V - 0.72 [m/H] \quad (95b)$$

$$\pm 0.09 \quad \pm 0.17$$

Средняя квадратичная ошибка определения модуля расстояния одного скопления оказалась очень большой и составляет  $\pm 0.46$ . Средний вес этих определений всего 0.05.

### 3. Определение видимых модулей шаровых скоплений по цефеидам

В настоящее время (1974) в шаровых скоплениях обнаружено около 40 переменных звезд типа цефеид и RV Тельца. По-видимому, на их сходстве с переменными звездами типа W Девы серьезное внимание впервые обратили лишь в 1950 году (B.V.Kukarkin and P.G.Kulikovskiy, 1951).

К сожалению, изучению переменных звезд этого типа в шаровых скоплениях (как, впрочем, и красных переменных звезд) до последнего времени уделялось слишком мало внимания. Вероятно, это было свя-

зано с тем, что основные интересы при изучении переменных звезд в шаровых скоплениях были связаны со звездами типа RR Лиры.

К счастью, в последние годы цефеиды в шаровых скоплениях привлекли, наконец, заслуженное внимание. После интересной эпизодической работы Х.Арпа (H.C.Arp, 1955a) появлялись лишь редкие отдельные исследования. Недавно последовал цикл работ С.Демерса (см., напр., S.Demers, 1971), но его работы основаны на очень небольшом числе наблюдений. Был поднят вопрос о встречаемости цефеид в шаровых скоплениях (G.Wallerstein, 1970), а также сделаны попытки определить их место в звездной эволюции (см., напр., M.Schwarzschild and R.Närm, 1970). На своеобразии зависимости период-светимость у звезд типа W Девы указывали многие (см., напр., M.S.Frolov, 1970; K.K.Kwee, 1968).

В 1971 году проблемой цефеид в шаровых скоплениях заинтересовался А.С.Расторгуев. Он воспользовался довольно богатой коллекцией снимков шаровых скоплений, накопленных с 1959 года в Государственном астрономическом институте имени П.К.Штернберга в Москве. По предварительным результатам Расторгуева была заново построена зависимость период-светимость для цефеид шаровых скоплений (B.V.Kukarkin and A.S.Rastorgouev, 1972; 1973). Эта зависимость, прокалиброванная по абсолютным величинам звезд горизонтальной ветви из работы Кукаркина и Русева (B.V.Kukarkin and R.M.Rusev, 1972), хорошо аппроксимируется двумя линейными уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} M_V &= -0.26 - 1.12 \log P & (\log P < 1.13) \\ &\pm 0.07 \pm 0.08 \\ M_V &= +2.66 - 3.89 \log P & (\log P > 1.13) \\ &\pm 0.10 \pm 0.11 \end{aligned} \right\} \quad (96)$$

$$\left. \begin{aligned} M_B &= -0.08 - 0.70 \log P & (\log P < 1.13) \\ &\pm 0.06 \pm 0.07 \\ M_B &= +3.51 + 4.11 \log P & (\log P > 1.13) \\ &\pm 0.09 \pm 0.08 \end{aligned} \right\} \quad (97)$$

Эти формулы имеют предварительный характер. В настоящее время А.С.Расторгуев заканчивает исследование всех цефеид в шаровых скоплениях, для которых оказалось возможным получить надежные данные. Мы не стали задерживать окончания нашей книги, поскольку уже сейчас можно предполагать, что новые формулы будут отличаться от предварительных формул (96) и (97) не столь сильно, чтобы существенно повлиять на выведенные в этой книге видимые модули расстояний шаровых скоплений.

Пользуясь формулами (96) и (97) и видимыми величинами цефеид в шаровых скоплениях, были вычислены видимые модули расстояния. Им придавались веса, установленные не строго, но, по возможности,

таким образом, чтобы единица веса, как и в других случаях, соответствовала средней квадратичной ошибке  $\pm 0.10$  в величине модуля.

Очень желательны фотоэлектрические измерения цефеид шаровых скоплений в различных диапазонах частот. Они практически отсутствуют (немногочисленные наблюдения не могут служить материалом для уверенной статистической обработки).

Известно, что в карликовых галактиках типа звездных систем в созвездиях Скульптор и Дракон встречаются переменные звезды с периодами от 0.45 до 1.6 дня и с абсолютными величинами, примерно на звездную величину более высокими по сравнению с величиной звезд горизонтальной ветви (W. Baade, H. Swope, 1961; S. van Agt, 1967; H. Swope, 1968; P. N. Kholopov, 1971; S. van Agt, 1973).

Если для звезд типа RR Лиры в этих звездных системах принять абсолютную звездную величину  $M_B$  равной  $+1.0$ , то зависимость период-светимость может быть представлена уравнением

$$M_B = -0.22 - 1.88 \log P \quad (98)$$

Однако, к этой проблеме нужно подходить с большой осторожностью. Простое рассмотрение гистограмм периодов звезд типа RR Лиры в карликовых галактиках (S. van Agt, 1973), с несомненностью свидетельствует о своеобразии населения этих звездных систем. Лишь одна гистограмма для системы в Скульпторе имеет значительное сходство с гистограммой для шарового скопления M3. Во всех остальных случаях нельзя подобрать хорошего аналога среди шаровых скоплений нашей Галактики. Вероятно карликовым галактикам нельзя приписывать одинакового для всех звезд содержания металлов и, возможно, относительной одновременности формирования звезд, их населяющих.

В шаровых скоплениях нашей Галактики тоже встречаются переменные повышенной светимости. Таковы, например, звезды V9 в скоплении 47 Tuc, звезды V3, V31 в скоплении NGC 6402, звезда V19 в скоплении NGC 6712 и звезды V16, V21 в скоплении 6723. Все эти скопления отличаются относительно повышенным содержанием металлов. Не являются ли все эти звезды переменными, находящимися на существенно другой стадии развития, чем звезды типа RR Лиры и W Девы?

Мы попытались изобразить на одном рисунке зависимость период-светимость для звезд типа RR Лиры, звезд повышенной светимости в карликовых галактиках, цефеид в шаровых скоплениях нашей Галактики и начальную часть зависимости для классических цефеид. Нужно помнить, что для всех карликовых галактик было принято равенство ( $+1.0$ ) абсолютных величин звезд типа RR Лиры. Вероятно, это не так и поэтому звезды повышенной светимости могут на рисунке значительно перестроиться.

По-видимому, сейчас не следует считать реальным намечающееся различие между цефеидами в шаровых скоплениях нашей Галактики и

звездами повышенной светимости в карликовых галактиках. Возможно, что эти переменные звезды находятся на одинаковых этапах развития и дисперсия их величин может быть связана (помимо ошибок наблюдений) с различием в химическом составе, массе и с какими-либо другими особенностями.

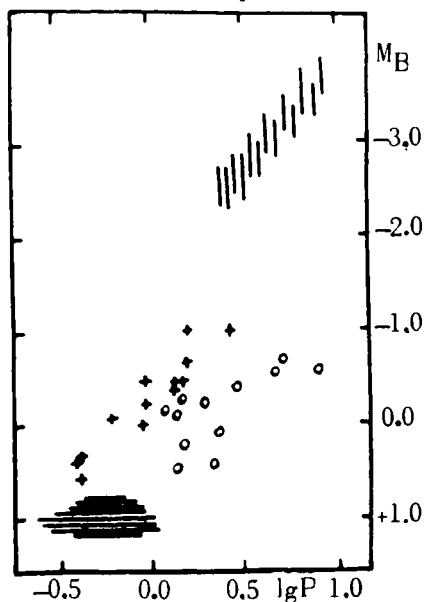


Рис. 6. Зависимость период—светимость (в абсолютных звездных величинах  $V$ ) для разных типов периодических пульсирующих звезд. Область звезд типа RR Лирь показана горизонтальной штриховкой. Звезды повышенной светимости в различных карликовых галактиках обозначены крестиками. Цефеиды в шаровых скоплениях нашей Галактики изображены колечками, а вертикальной штриховкой отмечено начало области классических цефеид.

Необходимо продолжение исследований переменных звезд во всех доступных карликовых галактиках. Особенно интересна галактика в Скульпторе, т. к. там, помимо более чем 600 переменных типа RR Лирь, имеются цефеиды и, возможно, красные переменные.

#### 4, 5, 6. Определение модулей расстояния шаровых скоплений по красным переменным звездам разных типов.

К сожалению, красные переменные, как и звезды типа W Девы, долгое время были вне интересов исследователей шаровых скоплений. Это тем более удивительно, что еще в 1955 году М. Уокер высказал предположение, что в шаровых скоплениях *все* красные гиганты, ярче определенной величины, являются переменными (M. F. Walker, 1955). Но это никого не заинтересовало, пока к этой проблеме не вернулись уже в семидесятых годах (R. M. Russell, 1971; O. J. Eggen, 1972). Было убедительно показано, что в разумно выбранных системах координат красные переменные звезды уверенно локализируются на диаграммах цвет—светимость.

С конца шестидесятых годов все чаще и чаще начали появляться работы, посвященные изучению красных переменных звезд в шаровых скоплениях. Помимо практического значения их изучения (напр., возможности определения расстояний), большую роль в развитии интереса к этим объектам сыграли исследования в области теории звездной эволюции (см., напр., K. Schwarzschild, 1970). Из этих работ

следует, что нестационарные явления как раз могут оказаться характерными для звезд локализованных на правом верхнем конце ветви гигантов. Эти звезды могут находиться в стадии значительных качественных перестроек.

Поскольку проблеме изучения красных переменных звезд в шаровых скоплениях в последние годы были посвящены три специальных обзора (M.F. Feast, 1972, 1973; T. Lloyd Evans, 1973), мы не будем подробно останавливаться на общих вопросах, тем более, что частично их уже касались (см. стр. 81–82). Перейдем к рассмотрению трех возможных способов определения видимых модулей расстояний по красным звездам.

А. Красные неправильные и полуправильные звезды–гиганты встречаются преимущественно в скоплениях повышенной металличности, хотя они есть и в скоплениях с низким содержанием металлов. Вопрос встречаемости этих звезд в скоплениях весьма сложен и требует предельно корректного подхода. Это в первую очередь связано с выбором хорошей системы координат для диаграмм цвет–светимость. Фотометрическая система V и цветовые эквиваленты B–V *совершенно непригодны* для научно обоснованной классификации красных переменных звезд в шаровых скоплениях (да и в галактическом поле тоже).

Уже сейчас сделаны попытки практического решения этой задачи. Достаточно посмотреть работы О.Эггена (см., напр., O.J. Eggen, 1972 и указанные там предшествующие исследования того же автора). Одного взгляда на диаграммы Т.Ллойда Ивенса (T. Lloyd Evans, 1973) достаточно, чтобы убедиться, как при удачном выборе координат красные переменные локализуются по светимости едва-ли не более тесно, чем звезды типа RR Лиры. Это связано с тем, что координата V была заменена координатой I<sub>K</sub>. Если бы Ллойд Ивенс заменили координату V–I, картина стала бы еще более четкой.

Прежде всего была предпринята попытка связать видимые величины красных переменных звезд в фотометрической системе I<sub>K</sub> с видимыми модулями расстояний Mod<sub>pp</sub><sup>I<sub>K</sub></sup>. Удалось составить 11 условных уравнений, решение которых привело к следующей зависимости:

$$\text{Mod}_{pp}^{I_K} = 3.60 + 0.97 I_K - 0.13 [m/H] \quad (99)$$

$$\pm 0.05 \quad \pm 0.10$$

Попытка оказалась удачной. Несмотря на относительную скудность материала, средняя квадратичная ошибка определения видимого модуля расстояния одного скопления оказалась равной  $\pm 0.18$ , что сравнимо с другими методами средней надежности. Когда уверенные I<sub>K</sub> величины красных переменных будут определены для всех 25 шаровых скоплений, где уже открыты переменные этого типа, когда будут предприняты поиски таких переменных в других скоплениях, этот метод определения расстояний станет, вероятно, одним из наиболее

надежных. Очевидно, что не обязательно останавливаться на фотометрической системе I<sub>K</sub>. Могут быть выбраны и другие системы.

В. С модулями расстояния в нашей системе Mod<sub>app</sub><sup>B</sup> были сопоставлены средние видимые величины неправильных и полуправильных переменных звезд в 22 шаровых скоплениях. Все величины были редуцированы к фотометрической системе В. В результате получена следующая формула:

$$\text{Mod}_{\text{app}}^B = -0.84 + 1.02 V - 0.76 [m/H] \pm 0.04 \pm 0.12 \quad (100)$$

Средняя квадратичная ошибка определения видимого модуля расстояния одного скопления оказалась равной  $\pm 0.29$ . При более точных и многочисленных рядах наблюдений красных переменных звезд в фотометрической системе В эта ошибка уменьшится и этот способ определения расстояний тоже окажется удобным и достаточно точным.

С. В последние годы было доказано, что в шаровых скоплениях с самым высоким содержанием металлов встречаются переменные звезды типа Миры Кита. К 1974 году было уже известно немногим более десяти звезд типа Миры Кита, принадлежность которых к скоплениям не вызывала сомнений (для большинства этих звезд были измерены лучевые скорости, оказавшиеся близкими к скоростям самих скоплений). К сожалению, с фотометрическими наблюдениями этих звезд дело обстоит совершенно неудовлетворительно. Нет уверенности в том, что опубликованные фотографические величины в максимуме относятся к максимуму *средней* высоты (как известно, максимальные фотографические величины данной звезды типа Миры Кита не одинаковы). В хороших для изучения красных звезд фотометрических системах нет систематических наблюдений. Некоторые звезды типа Миры Кита еще совсем не изучены.

Несмотря на столь скудный материал все же удалось для семи звезд типа Миры Кита в четырех шаровых скоплениях получить максимальные величины в системе близкой к В. Сопоставление этих величин с видимыми модулями расстояния в нашей системе Mod<sub>app</sub><sup>V</sup> привело к следующей формуле:

$$\text{Mod}_{\text{app}}^V = \text{Max}_B - 0.20 - 2.76 [m/H] \pm 0.14 \pm 0.27 \quad (101)$$

Средняя квадратичная ошибка определения видимого модуля расстояния одного скопления оказалось равной  $\pm 0.14$ . Это, безусловно, игра случая, связанная с малым числом уравнений. Если бы их было три, решение было бы абсолютно точным. Но вообще и этот способ определения расстояний до шаровых скоплений безусловно заслуживает внимания.

Изложенные выше методы определения видимых модулей расстояния шаровых скоплений по красным звездам *очень перспективны*. Однако имеющийся материал *совершенно не достаточен* для сколь-нибудь детального изучения этой проблемы. Необходимы дальнейшие наблюдения, по возможности в выгодных для звезд с молекулярными спектрами диапазонах частот ( $\nu$ ,  $I_J$ ,  $I_K$ ,  $104$  и т.д.) и подбор подходящих цветовых эквивалентов, однозначно связанных с температурой.

## 8. Модули расстояний шаровых скоплений

В одной из наших работ было показано, что так называемые классы концентрации Шепли—Сойер гораздо лучше коррелируют с абсолютными величинами шаровых скопления, чем с любыми величинами или качественными классами, действительно характеризующими концентрацию звезд в шаровых скоплениях (В.В.Кукаркин, 1971). Действительно, достаточно посмотреть на рисунок 4 (стр. 59), чтобы убедиться сколь неуверенна связь классов концентрации Шепли—Сойер с величиной "С" (I.R.King, 1974).

За время, протекшее после опубликования нашей работы о классах концентрации шаровых скоплений (В.В.Кукаркин, 1971) были найдены дополнительные приемы оценок "богатства" шаровых скоплений звездами,

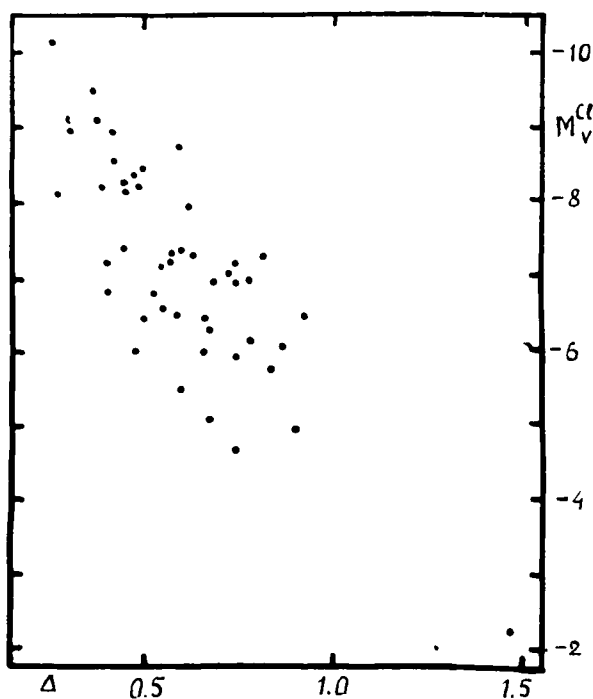


Рис. 7. Зависимость между интегральной абсолютной звездной величиной шаровых скоплений и величиной  $\Delta = \frac{1}{2} [(V_{25} - V_5) + (B_{25} - B_5)]$



ТАБЛИЦА 11

TABLE 11

NGC	IR	Wt	NGC	IR	Wt	NGC	IR	Wt
104	0.75	3.3	6218	0.42	4.0	6535	0.24	3.0
288	0.30	3.2	6229	0.69	3.3	6539	0.31	3.5
362	0.66	3.3	6235	0.35	3.3	6541	0.56	3.6
1261	0.47	3.5	6254	0.49	4.2	6544	0.47	2.6
Pal 1	0.11	2.2	6266	0.67	4.0	6553	0.42	3.3
Pal 2	0.33	2.4	6273	0.61	3.7	6558	0.53	2.6
1851	0.64	3.7	6284	0.58	3.6	IC1276	0.18	2.2
1904	0.61	3.2	6287	0.43	3.6	6569	0.45	3.5
2298	0.40	3.6	6293	0.63	3.6	6584	0.50	3.2
2419	0.64	3.3	6304	0.57	3.5	6624	0.62	3.5
2808	0.76	3.0	6316	0.58	3.5	6626	0.66	3.6
Pal 3	0.10	2.4	6325	0.41	3.5	6637	0.59	4.2
3201	0.39	2.8	6333	0.56	3.7	6638	0.68	3.5
Pal 4	0.17	2.8	6341	0.61	4.0	6642	0.58	3.0
4147	0.39	4.1	6342	0.65	3.5	6642	0.58	3.0
4372	0.26	2.6	6342	0.65	3.5	6652	0.70	3.2
4590	0.45	3.5	6352	0.35	3.5	6656	0.56	4.4
4833	0.55	3.3	6355	0.42	3.0	Pal 8	0.37	2.2
5024	0.61	4.2	6356	0.69	4.2	6681	0.57	3.5
5053	0.18	4.2	Trz 2	0.45:	1.0	6712	0.44	4.6
5139	0.86	3.3	6362	0.42	3.2	6715	0.68	3.5
5272	0.64	4.2	6366	0.16	3.5	6717	0.47	2.2
5286	0.71	2.4	Trz 4	0.6:	1.0	6723	0.53	4.0
5466	0.27	4.4	HP 1	0.24	2.0	6749	0.28	3.3
5634	0.56	3.6	6380	0.34	1.7	6752	0.56	3.3
5694	0.64	3.2	6388	0.64	2.8	6760	0.42	3.5
IC4499	0.17	2.2	Trz 1	0.40	1.4	6779	0.43	4.5
5824	0.72	3.5	Ton 2	0.23	1.7	6779	0.43	4.5
Pal 5	0.08	2.4	6397	0.37	3.3	Pal 10	0.11	2.2
5897	0.32	4.5	6401	0.49	3.0	1925-30	0.06	2.0
5904	0.62	4.4	6402	0.65	4.5	6809	0.38	3.3
5927	0.56	2.4	Pal 6	0.26	2.2	Pal 11	0.17	2.2
5946	0.53	2.2	6426	0.29	3.6	6838	0.29	4.0
5986	0.62	3.3	Trz 5	0.8:	1.0	6864	0.72	3.2
1608+15	0.08	1.7	6440	0.54	3.3	6934	0.55	4.2
6093	0.72	3.7	6441	0.79	3.2	6981	0.46	4.4
6101	0.29	2.0	Trz 6	0.3:	1.0	7006	0.51	4.6
6121	0.38	4.0	6453	0.70	2.8	7078	0.64	4.4
6139	0.60	2.4	6496	0.21	2.4	7089	0.71	4.6
6144	0.27	3.3	6517	0.59	3.5	7099	0.47	4.4
6171	0.39	4.2	6522	0.50	3.7	Pal 12	0.13	2.2
6205	0.70	4.4	6528	0.49	3.3	Pal 13	0.02	2.4
						7492	0.16	4.1

Одной из наиболее удобных величин, характеризующих населенность функции светимости данного шарового скопления, оказалась разность между видимыми звездными величинами пяти и двадцати пяти звезд V25—V4 и V25—B5 (см. таблицу 10). Была предложена величина  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{1}{2} [(V25 - V5) + (B25 - B5)] \quad (102)$$

Эта величина показала весьма уверенную корреляцию с абсолютными величинами  $M_V$  шаровых скоплений (см. рис. 7).

В приведенной на стр.89 табл.11 даны значения индекса богатства IR. Они были получены в результате дальнейшей редукции всех дополнительных определений к выработанной ранее шкале.

Сопоставление индексов богатства с наиболее уверенными определениями абсолютных величин  $M_V$  и  $M_B$  сорока двух шаровых скоплений дало возможность получить две следующие формулы:

$$M_V = -3.49 - 7.31 IR \pm 0.28 \pm 0.51 \quad (103)$$

$$M_B = -2.91 - 7.17 IR \pm 0.30 \pm 0.56 \quad (104)$$

Средние квадратичные ошибки определения абсолютной величины одного скопления составляют соответственно  $\pm 0.52$  и  $\pm 0.56$ .

Как видно, этот способ определения абсолютных величин шаровых скоплений является одним из наименее точных. Тем не менее, в некоторых случаях знание индекса богатства является одной из немногих возможностей определения расстояния до шарового скопления. Это существенно для плохо изученных скоплений.

### Определение истинных модулей расстояний шаровых скоплений по их диаметрам

В разделе книги, посвященном определению диаметров шаровых скоплений, было показано, что выработанная система практически свободна от влияния поглощения света. Это делает диаметры шаровых скоплений пригодными для определения *истинных модулей расстояния*.

Предварительные значения истинных модулей расстояний были получены вычитанием утроенного значения  $E(B-V)$  из видимого модуля  $Mod_{\text{app}}^V$ . Было отобрано 47 шаровых скоплений, для которых как истинные модули расстояний, так и диаметры были определены достаточно надежно. Очевидно, что истинный диаметр скопления должен быть связан с его массой. Массу скопления можно заменить интегральной абсолютной величиной  $M_V$ . Кроме того, как уже отмечалось раньше, содержание металлов тоже может вносить систематическую ошибку в любую систему определения диаметров. Действительно, у шаровых

скоплений с высоким содержанием металлов практически отсутствуют белые и голубые звезды горизонтальной ветви. Если массы красных и голубых звезд различны и эта разность существовала достаточно долго по отношению ко времени релаксации, то при измерениях диаметров в различных диапазонах длин волн мы по разному будем воспринимать влияние на диаметр голубых и красных звезд. В красных лучах влияние голубых и белых звезд будет ослаблено, тогда как в синих оно будет усилено. Наконец, из теоретических расчетов динамической эволюции шаровых скоплений следует, что предельный радиус должен в значительной степени зависеть от расстояния данного скопления от центра и особенно от плоскости Галактики.

При подборе эмпирической формулы для представления видимого диаметра шаровых скоплений как индикатора расстояния, было решено представить истинный модуль  $Mod_0$  как функцию логарифма диаметра шарового скопления  $lg d$ , его абсолютной величины  $M_V$ , содержания металлов  $[m/H]$  и логарифма  $z$ -координаты скопления (по модулю):

$$Mod_0 = a + b lg d + c M_V + d [m/H] + lg z \quad (105)$$

В результате решения 47 условных уравнений способом наименьших квадратов была получена следующая формула:

$$Mod_0 = 15.17 - 3.52 lg d - 0.26 M_V - 0.28 [m/H] + 1.52 lg z \quad (106)$$

$$\pm 0.32 \quad \pm 0.05 \quad \pm 0.14 \quad \pm 0.13$$

Средняя квадратичная ошибка определения истинного модуля расстояния одного шарового скопления по формуле (106) составляет  $\pm 0.39$ . Это невысокая точность, но часто диаметр скопления является единственной численной характеристикой, на основании которой можно получить приближенное расстояние до скопления.

Предложенная методика определения истинных модулей расстояний шаровых скоплений по видимым диаметрам, приведенным к нашей системе, свободной от влияния межзвездного поглощения света, не является достаточно точной и сравнимой с наиболее надежными способами определения расстояний. Тем не менее она безусловно пригодна для определения расстояний шаровых скоплений. Это особенно важно в случае тех скоплений, в отношении которых не могут быть предложены другие методы. Сложность структуры формул (105) требует умелого подбора значений необходимых параметров и последовательных приближений при решении уравнения. Однако, наш опыт показывает, что при навыках и некоторой интуиции это вполне преодолимое неудобство этого способа.

### Прямоугольные координаты шаровых скоплений

Для всех шаровых скоплений, расстояния которых от Солнца даны в таблице F, по формулам (1), (2) и (3) были вычислены прямоуголь-

ные координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Ось  $x$  направлена от Солнца к центру Галактики, ось  $y$  направлена от Солнца к точке галактического экватора с долготой  $90^\circ$ , а ось  $z$  направлена к северному полюсу галактической системы координат.

Вычисленные таким образом прямоугольные координаты даны в дополнительной таблице, помещенной после таблицы F. Следует иметь в виду, что, в случае вычислений с помощью расстояний из таблицы F, могут получиться небольшие расхождения с величинами дополнительной таблицы. Это объясняется тем, что величины в таблице F округлялись в зависимости от точности определения расстояний. В дополнительной же таблице, вычисленной с помощью ЭВМ, исходные данные не подвергались округлению и формально содержали заданное ЭВМ количество знаков.

### Лучевые скорости шаровых скоплений

В той же дополнительной таблице приведены лучевые скорости шаровых скоплений. Все опубликованные до 1974 года измерения лучевых скоростей шаровых скоплений и отдельных звезд в скоплениях были пересмотрены. Была принята система лучевых скоростей Н.У.Мейолла (N.U. Mayall, 1946) и Т.Д. Кинмана (T.D. Kinman, 1959a). В последней из этих работ были использованы все опубликованные измерения лучевых скоростей.

За время, истекшее после опубликования работы Кинмана, были опубликованы довольно многочисленные определения лучевых скоростей отдельных звезд в нескольких скоплениях (M.W. Feast et al. 1960; Fehrenbach, C. et al., 1962; R.v.d.R. Woolley, 1966; M.W. Feast, 1967; R.M. Catchpole et al. 1970; M.W. Feast, 1972; P.J. Andrews et al., 1974) и интегральные лучевые скорости 22 шаровых скоплений (S. van den Bergh, 1969). Эти последние определения нуждаются в систематической поправке  $+19$  км/с (в работе ван ден Берга выведена такая же величина, но с другим знаком; вероятно это случайный недосмотр).

По уклонениям отдельных определений от предварительных взвешенных средних были переопределены средние ошибки всех использованных рядов наблюдений и вычислены новые значения весов. В большинстве случаев они оказались пропорциональны весам, принятым в работе Кинмана.

Принятые значения средних лучевых скоростей шаровых скоплений и их веса даны в двух последних столбцах дополнительной таблицы. Единица веса соответствует средней квадратичной ошибке  $\pm 10$  км/с.

## THE DESCRIPTION OF THE PART 1 OF THE BOOK

The complete text of the Part 1 of the book is given only in Russian. Here the description of it is presented.

Introduction outlines the present state of globular cluster studies. The particular significance of globular clusters for the solution of the problems of late stages of stellar evolution is emphasized. It is pointed out that the present properties of globular clusters are the result of the prolonged influence of evolutionary changes (internal and external) as well as initial conditions. The initial conditions themselves secured the range of masses, luminosities, initial luminosity functions etc.

Chapter 1 deals with the positions of globular clusters in the equatorial and galactic co-ordinate systems and the auxiliary quantities which are necessary for the investigation of spatial distribution and kinematics. The final data are given in Tables A and B of the second part.

Chapter 2 is devoted to the determination of integrated magnitudes of globular clusters in V system. The preliminary mean magnitudes from four series of observations (G.E. Kron and N. U. Mayall, 1960; H.L. Johnson, 1959; J. Rousseau, 1964; I. R. King, 1966b) were chosen as the basis of the system. All the other series of observations were reduced to this system by means of computed formulae from (6) to (20c). The final results and the sources used are given in the Table C of the Part 2 of this book.

Chapter 3 is devoted to the determination of the integrated colour equivalents B-V, U-B and V-I (I in Johnson's system). The formulae from (21) to (46) for the reduction of all the series of measurements applied have been obtained. We took into account narrow- and intermediate-band observations that are partly utilized in this chapter as well as in the following ones. The final results and the sources used are given in Table C of the second part of the book.

Chapter 4 describes the determination of integrated spectral types of globular clusters. Reduction formulae from (47) to (51) or tables are presented in this chapter. Spectral types were derived by means of both direct spectral measurements and photometric data. The final values of spectral types and the sources used are given in the Table D of the second part of the book. The spectral types determined through photometric measurements alone are put in parentheses.

Chapter 5 is devoted to the derivation of intrinsic colour equivalents of globular clusters. The values of the ratios

$$X = \frac{(U - B)}{(B - V)}, \quad Y = \frac{(V - I)}{(B - V)}, \quad Z = \frac{(U - B)}{(U - I)}$$

are given in Table 1 as function of spectral types (see also Fig. 2). The accepted values of intrinsic colour equivalents  $(B-V)_0$ ,  $(U-B)_0$  and

$(V-I)_0$  as functions of spectral type are given in Table 2 (see also fig. 3). The same relations are also given in analytic form by the formulae (55), (56) and (57). The problem of the determination of colour excesses is examined in this chapter, too. Colour excesses  $E(B-V)$  are presented in Table C. All known methods of their determination have been applied.

In **Chapter 6** the problem of metal abundance in the atmospheres of stars of globular clusters is investigated. The determinations of metal abundance by means of spectra or photometry of individual stars have been carried out only for a very small number of globular clusters. For the great majority of globular clusters metal abundances were determined by means of either integrated spectral and photometric measurements or on the basis of theoretical relations between certain parameters of colour-magnitude diagrams and metal abundance. All these estimates may contain some systematic errors of unknown nature. Therefore we decided to use all these determinations. The clusters for which the direct determinations of  $[m/H] = \lg(m/H)_{*} - \lg(m/H)_{\odot}$  are available were used for calibration. More than twenty different methods of abundance determinations were calibrated. The reduction to the adopted homogeneous system was carried out by using formulae from (58) to (75) or the tables. Many of values specially determined for this book are given in the Chapter 6. In Table 3 the parameters  $\Delta V$ ,  $S$ ,  $(B-V)_{0.9}$  of giant and subgiant branches are given [as well as apparent magnitudes of horizontal branch (HB) stars]. These values were determined by using all available colour-magnitude diagrams some of which were kindly sent before the publication. Altogether we have used 74 diagrams of 47 globular clusters. In Table 4 the parameter  $K$  of the distribution of star along HB (introduced by us long ago) is given. In our scale  $K=0$  corresponds to the total absence of stars in the red part of HB and maximal density in the extreme blue part of HB. The value  $K=1$  corresponds to the total absence of stars in both blue and red parts of HB. The equal number of stars in both parts of HB corresponds to  $K=0.5$ .

In Table 5 the values of transition period  $P_{tr}$  for the RR Lyrae stars (R.F.Christy, 1970) determined by us are given.

**Chapter 7** begins with a brief description of the problem of the space structure of globular clusters. Mainly this chapter is devoted to the problem of creation of the homogeneous system of globular clusters diameters. Our solution of this problem must be considered only as a preliminary one. We intended to relate our determinations with cluster radii in J.R.King's system, but Dr. King's results became available too late.

The values of apparent diameters are given in logarithm of arc minutes. The method of obtaining and reducing the diameters is as follows. The system of diameters based on the distribution of RR Lyrae stars is the only system completely free from the interstellar absorption influence.

The distance of the outer third part of the total number of RR Lyrae stars was adopted as a radius of the cluster. In the case of bad resolved central area of a cluster some more than one third of RR Lyrae stars was chosen. The diameters based on these stars are given in Table 6. All the published determinations were compared with diameters from Table 6 and interstellar absorption was excluded. The preliminary mean was calculated. These diameters were then calibrated by using formula (76) connecting our system with star counts in globular clusters (I.R. King et al., 1968). The diameters based on star counts proved to be very sensible to interstellar absorption as one can see easily from the formula (76). The star counts system of diameters, corrected for interstellar absorption, determines our second system. All the published measurements were reduced according to formulae from (77) to (85). Besides there were the cluster diameters measured in Moscow using six various sky surveys and our own plate collection. All our measures were reduced to our homogeneous system. They are given in Table 7. The final values of logarithms of diameters and the sources used are given in Table E. We were able to compare our diameters with King's tidal radii  $R_T$  (J.R. King, 1974). They are connected by formula (86).

Chapter 8 is devoted to the determination of the globular clusters distance moduli, both apparent and true ones. The absolute magnitudes of the RR Lyrae stars obtained from formula (87) were accepted as the base of the distance scale. They were additionally calibrated by the values  $[m/H]$  and spectral types of globular clusters [see formulae (88), (89) and Table 8]. All the methods used for the distance moduli determinations are listed at the end of Table E.

In the last column of Table 3 the apparent magnitudes of HB are given for all those clusters for which the colour-magnitude diagrams are known. In Table 9 the apparent magnitudes of RR Lyrae stars in globular clusters are given. The magnitudes obtained from the old photographic observations reduced to the B system according to formula (90) are given in parentheses. The apparent magnitudes of five and twenty five brightest cluster members were then revised (see Table 10). The formulae (92)-(95a) were obtained for the determination of apparent distance moduli. According to formula (95b) the visual moduli  $(m-M)_V$  (S. van den Bergh, 1967b) were reduced. The formulae (96) and (97) permit to use the cepheids, formulae (99) and (100) - red variables and formula (101) - Mira stars.

In the Table 11 the revised richness indices  $IR$  of globular clusters are given (B.V. Kukarkin, 1971). The formulae (103) and (104) connect these indices with absolute magnitudes of clusters. Finally the method for the determination of the true distance moduli  $M_0^V$  from the apparent diameters was developed. The latter ones were taken from Table E. The cor-

relation between these values proved to be very complicated. It is approximately presented by formula (106). This method requires to be elaborated further in a more strict way.

In the second Part of the book the complete explanation of the catalogue Tables is given in Russian as well as in English.

In the additional table (Appendix) which follows Table F the rectangular co-ordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  are given for all globular clusters with known distances. The  $x$ -axis is directed from the Sun towards the centre of Galaxy, the  $y$ -axis is directed from the Sun towards the point of galactic equator with longitude  $90^\circ$ , and the  $z$ -axis is directed towards the north galactic pole.

Radial velocities of globular clusters and their weights are given in the two last columns of the additional table. All the sources published before 1974 were used. The velocities are reduced to the homogeneous Mayall-Kinman system (N.U. Mayall, 1946; T.D. Kinman, 1959). The unit of weight corresponds to a mean error of  $\pm 10$  km/sec.



ЧАСТЬ 2

ОБЩИЙ КАТАЛОГ  
ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ  
НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

PART 2

THE GENERAL CATALOGUE  
OF GLOBULAR CLUSTERS  
OF OUR GALAXY

## ОПИСАНИЕ ОБЩЕГО КАТАЛОГА ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

Все приведенные к однородной системе общие характеристики шаровых скопления нашей Галактики (см. часть первую) даны в шести таблицах, обозначенных литерами А, В, С, D, E, F.

### ТАБЛИЦА А

В таблице даны номенклатуры и положения шаровых скоплений на небесной сфере. Таблица содержит следующие столбцы:

1. Номер шарового скопления по каталогу NGC, а в случае отсутствия в этом каталоге — по другому, наиболее распространенному источнику. Вслед за первым обозначением дается второе, если оно встречается в литературе.
2. Прямое восхождение и склонение для равноденствия 1950.
3. Годовое значение прецессии для равноденствия 1950.
4. Галактические координаты в новой системе (положение северного галактического полюса  $R.A. = 12^h 49^m$ ;  $Dec I. = +27^\circ 4$  (1950))

### ТАБЛИЦА В

Таблица содержит вспомогательные величины, которые могут оказаться полезными при изучении пространственного распределения шаровых скоплений или исследовании их кинематики. Таблица содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Косинус галактической долготы  $\cos l$ .
3. Синус галактической долготы  $\sin l$ .
4. Косинус галактической широты  $\cos b$ .
5. Синус галактической широты  $\sin b$ .
6. Произведение  $\sin l \cos b$ .
7. Произведение  $\cos l \cos b$ .
8. Косеканс галактической широты  $|\csc b|$ .

### ТАБЛИЦА С.

В таблице приведены сведения о фотометрических характеристиках шаровых скоплений и их избытках цвета, приведенных к однородной системе. Эти сведения даны для каждого скопления на двух страницах. Левая страница содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Интегральная звездная величина скопления  $V$ .

3. Вес этой величины.
4. Источники, указанные в конце таблицы и в общем списке в конце книги.
5. Цветовой эквивалент (B-V).
6. Вес этой величины.
7. Источники, указанные в конце таблицы и в общем списке в конце книги.

Правая страница содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Цветовой эквивалент (U-B).
3. Вес этой величины.
4. Источники, указанные в конце таблицы и в общем списке в конце книги.
5. Цветовой эквивалент (V-I).
6. Вес этой величины.
7. Источники, указанные в конце таблицы и в общем списке в конце книги.
8. Избыток цвета E (B-V).
9. Вес этой величины.

В конце таблицы дан список источников, использованных при выводе всех величин. Полная библиографическая информация содержится в конце книги.

#### ТАБЛИЦА D.

В таблице даны сведения об интегральных спектральных классах скоплений и о содержании металлов, приведенных к однородной системе. Таблица содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Интегральный спектральный класс шарового скопления. В тех случаях, когда спектральный класс выведен *только* на основе фотометрических измерений, его значение взято в скобки.
3. Вес определения спектрального класса.
4. Источники, использованные при определении спектрального класса, указаны в конце таблицы и в общем списке в конце книги.
5. Величина  $[m/H]$ , характеризующая содержание металлов в атмосферах звезд скопления. Она соответствует логарифму содержания металлов по отношению к Солнцу.
6. Вес величины  $[m/H]$ .
7. Источники, использованные для определения этой величины, указаны в конце таблицы и в общем списке в конце книги.

## ТАБЛИЦА Е.

Таблица содержит сведения о диаметрах и видимых модулях расстояний скоплений, приведенных к однородной системе. Таблица содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Значение логарифма диаметра скопления, выраженного в минутах дуги  $\lg d$ .
3. Вес этой величины.
4. Источники, использованные для определения диаметров, указаны в конце таблицы и в списке в конце книги.
5. Видимые модули расстояний  $\text{Mod}_{\text{орр}}^V$ .
6. Вес этих величин.
7. Способы, использованные при определении видимых модулей расстояний. Они перечислены в конце таблицы.

При использовании этой таблицы следует иметь в виду, что как диаметры, так и модули расстояний должны рассматриваться как *предварительные*, хотя и выраженные в однородной системе. Как проблема измерений диаметров, так и проблема определения шкалы расстояний очень сложны и безусловно неоднократно будут подвергаться пересмотру.

## ТАБЛИЦА F.

Таблица повторяет (иногда в несколько измененном виде), без подробностей, весов и указаний источников, все полученные в однородной системе данные о шаровых скоплениях. Не повторены лишь сведения, содержащиеся в таблицах А и В.

Цель этой таблицы — дать удобный справочник для лиц, не занимающихся специально проблемами, связанными с изучением шаровых скоплений, но нуждающихся в информации. Как и в таблице С, сведения о скоплениях в таблице F даны на двух соседних страницах. Левая страница содержит следующие сведения:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Интегральная величина скопления V.
3. Цветовой эквивалент B-V.
4. Цветовой эквивалент U-B.
5. Цветовой эквивалент V-I.
6. Спектральный класс скопления. Скобки означают, что спектральный класс выведен только на основе фотометрических измерений.
7. Величина  $[m/H]$ , означающая логарифм содержания металлов по отношению к Солнцу.
8. Повторение столбца 1 для удобства пользования таблицей.

Правая страница содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
2. Избыток цвета E (B-V).
3. Истинный модуль расстояния  $\text{Mod}_0^V$ .
4. Соответствующее этому модулю расстояние скопления от Солнца, выраженное в килопарсеках.
5. Логарифм диаметра скопления, выраженного в минутах дуги.
6. Линейный диаметр скопления в парсеках.
7. Абсолютная величина шарового скопления.
8. Повторение столбца 1 для удобства пользования таблицей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

В таблице даны прямоугольные координаты шаровых скоплений. Начало координат в центре Солнца. Ось  $x$  направлена к центру Галактики, ось  $y$  к точке галактического экватора с долготой  $90^\circ$ , ось  $z$  к северному полюсу галактической системы координат. Таблица содержит следующие столбцы:

1. Обозначение скопления в соответствии с первым обозначением в таблице А.
- 2, 3, 4. Прямоугольные координаты  $x, y, z$  в килопарсеках.
5. Лучевая скорость скопления  $V_R$ .
6. Вес (единица веса соответствует средней ошибке  $\pm 10$  км/сек).

---

Средняя ошибка любого значения величин, вес которых дан в Таблицах С, D и E, может быть вычислен по формуле

$$m.e. = \frac{\pm 0.10}{\sqrt{w}}$$

в единицах самой величины.

**THE DESCRIPTION  
OF THE GENERAL CATALOGUE OF GLOBULAR  
CLUSTERS OF OUR GALAXY**

All the properties of globular clusters of our Galaxy reduced to homogeneous system (see Part 1) are given in six Tables, designated by capital letters A, B, C, D, E and F and in additional Table.

**TABLE A**

In Table A the designations and the positions of all 129 globular clusters of our Galaxy are given. The Table includes the following columns:

1. The designations of globular clusters according to NGC Catalogue or (in the case of the absence in NGC) according to other catalogues or lists. After the first designation the second one is given when it is found in literature.
2. The position for the equinox 1950.0,
3. Annual precession for the equinox 1950.0.
4. Galactic co-ordinates in the new system.

**TABLE B**

Table B includes some auxiliary quantities. They may be useful for investigations of spatial distribution or kinematics of globular clusters. The successive columns give: the name of the cluster according to the first designation in Table A,  $\cos l$ ,  $\sin l$ ,  $\cos b$ ,  $\sin b$ ,  $\sin l \cos b$ ,  $\cos l \cos b$  and  $\operatorname{cosec} b$ .

**TABLE C**

In Table C the reduced results of photometric and colorimetric observations of globular clusters are given as well as colour excesses. The data are given on both pages of the book. The left page includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
2. Integrated apparent magnitude  $V$ .
3. Weight.
4. References (see the end of the Table and the end of the book).
5. Colour equivalent  $B-V$ .
6. Weight.
7. References (see the end of the Table and the end of the book).

The right page includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
2. Colour equivalent  $U-B$ .
3. Weight.
4. References (see the end of the Table and the end of the book).

5. Colour equivalent  $V-I$ ,
6. Weight,
7. References (see the end of the Table and the end of the book).
8. Colour excess  $E(B-V)$ ,
9. Weight,

#### TABLE D

The table includes the data on integrated spectral types of globular clusters and also the data on metal abundance. The Table includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
2. The integrated spectral type (Sp) of clusters. In the cases when spectral type was determined only from photometric data it is given in parentheses.
3. Weight,
4. References (see the end of the Table and the end of the book).
5. The value  $[m/H]$  of metal abundance [the metal-to-hydrogen ratio  $\lg(m/H)_* - \lg(m/H)_\odot$ ].
6. Weight,
7. References (see the end of the Table and the end of the book).

#### TABLE E

In the Table the diameters and apparent distance moduli of globular clusters are given. The Table includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
2. The logarithm of apparent diameter in minutes of arc.
3. Weight,
4. References (see the end of the Table and the end of the book).
5. Apparent distance modulus  $\text{Mod}_{app}^V$ .
6. Weight,
7. The methods used for the determination of the values of apparent moduli (see the end of the Table).

The diameters and apparent distance moduli must be considered only as preliminary ones. The problem of the determinations of diameters and the true distances is extremely difficult and is expected to undergo a revision.

#### TABLE F

The Table repeats without weights, references and some other details (sometimes in slightly modified form) all the data from the Tables C, D and E. The purpose of Table F is to make it convenient to find information on basic data rapidly. The properties of globular clusters are given on both pages. The left page includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
2. Integrated apparent magnitude  $V$ .
3. Colour equivalent  $B-V$ .
4. Colour equivalent  $U-B$ .
5. Colour equivalent  $V-I$  ( $I$  in Johnson's system).
6. Integrates spectral type  $Sp$ . The parentheses mean that the spectral type was determined only from photometric criteria.
7. Metal abundance  $[m/H]$  (relative to the Sun).
8. The name of the cluster.

The right page includes the following columns:

1. The name of the cluster according to the designation in Table A.
2. Colour excess  $E(B-V)$ .
3. True distance modulus  $Mod_0^V$ .
4. The distance in kiloparsecs.
5. The logarithm of diameter in minutes of arc.
6. The diameter in parsecs.
7. Absolute integrated magnitude  $M_0^V$ .
8. The name of the cluster.

The additional table (Appendix). The rectangular co-ordinates of globular clusters are given in the Table. The zero of co-ordinate axes is in the centre of the Sun. The  $x$ -axis is directed towards the galactic centre, the  $y$ -axis is directed towards the point of galactic equator with longitude  $90^\circ$ , the  $z$ -axis is directed towards the north galactic pole. The Table contains the following columns.

1. The name of the cluster according to the first designation in Table A.
- 2, 3, 4. The rectangular co-ordinates  $x, y, z$  in kiloparsecs.
5. Radial velocity  $VR$ .
6. Weight (the unit of weight corresponds to a mean error of  $\pm 10$  km/sec).

---

The mean error of any value from Tables C, D and E may be calculated according to the formula:

$$m. e. = \frac{\pm 0.10}{\sqrt{Wt}}$$

in units of the value itself.



Координаты шаровых скоплений  
Co-ordinates of Globular Clusters

Скопление Cluster	R. A. (1950)	Decl. (1950)	Preac. (1950) R. A. Decl.	l	b
104 47 Tuc	00 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 8	-72°21'	+2.68 +0.333	305.90	-44.90
288	50. 2	-46 52	+2.93 +0.326	149.67	-89.40
362 Δ 62	01 01. 6	-71 07	+2.04 +0.322	301.52	-46.26
1261	03 10. 9	-55 25	+1. 63 +0.225	270.56	-52.12
Pal 1	25. 7	+79 28	+8. 68 +0.208	130.02	+19.06
Pal 2	04 43. 1	+31 23	+3. 84 +0.110	170.49	-08.98
1851 Δ 508	05 12. 4	-40 05	+1. 97 +0.069	244.49	-35.04
1904 M 79	22. 2	-24 33	+2. 47 +0.055	227.22	-29.33
2298	06 47. 2	-35 57	+2. 13 -0.068	245.63	-16.01
2419	07 34. 8	+39 00	+4. 06 -0.134	180.37	+25.25
2808	09 10. 9	-64 39	+1. 12 -0.247	282.18	-11.26
Pal 3	10 03. 0	+00 18	+3. 08 -0.292	240.26	+41.86
3201 Δ 445	15. 5	-46 09	+2. 48 -0.300	277.21	+08.64
Pal 4	11 26. 6	+29 16	+3. 18 -0.331	202.31	+71.80
4147	12. 07. 6	+18 49	+3. 06 -0.334	252.89	+77.19
4372	23. 0	-72 24	+3. 48 -0.332	301.01	-09.90
4590 M 68	36. 8	-26 29	+3. 18 -0.330	299.62	+36.04
4833	56. 0	-70.36	+3. 99 -0.324	303.59	-08.01
5024 M 53	13 10. 5	+18 26	+2. 94 -0.318	333.00	+79.76
5053	13. 9	+17 57	+2. 94 -0.317	335.56	+78.95
5139 ω Cen	23. 8	-47 13	+3. 58 -0.312	309.10	+14.97
5272 M 3	39. 9	+28 38	+2. 77 -0.303	042.24	+78.70
5286 Δ 388	43. 0	-51 07	+3. 79 -0.301	311.57	+10.58
5466	14 03. 2	+28 46	+2. 70 -0.287	042.13	+73.59
5634	27. 0	-05 45	+3. 15 -0.268	342.22	+49.26
5694	36. 7	-26 19	+3. 49 -0.259	331.06	+30.36
IC4499	x 52. 7	-82 02	+9. 60 -0.244	307.36	-20.50
5824	15 00. 9	-32 53	+3. 69 -0.235	332.55	+22.06
Pal 5	13. 5	+00 05	+3. 07 -0.222	000.85	+45.86
5897	14. 5	-20 50	+3. 44 -0.221	342.94	+30.29
5904 M 5	16. 0	+02 16	+3. 03 -0.219	003.86	+46.80
5927	24. 4	-50 29	+4. 33 -0.210	326.62	+04.87
5946	31. 8	-50 30	+4. 37 -0.201	327.28	+04.19
5986 Δ 552	42. 8	-37 37	+3. 92 -0.188	337.01	+13.28
1608+15 Pal 14	16 08. 8	+15 05	+2. 75 -0.156	028.76	+42.16
6093 M 80	14. 1	-22 52	+3. 58 -0.149	352.67	+19.45
6101	20. 0	-72 06	+6. 81 -0.141	317.73	-15.83
6121 M 4	20. 6	-26 24	+3. 68 -0.140	350.99	+15.96
6139	24. 3	-38 44	+4. 05 -0.136	342.37	+06.94
6144	24. 2	-25 56	+3. 67 -0.136	351.92	+15.68
6171 (M 107)	29. 7	-12 57	+3. 38 -0.128	003.37	+23.02
6205 M 13	39. 9	+36 33	+2. 14 -0.114	059.00	+40.91
6218 M 12	44. 6	-01 52	+3. 11 -0.108	015.70	+26.32
6229	45. 6	+47 37	+1. 69 -0.107	073.64	+40.30
6235	50. 4	-22 06	+3. 59 -0.100	358.91	+13.52

ТАБЛИЦА А (продолжение)

TABLE A (continued)

Скопление Cluster		R. A. (1950)	Decl.	Preac. (1950) R. A. Decl.	<i>l</i>	<i>b</i>
6254	M 10	16 <sup>h</sup> 54. <sup>m</sup> 5	-04°02'	+3. <sup>s</sup> 16 -0. <sup>s</sup> 094	0152.13	+23507
6256	Trz 12	56. 0	-37 00	+4. 04 -0.092	347.81	+03.36
Pal 15		57. 6	-00 28	+3. 08 -0.089	018.89	+24.27
6266	M 62	58. 1	-30 03	+3. 82 -0.089	353.58	+07.30
6273	M 19	59. 5	-26 12	+3. 71 -0.087	356.86	+09.39
6284		17 01. 5	-24 41	+3. 67 -0.084	358.37	+09.93
6287		02. 1	-22 38	+3. 61 -0.084	000.13	+11.04
6293		07. 1	-26 30	+3. 72 -0.076	357.64	+07.84
6304		11. 4	-29 24	+3. 81 -0.070	355.84	+05.37
6316		13. 4	-28 05	+3. 77 -0.067	357.17	+05.78
6325		15. 0	-23 42	+3. 65 -0.065	000.99	+08.00
6333	M 9	16. 2	-18 28	+3. 51 -0.063	005.53	+10.72
6341	M 92	15. 6	+43 11	+1. 84 -0.064	068.35	+34.86
6342		18. 2	-19 32	+3. 54 -0.061	004.90	+09.73
6352		21. 6	-48 25	+4.67 -0.056	341.38	-07.18
6355		20. 9	-26 19	+3. 72 -0.057	359.58	+05.42
6356		20. 7	-17 46	+3. 52 -0.057	006.73	+10.21
Trz 2	HP 3	24. 3	-30 46	+3. 86 -0.052	356.31	+02.30
6362	Δ 225	26. 6	-67 01	+6. 19 -0.049	325.54	-17.56
6366		25. 1	-05 02	+3. 19 -0.051	018.42	+16 03
Trz 4	HP 4	27. 4	-31 33	+3. 89 -0.047	356.03	+01.31
HP 1		27. 9	-29 57	+3. 84 -0.047	357.42	+02.11
6380	Ton 1	32. 0	-39 02	+4. 15 -0.041	350.31	-03.58
6388		32. 6	-44 43	+4. 39 -0.040	345.54	-06.74
Trz 1	HP 2	32. 6	-30 26	+3. 85 -0.040	357.57	+01.00
Ton 2		32. 7	-38 31	+4. 13 -0.040	350.80	-03.41
6397		36. 8	-53 39	+4. 88 -0.034	338.18	-11.98
6401		35. 5	-23 53	+3. 66 -0.035	003.45	+03.87
6402	M 14	35. 0	-03 14	+3. 17 -0.036	021.31	+14.79
Pal 6		40. 6	-26 12	+3. 73 -0.028	002.09	+01.78
6426		42. 4	+03 12	+3. 01 -0.026	028.09	+16.24
Trz 5	Trz 11	45. 0	-24 46	+3. 69 -0.022	003.84	+01.68
6440		45. 9	-20 21	+3. 57 -0.021	007.72	+03.80
6441		46. 8	-37 02	+4. 08 -0.019	353.53	-05.00
Trz 6	HP 5	47. 5	-31 16	+3. 88 -0.018	358.56	-02.16
6453		48. 0	-34 37	+4. 00 -0.017	355.74	-03.97
6496		55. 5	-44 14	+4. 37 -0.007	348.06	-10.01
Trz 9		58. 7	-26 52	+3. 75 -0.002	003.60	-02.04
6517		59. 1	-08 57	+3. 28 -0.001	019.23	+06.77
6522		18 00. 4	-30 02	+3. 85 +0.001	001.03	-03.93
6528		01. 6	-30 04	+3. 85 +0.002	001.13	-04.17
6535		01. 3	-00 18	+3. 08 +0.002	027.18	+10.43
6539		02. 1	-07 35	+3. 28 +0.003	020.80	+06.78
6541	Δ 473	04. 4	-43 44	+4. 35 +0.006	349.27	-11.19
6544		04. 3	-25 01	+3. 70 +0.006	005.83	-02.22

ТАБЛИЦА А (продолжение)

TABLE A (continued)

Скопление Cluster	R. A. (1950)	Decl. (1950)	Preac. (1950) R. A. Decl.	<i>l</i>	<i>b</i>
6553	18 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 3	-25°56	+3.72 +0.009	005.25	-03.06
6558	07. 0	-31 47	+3.90 +0.010	000.20	-06.03
IC1276 Pal 7	08. 0	-07 14	+3.24 +0.012	021.82	+05.67
Trz 11	09. 6	-24 46	+3.69 +0.014	008.39	-02.18
6569	10. 4	-31 50	+3.90 +0.015	000.49	-06.68
6584 Δ 376	14. 6	-52 14	+4.79 +0.021	342.13	-16.38
6624	20. 5	-30 23	+3.85 +0.030	002.80	-07.92
6626 M 26	21. 5	-24 53	+3.69 +0.031	007.80	-05.58
6637 M 69	28. 1	-32 23	+3.91 +0.041	001.72	-10.26
6638	27. 9	-25 32	+3.71 +0.041	007.90	-07.16
6642	28. 8	-23 30	+3.65 +0.042	009.82	-06.42
6652	32. 5	-33 02	+3.93 +0.047	001.53	-11.38
6656 M 22	33. 3	-23 58	+3.66 +0.048	009.87	-07.55
Pal 8	38. 5	-19 52	+3.55 +0.056	014.11	-06.78
6681	40. 0	-32 21	+3.91 +0.058	002.85	-12.52
6712	50. 3	-08 47	+3.27 +0.073	025.34	-04.32
6715 M 54	51. 9	-30 32	+3.84 +0.075	005.62	-14.09
6717 Pal 9	52. 1	-22 47	+3.62 +0.075	012.86	-10.91
6723 Δ 573	56. 2	-36 42	+4.04 +0.081	000.07	-17.30
6749	19 02. 5	+01 42	+3.03 +0.090	036.06	-02.22
6752 Δ 295	06. 4	-60 04	+5.30 +0.095	336.49	-25.62
6760	08. 6	+00 57	+3.05 +0.099	036.10	-03.91
Trz 7	14. 4	-34 45	+3.97 +0.107	003.38	-20.05
6779	14. 6	+30 05	+2.34 +0.107	062.65	+08.34
Pal 10	16. 0	+18 28	+2.65 +0.109	052.44	+02.68
1925-30 Arp 2	25. 6	-30 27	+3.80 +0.122	008.56	-20.79
6809 M 55	36. 9	-31 03	+3.81 +0.137	008.83	-23.28
Pal 11	42. 6	-08 09	+3.25 +0.145	031.79	-15.60
6838 M 71	51. 5	+18 39	+2.67 +0.156	056.74	-04.55
6864 M 75	20 03. 2	-22 04	+3.54 +0.171	020.31	-25.76
6934	31. 7	+07.14	+2.94 +0.205	052.10	-18.88
6981 M 72	50. 7	-12 44	+3.30 +0.226	035.15	-32.68
7006	59. 1	+16 00	+2.80 +0.235	063.77	-19.39
7078 M 15	21 27. 6	+11 57	+2.90 +0.263	065.02	-27.32
7089 M 2	30. 9	-01 03	+3.09 +0.266	053.37	-35.78
7099 M 30	37. 5	-23 25	+3.41 +0.272	027.16	-46.83
Pal 12	47. 3	-21 28	+3.37 +0.277	030.52	-47.64
Pal 13	23 04. 2	+12 28	+3.00 +0.324	087.07	-42.72
7492	05. 7	-15 54	+3.16 +0.325	053.32	-63.46

ТАБЛИЦА В

TABLE B

## Вспомогательные величины

## Auxiliary Quantities

Cluster	$\cos l$	$\sin l$	$\cos b$	$\sin b$	$\sin/\cos b$	$\cos/\cos b$	$ \csc b $
104	+0.586	-0.810	0.708	-0.706	-0.574	+0.415	1.42
288	-0.863	+0.505	0.010	-1.000	+0.005	-0.009	1.00
362	+0.523	-0.825	0.691	-0.722	-0.589	+0.362	1.38
1261	+0.010	-1.000	0.614	-0.789	-0.614	+0.006	1.27
Pal 1	-0.634	+0.766	0.945	+0.327	+0.724	-0.608	3.06
Pal 2	-0.986	+0.165	0.988	-0.156	+0.163	-0.974	6.41
1851	-0.431	-0.902	0.819	-0.574	+0.739	-0.353	1.74
1904	-0.679	-0.734	0.872	-0.490	-0.640	-0.592	2.04
2298	-0.413	-0.911	0.961	-0.276	-0.876	-0.397	3.63
2419	-1.000	-0.006	0.904	+0.427	-0.006	-0.904	2.34
2808	+0.211	-0.978	0.981	-0.195	-0.959	+0.207	5.12
Pal 3	-0.498	-0.867	0.745	+0.667	-0.646	-0.371	1.50
3201	+0.126	-0.992	0.989	+0.150	-0.981	+0.124	6.66
Pal 4	-0.925	-0.380	0.312	+0.950	-0.118	-0.289	1.05
4147	-0.294	-0.954	0.222	+0.975	-0.212	-0.065	1.03
4372	+0.515	-0.857	0.985	-0.172	-0.844	+0.508	5.82
4590	+0.492	-0.869	0.809	+0.588	-0.703	+0.400	1.70
4833	+0.553	-0.833	0.990	-0.139	-0.825	+0.548	7.18
5024	+0.891	-0.454	0.178	+0.984	-0.081	+0.158	1.02
5053	+0.910	-0.413	0.192	+0.982	-0.079	+0.174	1.02
5139	+0.631	-0.766	0.966	+0.258	-0.750	+0.609	3.87
5272	+0.740	+0.672	0.196	+0.981	+0.132	+0.145	1.02
5286	+0.664	-0.748	0.983	+0.184	-0.735	+0.652	5.45
5466	+0.742	+0.670	0.282	+0.959	+0.190	+0.210	1.04
5634	+0.952	-0.305	0.653	+0.758	-0.199	+0.621	1.32
5694	+0.875	-0.484	0.863	+0.505	-0.418	+0.755	1.98
IC 4499	+0.607	-0.795	0.937	-0.350	-0.744	+0.568	2.86
5824	+0.887	-0.461	0.927	+0.376	-0.427	+0.822	2.66
Pal 5	+1.000	+0.015	0.696	+0.718	+0.010	+0.696	1.39
5897	+0.956	-0.293	0.864	+0.504	-0.253	+0.826	1.98
5904	+0.998	+0.067	0.684	+0.729	+0.046	+0.683	1.37
5927	+0.835	-0.550	0.996	+0.085	-0.548	+0.832	11.8
5946	+0.844	-0.536	0.997	+0.073	-0.535	+0.842	13.7
5986	+0.921	-0.390	0.973	+0.230	-0.380	+0.896	4.35
1608+15	+0.877	+0.481	0.741	+0.671	+0.357	+0.650	1.49
6093	+0.992	-0.128	0.943	+0.333	-0.120	+0.935	3.00
6101	+0.740	-0.673	0.962	-0.273	-0.647	+0.712	3.67
6121	+0.988	-0.157	0.962	+0.275	-0.151	+0.950	3.64
6139	+0.953	-0.303	0.993	+0.121	-0.301	+0.946	8.28
6144	+0.990	-0.141	0.963	+0.270	-0.135	+0.953	9.70
6171	+0.998	+0.059	0.920	+0.381	+0.054	+0.919	2.56
6205	+0.515	+0.857	0.756	+0.654	+0.648	+0.390	1.53
6218	+0.963	+0.271	0.896	+0.443	+0.242	+0.863	2.26
6229	+0.282	+0.960	0.763	+0.647	+0.732	+0.242	1.55
6235	+1.000	-0.019	0.972	+0.234	-0.018	+0.972	4.28

ТАБЛИЦА В (продолжение)

TABLE B (continued)

Cluster	$\cos l$	$\sin l$	$\cos b$	$\sin b$	$\sin l \cos b$	$\cos l \cos b$	$ \csc b $
6254	+0.965	+0.261	0.920	+0.392	+0.240	+0.888	2.55
6256	+0.978	-0.211	0.998	+0.059	-0.211	+0.996	17.1
Pal 15	+0.946	+0.324	0.912	+0.411	+0.295	+0.862	2.43
6266	+0.994	-0.112	0.992	+0.127	-0.111	+0.986	7.87
6273	+0.998	-0.055	0.987	+0.163	-0.054	+0.985	6.13
6284	+1.000	-0.028	0.985	+0.172	-0.028	+0.985	5.80
6287	+1.000	+0.003	0.982	+0.192	+0.002	+0.982	5.22
6293	+0.999	-0.041	0.991	+0.136	-0.041	+0.990	7.33
6304	+0.997	-0.072	0.996	+0.094	-0.072	+0.993	10.3
6316	+0.999	-0.049	0.995	+0.101	-0.049	+0.994	9.93
6325	+1.000	+0.017	0.990	+0.139	+0.017	+0.990	7.18
6333	+0.995	+0.096	0.982	+0.182	+0.095	+0.978	5.38
6341	+0.369	+0.930	0.821	+0.572	+0.763	+0.303	1.75
6342	+0.996	+0.085	0.986	+0.169	+0.084	+0.982	5.92
6352	+0.948	-0.319	0.992	-0.125	-0.317	+0.940	8.00
6355	+1.000	-0.007	0.996	+0.094	-0.007	+0.996	10.6
6356	+0.993	+0.117	0.984	+0.177	+0.115	+0.977	5.64
Trz 2	+0.998	-0.064	0.999	+0.040	-0.064	+0.997	24.9
6362	+0.824	-0.566	0.953	-0.302	-0.539	+0.786	3.31
6366	+0.949	+0.316	0.961	+0.276	+0.304	+0.912	3.62
Trz 4	+0.998	-0.069	1.000	+0.023	-0.069	+0.997	43.7
HP 1	+0.999	-0.045	0.999	+0.037	-0.045	+0.998	27.2
6380	+0.986	-0.168	0.998	-0.062	-0.168	+0.984	16.15
6388	+0.968	-0.250	0.993	-0.117	-0.248	+0.962	8.52
Trz 1	+0.999	-0.043	1.000	+0.017	-0.043	+0.999	57.9
Ton 2	+0.987	-0.160	0.998	-0.060	-0.160	+0.985	16.8
6397	+0.928	-0.372	0.978	-0.208	-0.364	+0.908	4.82
6401	+0.998	+0.060	0.998	+0.069	+0.060	+0.996	14.4
6402	+0.932	+0.363	0.967	+0.255	+0.351	+0.901	3.92
Pal 6	+0.999	+0.036	1.000	+0.031	+0.036	+0.999	32.2
6426	+0.882	+0.471	0.960	+0.280	+0.452	+0.847	3.58
Trz 5	+0.998	+0.067	1.000	+0.029	+0.067	+0.997	34.1
6440	+0.991	+0.134	0.998	+0.066	+0.134	+0.989	15.1
6441	+0.994	-0.113	0.996	-0.087	-0.112	+0.989	11.5
Trz 6	+1.000	-0.025	0.999	-0.038	-0.025	+0.999	26.5
6453	+0.997	-0.074	0.998	-0.069	-0.074	+0.995	14.4
6496	+0.978	-0.207	0.985	-0.174	-0.204	+0.964	5.75
Trz 9	+0.998	+0.063	0.999	-0.036	+0.063	+0.997	28.1
6517	+0.944	+0.329	0.993	+0.118	+0.327	+0.938	8.48
6522	+1.000	+0.018	0.998	-0.068	+0.018	+0.997	14.6
6528	+1.000	+0.020	0.997	-0.073	+0.020	+0.997	13.75
6535	+0.890	+0.457	0.984	+0.181	+0.449	+0.875	5.52
6539	+0.935	+0.355	0.993	+0.118	+0.353	+0.928	8.47
6541	+0.982	-0.186	0.981	-0.194	-0.182	+0.964	5.15
6544	+0.995	+0.102	0.999	-0.039	+0.102	+0.994	25.8

ТАБЛИЦА В (продолжение)

TABLE B (continued)

Cluster	cos <i>l</i>	sin <i>l</i>	cos <i>b</i>	sin <i>b</i>	sin <i>l</i> cos <i>b</i>	cos <i>l</i> cos <i>b</i>	csc <i>b</i>
6553	+0.996	+0.092	0.999	-0.053	+0.091	+0.994	18.7
6558	+1.000	+0.004	0.994	-0.104	+0.004	+0.995	9.57
IC 1276	+0.928	+0.372	0.995	+0.099	+0.370	+0.924	10.1
Trz 11	+0.989	+0.146	0.999	-0.038	+0.146	+0.988	26.3
6569	+1.000	+0.009	0.993	-0.116	+0.008	+0.993	8.60
6584	+0.952	-0.307	0.959	-0.282	-0.294	+0.913	3.55
6624	+0.999	+0.049	0.990	-0.138	+0.048	+0.989	7.26
6626	+0.991	+0.136	0.995	-0.097	+0.135	+0.986	10.3
6637	+1.000	+0.030	0.984	-0.178	+0.030	+0.984	5.61
6638	+0.990	+0.137	0.992	-0.125	+0.136	+0.983	8.03
6642	+0.985	+0.171	0.994	-0.112	+0.170	+0.979	8.94
6652	+1.000	+0.027	0.980	-0.197	+0.026	+0.980	5.07
6656	+0.985	+0.171	0.991	-0.131	+0.170	+0.977	7.61
Pol 8	+0.970	+0.244	0.993	-0.118	+0.242	+0.963	8.47
6681	+0.999	+0.950	0.976	-0.217	+0.048	+0.975	4.61
6712	+0.904	+0.428	0.997	-0.075	+0.427	+0.901	13.3
6715	+0.995	+0.098	0.970	-0.243	+0.095	+0.965	4.11
6717	+0.975	+0.223	0.982	-0.189	+0.219	+0.957	5.28
6723	+1.000	+0.001	0.955	-0.297	+0.001	+0.955	3.36
6749	+0.808	+0.589	0.999	-0.039	+0.588	+0.808	25.8
6752	+0.917	-0.399	0.902	-0.432	-0.360	+0.827	2.31
6760	+0.808	+0.589	0.998	-0.068	+0.588	+0.806	14.7
Trz 7	+0.998	+0.059	0.939	-0.343	-0.055	+0.937	2.92
6779	+0.459	+0.888	0.989	+0.145	+0.879	+0.454	6.90
Pol 10	+0.610	+0.793	0.999	+0.047	+0.792	+0.609	21.4
1925-30	+0.989	+0.149	0.935	-0.355	+0.139	+0.924	2.84
6809	+0.988	+0.154	0.919	-0.395	+0.141	+0.908	2.53
Pol 11	+0.850	+0.529	0.963	-0.269	+0.507	+0.819	3.72
6838	+0.548	+0.836	0.997	-0.079	+0.834	+0.547	12.6
6864	+0.938	+0.347	0.901	-0.435	+0.313	+0.845	2.30
6934	+0.614	+0.789	0.946	-0.324	+0.745	+0.581	3.09
6981	+0.818	+0.576	0.842	-0.540	+0.485	+0.688	1.85
7006	+0.442	+0.897	0.943	-0.332	+0.846	+0.417	3.01
7078	+0.422	+0.906	0.888	-0.459	+0.805	+0.375	2.18
7089	+0.597	+0.802	0.811	-0.585	+0.651	+0.484	1.71
7099	+0.890	+0.457	0.684	-0.729	+0.312	+0.609	1.37
Pol 12	+0.862	+0.508	0.674	-0.739	+0.342	+0.580	1.35
Pol 13	+0.051	+0.999	0.735	-0.678	+0.734	+0.038	1.47
7492	+0.597	+0.802	0.447	-0.895	+0.358	+0.267	1.12

## ТАБЛИЦА С

Интегральные величины, цветовые  
Integrated Magnitudes, Colour

Cluster	V	Wt	References	B-V	Wt	References
104	4.04	4.2	1, 2, 3	0.86	27	1, 2, 3, 18, 19
288	8.56	5.9	5, 6, 7, 8, 9	0.66	5	7, 8
362	6.42	1.4	3, 5	0.76	20	7, 8
1261	8.64	0.9	5, 10	0.70	15	10
Pal 1	-	-	-	-	-	-
Pal 2	-	-	-	1.5	0.1	20
1851	6.70	1.6	5, 9, 10, 17	0.77	17	10, 18
1904	7.84	3.7	4, 9, 11, 13	0.60	8	11, 18
2298	9.44	0.2	5, 9	0.74	4	18
2419	10.80	6.7	5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16 <sup>a</sup>	0.68	24	7, 11, 12, 13, 18
2808	6.13	0.9	3, 5	0.91	16	3, 18
Pal 3	14.5	0.2	14, 20	0.6:	1	14
3201	7.10	1.4	3, 17	0.97	17	3, 18
Pal 4	14.5	0.2	14, 20	0.6:	1	14
4147	10.28	7.8	5, 6, 8, 9, 11, 12, 15, 16 20	0.62	20	8, 11, 12, 15, 18
4372 <sup>a</sup> )	8.0	0.1	5	0.87:	1	21
4590	8.25	4.2	3, 5, 6, 9, 12, 13	0.66	24	3, 12, 18
4833	7.36	1.4	3, 5, 17	0.96	17	3, 18
5024	7.71	10.2	3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12 13, 16, 22, 23, 24	0.65	63	3, 4, 8, 11, 12, 18 22, 23, 25
5053	9.98	3.3	5, 8, 11, 12	0.63	10	11, 12
5139	3.65	2.5	1, 3	0.79	30	1, 3, 18
5272	6.41	11.0	3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13 15, 16, 22, 23, 24	0.69	68	3, 4, 8, 11, 12, 15 18, 22, 23, 25
5286	7.48	0.9	3, 5	0.90	15	3, 18
5466	9.35	2.6	5, 6, 8, 9, 12	0.75	8	8, 12
5634	9.58	3.3	5, 8, 10, 15, 16	0.68	27	3, 10, 12, 15, 18
5694	10.17	4.0	5, 8, 10, 12	0.72	24	3, 8, 12, 18
IC 4499	10.7	0.1	5	0.8:	0.1	20
5824	8.96	4.0	5, 8, 9, 10, 12	0.76	26	10, 18, 21
Pal 5	11.6	0.4	17, 20	-	-	-
5897	8.59	3.8	5, 8, 9, 12, 15	0.75	10	8, 12, 15
5904	6.03	14.5	3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 22, 23, 24	0.71	73	3, 4, 7, 8, 11, 12 15, 18, 22, 23, 25
5927	7.95	0.9	3, 5	1.31	17	3, 18
5946	9.11	0.7	3	1.19	14	3
5986	7.53	4.1	3, 5, 8, 9, 12	0.89	24	3, 8, 12, 18
1608+15	-	-	-	-	-	-
6093	7.31	4.7	3, 5, 8, 9, 12, 13, 22, 26	0.84	28	3, 8, 12, 18, 22
6101	8.9	0.1	5	1.0:	0.1	20
6121 <sup>a</sup>	5.96	4.1	3, 5, 8, 9, 12, 13, 24, 26	1.04	20	3, 8, 12, 18
6139	8.99	1.2	5, 8	1.38	5	8, 18
6144	9.07	3.4	5, 8, 9, 11, 26	0.94	10	8, 12
6171	8.17	7.3	5, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16	1.13	19	11, 12, 15, 18
6205	5.86	10.9	4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 21, 23, 24	0.69	63	4, 7, 8, 12, 15, 18 22, 23, 25, 27
6218	6.88	10.1	3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 24, 26	0.86	49	3, 4, 7, 8, 12, 15, 18
6229	9.39	8.3	5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 22	0.74	19	8, 11, 12, 15, 18 22
6235	10.23	0.7	5, 8, 28	0.88	2	8
6254	6.63	11.5	3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15 22, 23, 24, 26	0.92	67	3, 4, 7, 8, 12, 15 18, 22, 23, 25

\*) Величина B-V выведена приближенно косвенным путем по работе 21.

TABLE C

эквиваленты UBVI и избытки цвета E (B-V)  
 Equivalents UBVI and Colour Excesses E (B-V)

Cluster	U-B	Wt	References	V-I	Wt	References	E (B-V)	Wt
104	0.34	16	3, 18, 21	1.42	8	2, 18	0.06	10
288	0.11	11	7	-	-	-	0.04	4
362	0.13	15	3, 18, 21	1.31	4	18	0.04	10
1261	0.12	9	10	-	-	-	0.02	8
Pal 1	-	-	-	-	-	-	0.19	3
Pal 2	-	-	-	-	-	-	0.73	2
1851	0.14	16	10, 18, 21	1.35	4	18	0.11	7
1904	0.04	18	11, 18, 21	1.19	4	18	0.01	4
2298	0.22	7	18, 21	1.44	4	18	0.12	7
2419	0.11	15	7, 13, 18	1.20	8	12, 18	0.05	8
2808	0.27	15	3, 18, 21	1.69	4	18	0.30	7
Pal 3	-	-	-	-	-	-	0.05	3
3201	0.38	14	3, 18, 21	1.64	4	18	0.21	6
Pal 4	-	-	-	-	-	-	0.03	3
4147	0.06	13	15, 18	1.06	8	12, 18	0.02	10
4372 <sup>a)</sup>	0.28:	3	21	-	-	-	0.37	3
4590	0.03	17	3, 18, 21	1.18	8	12, 18	0.08	5
4833	0.31	15	3, 18, 21	1.66	4	18	0.33	8
5024	0.06	29	3, 18, 21, 23, 25	1.11	20	12, 18, 25	0.02	11
5053	-	-	-	1.16	4	18	0.05	6
5139	0.19	16	3, 18, 21	1.36	4	18	0.12	13
5272	0.10	41	3, 11, 15, 18, 23, 25	1.15	20	12, 18, 25	0.02	28
5286	0.29	16	3, 18, 21	1.51	4	18	0.20	7
5466	-	-	-	1.05	4	18	0.02	6
5634	0.13	19	10, 15, 18	1.25	6	12, 18	0.06	8
5694	0.07	13	10, 18	1.27	8	12, 18	0.12	7
IC 4489	-	-	-	-	-	-	0.19	2
5824	0.15	16	10, 18, 21	1.39	8	12, 18	0.15	7
Pal 5	-	-	-	-	-	-	0.15	3
5897	0.05:	4	15	1.28	4	12	0.13	12
5904	0.12	53 <sup>x</sup>	3, 7, 10, 11, 15, 18, 23, 25	1.19	20	12, 18, 25	0.05	22
5927	0.83	14	3, 10	2.09	4	18	0.50	4
5946	0.43	3	3	-	-	-	0.55	1
5986	0.30	16	3, 18, 21	1.61	8	12, 18	0.25	7
1608 <sup>+15</sup>	-	-	-	-	-	-	0.13	2
6093	0.20	17	3, 18, 21	1.44	8	12, 18	0.18	7
6101	-	-	-	-	-	-	0.26	1
6121 <sup>a)</sup>	0.44	14	3, 18, 21	1.84	8	12, 18	0.36	9
6139	0.68	5	18, 21	2.45	4	18	0.65	4
6144	-	-	-	1.42	4	12	0.22	3
6171	0.52	22	11, 15, 18, 21	1.88	8	12, 18	0.35	17
6205	0.06	52	7, 15, 18, 21, 23, 25, 27	1.12	23	12, 18, 25, 27	0.02	22
6218	0.20	31	3, 7, 15, 18, 21	1.46	8	12, 18	0.18	17
6229	0.09	9	15, 18	1.25	8	12, 18	0.06	5
6235	-	-	-	-	-	-	0.24	1
6254	0.24	45	3, 7, 15, 18, 21, 23, 25	1.60	20	12, 18, 25	0.26	17

<sup>a)</sup> Величина E (B-V) для отдельных участков скоплений не одинакова.



ТАБЛИЦА С (продолжение)

Cluster	V	Wt	References	B-V	Wt	References
6255	-	-	-	-	-	-
Pal 15	-	-	-	-	-	-
6266	6.53	4.5	3, 5, 8, 9, 12, 13, 24, 26	1.14	25	3, 8, 12, 18
6273	6.83	9.2	3, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 22, 24, 26, 28	1.00	31	3, 7, 8, 12, 18, 22
6284	9.03	3.5	5, 8, 9, 12, 28	0.97	11	8, 12, 18, 29
6287	9.44	3.4	5, 8, 9, 12, 28	1.26	8	8, 12
6293	8.39	8.3	3, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 28	0.97	27	3, 7, 8, 12, 18
6304	8.38	8.3	3, 5, 7, 8, 9, 12, 28	1.32	32	3, 7, 8, 12, 18, 29, 30
6316	9.00	7.6	5, 7, 8, 9, 12, 28	1.30	12	7, 8, 12, 29
6325	10.73	3.4	5, 8, 9, 12, 28	1.69	6	12
6333	7.75	7.5	3, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 26, 28	0.96	31	3, 8, 11, 12, 18
6341	6.50	13.6	4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13 15, 22, 23, 24	0.63	53	4, 7, 8, 11, 12, 15 18, 22, 23, 25, 27
6342	10.10	3.4	5, 8, 9, 12, 28	1.36	7	8, 12
6352	8.40	1.4	3, 5, 17	1.03	15	3
6355	9.76	2.7	5, 12	1.58	9	12
6356	8.28	9.1	3, 5, 8, 9, 11, 12, 13 16, 22, 23, 26, 28	1.14	51	3, 8, 11, 12, 18, 22, 23, 25, 29
Trz 2	-	-	-	-	-	-
6362	8.23	0.9	3, 5	0.90	13	3
6366	10.09	1.2	5, 8, 15	1.60	4	8, 15
Trz 4	-	-	-	-	-	-
HP 1	-	-	-	2.0	2	29
6380	-	-	-	-	-	-
6388	6.64	1.4	3, 5	1.16	18	3, 19
Trz 1	-	-	-	-	-	-
Ton 2	-	-	-	-	-	-
6397	5.90	0.9	3, 5	0.76	18	3, 19
6401	9.44	0.5	12	1.32	3	12
6402	7.49	13.1	3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13 15, 16, 21, 23	1.26	44	3, 7, 8, 11, 12, 15 18, 21, 23
Pal 6	13.6	0.1	20	3.4	0.5	20
6426	11.48	2.1	5, 8, 9, 15	0.99	10	8, 12, 15
Trz 5	13.5	0.2	20, 31	4.0	1	20, 31
6440	9.39	3.4	5, 8, 9, 12, 28	1.97	14	8, 12, 18, 28, 29
6441	7.24	2.2	3, 5, 8, 9, 28	1.25	19	3, 8, 18
Trz 6	-	-	-	-	-	-
6453	9.77	1.6	5, 8, 12, 28	1.17	4	8, 12
6496	8.8	0.1	20	1.1	1	20
Trz 9	-	-	-	-	-	-
6517	10.29	8.1	5, 7, 8, 9, 12, 15	1.81	14	7, 8, 12, 15, 29
6522	8.75	8.3	3, 5, 7, 8, 9, 12, 28	1.20	29	3, 7, 8, 12, 18, 29
6528	9.67	2.8	5, 8, 9, 12, 28	1.43	12	8, 12, 18, 29
6535	10.62	6.7	5, 7, 8, 11, 15	0.96	13	7, 8, 11, 15, 29
6539	9.62	6.9	5, 8, 9, 11, 12, 15	1.91	16	8, 11, 12, 15
6541	6.91	0.9	3, 5	0.76	15	3
6544	8.30	1.6	12	1.46	9	12, 18
6553	8.13	7.7	5, 7, 8, 9, 12, 26, 28	1.63	14	7, 8, 12, 18, 27, 29
6558	-	-	-	-	-	-
IC 1276	-	-	-	-	-	-
Trz 11	-	-	-	-	-	-
6569	8.76	7.7	5, 7, 8, 9, 12, 28	1.29	9	7, 8, 12
6584	8.87	0.9	3, 5	0.79	15	3
6624	8.31	8.4	3, 5, 7, 8, 9, 12, 26, 28	1.10	28	3, 7, 8, 12, 18, 29
6626	6.99	2.7	3, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 24 26, 28	1.09	30	3, 7, 8, 12, 18, 22
6637	7.79	4.4	3, 5, 8, 9, 12, 26, 28	1.02	24	3, 8, 12, 18
6638	9.03	7.7	5, 7, 8, 9, 12, 13, 26, 28	1.12	13	7, 8, 12, 18, 29

TABLE C (continued)

Cluster	U-B	Wt	References	V-I	Wt	References	E(B-V)	Wt
6256	-	-	-	-	-	-	-	-
Pal 15	-	-	-	-	-	-	-	-
6266*)	0.52	16	3, 18, 21	2.10	8	12, 18	0.42	6
6273	0.35	23	3, 7, 18, 21	1.73	8	12, 18	0.36	6
6284	0.36	4	18, 21	1.72	8	12, 18	0.29	5
6287	-	-	-	2.33	4	12	0.52	3
6293	0.27	23	3, 7, 18, 21	1.68	8	12, 18	0.35	6
6304	0.82	23	3, 7, 18, 21	2.26	8	12, 18	0.50	7
6316	0.57	12	7	2.42	4	12	0.60	5
6325	-	-	-	2.82	4	12	0.92	3
6333	0.30	25	3, 11, 18, 21	1.75	8	12, 18	0.39	6
6341	0.02	53	7, 11, 15, 18, 21, 23, 25, 27	1.10	23	12, 18, 25, 27	0.03	25
6342	-	-	-	1.95	4	12	0.50	3
6352	0.61	10	3, 21	-	-	-	0.34	6
6355	-	-	-	2.36	4	12	0.70	3
6356	0.58	45	3, 11, 18, 21, 23, 25	1.85	20	12, 18, 25	0.32	14
Trx 2	-	-	-	-	-	-	1.2:	1
6362	0.29	12	3, 21	-	-	-	0.15	7
6366	0.99	5	15	-	-	-	0.68	2
Trx 4	-	-	-	-	-	-	1.9:	1
HP 1	-	-	-	-	-	-	1.2	1.5
6380	-	-	-	-	-	-	0.7:	1
6388	0.62	14	3, 21	-	-	-	0.36	3
Trx 1	-	-	-	-	-	-	2.4:	0.5
Ton 2	-	-	-	-	-	-	0.65:	0.5
6397	0.15	14	3, 21	-	-	-	0.15	12
6401	-	-	-	2.52	2	12	0.74	1
6402	0.60	34	3, 7, 15, 18, 21, 23	2.10	8	12, 18	0.50	16
Pal 6	-	-	-	-	-	-	2.7:	0.5
6426	0.32	6	15	1.66	4	12	0.30	4
Trx 5	-	-	-	6.8	1	31	3.1	1
6440	0.9?	0	18	3.23	16	12, 18, 28	1.14	3
6441	0.79	16	3, 18, 21	2.16	4	18	0.46	4
Trx 6	-	-	-	-	-	-	1.1:	1
6453	-	-	-	2.53	2	12	0.66	2
6496	-	-	-	-	-	-	0.4:	1
Trx 9	-	-	-	-	-	-	-	-
6517	0.99	10	7, 15	3.04	4	12	1.00	6
6522	0.64	19	3, 7, 12, 17	1.95	8	12, 18	0.47	11
6528	0.95	4	18	2.28	8	12, 18	0.66	7
6535	0.34	7	7, 15	-	-	-	0.33	4
6539	1.16	1	15	2.93	4	12	1.06	4
6541	0.14	14	3, 21	-	-	-	0.17	7
6544	0.68	4	18	2.50	8	12, 18	0.72	4
6553	1.06	7	7, 18, 21	2.89	16	12, 18, 27	0.82	6
6558	-	-	-	-	-	-	0.4:	1
IC 1276	-	-	-	-	-	-	0.7:	1
Trx 11	-	-	-	-	-	-	-	-
6569	0.54	8	7, 21	2.12	4	12	0.52	4
6584	0.17	14	3, 21	-	-	-	0.08	3
6624	0.57	23	3, 7, 18, 21	1.84	8	12, 18	0.30	7
6626	0.45	25	3, 7, 18, 21	1.82	8	12, 18	0.38	9
6637	0.48	15	3, 18, 21	1.68	8	12, 18	0.18	9
6638	0.54	10	7, 18, 21	1.92	8	12, 18	0.37	6

\*) Величина E(B-V) для отдельных участков скопления не одинакова.

ТАБЛИЦА С (продолжение)

Cluster	V	Wt	References	B-V	Wt	References
6642	8.8	0.1	20	1.12	3	18
6652	8.93	4.2	3, 5, 8, 9, 12, 28	0.89	23	3, 8, 12, 18
6656	5.07	8.6	3, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 22, 24, 26	1.00	29	3, 7, 8, 12, 18, 21
Pol 8	-	-	-	-	-	-
6681	8.18	4.2	3, 5, 8, 9, 12, 26	0.72	24	3, 8, 12, 18
6712	8.13	8.9	3, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 23, 26	1.14	41	3, 8, 11, 12, 15, 18, 23, 29
6715	7.61	4.2	3, 5, 8, 9, 12, 26	0.84	25	3, 8, 12, 18, 29
6717	-	-	-	-	-	-
6723	7.26	4.2	3, 5, 8, 9, 12, 26	0.74	27	3, 8, 12, 18, 19, 32
6749	11.07	0.7	15	1.63	2	15
6752	5.76	2.8	3, 5, 19	0.66	22	3, 32
6760	9.08	6.9	5, 8, 9, 11, 12, 15	1.68	17	8, 11, 12, 15, 27, 29
Trz 7	-	-	-	-	-	-
6779	8.21	6.7	5, 8, 9, 11, 12, 13, 22	0.87	32	8, 11, 12, 18, 22, 25, 29
Pol 10	-	-	-	-	-	-
1926-30	-	-	-	-	-	-
6809	6.33	7.3	5, 7, 9, 12, 24	0.69	25	3, 7, 8, 12, 18
Pol 11	-	-	-	-	-	-
6838	8.28	4.5	3, 6, 12, 15, 22	1.12	26	3, 12, 15, 18, 22
6864	8.52	4.6	3, 5, 8, 9, 12, 22	0.86	29	3, 8, 12, 18, 22, 29
6934	9.03	7.7	5, 8, 9, 11, 15, 16, 18, 22	0.77	22	8, 11, 12, 15, 18, 22, 29
6981	9.35	4.1	5, 8, 9, 12, 15	0.74	14	8, 12, 15, 18, 29
7006	10.67	12.1	5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 22	0.74	28	7, 8, 11, 12, 15, 18, 22, 29
7078	6.48	10.8	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 22, 24	0.68	61	3, 4, 7, 8, 12, 15, 18, 22, 25, 27
7089	6.50	10.8	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 22, 24	0.68	60	3, 4, 7, 8, 12, 15, 18, 22, 25, 27
7099	7.56	9.1	3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 22	0.60	31	3, 7, 8, 12, 18, 22
Pol 12	-	-	-	-	-	-
Pol 13	14.5	0.2	17, 20	0.7:	1	20
7492	11.48	5.9	5, 6, 7, 8, 9	0.40	5	7, 8

## Источники к таблице С

1. Cascoigne, S.C.B et al, 1956
2. Kron, G.E., 1966
3. Bergh, S. van den, 1967
4. King, I.R., 1966
5. Sawyer, H.B. et al., 1927
6. Kron, G.E., 1973
7. Johnson, H.L., 1959
8. Stebbins, J. et al., 1936
9. Christie, W.H., 1940
10. Bergh, S. van den et. al., 1968
11. Rousseau, J., 1964
12. Kron, G.E. et. al., 1960
13. Wilkens, H., 1937
14. Arp, H.C., 1965
15. Zaitseva, G.V. et al., 1974
16. Fehrenbach, C., 1948
- 16a. Vaucouleurs, G. de, 1959

TABLE C (continued)

Cluster	U-B	Wt	References	V-I	Wt	References	E(B-V)	Wt
6642	0.47	5	18, 21	1.86	4	18	0.38	3
6652	0.36	16	3, 18, 21	1.44	8	12, 18	0.13	6
6656	0.28	23	3, 7, 18, 21	1.83	8	12, 18	0.38	14
Pal 8	-	-	-	-	-	-	0.6:	1
6681	0.14	16	3, 18, 21	1.31	8	12, 18	0.04	6
6712	0.53	33	3, 11, 15, 18, 21, 23	2.00	8	12, 18	0.44	14
6715	0.24	17	3, 18, 21	1.44	8	12, 18	0.15	7
6717	-	-	-	-	-	-	0.4:	1
6723	0.26	16	3, 18, 21	1.36	8	12, 18	0.03	14
6749	-	-	-	-	-	-	0.92	2
6752	0.08	14	3, 21	-	-	-	0.04	7
6760	0.8:	0	15	2.80	14	12, 27	0.92	5
Trz 7	-	-	-	-	-	-	-	-
6779	0.21	30	11, 18, 21, 25	1.48	20	12, 18, 25	0.21	11
Pal 10	-	-	-	-	-	-	0.8:	1
1926-30	-	-	-	-	-	-	0.18	2
6809	0.12	32	3, 7, 18, 21	1.27	8	12, 18	0.08	11
Pal 11	-	-	-	-	-	-	0.24	2
6838	0.53	19	3, 15, 18, 21	1.81	8	12, 18	0.32	12
6864	0.28	17	3, 18, 21	1.52	8	12, 18	0.17	7
6934	0.20	18	11, 15, 18	1.24	8	12, 18	0.17	14
6981	0.11	7	15, 18	1.28	8	12, 18	0.06	13
7006	0.15	30	7, 15, 18, 21	1.22	8	12, 18	0.08	12
7078	0.06	53	3, 7, 15, 18, 21, 25, 27	1.18	23	12, 18, 25, 27	0.09	21
7089	0.08	55	3, 7, 15, 18, 21, 25, 27	1.17	23	12, 18, 25, 27	0.06	18
7099	0.04	29	3, 7, 18, 21	1.10	8	12, 18	0.06	14
Pal 12	-	-	-	-	-	-	0.07	2
Pal 13	-	-	-	-	-	-	0.02	2
7492	0.22	2	7	-	-	-	0.02	9

## References to the Table C

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 17. King, I.R., 1974                | 25. Faber, S.M., 1973                |
| 18. Guetter, H.H., 1973             | 26. Vorontsov-Velyaminov, B.A., 1929 |
| 19. Koehler, J.A., 1965             | 27. Stebbins, J., 1950               |
| 20. Kukarkin, B.V., 1974            | 28. Wallenquist, A., et al., 1944.   |
| 21. Mc Clure, R.D., et al., 1968    | 29. Dufay, J., et al., 1959          |
| 22. Bergh, S. van den, et al., 1962 | 30. Arp, H.C., 1958.                 |
| 23. Neff, J.S., 1970.               | 31. Wing, R.F., et al., 1973.        |
| 24. Vyssotsky, A.N., et al., 1933   | 32. Gascoigne, S.C.B., et al., 1963  |

Спектры и содержание металлов  
Spectra and Metal Abundances

Cluster	Sp(CH/H $\gamma$ )	Wt	References	[m/H]	Wt	References
104	G2.6	8.6	1, 2, 3, 4, 5	-0.52	2.0	1, 4, 5, 11, 13, 14, 15
288	(F6)	2.0	5	-1.37	0.6	1, 5, 13
362	F8.3	8.6	1, 2, 3, 4, 5	-0.98	1.7	1, 4, 5, 11, 13, 14, 15
1261	F7.7	8.0	1, 2, 5	-1.25	0.8	5, 11, 13
1851	F7.0	6.5	1, 4, 5, 6	-1.00	1.0	1, 4, 5, 11, 13
1904	F5.7	8.5	1, 4, 5, 6, 7	-1.46	1.1	1, 4, 5, 7
2298	F6.7	3.5	4, 5, 6	-1.46	1.3	4, 5, 11, 13
2419	F5.5	4.0	5, 6, 7	-1.48	0.6	5, 7
2808	F7.2	8.5	1, 2, 4, 5	-1.38	1.2	1, 4, 5, 11
3201	(F9)	2.5	4, 5	-1.36	1.6	1, 4, 5, 11, 13, 14
Pal 4	(F6)	0.5	5	-1.15	0.6	11, 13
4147	F3.8	4.0	5, 6, 7	-1.56	1.8	1, 5, 7, 11, 13, 14
4372	(F3)	1.0	4, 5	-1.59	1.0	1, 4, 5, 11, 13
4590	F2.7	4.5	4, 5, 6, 7	-1.95	1.3	4, 5, 7, 11, 14
4833	(F4)	2.5	3, 4, 5	-1.67	1.4	1, 4, 5, 11, 13
5024	F4.2	9.0	4, 5, 6, 7, 8, 9 10	-1.75	4.1	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
5053	(F3)	2.0	5	-1.87	1.1	1, 11, 13, 14
5139	F6.6	7.6	1, 3, 4, 5, 8	-1.55	2.4	1, 4, 5, 8, 11, 13, 14, 15
5272	F6.1	9.0	3, 4, 5, 6, 7, 8 9, 10	-1.44	4.3	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
5286	F7.3	7.5	1, 2, 4, 5	-1.25	0.8	1, 4, 5
5466	(F5)	1.7	5	-1.87	1.2	1, 11, 13, 14
5634	F5.1	2.5	5, 6	-1.50	0.4	5
5694	F3.0	3.5	5, 6, 7	-1.92	0.6	5, 7
5824	F4.3	5.0	4, 5, 6, 7	-1.79	1.0	4, 5, 7
5897	(F3)	2.0	5	-1.85	1.4	1, 5, 11, 13, 15
5904	F6.1	9.0	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	-1.34	4.5	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
5927	G2.8	5.0	1, 4, 5	+0.9	0.8	4, 5
5946	(F5)	0.8	5	-1.6	0.2	5
5986	F6.3	7.5	2, 4, 5, 6, 7	-1.39	0.9	4, 5, 7
6093	F5.9	6.0	4, 5, 6, 7, 9	-1.45	2.2	1, 4, 5, 7, 9, 12
6121	F6.9	3.5	4, 5, 7	-1.11	2.4	1, 4, 5, 7, 11, 13, 14, 15
6139	F8.7	5.0	1, 4, 5	-0.70	0.7	4, 5
6144	(F7)	0.5	5	-	-	-
6171	G0.0	4.5	4, 5, 6, 7	-0.80	1.8	4, 5, 7, 11, 13, 14
6205	F5.4	9.0	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	-1.53	4.1	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
6218	F5.7	5.0	4, 5, 6, 7, 9	-1.52	1.8	1, 4, 5, 7, 9, 11, 13
6229	F7.3	7.0	5, 6, 7, 8	-1.36	1.9	5, 7, 8, 12, 14
6235	(F5)	0.2	5	-	-	-
6254	F6.4	6.1	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	-1.47	3.7	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
6266	F8.1	14.5	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8	-0.99	1.3	1, 4, 5, 7, 14
6273	F5.3	8.6	3, 4, 5, 6, 7, 8	-1.23	1.8	4, 5, 7, 8, 12
6284	F7.8	7.0	4, 5, 6, 7, 8	-1.30	0.8	4, 5, 7
6287	(G3)	0.4	5	-	-	-
6293	F4.1	7.0	4, 5, 6, 7, 8	-1.74	0.9	4, 5, 7
6304	G4.6	7.0	4, 5, 6, 7, 8	+0.08	0.9	4, 5, 7
6316	(F9)	1.5	5	-0.89	0.5	4, 5
6325	(G1)	0.3	5	-	-	-
6333	F2.8	7.0	4, 5, 6, 7, 8	-1.71	1.0	4, 5, 7, 14
6341	F2.8	9.0	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	-1.99	4.4	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
6342	(G2)	0.3	5	-	-	-
6352	(G2)	2.3	4, 5	-0.11	1.0	4, 5, 11, 13
6355	(G4)	0.3	5	-	-	-
6356	G3.4	11.1	3, 4, 5, 6, 7, 8 9, 10	-0.21	3.5	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

ТАБЛИЦА D (продолжение)

TABLE D (continued)

Cluster	Sp(CH/H $\gamma$ )	Wt	References	[m/H]	Wt	References
6362	(F9)	1.9	4, 5	-1.08	1.5	1, 4, 5, 11, 13, 14
6366	(G5)	0.5	5	$\pm 0.1$ :	0.2	5
HP 1	(G5):	0.1	5	-	-	-
6388	G2.5	7.6	1, 2, 3, 4, 5	-0.10	0.8	1, 4, 5
6397	F4.8	8.1	1, 2, 3, 4, 5	-1.48	1.5	1, 4, 5, 11, 13
6401	(F4)	0.2	5	-	-	-
6402	F8.1	5.0	4, 5, 6, 7, 9	-1.14	3.0	4, 5, 7, 8, 11, 13, 14
6426	(F6)	1.0	5	-1.57	0.4	5
Trz 5	(G6)	0.1	5	-	-	-
6440	G4.6	7.7	5, 6, 7, 8	-0.24	0.9	5, 7, 8
6441	G2.6	9.1	2, 3, 4, 5, 6, 8	-0.02	0.7	4, 5
6453	(F2)	0.3	5	-	-	-
6517	(G2)	1.1	5	-0.5:	0.3	5
6522	F8.7	4.6	3, 4, 5, 6, 7	-0.86	1.8	4, 5, 7, 8, 11, 13
6528	G3.4	3.2	3, 4, 5, 7	+0.06	1.3	1, 4, 5, 7, 11
6535	(F6)	0.8	5	-0.7::	0.1	5
6539	(G3)	0.7	5	+0.1::	0.1	5
6541	F5.4	8.1	1, 2, 4, 5	-1.61	1.3	1, 4, 5, 11, 13
6544	F8.8	2.1	5, 6	-0.94	0.4	5
6553	G3.2	3.6	3, 4, 5, 7	-0.22	1.6	4, 5, 7, 8, 11, 13
6569	(G0)	1.6	5	-0.81	0.5	4, 5
6584	G0.2	7.5	1, 2, 4, 5	-1.00	0.6	4, 5
6624	G2.5	7.0	4, 5, 6, 7, 8	-0.24	0.9	4, 5, 7
6626	F8.5	7.0	4, 5, 6, 8, 9	-0.90	1.7	4, 5, 9, 12
6637	G4.8	12.6	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	-0.18	1.8	4, 5, 7, 8, 11, 13
6638	G0.7	6.0	4, 5, 6, 8	-0.65	0.6	4, 5
6642	F9.2	3.2	3, 4, 5, 7	-0.82	1.1	4, 5, 7
6652	G1.3	6.0	4, 5, 6, 8	-0.68	0.7	4, 5
6656	F4.8	5.1	3, 4, 5, 6, 8, 9	-1.68	3.3	1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15
6681	F7.7	6.0	2, 4, 5, 6	-1.34	0.7	4, 5
6712	G0.3	7.6	3, 4, 5, 6, 7, 8	-0.83	1.8	4, 5, 7, 8, 11, 13
6715	F7.9	11.6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	-1.17	1.4	4, 5, 7, 8, 14
6723	F9.8	3.6	3, 4, 5, 6	-0.79	1.1	4, 5, 11, 13, 14
6749	(F8)	0.1	5	-	-	-
6752	F5.6	8.3	1, 2, 3, 4, 5	-1.52	1.6	1, 4, 5, 11, 13, 15
6760	(G0)	1.2	5	-0.76	0.5	1, 5
6779	F4.6	5.5	4, 5, 6, 7, 10	-1.77	3.2	1, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13
6809	F4.7	3.6	3, 4, 5, 7	-1.55	1.4	1, 4, 5, 7, 8
6838	G2.1	7.1	3, 4, 5, 6, 8, 9	-0.36	2.7	4, 5, 8, 9, 11, 12, 13
6864	F8.2	7.5	1, 4, 5, 6	-1.18	1.3	4, 5, 12
6934	F5.7	3.0	5, 6	-1.49	1.8	5, 11, 12, 13
6981	F7.5	3.1	3, 5, 6	-1.38	1.4	5, 8, 11, 13, 14
7006	F4.9	4.5	4, 5, 6, 7	-1.50	2.6	4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14
7078	F3.2	12.1	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	-2.02	4.5	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
7089	F4.0	10.1	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	-1.72	4.2	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15
7099	F2.8	11.5	1, 2, 4, 5, 6, 7	-1.78	2.3	1, 4, 5, 7, 11, 12, 13
Pal 13	(F6)	0.1	5	-1.25::	0.1	11, 14
7492	(F5)	0.2	5	-1.2:	0.6	5, 11, 13

Источники к таблице D  
References to the Table D

1. Kinman T.D., 1959b
2. Andrews P.J. et al., 1973
3. Gascoigne S.C.B., et. al., 1963
4. McClure et al., 1968
5. Kukarkin B.V., 1974a
6. Mayall N.U., 1964
7. Bergh S. van den, 1969
8. Morgan W.W., 1959
9. Johnson H.L., et al., 1969
10. Faber S.M., 1973
11. Kukarkin B.V., 1974b
12. Bergh S. van den, et. al., 1962
13. Kukarkin B.V., 1974c
14. Kukarkin B.V., 1974d
15. Eggen O.J., 1972

## Диаметры и видимые модули расстояний

## The Diameters and Apparent Moduli

Cluster	lg d	Wt	References	Mod <sub>app</sub> <sup>V</sup>	Wt	Способ определения Methods of determination	
	104	1.49	7	1, 2, 3, 4	13.12	3.8	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
	288	1.14	25	1, 2, 3, 4, 5, 6	14.44	0.3	4, 6, 7, 8
	362	1.11	7	1, 2, 3, 4	14.57	3.1	1, 2, 3, 4, 7, 8
	1261	0.84	6	1, 2, 4	15.55	2.8	1, 2, 7, 8
Pal	1	0.25	16	1, 4, 7	18.9	0.04	3, 7, 8
Pal	2	0.28	14	4, 7	19.3	0.04	2, 7, 8
	1851	1.04	11	1, 2, 3, 4	15.17	2.7	1, 2, 4, 7, 8
	1904	0.94	31	1, 2, 3, 4, 5	15.60	0.4	1, 3, 4, 7, 8
	2298	0.83	16	2, 3, 4, 5	15.39	1.4	1, 2, 4, 7, 8
	2419	0.61	28	1, 2, 3, 4, 5, 6	19.07	0.7	1, 3, 6, 7, 8
	2808	1.14	7	1, 2, 3, 4	15.66	2.5	1, 2, 3, 4, 7, 8
Pal	3	0.44	15	1, 4, 7	19.5	0.2	1, 2, 7, 8
	3201	1.26	17	1, 2, 3, 4	13.77	3.1	1, 2, 7, 8
Pal	4	0.33	15	1, 4, 7	19.24	1.5	1, 2, 6, 7, 8
	4147	0.60	33	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	16.37	3.2	1, 2, 3, 4, 7, 8
	4372	1.27	6	2, 3, 4	14.31	2.6	1, 2, 7, 8
	4590	1.08	33	1, 2, 4, 5, 6, 8	15.24	0.6	1, 3, 4, 7, 8
	4833	1.13	7	2, 3, 4	14.54	3.0	1, 2, 4, 6, 7, 8
	5024	1.10	34	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	16.17	3.4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
	5053	1.02	24	1, 2, 4, 5	15.75	1.6	1, 2, 3, 7, 8
	5139	1.56	8	1, 2, 3, 4	13.81	4.2	1, 2, 4, 6, 7, 8
	5272	1.21	32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	14.79	4.4	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9
	5286	0.96	6	2, 3, 4	15.4	0.2	4, 7, 8
	5466	1.04	30	1, 2, 4, 5, 6	15.83	3.1	1, 2, 3, 7, 8
	5634	0.69	26	1, 2, 3, 4, 5	16.59	0.3	1, 3, 7, 8
	5694	0.56	28	4, 5, 8	17.9	0.2	3, 7, 8
IC	4499	0.88	6	2, 4	15.3	0.02	7, 8
	5824	0.79	24	1, 2, 3, 4, 5, 8	17.12	0.4	1, 7, 8
Pal	5	0.84	15	1, 4, 7, 9	16.3	0.1	1, 3, 7, 8
	5897	1.10	35	1, 2, 3, 4, 5, 8	15.56	3.0	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8
	5904	1.24	34	1, 2, 3, 4, 5, 8	14.29	4.0	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8
	5927	1.08	6	2, 3, 4	15.52	0.4	6, 7, 8
	5946	0.85	5	2, 4	16.2	0.1	4, 7, 8
	5986	0.99	17	1, 2, 3, 4, 5, 8	15.4	0.2	1, 4, 6, 7, 8
1609+15	0.32	12	1, 4	-	-	-	-
	6093	0.95	35	1, 2, 3, 4, 5, 8	15.47	0.5	1, 4, 7, 8, 9
	6101	1.03	6	2, 3, 4	14.6	0.03	4, 7, 8
	6121	1.42	35	1, 2, 3, 4, 5, 8	12.53	3.0	1, 2, 3, 6, 7, 8
	6139	0.74	9	2, 4	16.9	0.06	7, 8
	6144	0.97	34	2, 3, 4, 5, 8	15.0	0.1	3, 4, 7, 8
	6171	1.00	33	2, 3, 4, 5, 8	14.65	3.3	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8
	6205	1.22	31	1, 2, 3, 4, 5, 8	14.06	3.2	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9
	6218	1.16	34	1, 2, 3, 4, 5, 8	14.17	2.9	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9
	6229	0.65	32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	16.85	0.5	1, 3, 6, 7, 8, 9
	6235	0.70	22	2, 3, 4	16.3	0.1	3, 7, 8
	6254	1.18	33	1, 2, 3, 4, 5, 8	13.97	3.0	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9
	6266	1.15	35	2, 3, 4, 5, 8	15.44	0.65	1, 3, 4, 7, 8
	6273	1.13	26	2, 3, 4, 5, 8	15.10	0.25	3, 4, 7, 8
	6284	0.75	26	2, 3, 4, 5, 8	16.22	0.25	3, 4, 7, 8
	6287	0.71	26	2, 3, 4, 5, 8	16.0	0.1	3, 7, 8
	6293	0.90	26	2, 3, 4, 5, 8	15.91	0.25	3, 4, 7, 8
	6304	0.83	26	2, 3, 4, 5, 8	15.5	0.15	4, 7, 8
	6316	0.69	26	2, 3, 4, 5, 8	16.8	0.1	7, 8
	6325	0.63	26	2, 3, 4, 5, 8	17.5	0.1	7, 8
	6333	0.87	34	1, 2, 3, 4, 5, 8	15.57	0.45	1, 3, 4, 7, 8
	6341	1.05	30	1, 2, 4, 5, 8	14.43	3.0	1, 2, 3, 7, 8
	6342	0.47	28	2, 3, 4, 5, 8	18.3	0.1	7, 8
	6352	0.85	6	2, 3, 4	13.90	2.8	1, 2, 4, 6, 7, 8

ТАБЛИЦА Е (продолжение)

TABLE E (continued)

Cluster	lg d	Wt	References	Mod <sub>app</sub> <sup>V</sup>	Wt	Способ определения
						Methods of determination
6355	0.70	18	4, 8	16.4	0.1	7, 8
6356	0.86	34	2, 3, 4, 5, 8	16.37	3.0	1, 2, 3, 4, 5
Trz 2	0.17	7	4	-	-	-
6362	1.03	9	1, 2, 3, 4	14.14	2.9	1, 2, 4, 7, 8
6366	0.92	22	1, 2, 4, 5	14.7	0.1	3, 7, 8
Trz 4	0.00	4	4	-	-	-
HP 1	0.46	9	4	-	-	-
6380	0.59	5	4	-	-	-
6388	0.94	8	2, 3, 4	14.9	0.1	7, 8
Trz 1	0.44	4	4	-	-	-
Ton 2	0.53	4	4	-	-	-
6397	1.41	7	1, 2, 3, 4	11.90	2.7	1, 2, 3, 4, 7, 8
6401	0.75	20	2, 4	16.3	0.1	7, 8
6402	1.07	34	1, 2, 3, 4, 5, 8	16.43	4.55	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9
Pal 6	0.86	14	4, 7	19.3	0.03	3, 7, 8
6426	0.50	23	2, 4, 5	17.08	0.3	1, 7, 8
Trz 5	0.32	2	4	23.0	0.01	7, 8
6440	0.73	23	2, 4, 5, 8	17.1	0.1	7, 8
6441	0.89	16	2, 3, 4, 5	16.0	0.2	4, 7, 8
Trz 6	0.07	4	4	-	-	-
6453	0.54	12	2, 3, 4	17.9	0.1	7, 8
6496	0.84	6	2, 3, 4	14.4	0.04	4, 7, 8
6517	0.63	21	2, 4, 5, 8	18.2	0.1	7, 8
6522	0.75	24	2, 4, 5, 8	15.22	2.8	1, 2, 4, 7, 8
6528	0.57	24	2, 4, 5, 8	15.91	1.7	1, 2, 4, 7, 8
6535	0.56	19	2, 4	15.7	0.2	3, 7, 8
6539	0.84	24	1, 2, 4, 5, 8	16.0	0.1	7, 8
6541	1.12	11	1, 2, 3, 4	14.32	2.8	1, 2, 3, 4, 7, 8
6544	0.95	18	4, 8	15.1	0.15	4, 7, 8
6553	0.91	25	2, 3, 4, 5, 8	15.1	0.1	7, 8
6558	0.57	17	4	-	-	-
IC 1276	0.85	16	1, 4, 7, 9	18.0	0.2	1, 3, 6, 7, 8
6569	0.76	21	2, 4, 5, 8	15.7	0.1	7, 8
6584	0.90	6	2, 3, 4	15.7	0.15	4, 7, 8
6624	0.77	21	2, 4, 5, 8	16.2	0.1	7, 8
6626	1.05	27	2, 3, 4, 5, 8	14.96	0.65	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9
6637	0.85	25	2, 3, 4, 5, 8	14.53	2.8	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8
6639	0.70	34	2, 3, 4, 5, 8	16.7	0.15	3, 7, 8
6642	0.65	20	2, 4	16.1	0.05	4, 7, 8
6652	0.55	17	2, 3, 4, 5, 8	16.6	0.15	4, 7, 8
6656	1.38	35	1, 2, 3, 4, 5, 8	13.33	3.2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9
Pal 8	0.67	16	4, 7	-	-	-
6681	0.89	25	2, 3, 4, 5, 8	15.7	0.15	4, 7, 8
6712	0.86	22	2, 4, 5, 8	15.09	3.4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
6715	0.96	26	1, 2, 3, 4, 5, 8	16.20	0.5	1, 6, 7, 8, 9
6717	0.59	14	4, 7	-	-	-
6723	1.04	26	1, 2, 3, 4, 5, 8	14.63	3.4	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8
6749	0.80	12	4	16.3	0.08	7, 8
6752	1.31	7	1, 2, 3, 4	13.11	2.8	1, 2, 3, 7, 8
6760	0.82	21	2, 4, 5, 8	15.9	0.2	3, 7, 8
6779	0.85	30	2, 3, 4, 5, 8	15.37	2.9	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9
Pal 10	0.54	14	4, 7	-	-	-
1927-30	0.57	12	4	-	-	-
6809	1.28	33	1, 2, 3, 4, 5, 8	13.6	0.2	3, 7, 8
Pal 11	0.80	15	4, 7, 9	-	-	-
6838	0.86	23	4, 5, 6, 8	13.39	2.9	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8
6864	0.78	33	2, 3, 4, 5, 8	17.0	0.15	3, 7, 8
6934	0.77	32	1, 2, 4, 5, 8	16.03	3.2	1, 2, 3, 4, 7, 8
6981	0.77	34	1, 2, 3, 4, 5, 8	16.12	3.0	1, 2, 3, 7, 8
7006	0.45	32	1, 2, 4, 5, 6, 8	17.91	3.3	1, 2, 3, 6, 7, 8
7078	1.09	35	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	15.22	3.7	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9
7089	1.11	34	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	15.43	3.4	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9
7099	1.04	35	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	14.52	2.9	1, 2, 3, 4, 7, 8
Pal 12	0.46	15	4, 7, 9	-	-	-
Pal 13	0.25	15	4, 7, 9	16.70	1.1	1, 7
7492	0.79	25	1, 2, 4, 5, 9	16.18	2.9	1, 2, 3, 7, 8, 9



Источники к измерениям диаметров  
References to Diameters Determinations

1. King I.R. et al., 1968
2. Shapley H. et al., 1927b
3. Shapley H. et al., 1935
4. Kukarkin B.V., 1974e
5. Mowbray A.G., 1946.
6. Kron G.E., 1973
7. Abbell G.O., 1955
8. Kron G.E. et al., 1960
9. Kinman I.D. et al., 1962

Способы определения модулей расстояний  
Methods of Determinations of Distance Moduli

1. Звезда типа RR, Лиры и горизонтальной ветви.  
RR Lyrae- and horizontal branch stars.
2. Яркие звезды (таблица 10 этой книги).  
The bright stars (table 10 of this book).
3. Яркие звезды (Bergh S. van den, 1965).  
The bright stars according to S. van den Bergh, 1965.
4. Модули по визуальным оценкам (Bergh S. van den, 1967).  
Moduli according to S. van den Bergh, 1967.
5. Звезды типа Миры Кита.  
Mira-type stars.
6. Красные переменные звезды.  
Red variable stars.
7. Диаметры шаровых скопления.  
The diameters of globular clusters.
8. Индексы богатства IR.  
The indexes of richness IR.
9. Цефеиды.  
The Cepheids.

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ С  
REMARKS TO THE TABLE C

- 4372 Величина В-V выведена косвенным путем на основе работы 21. The value В-V was calculated from data in reference 21.
- 6121 E(B-V) для отдельных участков скопления не одинаково.
- 6266 E(B-V) is different for different parts of the clusters.
- 6341 Не исключена идентичность с X-источником 3U 1736+43. The identification with X-ray source 3U 1736+43 is not excluded.
- Trz 5 IRC -20385; K = 2.21; I-K = 5.23.
- 7078 В центре скопления на волне 10.2 обнаружен мощный IR источник (McGregor et al., 1973). Не исключена идентичность с X-источником 3U 2131+11. In the centre of the cluster a strong IR source was discovered (McGregor et al., 1973). The identification with X-ray source 3U 2131+11 is not excluded.

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ E  
REMARKS TO THE TABLE E

В таблицу E не включены значения  $Mod_{app}^V$  следующих скоплений, так как их точность очень невелика. In the Table E the following a values of  $Mod_{app}^V$  were not included because of very poor accuracy:

1608+15	18.6::	Trz 1	22.2::	6717	16.3::
Trz 2	20.6::	Ton 2	18.2::	Pal 10	18.5:
Trz 4	23.4::	Trz 6	20.2::	1925-30	16.5::
HP 1	18.5::	6558	16.3:	Pal 11	16.7:
6380	17.0::	Pal 8	18.0:	Pal 12	16.8:

ТАБЛИЦА F

TABLE F

Общие сведения  
General Data

Скопление Cluster	V	B-V	U-B	V-I	Sp	[m/H]	Скопление Cluster
104	4.04	0.86	0.34	1.42	G2.6	-0.52	104
288	8.56	0.66	0.11	-	(F6)	-1.37	288
362	6.42	0.76	0.13	1.31	F8.3	-0.98	362
1261	8.64	0.70	0.12	-	F7.7	-1.25	1261
Pal 1	-	-	-	-	-	-	Pal 1
Pal 2	-	1.5:	-	-	-	-	Pal 2
1851	6.70	0.77	0.14	1.35	F7.0	-1.00	1851
1904	7.84	0.60	0.04	1.19	F5.7	-1.46	1904
2298	9.44	0.74	0.22	1.44	F6.7	-1.46	2298
2419	10.80	0.68	0.11	1.20	F5.5	-1.48	2419
2808	6.13	0.91	0.27	1.69	F7.2	-1.38	2808
Pal 3	14.5	0.6:	-	-	-	-	Pal 3
3201	7.10	0.97	0.38	1.64	(F9)	-1.36	3201
Pal 4	14.5	0.6:	-	-	(F6)	-1.15	Pal 4
4147	10.28	0.62	0.06	1.06	F3.8	-1.56	4147
4372	8.0	0.87:	0.28:	-	(F3)	-1.59	4372
4590	8.25	0.66	0.03	1.18	F2.7	-1.95	4590
4833	7.36	0.96	0.31	1.66	(F4)	-1.67	4833
5024	7.71	0.65	0.06	1.11	F4.2	-1.75	5024
5053	9.98	0.63	-	1.16	(F3)	-1.87	5053
5139	3.65	0.79	0.19	1.36	F6.6	-1.55	5139
5272	6.41	0.69	0.10	1.15	F6.1	-1.44	5272
5286	7.48	0.90	0.29	1.51	F7.3	-1.25	5286
5466	9.35	0.75	-	1.05	(F5)	-1.87	5466
5634	9.58	0.68	0.13	1.25	F5.1	-1.50	5634
5694	10.17	0.72	0.07	1.27	F3.0	-1.92	5694
IC 4499	10.7	0.8:	-	-	-	-	IC 4499
5824	8.96	0.76	0.15	1.38	F4.3	-1.79	5824
Pal 5	11.6:	-	-	-	-	-	Pal 5
5897	8.59	0.75	0.05:	1.28	(F3)	-1.85	5897
5904	6.03	0.71	0.12	1.19	F6.1	-1.34	5904
5927	7.95	1.31	0.83	2.09	G2.8	+0.09	5927
5946	9.11	1.19	0.43	-	(F5)	-1.6:	5946
5986	7.53	0.89	0.30	1.61	F6.3	-1.39	5986
1608+15	-	-	-	-	-	-	1608+15
6093	7.31	0.84	0.20	1.44	F5.9	-1.45	6093
6101	8.9:	1.0:	-	-	-	-	6101
6121	5.96	1.04	0.44	1.84	F6.9	-1.11	6121
6139	8.99	1.38	0.68	2.45	F8.7	-0.70	6139
6144	9.07	0.94	-	1.42	(F7)	-	6144

ТАБЛИЦА F

TABLE F

Общие сведения  
General Data

Скопление Cluster	$E(B-V)$	$Mod V_0$	$r$ kps	$\tau$ lg d	$D$ ps	$M_0^V$	Скопление Cluster
104	0.06	12.96	3.9	1.49	35	-9.08	104
288	0.04	14.32	7.3	1.14	29	-5.88	288
362	0.04	14.45	7.8	1.11	29	-8.15	362
1261	0.02	15.49	12.5	0.84	25	-6.91	1261
Pal 1	0.19	18.3	46	0.25	24	-	Pal 1
Pal 2	0.73	17.1	26	0.28	14	-	Pal 2
1851	0.11	14.84	9.3	1.04	30	-8.47	1851
1904	0.01	15.57	13.0	0.94	33	-7.76	1904
2298	0.12	15.03	10.1	0.83	20	-5.95	2298
2419	0.05	18.92	61	0.61	72	-8.27	2419
2808	0.30	14.76	9.0	1.14	36	-9.53	2808
Pal 3	0.05	19.4	76	0.44	61	-5.0	Pal 3
3201	0.21	13.14	4.2	1.26	22	-6.67	3201
Pal 4	0.03	19.15	68	0.33	42	-4.7	Pal 4
4147	0.02	16.31	18.3	0.60	21	-6.09	4147
4372	0.37	13.2	4.4	1.27	24	-6.8	4372
4590	0.08	15.00	10.0	1.08	35	-6.99	4590
4833	0.33	13.55	5.1	1.13	20	-7.18	4833
5024	0.02	16.11	16.7	1.10	61	-8.46	5024
5053	0.05	15.60	13.2	1.02	40	-5.77	5053
5139	0.12	13.45	4.9	1.56	52	-10.16	5139
5272	0.02	14.73	8.8	1.21	42	-8.38	5272
5286	0.20	14.8	9.1	0.96	24	-7.9	5286
5466	0.02	15.77	14.3	1.04	46	-6.48	5466
5634	0.06	16.41	19.1	0.69	27	-7.0	5634
5694	0.12	17.5	32	0.56	34	-7.7	5694
IC 4499	0.19	14.7	9.7	0.88	20	-4.6	IC 4499
5824	0.15	16.67	21.6	0.79	39	-8.16	5824
Pal 5	0.15	15.9	15.1	0.84	30	-4.7	Pal 5
5897	0.13	15.17	10.8	1.10	40	-6.97	5897
5904	0.05	14.14	6.7	1.24	34	-8.26	5904
5927	0.50	14.02	6.4	1.08	22	-7.57	5927
5946	0.55	14.6	8	0.85	17	-7.1	5946
5986	0.25	14.7	8.7	0.99	25	-7.9	5986
1608+15	0.13	-	-	0.32	-	-	1608+15
6093	0.18	14.93	9.7	0.95	25	-8.16	6093
6101	0.26	13.8	6	1.03	19	-5.7	6101
6121	0.36	11.45	2.0	1.42	15	-6.57	6121
6139	0.65	15.0	10	0.74	16	-7.9	6139
6144	0.22	14.4	8	0.97	22	-6.0	6144

ТАБЛИЦА F (продолжение)

TABLE F (continued)

Скопление Cluster	V	B-V	U-B	V-I	Sp	[m/H]	Скопление Cluster
6171	8.17	1.13	0.52	1.88	G0.0	-0.80	6171
6205	5.86	0.69	0.06	1.12	F5.4	-1.53	6205
6218	6.88	0.86	0.20	1.46	F5.7	-1.52	6218
6229	9.39	0.74	0.09	1.25	F7.3	-1.36	6229
6235	10.23	0.88	-	-	(F5)	-	6235
6254	6.63	0.92	0.24	1.60	F6.4	-1.47	6254
6256	-	-	-	-	-	-	6256
Pal 15	-	-	-	-	-	-	Pal 15
6266	6.53	1.14	0.52	2.10	F8.1	-0.99	6266
6273	6.83	1.00	0.35	1.73	F5.3	-1.23	6273
6284	9.03	0.97	0.36	1.72	F7.8	-1.30	6284
6287	9.44	1.25	-	2.33	(G3)	-	6287
6293	8.39	0.97	0.27	1.68	F4.1	-1.74	6293
6304	8.38	1.32	0.82	2.26	G4.6	+0.08	6304
6316	9.00	1.30	0.57	2.42	(F9)	-0.89	6316
6325	10.73	1.69	-	2.82	(G1)	-	6325
6333	7.75	0.96	0.30	1.75	F2.8	-1.71	6333
6341	6.50	0.63	0.02	1.10	F2.8	-1.99	6341
6342	10.10	1.36	-	1.95	(G2)	-	6342
6352	8.40	1.03	0.61	-	(G2)	-0.11	6352
6355	9.76	1.58	-	2.36	(G4)	-	6355
6356	8.28	1.14	0.58	1.85	G3.4	-0.21	6356
Trz 2	-	-	-	-	-	-	Trz 2
6362	8.23	0.90	0.29	-	(F9)	-1.08	6362
6366	10.09	1.60	0.99	-	(G5)	+0.1:	6366
Trz 4	-	-	-	-	-	-	Trz 4
HP 1	-	2.0:	-	-	(G5):	-	HP 1
6380	-	-	-	-	-	-	6380
6388	6.64	1.16	0.62	-	G2.5	-0.10	6388
Trz 1	-	-	-	-	-	-	Trz 1
T on 2	-	-	-	-	-	-	T on 2
6397	5.90	0.76	0.15	-	F4.8	-1.48	6397
6401	9.44	1.32	-	2.52	(F4)	-	6401
6402	7.49	1.25	0.60	2.10	F8.1	-1.14	6402
Pal 6	13.6:	3.4:	-	-	-	-	Pal 6
6426	11.48	0.99	0.32	1.66	(F6)	-1.57	6426
Trz 5	13.5	4.0	-	5.9	(G6)	-	Trz 5
6440	9.39	1.97	0.97	3.23	G4.6	-0.24	6440
6441	7.24	1.25	0.79	2.16	G2.6	-0.02	6441
Trz 6	-	-	-	-	-	-	Trz 6
6453	9.77	1.17	-	2.53	(F2)	-	6453
6496	8.8	1.1:	-	-	-	-	6496
Trz 9	-	-	-	-	-	-	Trz 9
6517	10.29	1.81	0.99	3.04	(G2)	-0.5:	6517
6522	8.75	1.20	0.64	1.95	F8.7	-0.86	6522

ТАБЛИЦА F (продолжение)

TABLE F (continued)

Скопление Cluster	E(B-V)	Mod <sub>0</sub> <sup>V</sup>	r kps	lg d	D ps	M <sub>0</sub> <sup>V</sup>	Скопление Cluster
6171	0.35	13.60	5.2	1.00	15	-6.48	6171
6205	0.02	14.00	6.3	1.22	30	-8.20	6205
6218	0.18	13.63	5.3	1.16	22	-7.29	6218
6229	0.06	16.67	21.6	0.65	28	-7.47	6229
6235	0.24	15.6	13	0.70	19	-6.1	6235
6254	0.26	13.19	4.3	1.18	19	-7.34	6254
6256	-	-	-	-	-	-	6256
Pal 15	-	-	-	-	-	-	Pal 15
6266	0.42	14.18	6.9	1.15	28	-8.91	6266
6273	0.36	14.0	6.3	1.13	25	-8.3	6273
6284	0.29	15.35	11.8	0.75	19	-7.2	6284
6287	0.52	14.5	7.9	0.71	12	-6.6	6287
6293	0.35	14.86	9.4	0.90	22	-7.5	6293
6304	0.50	14.0	6.3	0.83	12	-7.1	6304
6316	0.60	15.0	10.0	0.69	14	-7.8	6316
6325	0.92	14.7	8.7	0.63	11	-6.7	6325
6333	0.39	14.40	7.6	0.97	21	-7.82	6333
6341	0.03	14.34	7.4	1.05	24	-7.93	6341
6342	0.50	16.8	23	0.47	20	-8.2	6342
6352	0.34	12.88	3.8	0.85	8	-5.50	6352
6355	0.70	14.3	7	0.70	11	-6.7	6355
6356	0.32	15.41	12.1	0.86	25	-8.9	6356
Trx 2	1.2:	-	-	0.17	-	-	Trx 2
6362	0.15	13.69	5.5	1.03	17	-5.91	6362
6366	0.68	12.7	3.5	0.92	8	-4.6	6366
Trx 4	1.9:	-	-	0.00	-	-	Trx 6
HP 1	1.2	-	-	0.46	-	-	HP 1
6380	0.7:	-	-	0.59	-	-	6380
6388	0.36	13.8	6	0.94	15	-8.2	6388
Trx 1	2.4:	-	-	0.44	-	-	Trx 1
Ten 2	0.65:	-	-	0.83	-	-	Ten 2
6397	0.15	11.45	2.0	1.41	15	-6.0	6397
6401	0.74	14.1	7	0.75	11	-6.9	6401
6402	0.50	14.93	9.7	1.07	33	-8.94	6402
Pal 6	2.7:	13.3:	5:	0.86	10:	-5.7:	Pal 6
6426	0.30	16.2	17	0.50	16	-5.6	6426
Trx 5	3.1	14:	6:	0.32:	47	-9.5:	Trx 5
6440	1.14	13.7:	5.5:	0.73	9:	-7.6	6440
6441	0.46	14.6	8	0.89	19	-8.8	6441
Trx 6	1.1:	-	-	0.07	-	-	Trx 6
6453	0.66	15.9	15	0.54	25	-8.2	6453
6496	0.4:	13.2:	4:	0.84	9:	-5.6:	6496
Trx 9	-	-	-	-	-	-	Trx 9
6517	1.00	15.2	11	0.63	14	-7.9	6517
6522	0.47	13.81	5.8	0.75	10	-6.47	6522

ТАБЛИЦА F (продолжение)

TABLE F (continued)

Скопление Cluster	V	B-V	U-B	V-I	Sp	[m/H]	Скопление Cluster
6528	9.67	1.43	0.95	2.28	G3.4	+0.06	6528
6535	10.62	0.96	0.34	-	(F6)	-0.7:	6535
6539	9.62	1.91	1.16	2.39	(G3)	+0.1:	6539
6541	6.91	0.76	0.14	-	F5.4	-1.61	6541
6544	8.30	1.46	0.68	2.50	F8.8	-0.94	6544
6553	8.13	1.63	1.06	2.89	G3.2	-0.22	6553
6558	-	-	-	-	-	-	6559
IC 1276	-	-	-	-	-	-	IC 1276
Trx 11	-	-	-	-	-	-	Trx 11
6569	8.76	1.29	0.54	2.12	(G0)	-0.81	6569
6584	8.87	0.79	0.17	-	G0.2	-1.00	6584
6624	8.31	1.10	0.57	1.84	G2.5	-0.24	6624
6626	6.99	1.09	0.45	1.82	F8.5	-0.90	6626
6637	7.79	1.02	0.48	1.68	G4.8	-0.18	6637
6638	9.03	1.12	0.54	1.92	G0.7	-0.65	6638
6642	8.8	1.12	0.47	1.86	F9.2	-0.82	6642
6652	8.93	0.89	0.36	1.44	G1.3	-0.68	6652
6656	5.07	1.00	0.28	1.83	F4.8	-1.68	6656
Pol 8	-	-	-	-	-	-	Pol 8
6681	8.18	0.72	0.14	1.31	F7.7	-1.34	6681
6712	8.13	1.14	0.53	2.00	G0.3	-0.83	6712
6715	7.61	0.84	0.24	1.44	F7.9	-1.17	6715
6717	-	-	-	-	-	-	6717
6723	7.26	0.74	0.26	1.36	F9.8	-0.79	6723
6749	11.07	1.63	-	-	(F8)	-	6749
6752	5.76	0.66	0.08	-	F5.6	-1.52	6752
6760	9.08	1.68	0.8:	2.80	(G0)	-0.76	6760
Trx 7	-	-	-	-	-	-	Trx 7
6779	8.21	0.87	0.21	1.48	F4.6	-1.77	6779
Pol 10	-	-	-	-	-	-	Pol 10
1925-30	-	-	-	-	-	-	1925-30
6809	6.33	0.69	0.12	1.27	F4.7	-1.55	6809
Pol 11	-	-	-	-	-	-	Pol 11
6838	8.28	1.12	0.53	1.81	G2.1	-0.36	6838
6864	8.52	0.86	0.28	1.52	F8.2	-1.18	6864
6934	9.03	0.77	0.20	1.24	F5.9	-1.46	6934
6981	9.35	0.74	0.11	1.28	F7.5	-1.38	6981
7006	10.67	0.74	0.15	1.22	F4.9	-1.50	7006
7078	6.48	0.68	0.06	1.18	F3.2	-2.02	7078
7089	6.50	0.68	0.08	1.17	F4.0	-1.72	7089
7099	7.56	0.60	0.04	1.10	F2.8	-1.78	7099
Pol 12	-	-	-	-	-	-	Pol 12
Pol 13	14.5	0.7:	-	-	(F6)	-1.25::	Pol 13
7492	11.48	0.40	0.22	-	(F5)	-1.2:	7492

ТАБЛИЦА F (продолжение)

TABLE F (continued)

Скопление Cluster	E(B-V)	Mod <sub>0</sub> <sup>V</sup>	r kps	lg d	D ps	M <sub>0</sub> <sup>V</sup>	Скопление Cluster
6528	0.66	13.93	6.1	0.57	7:	-6.24	6528
6535	0.33	14.7	8.7	0.56	9:	-5.1	6535
6539	1.06	12.8	3.6	0.84	7:	-6.3:	6539
6541	0.17	13.81	5.8	1.12	22	-7.4	6541
6544	0.72	12.9	3.8	0.95	10:	-6.8	6544
6553	0.82	12.6	3.3	0.91	8:	-7.0	6553
6558	0.4:	-	-	0.57	-	-	6558
IC 1276	0.7:	15.9:	15:	0.85	30:	-	IC 1276
Trx 11	-	-	-	-	-	-	Trx 11
6569	0.52	14.2:	7:	0.76	12:	-7.0	6569
6584	0.08	15.4	12	0.80	28	-6.8	6584
6624	0.30	15.2	11	0.77	19	-7.9	6624
6626	0.38	13.82	5.8	1.05	19	-7.97	6626
6637	0.18	13.99	6.3	0.85	13	-6.74	6637
6638	0.37	15.6	13	0.70	19	-7.7	6638
6642	0.38	15.0	10	0.65	13	-7.3	6642
6652	0.13	16.2	17	0.55	18	-7.6	6652
6656	0.38	12.19	2.7	1.38	19	-8.26	6656
Pal 8	0.6:	-	-	0.67	-	-	Pal 8
6681	0.04	15.8	13	0.89	30	-7.6	6681
6712	0.44	13.77	5.7	0.86	12	-6.95	6712
6715	0.15	15.75	14.1	0.96	38	-8.59	6715
6717	0.4:	-	-	0.59	-	-	6717
6723	0.03	14.54	8.1	1.04	26	-7.37	6723
6749	0.92	13.5:	5:	0.80	9:	-5.2	6749
6752	0.04	12.99	4.0	1.31	24	-7.35	6752
6760	0.92	13.2:	4.4:	0.82	8:	-6.9	6760
Trx 7	-	-	-	-	-	-	Trx 7
6779	0.21	14.74	8.9	0.85	18	-7.16	6779
Pal 10	0.8:	-	-	0.54	-	-	Pal 10
1925-30	0.18	-	-	0.57	-	-	1925-30
6809	0.08	13.3	4.6	1.28	25	-7.25	6809
Pal 11	0.24	-	-	0.50	-	-	Pal 11
6838	0.32	12.43	3.1	0.86	6	-5.11	6838
6864	0.17	16.5	20	0.78	35	-8.5	6864
6934	0.17	15.52	12.8	0.77	22	-7.00	6934
6981	0.06	15.94	15.4	0.77	26	-6.77	6981
7006	0.08	17.67	34.2	0.45	28	-7.24	7006
7078	0.09	14.95	9.8	1.09	35	-8.74	7078
7089	0.06	15.25	11.2	1.11	42	-8.93	7089
7099	0.06	14.34	7.4	1.04	24	-6.96	7099
Pal 12	0.07	-	-	0.46	-	-	Pal 12
Pal 13	0.02	16.6:	21:	0.25	11:	-2.2:	Pal 13
7492	0.02	16.12	16.8	0.79	30	-4.70	7492



Cluster	x	y	z	RV	Wt
104	+ 1.6	- 2.2	- 2.7	- 18	6.6
288	- 0.1	0.0	- 7.3	- 47	2.0
362	+ 2.8	- 4.6	- 5.6	+221	2.2
1261	+ 0.1	- 7.7	- 9.9	+ 46	0.8
Pal 1	-28:	+33:	+15:	-	-
Pal 2	-26:	+ 4:	- 4:	-	-
1851	- 3.3	+ 7.0	- 5.4	+310	2.3
1904	- 6.1	- 6.6	- 5.1	+198	2.1
2298	- 4.0	- 8.9	- 2.8	+ 64	0.5
2419	-55.0	- 0.4	+25.9	+ 1	0.7
2808	+ 1.9	- 8.7	- 1.8	+101	2.4
Pal 3	-28	-48	+50	-	-
3201	+ 0.5	- 4.2	+ 0.6	+493	3.2
Pal 4	-20	- 8	+64	-	-
4147	- 1.2	- 3.9	+17.8	+188	0.6
4372	+ 2.2	- 3.7	- 0.7	+ 86	1.2
4590	+ 4.0	- 7.0	+ 5.9	-116	0.4
4833	+ 2.8	- 4.2	- 0.7	+204	1.2
5024	+ 2.6	- 1.4	+16.4	-112	0.9
5053	+ 2.3	- 1.0	+12.9	-	-
5139	+ 3.0	- 3.7	+ 1.3	+230	2.1
5272	+ 1.3	+ 1.2	+ 8.7	-154	5.5
5286	+ 6.0	- 6.7	+ 1.7	+ 45	1.7
5466	+ 3.0	+ 2.7	+13.7	-	-
5634	+11.9	- 3.8	+14.5	- 63	0.4
5694	+24	-13	+16	-187	0.4
IC 4499	+ 5:	- 6:	- 3:	-	-
5824	+17.7	- 9.2	+ 8.1	- 58	0.4
Pal 5	+10.5	+ 0.2	+10.8	-	-
5897	+ 9.0	- 2.8	+ 5.5	-	-
5904	+ 4.6	+ 0.3	+ 4.9	+ 50	4.2
5927	+ 5.3	- 3.5	+ 0.5	- 88	0.6
5946	+ 6.9	- 4.4	+ 0.6	-	-
5986	+ 7.7	- 3.3	- 2.0	+ 2	0.4
1608+15	+50±	+30±	+50±	-	-
6093	+ 9.0	- 1.2	+ 3.2	+ 19	0.9
6101	+ 4:	- 4:	- 2:	-	-
6121	+ 1.9	- 0.3	+ 0.6	+ 65	2.4
6139	+ 9.1	- 2.9	+ 1.2	+ 20	0.8
6144	+ 7.1	- 1.0	+ 2.0	-	-
6171	+ 4.8	+ 0.3	+ 2.1	-147	0.4
6205	+ 2.5	+ 4.1	+ 4.1	-240	3.9
6218	+ 4.6	+ 1.3	+ 2.4	- 16	1.1
6229	+ 5.2	+15.8	+13.9	-152	0.8
6235	+13	- 0.2	+ 3	-	-
6254	+ 3.8	+ 1.0	+ 1.7	+ 69	1.8
6266	+ 6.8	- 0.8	+ 0.9	- 77	1.1
6273	+ 6.3	- 0.3	+ 1.0	+114	0.9
6284	+11.6	- 0.3	+ 2.0	+ 22	0.4
6287	+ 7.6	0.0	+ 1.5	-	-
6293	+ 9.3	- 0.4	+ 1.3	- 73	4
6304	+ 6.3	- 0.6	+ 0.6	- 98	0.5
6316	+ 9.8	- 0.5	+ 1.0	-	-
6325	+ 8.7	+ 0.1	+ 1.2	-	-
6333	+ 7.4	+ 0.7	+ 1.4	+224	0.6
6341	+ 2.2	+ 5.6	+ 4.2	+118	3.3
6342	+22	+ 2	+ 4	-	-
6352	+ 3.5	- 1.2	- 0.5	-	-
6355	+ 7	- 0.1	+ 1	-	-
6356	+11.8	+ 1.4	+ 2.1	+ 32	0.6
6362	+ 4.3	- 2.9	- 1.6	- 18	2.4
6366	+ 3.1	+ 1.0	+ 1.0	-	-

Cluster	x	y	z	RV	Wt
6388	+ 5.5	- 1.4	- 0.7	+ 81	2.4
6397	+ 1.8	- 0.7	- 0.4	+ 11	4.0
6401	+ 6.4	+ 0.4	+ 0.4	-	-
8402	+ 8.7	+ 3.4	+ 2.5	-116	1.0
Pal 6	+ 5:	+ 0.2:	+ 0.1:	-	-
6426	+14.6	+ 7.8	+ 4.8	-	-
Trz 5	+ 6:	+ 0.1:	+ 0.0:	-	-
6440	+ 5.4	+ 0.7	+ 0.3	-118	0.7
6441	+ 8.3	- 0.9	- 0.7	- 70	0.4
6453	+15	- 1	- 1	-	-
6496	+ 4:	- 1:	- 1:	-	-
6517	+10	+ 4	+ 1	-	-
6522	+ 5.8	+ 0.1	- 0.4	- 24	0.1
6528	+ 6.1	+ 0.1	- 0.4	+114	0.3
6535	+ 7.6	+ 3.9	+ 1.6	-	-
6539	+ 3.4	+ 1.3	+ 0.4	-	-
6541	+ 5.6	- 1.0	- 1.1	-148	1.8
6544	+ 3.8	+ 0.4	- 0.1	- 12	0.4
6553	+ 3.3	+ 0.3	- 0.2	- 27	0.3
IC 1276	+14	+ 6	+ 1.5	-	-
6569	+ 7:	0:	- 1:	-	-
6584	+11.2	- 3.6	- 3.5	+160	0.4
6624	+11	+ 0.5	+ 1.6	+ 69	0.4
6626	+ 5.7	+ 0.8	- 0.6	0	0.7
6637	+ 6.2	+ 0.2	- 1.1	+ 74	1.0
6638	+13.0	+ 1.8	- 1.7	- 14	0.5
6642	+10:	+ 2:	- 1:	- 84	0.2
6652	+16.8	+ 0.4	- 3.4	-124	0.4
6656	+ 2.7	+ 0.5	- 0.4	-144	3.3
Pal 8	+15±	+ 4±	- 2±	-	-
6681	+12.9	+ 0.6	- 2.9	+198	0.4
6712	+ 5.1	+ 2.4	- 0.4	-124	0.7
6715	+13.6	+ 1.3	- 3.4	+122	1.8
6717	+10:	+ 2:	- 2:	-	-
6723	+ 7.7	+ 0.0	- 2.4	- 3	0.4
6749	+ 4:	+ 3:	- 0.2:	-	-
6752	+ 3.3	- 1.4	- 1.7	- 39	4.0
6760	+ 3.5	+ 2.5	- 0.3	-	-
6779	+ 4.0	+ 7.8	+ 1.3	-145	1.9
Pal 10	+10±	+13±	+ 1±	-	-
6809	+ 4.2	+ 0.7	- 1.8	+169	2.1
Pal 11	+13:	+ 8:	- 4:	-	-
6838	+ 1.7	+ 2.5	- 0.2	- 80	4
6864	+17	+ 6	- 9	-198	2.0
6934	+ 7.4	+ 9.5	- 4.1	-360	0.6
6981	+10.6	+ 7.5	- 8.3	-255	0.5
7006	+14.2	+28.9	-11.3	-362	0.7
7078	+ 3.7	+ 7.9	- 4.5	-109	2.8
7089	+ 5.4	+ 7.3	- 6.6	- 5	3.9
7099	+ 4.5	+ 2.3	- 5.4	-175	1.8
Pal 12	+12:	+ 7:	-15:	-	-
Pal 13	+ 0.8	+15.6	-14.4	-	-
7492	+ 4.5	+ 6.0	-15.0	-	-

- Abell, G. O., 1955, *Publ. Astron. Soc. Pacific* 67, 258-261.
- Agt, S. van., 1967, *Bull. Astron. Inst. Netherland* 19, 275.
- Agt, S. van., 1973, *Variable Stars in Globular Clusters and Related Systems*, ed. J. D. Fernie, D. Reidel; Holland, pp. 53-48.
- Albada, T. S. van and Baker, N., 1973, *Astroph. J.* 185, 477-499.
- Andrews, P. J. and Evans, T. Lloyd, 1973, *The Observatory* 93, 199-200.
- Andrews, P. J., Feast, M. W., Lloyd Evans, T. and Thackeray A. D., 1974, private communication.
- Arp, H. C., 1955, *Astron. J.* 60, 1-17.
- Arp, H. C., 1958, *Astron. J.* 63, 118.
- Arp, H. C., 1959, *Astron. J.* 64, 441-447.
- Arp, H. C., 1965, *Stars and Stellar Systems, Vol. 5, Galactic Structure*, Univ. Chicago Press, pp. 401-434.
- Baade, W., 1954, *Trans. Intern. Astron. Union, Vol. VIII*, p. 398.
- Baade, W., and Swope, H., 1961, *Astron. J.* 66, 300.
- Bergh, S. van den, 1956, *Zeisch. Astroph.* 41, 61-65.
- Bergh, S. van den, 1957, *Astron. J.* 62, 334-339.
- Bergh, S. van den, 1967a, *Astron. J.* 72, 70-81.
- Bergh, S. van den, 1967b, *J. Astron. Soc. Canada* 61, 179-183.
- Bergh, S. van den, 1969, *Astroph. J. Suppl. Vol. 19, No. 171*, pp. 145-174.
- Bergh, S. van den and Hagen, G. L., 1968, *Astron. J.* 73, 569-578.
- Bergh, S. van den and Henry, R. C., 1962, *David Dunlap Obs. Publ. Vol. 2*, 281-313.
- Cannon, A. J., 1929, *Harvard Obs. Bulletin No. 868*.
- Catchpole, R. M., Feast, M. W. and Menzies, J. W., 1970, *The Observatory* 90, 63-65.
- Christie, W. H., 1940, *Astroph. J.* 91, 8 - MtWolson Obs. Contr. No. 620.
- Christy, R. F., 1962, *Astroph. J.* 136, 887-902.
- Christy, R. F., 1964, *Rev. Mod. Phys.* 36, 555.
- Christy, R. F., 1966, *Astroph. J.* 144, 108-179.
- Christy, R. F., 1970, *Preprint Steward Observatory, No. 35*, pp. 11-16.
- Demarque, P. R. and Geisler, J. E., 1963, *Astroph. J.* 137, 1102-1120.
- Demarque, P. R. and Mengel, J. G., 1972, *Astroph. J.* 171, 583-591.
- Demers, S., 1971, *Astron. J.* 76, 916.
- Deutsch, A. J., 1955, *Principes Fondamentaux de Classification Stellaire*, Paris, pp. 25-37.
- Dickens, R. J., 1972, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 157, 281-298.
- Dufay, J. et Bigay, J. H., 1959, *Publ. Haute-Prov. Obs. Vol. 4, No. 41*.
- Eggen, O. J., 1972, *Astroph. J.* 172, 639-677.
- Eigenson, A. M., 1973, *Астрофизика* 9, 431-447.
- Evans, T. Lloyd, 1973, Private communication.
- Evans, T. Lloyd and Menzies, J. W., 1973, *Variable Stars in Globular Clusters and in Related Systems*, ed. J. D. Fernie, pp. 151-163, D. Reidel.
- Faber, S. M., 1973, *Astroph. J.* 179, 731-754.

- Feast, M.W., 1967, *The Observatory*, 87, 35-37.
- Feast, M.W., 1972, *Quart. J. R. Astron. Soc.* 13, 191.
- Feast, M.W., 1973, *Variable Stars in Globular Clusters and in Related Systems*, ed. J.D. Fernie, pp. 131-144, D. Reidel.
- Feast, M.W., and Thackeray A.D., 1960, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 120, 463-482.
- Fehrenbach, C., 1948, *Ann. Astroph.* 11, 225-227.
- Fehrenbach, C. and Duflot, M., 1962, *Europ. South. Obs. Com.* no. 2.
- Frolov, M.S., 1970, *Pulsating Stars*, ed. Kukarkin B.V., "Nauka", Moscow, p. 124.
- Gascoigne, S.C.B. and Burr, E.F., 1956, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 116, 570.
- Gascoigne, S.C.B. and Koeler, J.A., 1963, *The Observatory*, 83, 66-67.
- Gascoigne, S.C.B. and Ogston, F.A., 1963, *The Observatory*, 83, 64-65.
- Guetter, H.H., 1973, private communication.
- Hartwick, F.D.A., 1968, *Astroph. J.* 154, 475-481.
- Holetschek, J., 1904, *Sirius*, Vol. 37, pp. 275-281.
- Iben, I., 1972, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 83, 697.
- Iben, I. and Rood, R.T., 1970, *Astroph. J.* 161, 587-617.
- Johnson, H.L., 1959, *Lowell Obs. Bull.* Vol. 4, pp. 117-121 (No. 99).
- Johnson, H.L. and McNamara, D.H., 1969, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 81, 485.
- Johnson, H.L., Mitchell, R.I., Iriarte, B. and Wisniewski, W.Z., 1966, *Comm. Lunar and Planet Labor.* Vol. 4, No. 63.
- Joy, A.H., 1949, *Astroph. J.* 110, 105-116.
- Kadla, Z.I., 1971, *Астрон. Ж.* 48, 760-765.
- Kadla, Z.I. and Spasova, N., 1972, *Астрон. Ж.* 49, 504-513.
- Kholopov, P.N., 1949, *Астрон. Ж.* 26, 298-304.
- Kholopov, P.N., 1952, *Астрон. Ж.* 29, 671-681.
- Kholopov, P.N., 1953, *Publ. Sternberg Astron. Inst.* Vol. 23, 250-301.
- Kholopov, P.N., 1957, *Variable Stars*, 11, 202-209.
- Kholopov, P.N., 1965, *Астрон. Ж.* 42, 1195.
- Kholopov, P.N., 1968a, *Астрон. Ж.* 45, 788.
- Kholopov, P.N., 1968b, *Астрон. Ж.* 45, 1235.
- Kholopov, P.N., 1971, *Variable Stars* 18, 117-130.
- King, I.R., 1961, *Astron. J.* 66, 68.
- King, I.R., 1962, *Astron. J.* 67, 471-485.
- King, I.R., 1966a, *Astron. J.* 71, 64.
- King, I.R., 1966b, *Astron. J.* 71, 276.
- King, I.R., 1974, private communication.
- King, I.R., Hedemann, E., Hodge, S.M. and White, R.F., 1968, *Astron. J.* 73, 456-491.
- Kinman, T.D., 1959a, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 119, 157-173.
- Kinman, T.D., 1959b, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 119, 538-558.
- Kinman, T.D., 1959c, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 119, 559-576.
- Kinman, T.D. and Rosino, L., 1962, *Publ. Astron. Soc. Pacific* 74, 449-506.
- Koehler, J.A., 1965, *The Observatory* 85, 197.
- Kron, G.E., 1966, *Publ. Astron. Soc. Pacific* 78, 143.

- Kron, G. E., 1973, private communication.
- Kron, G. E. and Mayall, N. U., 1960, *Astron. J.* **65**, 581-620.
- Kukarkin, B. V., 1970, *Astron. Circ. No.* 599.
- Kukarkin, B. V., 1971, *Астроном. Ж.* **48**, 113-119.
- Kukarkin, B. V., 1973, *Astron. Circ. No.* 780.
- Kukarkin, B. V., 1974a, The colour equivalents from the Table C of this book.
- Kukarkin, B. V., 1974b, The Table 3 of this book.
- Kukarkin, B. V., 1974c, The Table 4 of this book.
- Kukarkin, B. V., 1974d, The Table 5 of this book.
- Kukarkin, B. V., 1974e, The Table 6 and 7 of this book.
- Kukarkin, B. V. and Kireeva, N. N., 1973, *Astron. Circ. No.* 797.
- Kukarkin, B. V. and Kireeva, N. N., 1974, *Astron. Circ. Nos.* 808, 811.
- Kukarkin, B. V. and Kulikovskiy, P. G., 1951; *Variable Stars* **8**, 1-15.
- Kukarkin, B. V. and Rastorguev, A. S., 1972, *Variable Stars* **18**, 383-388.
- Kukarkin, B. V. and Rastorguev, A. S., 1973, *Variable Stars in Globular Clusters and in Related Systems*, ed. J. D. Fernie, D. Reidel, pp. 181-184.
- Kukarkin, B. V. and Russev, R. M., 1972.
- Kwee, K. K. 1968, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, **19**, 374.
- Lohmann, W., 1953, *Zeitschr. Astroph.* **30**, 234-247.
- McGregor, A. D., Phillips, J. P. and Selby, M. J., 1973, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* **164**, 31p-33p.
- McClure, R. D. and Bergh, S. van den, 1968, *Astron. J.* **73**, 313-337.
- Mayall, N. U., 1946, *Astroph. J.* **104**, 290-323.
- Mironov, A. V., 1972, *Астроном. Ж.* **49**, 134-137.
- Mironov, A. V., 1973, *Астроном. Ж.* **50**, 27-38.
- Morgan, W. W., 1956, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **68**, 509-516.
- Morgan, W. W., 1959, *Astron. J.* **64**, 432-435.
- Mowbray, A. G., 1946, *Astroph. J.* **104**, 47.
- Nabokov, M. E., 1925, *Астроном. Ж.* **2**, 51-68.
- Nabokov, M. E., 1931, *Astron. Nachr.* **241**, 289-296.
- Neff, J. S., 1970, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* **149**, 45-50.
- Osborn, W. H., 1971, Thesis.
- Ostriker, J. P., Spitzer, L. and Chevalier, R. A., *Astroph. J.*, 1972, L 51-L 56.
- Parento, P. P., 1930, *Астроном. Ж.* **7**, 37-40.
- Parento, P. P., Kukarkin, B. V. and Florja, N. F., 1949, *Publ. Sternberg Astron. Inst. Vol.* **14**, 47-70.
- Pavlovskaya, E. D., 1953, *Variable Stars*, **9**, 349-370.
- Peebles, P. J. E. and Dicke, R. H., 1968, *Astroph. J.* **154**, 891-908.
- Philip, A. G. Davis, 1973, private communication.
- Racine, R., 1973, *Astron. J.* **78**, 180.
- Rood, R. T., 1970, *Astroph. J.* **161**, 145-157.
- Rood, R. T., 1973, *Astroph. J.* **184**, 815-837.
- Rousseau, J., 1964, *Ann Astroph.*, **27**, 681.
- Russev, R. M., 1971, *Variable Stars* **18**, 171-181.
- Sandage, A., 1969, *Astroph. J.* **157**, 515-532.

- Sawyer, H. B. and Shapley H., 1927, *Harvard Obs. Bull.* No. 848.
- Sawyer-Hogg, H. B., 1959, *Handbuch d. Astroph.* Vol. 53, pp. 129-207.
- Sawyer-Hogg, H. B., 1963, *Publ. David Dunlap Obs.* Vol. 2, No. 12.
- Sawyer-Hogg, H. B., 1973, *Publ. David Dunlap Obs.* Vol. 3, No. 6.
- Schwarzschild, M., 1970, *Quart. J.R. Astron. Soc.* 11, 12.
- Schwarzschild, M. and Härm, R., 1970, *Astroph. J.* 161, 341-344.
- Shapley, H., 1930, *Star Clusters*, *Harvard Obs. Monographs* No. 2.
- Shapley, H. and Sawyer, H. B., 1927a, *Harvard Obs. Bull.* No. 849.
- Shapley, H. and Sawyer, H. B., 1927b, *Harvard Obs. Bull.* No. 852.
- Shapley, H. and Sayer, A. R., 1935, *Nat. Acad. Sci. Proc.* Vol. 21, pp. 593-597.
- Sharov, A. S., 1963, *Астрон. Ж.* 40, 900.
- Stebbins, J., 1950, *Monthly Not. R. Astron. Soc.* 110, 416-428.
- Stebbins, J. and Whitford, A. E., 1936, *Astroph. J.* 84, 132.
- Stothers, R., 1963, *Astron. J.* 68, 242-253.
- Swope, H., 1968, *Astron. J. Suppl.* No. 73.
- Terzan, A., 1968, *Publ. Obs. Haute-Provence*, Vol. 10, No. 8.
- Terzan, A., 1971, *Astron. and Astroph.* 12, 477-481.
- Vaucouleurs, G. de, 1959, *Lowell Obs. Bull.* Vol. 4, 105 (No. 97).
- Vorontsov-Velyaminov, B. A., 1929, *Astron. Nachr.* 236, 1-8.
- Vysotsky, A. N. and Williams, E. T. R., 1933, *Astroph. J.* 77, 301-309.
- Walker, M. F., 1955, *Astron. J.* 60, 197-202.
- Wallenquist, A. and Lunby, A., 1944, *Astron. Obs. Uppsala Medd.* no. 86.
- Wallerstein, G., 1970, *Astroph. J.* 160, 345-347.
- Wilkens, H., 1937, *Braslau Stw. Mitt. Bd. IV*, pp. 1-41.
- Wilkens, H., 1960, *Obs. Astron. La Plata Circ.* No. 16.
- Wilkens, H., 1970, *Obs. Astron. La Plata Circ.* No. 18.
- Wing, R. F., Warner, J. W. and Smith, M. G., 1973, *Astroph. J.* 179, 135-145.
- Zaitseva, G. V., Lyutiy, V. M. and Kukarkin, B. V., *Астрон. Ж.* 1974 (в печати).
- Zhevakin, S. A., 1947, *Доклады АН СССР*, 58, 385.
- Zhevakin, S. A., 1952, *Астрон. Ж.* 29, 37.
- Zhevakin, S. A., 1963, *Ann. Rev. Astron. Astroph. ed. L. Goldberg*, Vol. 1, p. 366.
- Zhevakin, S. A., 1970, *Pulsating Stars*, ed. Kukarkin, B. V., "Nauka", Moscow, p. 17.
- Zinn, R. J., Newell, E. B. and Gibson, J. B., 1972, *Astron. Astroph.* 18, 390-402.

## Дополнительные сведения о шаровом скоплении IC 4499

После того, как книга была подготовлена к печати была получена работа C.R.Fourcade and J.R.Laborde, The Globular Cluster IC 4499, Cordoba Astronomical Observatory Preprint, October 1973. Скопление IC 4499 представляет особый интерес, поскольку является едва ли не самым богатым переменными звездами типа RR Lyrae. К сожалению, все характеристики скопления были очень ненадежны. Теперь же многие из них удалось определить с большей точностью. Все новые данные приведены ниже.

### Additional Information on the Globular Cluster IC 4499

After the book had been prepared for publication the paper of C.R.Fourcade and J.R.Laborde, The Globular Cluster IC 4499, Cordoba Astronomical Observatory Preprint, October 1973, was received. The globular cluster IC 4499 has special interest because of large number of RR Lyrae-type variable stars (it is possible that this cluster is the richest one by RR Lyrae stars). At the same time the data of this cluster was extremely unreliable. All the new data are given in the following pages. The weights are given in parenthesis.

Table 3.  $\Delta V = 2.8(1)$ ;  $S = 4.3(1)$ ;  $(B-V)_{0,9} = -0.78(1)$ ;  $HB = -17.71(1)$

Table 4.  $K = 0.50(1)$

Table 8.  $M_V^{RR} = 0.80(1)$

Table 9.  $m_B^{RR} = 18.1(0.4)$

Table 10.  $V5 = 14.43$ ;  $V25 = 15.10$ ;  $B5 = 16.24$ ;  $B25 = 16.58$

Table 11.  $IR = 0.30(3.2)$

Table C.  $E(B-V) = 0.27(3)$

Table D.  $Sp = (F6)(1)$ ;  $[m/H] = -1.36(5)$

Table E.  $Mod_{app}^V = -16.22(1.23)$

Table F.  $Mod_0^V = -15.41$ ;  $r = 12.1$ ;  $lg D = -1.43$ ;  $M_0^V = -5.5$

Appendix.  $x = 6.9$ ;  $y = -9.0$ ;  $z = -4.2$

71 коп.

64528 - 114  
33625