

Сравнение показателей цвета галактических цефеид

Г. С. Бадалян

В настоящей работе произведено сравнение показателей цвета галактических цефеид, полученных фотографическим и фотоэлектрическим методами (по наблюдениям в фотографических и фотовизуальных лучах). Это сравнение показывает, что между фотографическими и фотоэлектрическими наблюдаемыми показателями цвета имеется хорошее согласие, а между нормальными показателями цвета — значительное расхождение. При этом нормальные показатели цвета, определенные на основании фотоэлектрических наблюдений, завышены, что сильно влияет на точность определения избирательного поглощения.

A comparison of colour indices of galactic cepheids obtained with the aid of photographic and photoelectric methods (on the base of observations in photographic and photovisual light) is given in the paper. This comparison shows a good correspondence between the colour indices obtained from photographic and photoelectric observations, but a considerable difference between normal colour indices. The normal colour indices obtained on the base of photoelectric observations are too high. This influences considerably the precision of determination of selective absorption.

§ 1. Наблюдаемые показатели цвета

Как известно, один из методов определения поглощения света в межзвездном пространстве основывается на измерении избытков цвета отдаленных звезд.

За последние годы нами были определены фотографическим путем избытки цвета значительного числа галактических цефеид.

Эгген [1] исследовал фотоэлектрическим методом 30 долгопериодических цефеид, определив для них видимые показатели цвета; 27 из этих цефеид исследованы и нами [2, 3]. Поскольку фотоэлектрический метод имеет сравнительно большую точность, мы нашли целесообразным сравнить полученные Эггеном [1] видимые показатели цвета с нашими определениями. Для сравнения в табл. 1 приведены наблюдаемые показатели цвета для 27 общих звезд.

Т а б л и ц а 1

№	Цефеида	CI_B	$CI_{\mathcal{E}}$	№	Цефеида	CI_B	$CI_{\mathcal{E}}$
1	DT Cyg	0.48	0.46	15	U Sgr	1.12	0.94
2	SZ Tau	0.78	0.73	16	U Aql	0.93	0.89
3	SS Sct	0.84	0.86	17	RX Cam	0.97	1.08
4*	SU Cyg	0.50	0.45	18*	YZ Sgr	0.88	0.78
5	Y Lac	0.75	0.61	19*	FN Aql	1.04	1.04
6	T Vul	0.62	0.54	20*	Z Lac	0.95	1.05
7	FF Aql	0.73	0.65	21	TT Aql	1.15	1.12
8	V 350 Sgr	0.74	0.78	22	RW Cas	1.03	1.06
9	BG Lac	0.79	0.81	23	X Cyg	1.08	1.02
10	Y Sgr	0.71	0.74	24	SZ Aql	1.11	1.22
11*	FM Aql	0.92	1.11	25	WZ Sgr	1.28	1.18
12	X Vul	1.08	1.20	26	T Mon	1.00	1.08
13*	RR Lac	0.92	0.76	27	SV Vul	1.33	1.30
14*	XX Sgr	0.96	0.98				

Из табл. 1 видно, что в большинстве случаев наблюдаемые показатели цвета почти совпадают или разница находится в пределах ошибок. Эти данные графически представлены на рис. 20, где по оси абсцисс отложены наблюдаемые показатели цвета *Эггена*, а по оси ординат — полученные нами.

Средний квадрат разности между показателями цвета *Эггена* и нашими составляет $\pm 0^m.08$.

Необходимо сказать, что для ряда цефеид вместо опубликованных нами в предыдущей работе использованы для сравнения произведенные нами новые фотографические определения (отмечены в таблице

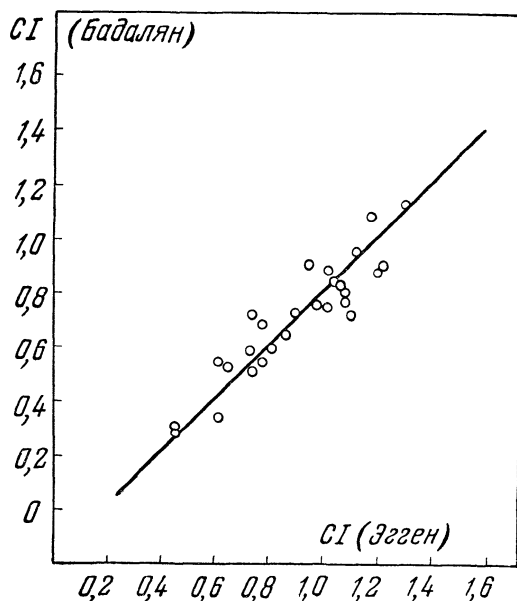


Рис. 20

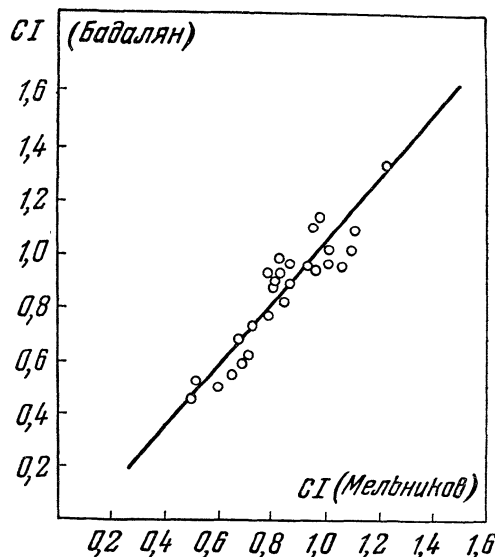


Рис. 21

звездочками). Таким образом, полученные *Эггеном* результаты подтверждают наши определения видимых показателей цвета галактических цефеид.

Из исследованных нами цефеид 27 входят в список *О. А. Мельникова* [5].

Сравнение полученных *Мельниковым* результатов с нашими данными приведено на рис. 21, где по оси абсцисс отложены наблюдаемые показатели цвета *Мельникова*, а по оси ординат — полученные нами. Мы видим, что для 27 цефеид между наблюдаемыми показателями цвета, определенными *Мельниковым* и нами, имеется четкая зависимость.

§ 2. Сравнение нормальных показателей цвета

При исследовании избирательного поглощения, кроме определения наблюдаемых показателей цвета объектов какого-либо типа, важной задачей является точное определение нормальных показателей цвета этих объектов. Поэтому надо найти удобный способ, позволяющий определять нормальные показатели цвета цефеид. Известно, что для гигантов так же, как для карликов, существует определенное соотношение между нормальными показателями цвета и спектральным типом, которое позволяет по спектру определить нормальный показатель цвета.

Нормальные показатели цвета многие авторы обычно определяют по наблюдаемым показателям цвета тех звезд, которые расположены

в высоких галактических широтах. При этом часто пренебрегают поглощением для таких звезд.

Как показал *Н. Ф. Флоря* [6], при определении нормальных показателей цвета звезд различных типов в Каталоге *Стеббинса*, *Харффера* и *Уитфорда* была допущена ошибка, равная $0^m 04$, что приводит к ошибке для общего поглощения порядка $0^m 4$.

Для определения нормальных показателей цвета отдельных галактических цефеид в нашей предыдущей работе мы пользовались выведенными нами зависимостями нормальных показателей от периода и от спектрального типа. Между полученными этими двумя способами показателями цвета имеется хорошее согласие, и только для некоторых цефеид получается незначительная разница, возможно, вызванная тем, что для некоторых цефеид спектральные типы определены не совсем точно. Поэтому более точны те нормальные показатели цвета, которые получены в зависимости от периода.

Полученная нами в предыдущих работах зависимость нормального показателя цвета галактических цефеид от логарифма периода и от спектрального типа имеет вид:

$$CI_0 = 0^m.161 + 0.507 \lg P, \quad (1)$$

$$CI'_0 = 0^m.409 + 0.219 \text{ Sp}. \quad (2)$$

При этом показатели цвета приведены к медианной фазе, а спектральные типы к системе *Струве* [7] и *Кода* [8]. В последние годы, в связи с исследованием космического поглощения, были определены совершенно независимо друг от друга и разными способами нормальные показатели цвета галактических цефеид: *Мельниковым* для 47 цефеид, *Вашакидзе* (фазы максимума блеска) для 110 цефеид [9], *Эггеном* для 30 цефеид электрофотометрическим способом (фазы максимума и минимума), *Федорович* [10] для 23 цефеид, *Хайденом* [11] для 7 цефеид и *Бадаляном* [4] для 167 цефеид с помощью фотографических наблюдений в разных фазах, но затем приведенных к фазе среднего блеска.

Нормальные показатели цвета цефеид *Мельникова*, *Эггена*, *Бадаляна* и *Сирса* [12] для звезд-гигантов в зависимости от периода представлены графически на рис. 22, где по оси абсцисс отложен логарифм периода, а по оси ординат — нормальный показатель цвета. Зависимость *Сирса* $CI - \text{Sp}$ была преобразована в зависимость $CI - \lg P$ с помощью линейного соотношения *Б. В. Кукаркина* [13]:

$$\lg P = \frac{\text{Sp} - 0,5}{12,5}. \quad (3)$$

Кривая *М* относится к нормальным показателям цвета по *Мельникову*, кривая *Е* — по *Эггену**, кривая *С* по *Сирсу* и кривая *Б* по *Бадалян*.

Мельников для определения нормальных показателей цвета цефеид использовал данные разных источников, сделав соответствующие исправления для приведения к одной системе. В результате он получил следующую зависимость от логарифма периода:

$$CI_0 = 0.27 + 0.29 \lg P. \quad (4)$$

* После окончания настоящей работы мне стала известна другая работа Эггена (АрЖ 114, 144, 1951), в которой указано, что для приведения показателей цвета Эггена $\bar{C}_p$ к интернациональной системе, к ним следует придать поправки по формуле: $P - V = -0.10 + 1 \cdot 10 C_p$. Эти поправки почти не изменяют результатов сравнения, произведенного в моей статье. Оказывается, что при $\lg P = 0.40$ разница между показателем цвета $\bar{C}_p$ и исправленным показателем цвета *Эггена* равна $0^m 07$, а при $\lg P = 1.34$ разница получается $0^m 01$.

Введя подразделение цефеид на три типа А, В и С, *Эгген* с помощью фотоэлектрических наблюдений показателей цвета определил отдельно показатели цвета для фаз максимума и минимума и для них получил следующую зависимость от логарифма периода:

$$CI_0(\max) = -0.04 + 0.61 \lg P \text{ (типы А, В и С)} \quad (5)$$

$$CI_0(\min) = -0.11 + 1.19 \lg P \text{ (типы А и В)} \quad (6)$$

$$CI_0(\min) = -0.28 + 1.07 \lg P \text{ (типы С)} \quad (7)$$

Для получения этих соотношений *Эгген*, по-видимому, использовал только яркие цефеиды, заранее предположив, что в их направлении

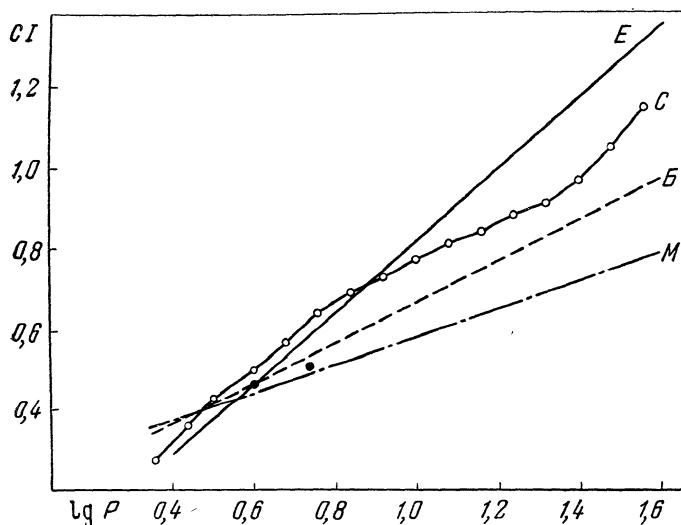


Рис. 22

поглощение равно нулю. На рис. 22 прямая *Эггена* относится к тем цефеидам, которые им отнесены к типам А и В (22 цефеиды); для типа С (3 цефеиды) прямая расположена несколько ниже.

Из рис. 22 видно, что полученные *Мельниковым*, *Эггеном* и *Бадальяном* нормальные показатели цвета галактических цефеид находятся в относительном согласии между собой в пределах логарифмов периодов от 0.30 до 0.70, а для тех цефеид, которые имеют большие логарифмы периодов, отклонения сравнительно велики.

Для определения нормальных показателей цвета *Эгген* использовал данные ряда цефеид, принимая, что в их направлении поглощения нет. В результате полученные им нормальные показатели цвета оказались завышенными.

Яркие цефеиды с более короткими периодами находятся в среднем ближе к нам. Поэтому можно ожидать, что для них ошибка определения *Эггена* меньше, чем для цефеид долгого периода. Поэтому неудивительно, что разность между нормальными показателями цвета *Эггена* и нашими возрастает при увеличении периода.

С другой стороны, из полученных *Эггеном* соотношений (5), (6), (7) следует, что для периодов порядка одного дня нормальный показатель цвета становится близким к нулю.

По соотношению *Мельникова* и автора в случае, когда период равен одному дню, нормальный показатель цвета остается положительным и не менее 0.16. Таким образом, принятые *Эггеном* значения нормальных показателей цвета удовлетворительны только для опреде-

ленных интервалов логарифма периода (от 0.30 до 0.70), где они, как видно из рис. 22, почти совпадают с нашими системами.

Интересно отметить еще один факт: *Мельников* на основании шестицветных фотоэлектрических наблюдений *Стеббинса*, *Уитфорда* [14], после введения соответствующих исправлений и приведения к интернациональной системе, получил для δ Сер и α UMi нормальные показатели цвета, равные соответственно 0^m51 и 0^m47 .

Эти данные почти точно совпадают с нашими нормальными показателями цвета, определенными совершенно независимым методом.

На рис. 22 нормальные показатели цвета, определенные с помощью шестицветных фотоэлектрических наблюдений *Стеббинса*, исправленных *Мельниковым*, обозначены двумя точками.

Заметим также, что нет оснований согласиться с мнением *Е. К. Харадзе* [15] относительно метода вывода нормальных цветов, примененного нами. Все сказанное свидетельствует о том, что полученные нами нормальные показатели цвета долгопериодических цефеид оказались близкими к действительности, а полученные избытки цвета находятся в хорошем согласии с результатами целого ряда других исследователей.

§ 3. Избирательное поглощение

Из сравнения полученных нами значений избирательного поглощения галактических цефеид со значениями *Эггена* видно, что в некоторых случаях расхождение довольно велико.

Очевидно, что расхождение в избирательном поглощении, полученном двумя разными методами, не является результатом ошибок в наблюдаемых показателях цвета цефеид, ибо, как мы выше видели (табл. 1), разница между наблюдаемыми показателями цвета большей частью не превосходит внутренней точности наших определений показателей цвета.

Поэтому очевидно, что разность в величине избирательного поглощения, определенного нами и *Эггеном*, в основном, связана с методом определения нормальных показателей цвета. Величина полученного нами избирательного поглощения ближе к действительности, чем результат *Эггена*, хотя бы потому, что по *Эггену* избирательное поглощение в направлении ряда цефеид равно нулю или очень незначительно, что неправдоподобно, поскольку некоторые из этих цефеид: WZ Sgr, SV Vul, T Mon, RW Cas и т. д., имеют расстояния от 1200 до 2600 парсек.

В результате, несмотря на то, что наблюдаемые показатели цвета *Эггена* и наши почти совпадают, избирательное поглощение довольно сильно отличается. Эти данные приведены в табл. 2. Это обстоятельство и служит основанием для предположения, что ошибочность результатов *Эггена* вызвана применением неправильной зависимости нормальных показателей цвета галактических цефеид от периода.

Т а б л и ц а 2

Цефеиды	Бадалян		Эгген	
	CI	CE	CI	CE
SV Vul	1.33	0.33	1.30	— 0.01
T Mon	1.00	0.11	1.08	— 0.03
TT Aql	1.11	0.37	1.12	0.17
RW Cas	1.03	0.28	1.06	0.09
WZ Sgr	1.28	0.44	1.18	0.06

В связи с этим мы нашли целесообразным сравнить величины избыточного поглощения, полученные *Стеббинсом* [16] и др. с помощью фотоэлектрических наблюдений В-звезд, со значениями *Эггена* и автора, полученными посредством галактических цефеид, расположенных в той же области.

Это сравнение показало, что между избытками цвета В-звезд, полученными *Стеббинсом*, *Хаффером* и *Уитфордом*, и избытками цвета цефеид, полученными нами, имеется хорошее согласие, в то время как данные *Эггена* сильно отклоняются.

Затем для определения истинных расстояний цефеид *Эгген* определял максимум абсолютной величины по следующей формуле:

$$M(\text{max}) = +0.31 - 2.52 \lg P. \quad (8)$$

Поскольку эта формула дает абсолютные звездные величины в фазе максимума, а формула *Б. В. Кукаркина* [13] относится к медианной, нужно ожидать, что у *Эггена* должны быть более высокие светимости. По формуле же *Кукаркина*, наоборот, получается более высокая абсолютная величина. *Бааде* считает необходимым увеличить абсолютные звездные величины галактических цефеид примерно на $-1^{\text{m}}5$ относительно нуля пункта „период — светимость“ *Шепли* [17]. Исходя из этого, можно уверенно сказать, что формула (8) *Эггена* для определения абсолютных величин галактических цефеид весьма далека от действительности.

Ввиду сказанного можно утверждать, что полученные нами данные о нормальных показателях цвета и о поглощении света цефеид в некотором приближении свободны от больших систематических ошибок. Само собой разумеется, что при этом случайные ошибки фотографического метода остаются, как всегда, большими, и вследствие этого значения поглощения для отдельных цефеид подлежат уточнению.

После написания настоящей статьи появилась работа *Стиббса* [18], содержащая анализ проблемы нормальных цветов цефеид, в которой в основном подтверждены результаты первых работ автора, относящиеся к нормальным показателям цвета [2,3].

Л и т е р а т у р а

1. O. J. Eggen, ApJ **113**, 367, 1951.
2. Г. С. Бадалян, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 3, 1949.
3. Г. С. Бадалян, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 8, 1951.
4. Г. С. Бадалян, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 17, 1956.
5. О. А. Мельников, Изв. ГАО, № 137, 1948.
6. Н. Ф. Флоря, Труды ГАИШ XVI, 1949.
7. O. Struve, Obs **65**, 257, 1944.
8. A. Code, ApJ **106**, 309, 1947.
9. М. А. Вашакидзе, Бюлл. Абастуманской обс. № 13, 1953.
10. В. П. Федорович, ПЗ **7**, 221, 1950.
11. F. J. Heyden, ApJ **106**, 325, 1947.
12. F. H. Seares, M. C. Joyner, ApJ **98**, 244, 1943.
13. Б. В. Кукаркин, Исследование строения и развития звездных систем. М.—Л., 1949.
14. J. Stebbins, A. E. Whitford, ApJ **102**, 318, 1945.
15. Е. К. Харадзе, Бюлл. Абастуманской обс. № 12, 1952.
16. J. Stebbins, C. M. Huffer, A. E. Whitford, ApJ **91**, 20, 1940.
17. Х. Шепли, Галактики, М.—Л., 1947.
18. D. W. Stibbs, MN **115**, 323, 1955.

Бюраканская астрофизическая обсерватория АН Арм. ССР
Июнь 1956 г.