

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 13

ФЕВРАЛЬ, 1977

ВЫПУСК 1

О ФУНКЦИИ СВЕТИМОСТИ ЗВЕЗД

Р. А. БАРТАЯ, Е. К. ХАРАДЗЕ

Поступила 2 августа 1976

На основе материала Абастуманского каталога МК-классификации 10396 звезд построена функция светимости звезд в 42-х КП, расположенных по галактическим широтам от -17° по $+72^\circ$ почти равномерно. Вид функции светимости для средних и высоких галактических широт явно отличается от того, что мы имеем для окрестности Солнца.

Несмотря на исключительную важность функции светимости в качестве характеристики строения звездного мира и инструмента для решения астрофизических и звездно-астрономических задач, она пока еще недостаточно хорошо известна, будучи построена относительно надежно лишь для близких окрестностей Солнца. Надо полагать, что структурная сложность Галактики проявляется также и в различиях между функциями светимости в разных направлениях в Галактике. Из этого следует, что необходимо строить функции светимости для данной области или данного направления, если только мы располагаем надежным и количественно достаточным для этого материалом.

Исходя из сказанного, мы решили использовать в этих же целях созданный нами Абастуманский каталог, содержащий данные по двумерной классификации в системе МК 10396 звезд, расположенных в Площадках Каптейна № 2—43. (Каталог подготовлен к печати и выйдет в публикациях Абастуманской обсерватории). Каталог полон в отношении звезд В, А до 10.8, для звезд F, G, K до 10.5, а для звезд M, снимки спектров которых получались на панхроматических фотопластинках, до 12-ой фотографической звездной величины. Конечно, это не очень высокий предел, но классификация выполнена с высокой точностью [1], и мы имеем дело со значительным числом звезд, классифицированных с однородной точностью и расположенных на различных галактических широтах. Сам исходный спектральный материал хорошего качества и фотометрически однороден, что, со своей сторо-

ны, обусловило однородную высокую точность; в числе звезд достаточно представлены звезды высокой светимости. Все это позволяет нам считать небезынтересным использование данного материала для построения функции светимости. Тем более, что ни в одной другой работе основой построения функции светимости, путем применения спектральных параллаксов [2], не служил сколько-нибудь однородный материал двумерной спектральной классификации: во всех случаях осуществлялось лишь грубое деление звезд на гиганты и карлики, без отнесения их к классам светимости [3—5].

В качестве фотографических звездных величин мы заимствовали значения из Бергедорфского каталога (BSD), а данными о межзвездном поглощении мы воспользовались из Абастуманского каталога показателей цвета звезд [6]. Для фактора, переводящего колор-эксцесс в общее поглощение, было взято число 4, как наиболее отвечающее, по нашему мнению, современным оценкам. Поскольку в Каталоге BSD КП представлены площадями в $3^{\circ}.5 \times 3^{\circ}.5$, мы также ограничились теми же размерами во всех КП, хотя наши спектральные определения и покрывают площади, равные $4^{\circ}.5 \times 4^{\circ}.5$. Это, естественно, снизило число звезд, использованных в наших построениях. Значения абсолютных величин взяты нами из калибровочных таблиц Шмидт-Калера [7].

Исследуемые КП мы распределили по 5-ти группам в соответствии с их галактическими широтами (табл. 1).

Таблица 1

Группа	Средняя галактическая широта	Границы по галактическим широтам	Число звезд с полным охватом	№ КП в группе
I—галакт. экватор	0°	0—3°	996	8, 9, 19, 24, 40
II—низкие гал. широты	6.5	6—9	903	18, 23, 25, 39, 41
III—умеренные широты	16.5	13—20	1601	2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42, 43
IV—средние широты	34	27—42	860	4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36, 37
V—высокие широты	58.5	48—72	561	13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Функцию светимости $\Phi(M)$, где M есть фотографическая звездная величина, мы определяли в отдельных КП, а затем результаты осредняли по группам, поскольку внутри взятой группы значения $\Phi(M)$, как оказалось, практически не обнаруживали зависимости ни от долготы (в интервале по долготам $70—180^{\circ}$), ни от широты (в интервале границ широт по табл. 1). Поэтому мы можем говорить о среднем для данной группы представлении функции. Будучи основано на исследовании нескольких КП, входящих в группу, оно достаточно надежно.

$\Phi(M)$ вычислялась нами для данной КП с интервалом аргумента $M \pm 0.5$; при этом в вычислениях учитывались все звезды, находящиеся по блеску в пределах полноты Каталога и заключенные в соответствующем объеме. К тому же она определялась простым отношением числа звезд к соответствующему объему. Ясно, что в таком случае для отдельных M значение $\Phi(M)$ относится к неравным объемам пространства, а именно, с уменьшением светимости соответствующий объем убывает. Однако, как правильно замечает М. А. Аракелян [8], отчасти это компенсируется одновременным возрастанием звездной плотности. Следовательно, используемое для построения $\Phi(M)$ число звезд будет убывать медленнее, чем соответствующий данной светимости объем. Иначе и не было бы практической возможности охватить звезды большой светимости.

Здесь же заметим, что, согласно исследованиям Мак Каски [3, 4], функция светимости в галактической плоскости не показывает зависимости от расстояния.

Естественно, это должно быть обусловлено тем, что цитируемые исследования, впрочем, так же, как и наше, охватывают относительно близкие расстояния, где, по-видимому, $\Phi(M)$ практически не меняется, относясь, в общем, к галактической плоскости. Этому же следует отчасти приписать тот факт, что функция светимости практически не обнаруживает изменений в зависимости и от галактической долготы.

Сказанное, естественно, не может относиться к высоким галактическим широтам. Однако, получая сравнимые между собой значения функции светимости для отдельных КП или для их групп, можно проследить за изменением функции в зависимости от галактической широты (табл. 2 и 2а).

На рис. 1 представлена общая функция светимости, вычисленная нами для первой группы КП, т. е. для галактической плоскости (табл. 2). Большие кружки соответствуют стандартной функции светимости Ван Райна для окрестностей Солнца [9].

Как видим, в общем, они хорошо согласуются между собой. Незначительное расхождение для звезд высоких светимостей — вполне ожидаемый результат, т. к. истинные расстояния до этих звезд определяются не совсем уверенно. Ван Райном соответствующие значения $\Phi(M)$ считались неуверенными (двоеточия; табл. 3), однако полученные нами значения, численно достаточно близкие к его определениям, придают им большую уверенность.

Что касается некоторого расхождения $\Phi(M)$ для звезд, начиная с $M = +3$ и слабее, недавнее определение Ваннера [11] в этой части хорошо согласуется именно с нашими данными (табл. 3, рис. 2).

На рис. 2 дана, с учетом изложенных выше замечаний, построенная нами средняя кривая. Соответствующие ей числовые данные представлены в последнем столбце табл. 3. Можно полагать, что эта кривая наилучшим образом для настоящего времени представляет вид функции светимо-

сти в рассматриваемом интервале M , для близких расстояний ($r < 100$ пс) от Солнца.

Таблица 2

$\text{Log } \Phi (M_{\text{pg}}) + 10$: ОБЩАЯ
ФУНКЦИЯ СВЕТИМОСТИ

M_{pg}	Группы КП				
	I	II	III	IV	V
-6.5	2.16	1.81	1.70	1.50	0.08
-5.5	2.08	2.01	1.00	1.08	0.60
-4.5	3.15	2.58	1.95	1.84	1.30
-3.5	3.61	3.02	2.44	2.21	—
-2.5	4.30	4.11	3.68	3.09	2.58
-1.5	4.82	4.55	4.18	3.53	3.34
-0.5	5.56	5.38	4.90	4.16	3.89
+0.5	6.04	5.59	5.60	4.59	4.15
+1.5	6.62	6.64	6.43	5.70	5.40
+2.5	6.98	7.08	6.88	6.64	6.47
+3.5	7.42	7.30	7.12	6.97	6.87
+4.5	7.64	7.74	7.60	7.25	7.08
+5.5	7.84	7.84	7.91	7.89	7.77
+6.5	7.52	7.66	7.68	8.02	8.06

Таблица 2а

$\text{Log } \Phi (M_{\text{pg}}) + 10$: ЗВЕЗДЫ ГЛАВНОЙ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

M_{pg}	Группы КП				
	I	II	III	IV	V
-4.5	2.30				
-3.5	—		2.38		
-2.5	3.25	3.27	2.92		
-1.5	4.29	4.05	3.84		
-0.5	5.06	4.63	4.40		
+0.5	5.54	5.29	5.30	4.09	
+1.5	6.41	6.20	5.76	4.93	4.69
+2.5	6.54	6.23	6.36	5.91	5.05
+3.5	6.98	6.90	6.95	6.43	5.90
+4.5	7.47	7.59	7.59	7.33	7.26
+5.5	7.78	7.88	7.88	7.80	7.79
+6.5	7.50	7.71	7.70	7.89	8.23

Таблица 3

$\text{Log } \Phi (M_{\text{pg}}) + 10$: ОБЩАЯ ФУНКЦИЯ СВЕТИМОСТИ

M_{pg}	Бартая, Харадзе	Van Rijn [9]	McCuskey [3]	Luyten [10]	Wanner [11]	Суммарная средняя
-6	2.25	2.10:				2.20
-5	2.80	3.07:				2.95
-4	3.42	3.65:				3.58
-3	4.00	4.25				4.12
-2	4.57	4.75	4.70			4.75
-1	5.17	5.07	5.35			5.28
0	5.75	5.68	5.88	6.09		5.83
+1	6.35	6.34	6.40	6.49		6.35
+2	6.80	6.77	6.77	6.88		6.80
+3	7.25	6.86	7.01	7.06	7.30	7.17
+4	7.50	7.19	7.16	7.23	7.51	7.45
+5	7.65	7.35	7.20	7.36	7.68	7.60
+6	7.70	7.49	7.45	7.50	7.75	7.70
+7	7.70	7.53	7.67	7.59	7.75	7.70

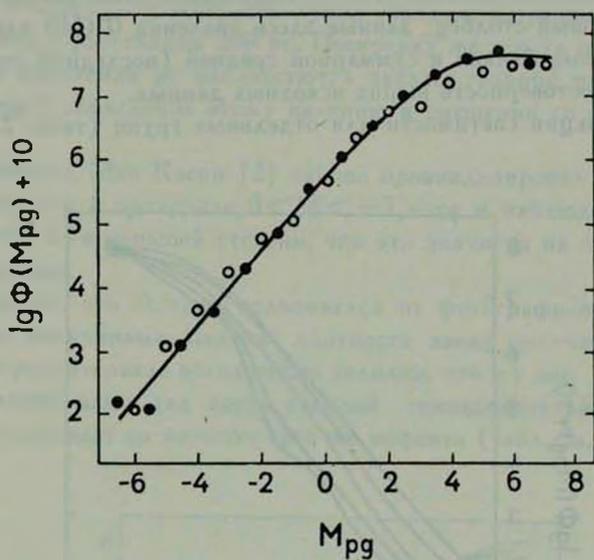


Рис. 1.

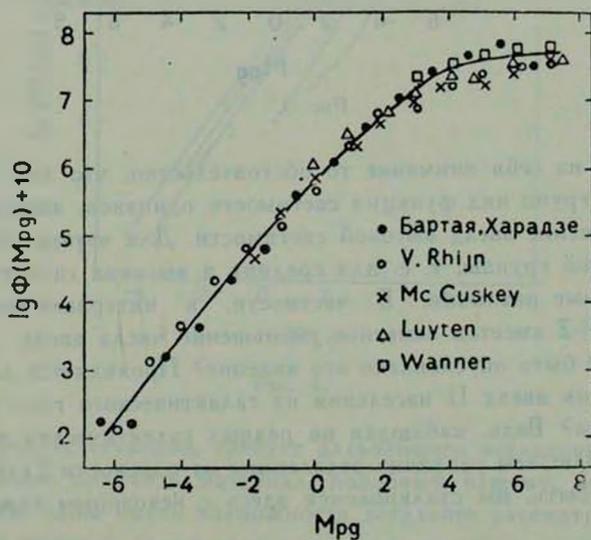


Рис. 2.

Как это видно по данным табл. 3, полученное нами значение функции светимости (первый столбец; данные здесь значения $\Phi(M)$ взяты по кривой рис. 1) весьма близки к суммарной средней (последний столбец), что подтверждает достоверность наших исходных данных.

Общие функции светимости для отдельных групп (табл. 2) представлены на рис. 3.

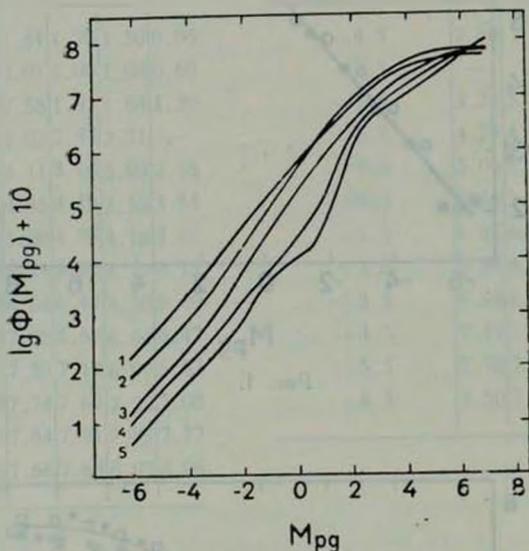


Рис. 3.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что для первой, второй и третьей групп вид функции светимости одинаков, заметно лишь некоторое уменьшение звезд высокой светимости. Для четвертой же и особенно для пятой группы, т. е. для средних и высоких галактических широт, видны явные различия. В частности, в интервале приблизительно $-1 < M < +2$ имеется заметное уменьшение числа звезд.

Чем может быть обусловлено это явление? Проявляется ли здесь тенденция смещения звезд II населения из галактического гало со звездами населения диска? Ведь, наблюдая на разных галактических широтах, мы фактически наблюдаем различно отдаленные от плоскости Галактики слои.

А, может быть, мы сталкиваемся здесь с некоторым кажущимся эффектом?

В силу того, что речь идет о зависимости от галактической широты, здесь не обойтись без видимых эффектов, обусловленных известными факторами. Но, наряду с ними, не исключено, что наблюдаемый эффект некоторым образом обусловлен смещением звезд II населения. Последний вопрос привлекает к себе внимание в связи с известным исследованием Аггре-

на [5]. Вычислив функцию светимости вдоль Z -оси для разных расстояний, в интервале $0 < M < +3$, Апгрэн получил указание на резкое падение плотности, начиная с расстояния 200 пс. Поскольку же это та область, где для сферических скоплений не наблюдаются звезды главной последовательности, автор ищет объяснение этому явлению в смещении со звездами II населения.

Как известно, Мак Каски [2] заново проанализировал данные Апгрэна и заметил, что в интервале $0 < M < +3$ хотя и наблюдается уменьшение плотности, но в меньшей степени, чем это значит на опубликованных Апгрэном кривых.

Если учесть, что Апгрэн пользовался не фотографическими, а фотовизуальными величинами, падение плотности звезд получается приблизительно в том же интервале абсолютных величин, что и у нас.

Построенная нами для звезд главной последовательности функция светимости указывает на наличие того же эффекта (табл. 2а, рис. 4).

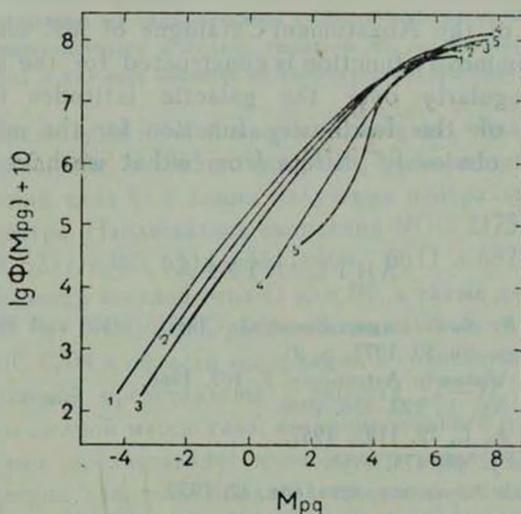


Рис. 4.

Этот вопрос, естественно, требует дальнейшего исследования. В частности, необходимо получить материал, подобный нашему, но с большим проникновением, дабы иметь возможность детальнее рассматривать реальные изменения функции светимости в зависимости от расстояния до галактической плоскости, вдоль оси Z .

Как видно из рис. 3, 4, пространственная плотность звезд $M > \sim +5$ почти вовсе не меняется в зависимости от галактической широты. Если учесть, что для этих звезд вообще характерно относительно медленное из-

менение $\Phi(M)$ с удалением от галактической плоскости вдоль Z -оси [2], и, вместе с тем, что для них наше проникновение ограничено для всех групп расстояниями приблизительно 100 пс, внутри которых $\Phi(M)$ практически не меняется [5], полученный нами результат следует считать вполне естественным, и он со своей стороны говорит о реальности указанных закономерностей.

Таким образом, вид функции светимости, как мы видели и как это ожидалось, значительно зависит от галактической широты. Для взятой же широты его следует рассматривать в зависимости лишь от расстояния.

Абастуманская астрофизическая
обсерватория

ON LUMINOSITY FUNCTION OF STARS

(R. A. BARTAYA, E. K. KHARADZE

On the basis of the Abastumani Catalogue of MK classification for 10396 stars the luminosity function is constructed for the stars in 42 KA, situated almost regularly over the galactic latitudes from -17° to $+72^\circ$. The form of the luminosity function for the middle and high galactic latitudes obviously differs from what we have for the Sun's vicinity.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. K. Kharadze, R. A. Bartaya, Spectral Classification and Multicolour Photometry, IAU Symp. No. 50, 1973, p. 91.
2. S. W. McCuskey, Vistas in Astronomy, 7, 107, 1966.
3. S. W. McCuskey, Ap. J., 123, 458, 1956.
4. S. W. McCuskey, A. J., 72, 1199, 1967.
5. A. R. Uppgren, A. J., 68, 475, 1963.
6. Е. К. Харадзе, Бюлл. Абаст. астрофиз. обс., 12, 1952.
7. T. H. Schmidt-Kaler, Landolt-Bornstein. Numerical Dates and Functional Relationship in Science and Technology, Gr. VI, 1, 297, 1965.
8. М. А. Аракелян, Астрофизика, 4, 617, 1968.
9. P. J. Van Rhtjn, Galactic Structure, ed. A. Blaauw and M. Schmidt, 1965, p. 27
10. W. J. Luyten, M. N., 139, 221, 1968.
11. J. Wanner, M. N., 155, 463, 1972.