

АБСОЛЮТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД ВОЛЬФА—РАЙЕ

(Исследование звезд Вольфа—Райе. I) *

С. В. Рублев

По эмпирическим зависимостям между интенсивностью межзвездной линии и видимым модулем расстояния (табл. 3) определены абсолютные величины 19 галактических звезд Вольфа—Райе и звезды Р Лебеда (табл. 4 и 5). Для 10 звезд определены расстояния. Средние абсолютные величины галактических звезд Вольфа—Райе (табл. 6) сравнимы с абсолютными величинами подобных звезд в Большом Магеллановом Облаке.

Absolute magnitudes of 19 galactic Wolf-Rayet stars and the P Cygni star (tables 4 and 5) are determined from empirical relations between the interstellar line intensity and the apparent distance modulus (table 3). Distances for 10 stars are determined. The mean absolute magnitudes of the galactic Wolf-Rayet stars (table 6) are comparable to the absolute magnitudes of similar stars in the Large Magellanic Cloud.

Определение абсолютных величин и расстояний галактических звезд WR связано с большими трудностями; неоднократные попытки таких определений приводили к противоречивым результатам как для отдельных звезд, так и для всего класса WR в среднем. Это связано со следующими обстоятельствами.

Оценки статистических параллаксов по собственным движениям и лучевым скоростям звезд WR затруднительны из-за их малочисленности, большого удаления и невозможности достаточно надежного измерения лучевых скоростей по широким эмиссионным полосам. Удаленность полностью исключает и тригонометрические определения. Лишь кажущейся является также простота оценок абсолютных величин по принадлежности к известным звездным группировкам и ассоциациям: здесь часто возникают трудности в отождествлении, так как единственным критерием принадлежности звезды WR к той или иной группировке служит более или менее удовлетворительное совпадение по лучу зрения; в то же время в данном направлении может существовать целый ряд агрегатов, лежащих на разных расстояниях (показательным примером служит ассоциация Лебедь II, в направлении которой лежат 6 ярких звезд WR; истинные расстояния их, тем не менее, неизвестны, так как здесь существует ряд пространственных группировок ранних звезд с удалением примерно от 900 до 3000 пс). Способ оценки расстояний по галактическому вращению, проявляющемуся в смещении длин волн межзвездных линий, непригоден для звезд, лежащих в направлениях $l \simeq l_0$; $l_0 + \pi/2$ (l_0 — галактическая долгота центра Галактики), так как здесь влияние вращения на лучевую скорость равно

* См. дополнение при корректуре на стр. 139.

нулю; неблагоприятно, в частности, и направление на ту область созвездия Лебедь, в которой сосредоточено значительное число ярких звезд WR северного неба. Наиболее перспективен, по-видимому, метод определения расстояний и абсолютных величин по интенсивностям межзвездных линий; однако в обычном варианте этот метод наталкивается на значительные трудности при учете пространственного поглощения света.

Сводка оценок средних абсолютных величин M_v звезд WR, произведенных разными способами, дана в табл. 1. Так как среди звезд WR много (до 50%) двойных систем с яркими спутниками, то одиночные звезды

ТАБЛИЦА 1

Величины \bar{M}_v (WR) по данным разных авторов

Литературный источник	Все звезды WR	Звезды WN	Звезды WC
[1]	(0)+1.4	—	—
[2]	—	—	(WN)+1.5
[3]	—	-2.1	-2.8
[4]	-3.4	—	—
[5]	-4.9	—	—
[6, 7]	-2.2	—	—
[8]	—	-2.7	-3.1
[9]	-3.5	—	—
[10]	-4.0	—	—
[11]	—	-3.8	-1.5

Примечание.

- [1] — из сравнения видимых величин m_v звезд WR и близлежащих (по направлению) звезд O; при современной калибровке абсолютных величин ранних звезд [13] получается \bar{M}_v (WR) ≈ -5.0 ;
 [2] — из сравнения ряда звезд WN и WC в БМО;
 [3] — из расстояний по интенсивностям межзвездных линий Ca II;
 [4] — из расстояний по собственным движениям;
 [5] — по принадлежности 9 объектов к группировке В-звезд в Лебедь (средний истинный модуль расстояния $11^m.0$); избытки цвета для звезд WR приняты без обоснования;
 [6, 7] — из расстояний звезд WR по дифференциальному галактическому вращению (смещению длин волн межзвездных линий); для рассматривавшейся области метод очень ненадежен;
 [8] — по расстояниям звезд WR в Лебедь, найденным спектрофотометрическим методом;
 [9] — ревиция и осреднение всевозможных определений;
 [10] — из расстояний по межзвездным линиям Ca II [12] с учетом эффекта ярких полос;
 [11] — по положению на двухцветной диаграмме (перенос на главную последовательность вдоль линий покраснения; отождествление величин M_v (WR) с величинами для звезд В V произвольно).

либо светимости галактических звезд WR существенно недооценивались большинством авторов. Из всех ранних определений следует лишь то, что звезды WR — очень яркие объекты и что дисперсия светимостей у них велика. В среднем они, по-видимому, должны быть несколько слабее звезд O.

Ранее нами были произведены оценки абсолютных величин 9 звезд WR, входящих в известное «облако» горячих звезд в Лебедь [15], при помощи модифицированного метода «кальциевых параллаксов». Ниже приводятся результаты применения этого метода еще к 10 звездам, лежащим в других областях неба, а также достаточно подробные сведения о различных кривых $I-(m-M)$, служащих основой таких определений (эти кривые могут понадобиться позднее для аналогичных оценок). Далее, для

следовало бы считать в среднем несколько менее яркими, чем принято у авторов, цитированных в табл. 1.

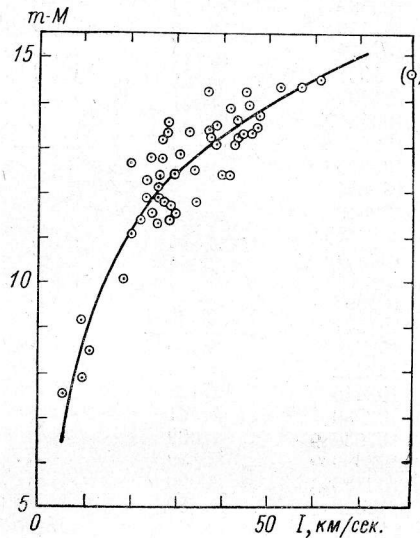
Большую часть всех этих данных нельзя считать надежной; серьезные сомнения в отношении приведенных величин \bar{M}_v вызывает следующее обстоятельство. Согласно Д. Хоффлейт [2], у звезд WR Большого Магелланова Облака (БМО) наблюдается концентрация видимых величин близ значений 12^m и 14^m . При модуле расстояния $19^m.0 \pm 0^m.3$ [13] для этих двух групп звезд получаются значения \bar{M}_v порядка -5^m и -7^m . Недавно Б. Вестерлунд и Л. Смит [14] исследовали этот вопрос более детально; по их данным получается, что в БМО для «азотных» (WN) звезд поля $\bar{M}_v \approx -4^m.7$, для одиночных звезд WN, входящих в ассоциации, $\bar{M}_v \approx -5^m.5$, для всех одиночных «углеродных» (WC) звезд $\bar{M}_v \approx -5^m.7$, а для звезд комплекса 30Dor $\bar{M}_v \approx -6^m.7$ (при модуле расстояния $19^m.0$). Таким образом, либо звезды WR в БМО в среднем намного ярче галактических,

ряда звезд, уже исследовавшихся в [15], были несколько уточнены абсолютные величины, в частности путем привлечения результатов новых фотоэлектрических измерений, произведенных разными авторами. Располагая данные о 19 галактических звездах WR, можно достаточно уверенно оценить их среднюю абсолютную величину.

Сущность применяемой здесь методики состоит в следующем (см. также [15]). В отличие от традиционного подхода, при котором используется корреляция между интенсивностью межзвездной линии (I) и расстоянием (d), построенная по ряду опорных звезд, применяются средние эмпирические зависимости между интенсивностью I и видимым модулем расстояния ($m-M$), соотношенным с принятой системой абсолютных величин ранних звезд (см. рисунок). Получив из такой зависимости значение ($m-M$) для исследуемой звезды, легко находим ее абсолютную величину в принятой системе. При этом отпадает необходимость в особом учете пространственного поглощения света (оно учитывается автоматически), что повышает надежность определений, в особенности, если оценки ведутся сразу по нескольким линиям.*

Все дальнейшие определения опираются на следующие ряды интенсивностей межзвездных линий: K и H CaII [12, 3, 16]; D₂ и D₁ NaI [12, 16]; λ 5780 и 6284 [16] и λ 4430 [17, 18] (глубины линий). Для построения зависимостей $I-(m-M)$ использовано возможно большее число звезд O—B с уверенно оцениваемыми модулями расстояния (подавляющее большинство этих звезд классифицировано в двумерной системе [5, 19—21]; для значительного числа имеются абсолютные величины, полученные И. М. Копыловым [22] при помощи количественного метода; всюду в дальнейшем принимается за основу система абсолютных величин ранних звезд, выведенная в [22]). Основная масса опорных звезд лежит в уже упоминавшейся области в Лебедь; привлечение звезд из других областей неба (тех, где расположены другие звезды WR) не создает систематического сдвига зависимостей $I-(m-M)$ и не увеличивает заметно их дисперсии (что видно по кривым, достаточно полно очерченным звездами в Лебедь — K, D₂ и D₁ из [12]). В соответствии с последним замечанием, абсолютные величины всех звезд WR оценивались по одним и тем же средним кривым (см. рисунок). Список номеров HD использованных опорных звезд O—B приводится в табл. 2.

Данные относительно средних кривых $I-(m-M)$ для всех использованных рядов интенсивностей содержатся в табл. 3. В табл. 4 приведены



Зависимость между эквивалентной шириной межзвездной линии K CaII [12] и видимым модулем расстояния.

* Наилучшим здесь, разумеется, был бы строго дифференциальный подход, при котором указанные зависимости строились бы для достаточно тесных окрестностей каждой исследуемой звезды, с использованием, в качестве опорных, звезд одного спектрального типа и класса светимости (что позволило бы легко переходить от одной системы абсолютных величин к другой). К сожалению, на практике это в большинстве случаев невозможно; приходится расширять «окрестности» до значительных размеров и использовать разнотипные опорные звезды.

ТАБЛИЦА 2

Опорные звезды O—В (номера по HD)

K [12]	K [12]	D ₂ , D ₁ [12]	K, H [3]	λ 5780 [16]	λ 4430 [17]
14633	203064	192422	227634	190603	188001
23180	204172	192445	227696	190864	188209
30614	209481	192639		190919	190429N
35921	210839	193514	K [16]	191917	190429S
37128	214680	198478	190429	194279	190603
41161	218915	198846	190864	195592	190864
47432	224151	199478	190919	198478	190919
48099	228911	203064	191495	199478	191201
185859		204172	191566	199579	191612
186980	H [12]	205196	191612	202850	191746
187459	14633	210839	191917	203064	191877
187879	37128	214680	198478		192281
188001	41161	218915	227460	λ 6284 [16]	192422
188209	188001		227586	190603	192639
190429N	191201	K, H [3]	227634	190919	193007
190429S	191877	14633	227696	191917	193009
190603	192281	18326	227877	193322	193183
190864	192422	23180	227960	194279	193322
190919	193009	30614	228007	195592	193514
+35°3955	193514	35921	228041	198478	194279
190967	203064	37128	228104	199478	194335
191201		41161		199579	194839
191566	D ₂ , D ₁ [12]	47432	D ₂ , D ₁ [16]	202850	199579
191877	14633	48099	190603		202850
192281	30614	57061	190864	λ 4430 [17]	203064
192422	37128	157857	190919	18326	204172
192445	41161	160862	191877	23180	205196
192539	48099	164794	191917	30614	209481
192639	185859	167771	193322	35921	210839
193009	186980	178129	194279	37128	212455
193183	187459	185859	195592	47432	214680
193322	188001	188001	198183	57061	218915
193514	188209	190429N	198478	157857	224151
193611	190429N	190429S	199478	164794	227460
194279	190429S	190603	199579	167771	228053
194839	190603	190864	202850	178129	228841
195592	190919	191612	202904	185859	195592
198478	191201	192281	203064	186980	198478
198846	191877	203064	227460	187459	198846
199579	192281	206267		187879	199478
202904					

результаты определений для тех звезд WR, абсолютные величины которых оцениваются здесь впервые; в примечаниях к таблице даны, в частности, подробные сведения о видимых величинах m_v (WR), значения которых иногда заметно различаются у разных авторов. Помимо обычных неточностей фотометрии, это связано, по-видимому, с двумя обстоятельствами: а) в случае звезд WR, из-за наличия очень сильных и неравномерно расположенных эмиссионных полос, на величинах m_v (V) могут существенно отражаться даже не очень большие различия кривых реакции в разных фотометрических системах; б) ряду звезд WR свойственна небольшая физическая переменность [29].

В табл. 5 даны результаты по тем объектам, абсолютные величины которых, за исключением P Cyg (HD 193237), уже оценивались сходным методом [15]; приводятся средние значения $m-M$, их дисперсии (так же, как и в табл. 4, они имеют несколько формальный смысл и вводятся для характеристики разброса отдельных определений) и числа n рядов, по которым найдены средние. Для полноты включены также избытки цвета в системе C₁ Стеббинса-Уитфорда [23] и расстояния (см. ниже). О величинах, содержащихся в последнем столбце таблицы, будет сказано ниже.

ТАБЛИЦА 3

Средние кривые $I - (m - M)$ для различных рядов интенсивностей межзвездных линий

I (км/сек.)	$m - M$				I_c (%)	$m - M$ λ 4430 [17]
	K [12]	H [12]	D ₂ [12]	D ₁ [12]		
5	—	8 ^m 8	—	—	1	8 ^m 9
10	9 ^m 0 ₅	11.5 ₅	—	7 ^m 8:	2	10.2
15	10.6 ₅	12.5 ₅	6 ^m 8:	10.1	3	11.1 ₅
20	11.5 ₅	13.0 ₅	11.0	11.6 ₅	4	11.9
30	12.5 ₅	14.0 ₅	12.3	12.7	5	12.3
40	13.3	14.7:	12.8	13.1	7	12.9 ₅
50	14.0	15.2:	13.2	13.4 ₅	9	13.4
60	14.6 ₅	15.5:	13.6	13.7 ₅	11	13.8 ₅
65	15.0:	—	13.7 ₅	13.9	13	14.2
70	—	—	13.9:	14.0:	15	14.7

I (Å)	$m - M$						
	K [3]	H [3]	K [16]	D ₂ [16]	D ₁ [16]	λ 5780	λ 6284
0.05	—	8 ^m 2	—	—	5 ^m 6:	—	—
0.10	8 ^m 2	11.9	—	—	6.9	11 ^m 4	—
0.15	10.9	12.6 ₅	—	6 ^m 3	8.0	11.9	—
0.20	11.8 ₅	13.2	—	9.4	9.1	12.2 ₅	11 ^m 6
0.30	12.9 ₅	14.0	12 ^m 8	11.5 ₅	11.2	12.9	12.1 ₅
0.40	13.5	14.5	13.2	12.3 ₅	12.6 ₅	13.4	12.6
0.50	13.9	14.9	13.4	12.7 ₅	13.1	13.8	13.0
0.60	14.3	15.2:	13.5	13.1	13.4	—	13.3
0.70	14.6	—	—	13.4 ₅	13.5	—	13.6
0.80	—	—	—	13.8	—	—	13.8 ₅
0.90	—	—	—	14.1:	—	—	14.0 ₅
1.00	—	—	—	14.5:	—	—	14.2

ТАБЛИЦА 4

Результаты оценок абсолютных величин звезд WR₁

HDN	Sp	$m - M$				$\overline{(m - M)}$	m_p	M_p
		K [12]	H [12]	K [3]	H [3]			
4004	WN6	—	—	13.4 ₅	13.6	13.5 ₅ ± 0.08	10.2	-3.4
9974	WN5	13.6 ₅	15.4	14.6	14.7	14.6 ± 0.36	10.7	-3.9
16523	WC6	—	—	14.5	14.7	14.6 ± 0.10	10.0	-4.6
50896	WN5-6 [24]	—	—	11.5 ₅	11.9	11.7 ₅ ± 0.18	6.9	-4.9
68273	WC7+07	—	—	—	—	8.3	1.8	-6.5
165763	WC6	—	—	14.2 ₅	14.3	14.3 ± 0.03	7.8	-6.5
186943	WN5-6 [24]	—	—	14.4	14.9	14.6 ₅ ± 0.25	10.2	-4.4
187282	WN5	—	—	14.1	14.5	14.3 ± 0.20	10.5	-3.8
211853	WN6+BO : I :	15.0	15.5:	14.5	14.2	14.8 ± 0.29	9.0	-5.8
214419	WN6+07	13.5	14.4:	13.9	14.0	13.9 ± 0.19	8.8	-5.1

Примечание.

HD 4004. $m_p = 10.18$ [25], 10.23 [26].
 HD 9974. $m_p = 10.0$ (HD), 10.69 [25]; возможно, спектрально-двойная [27], WR + O6 [19].
 HD 16523. $m_p = 10.0$ [28], 10.01 [26].
 HD 50896. $m_p = 6.6$ (HD), 6.91 [11], 6.90 [26]; отмечалась переменность блеска [29] и спектра [30].
 HD 68273. γ_2 Vel; модуль расстояния оценен по γ_1 Vel, B2 IV, $m_p = 4.6$ [31], M_p (B2 IV) ≈ -3.7 [22]; для γ_2 взято m_p [32]; отмечалась переменность блеска.
 HD 186943. $m_p = 10.23$ [25], 10.30 [26], 10.0 [24]; вероятно, спектрально-двойная [33].
 HD 187282. $m_p = 10.51$ [25], 10.50 [26].
 HD 211853. $m_p = 9.02$ [25, 34], 9.04 [26]; небольшая неправильная переменность [34, 35]; спектрально- [33] и затменно- [35] двойная.
 HD 214419, CQ Ser, затменно- и спектрально-двойная.

ТАБЛИЦА 5

Результаты оценок абсолютных величин звезд WR

HDN	Sp	$\overline{m-M}$	n	m_v	M_v	E_1	d (кпс)	M_v [36]
190918	WN5+O9.5 I	13.6 ± 0.15	11	6.8	-6.8	0.22	2.85	-6.3
191765	WN6	13.5 ± 0.12	7	8.0	-5.5	0.17	3.10	-5.7
192103	WC7	$13.6_5 \pm 0.14$	9	8.0 ₅	-5.6	0.19	3.10	-5.5*
192163	WN6	$13.2_5 \pm 0.17$	10	7.5	-5.7	0.18	2.65	-5.7
192641	WC7	$12.7_5 \pm 0.19$	6	7.9	-4.8	0.21	1.95	-6.0*
193077	WN5	$12.9_5 \pm 0.18$	8	8.0	-5.0	0.26	1.85	-5.6*
193237	BIp	12.7 ± 0.2	4	4.8	-7.9	0.25	1.75	—
193576	WN5.5+O6	$13.2_5 \pm 0.47$	4	8.0	-5.3	0.35	1.70	-5.6
193793	WC6+O5	13.8 ± 0.06	11	6.9	-6.9	0.31	2.40	-6.0
193928	WN5+?	$14.3_5 \pm 0.18$	2	9.8	-4.6	0.52	1.70	-5.7*

Примечание.

HD 190918. $m_v = 6.75$ [34], 6.79 [26], 7.01 [12]; классифицировалась так же, как WN 5 + O9.5 III [5].
 HD 191765. $m_v = 7.80$ [12], 8.0 [28], 8.05 [5], 8.08 [34], 8.09 [26]; небольшая переменность блеска и спектра [29].
 HD 192103. $m_v = 7.94$ [12], 8.06 [25], 8.11 [34], 8.12 [5], 8.16 [26]; переменность блеска [29, 37].
 HD 192163. $m_v = 7.50$ [5, 34], 7.52 [26].
 HD 192641. $m_v = 7.91$ [34], 7.92 [26]; возможно, WC7 + Be [38], WC6 + BO: [26].
 HD 193077. $m_v = 7.97$ [12], 8.00 [26], 8.01 [34], 8.12 [5]; небольшая переменность [29].
 HD 193237. P Cyg, переменность.
 HD 193576. V444 Cyg; затменно- и спектрально-двойная.
 HD 193793. $m_v = 6.86$ [34], 6.89 [26]; спектрально-двойная.
 HD 193928. $m_v = 9.4$ (HD), 9.78 [25], 9.86 [26], 9.93 [5]; спектрально-двойная [33].

Средние значения абсолютных величин галактических звезд WR и характеристики их разброса (дисперсии в расчете на одну звезду) приводятся в табл. 6; в скобках даны числа звезд, вошедших в среднее. «Оди-ночными» считались все те звезды WR, у которых в спектре не проступают явственно черты второго компонента (хотя его присутствие может проявляться в колебании лучевых скоростей), в связи с чем соответствующим вкладом в общую светимость можно пренебречь. Средние величины M_v для углеродных звезд получены по небольшому числу объектов и, возможно, нуждаются в уточнениях.

ТАБЛИЦА 6

Средние абсолютные величины галактических звезд WR

Тип	Все звезды	Одиночные	WR + O
WR	-5.2 ± 0.9 (19)	-4.9 ± 0.8 (12)	-6.1 (6)
WN	$-4.9_5 \pm 0.9$ (13)	-4.7 ± 0.8 (8)	—
WC	-5.8 ± 1.0 (6)	-5.4 ± 0.9 (4)	—

Примечание. В скобках — число звезд.

Остановимся вкратце на методике определения расстояний, приведенных в табл. 5. Обычная формула перехода от видимого модуля к расстоянию

$$\lg d = 0.2 (m - M) + 1 - 0.2 \gamma_v E_1$$

(для системы S_1 $\gamma_v = 6.1$ [20]) требует сведений об избытках цвета. Так как нормальные показатели цвета звезд WR неизвестны заранее ни в одной из фотометрических систем, то наилучшим способом определения величины пространственного поглощения представляется процедура,

подробно описанная в [15]: по ряду опорных звезд O—B, лежащих в окрестностях исследуемой звезды, строится зависимость $E-(m-M)$ в данном направлении и из этой зависимости по видимому модулю расстояния получается требуемая величина E . Результаты для 10 звезд в Лебедь (9 звезд WR; P Cyg) приведены выше (табл. 5; некоторые отличия от данных [15] соответствуют уточненным значениям $(m-M)$). В связи с затронутым здесь вопросом об определении избытков цвета звезд WR сделаем следующее замечание. В последнее время появились работы (Д. Пайшер [26], Л. Куги [39]), в которых пространственное поглощение оценивается для звезд WR по двухцветной диаграмме того или иного типа, путем перехода вдоль линии покраснения к кривой непоокрасневших звезд O—B. Даже при учете эффекта ярких полос подобная методика вызывает серьезные возражения, так как искусственно навязывает звездам WR нормальные показатели цвета, характерные для звезд III—V классов светимости. Между тем, звезды WR должны иметь наряду с межзвездным также собственное покраснение, связанное с наличием у них протяженных атмосфер (например, у сверхгигантов I а, оболочки которых, как можно думать, не столь мощны, нормальные показатели цвета оказываются заметно большими, чем у ранних звезд меньшей светимости [40]). В результате избытки цвета и соответственно пространственное поглощение оказываются преувеличенными (это, в частности, повело к существенной переоценке спектрфотометрических температур звезд WR, полученных Куги [39]).

Можно привести несколько доводов в пользу того, что найденные абсолютные величины верны и притом не только в среднем (по крайней мере для звезд в Лебедь — см. табл. 5 — возможность грубых ошибок, по-видимому, исключена).

1. Согласие с результатами, полученными для БМО, является вполне удовлетворительным. Это видно из последнего столбца табл. 5, где приведены абсолютные величины 9 галактических звезд WR, найденные недавно Б. Вестерлундом [36] путем калибровки по звездам WR в БМО (звездочками отмечены объекты, которые рассматриваются в [36] как двойные, что существенно при оценке абсолютных величин применяемым там методом). Таким образом, звезды типа WR в Галактике и в БМО имеют в среднем одинаковые абсолютные величины и сравнимую их дисперсию.

2. Анализ ряда двойных (O+WR) систем приводит к абсолютным величинам, хорошо согласующимся с полученными: а) в случае V 444 Cyg (HD 193 576), основываясь на элементах затменной и спектральной двойственности, находим $M_p(\text{WR}) = -5.3$ (см. [15, 41]), что совпадает с данными табл. 5; б) в случае CQ Cep (HD 214 419) аналогичным способом (см. [15]) получается $M_p(\text{WR}) = -4.9$ (элементы системы взяты из [42, 43]; $T(07) \approx 45\,000^\circ \text{K}$); это удовлетворительно согласуется с величиной -5.1 из табл. 4; в) у HD 193 793 разность величин компонентов с учетом вклада ярких полос есть $\Delta m = 0.35$ (см. [42] и [43]). При $M_p(\text{O+WR}) = -6.8$ (см. табл. 5) получается $M_p(\text{WR}) = -6.0$, $M_p(\text{O5}) = -6.3$; последнее как раз соответствует средней абсолютной величине абсорбционных звезд O5 (см. [22]).

3. Многие из рассмотренных звезд WR уверенно отождествляются не только по направлению, но и по расстояниям, с известными пространственными группировками горячих звезд [44]. Помимо однозначных отождествлений в Лебедь (см. [15]), можно отметить также вероятную принадлежность звезд HD №№ 211 853, 214 419 группировке Cep II B ($\bar{d} = 3.3$ кпс), а HD 4004 — группировке Cas III C ($\bar{d} = 3.6$ кпс). P Cyg наряду с четырьмя звездами WR (HD №№ 192 641, 193 077, 193 576 и 193 928) входит в тесную пространственную группировку, примыкающую к Cyg II B и Cyg II C. Так как все члены одной группировки связаны,

по-видимому, общностью происхождения, то сопричастие здесь таких разнотипных объектов, как звезды O, B, P Cуг и звезды WR азотной и углеродной последовательностей представляет несомненный космогонический интерес.

В заключение отметим, что светимости звезд WC в среднем несколько больше, чем звезд WN (см. табл. 6); однако после учета поправок за влияние ярких полос на визуальные звездные величины [43] это различие практически сходит на нет.

Литература

1. В. Фаас, Астр. журн., 5, 68, 1928.
2. D. Hoffleit, Harv. Bull., No 892, 1933.
3. R. Sanford, O. Wilson, Astrophys. J., 90, 235, 1939.
4. Р. Вилсон. В кн.: Л. Аллер. Астрофизика, т. II, ИЛ, 1957.
5. N. Roman, Astrophys. J., 114, 492, 1951.
6. O. Wilson, Astrophys. J., 91, 379, 1940.
7. Y. Andrillat, Publ. Obs. Lyon, 3, No. 30, 1958.
8. Y. Andrillat, Ann. Astrophys. Suppl., 2, 1957.
9. B. Onderlicka, 8-me Liege Symp., 68, 1958.
10. A. B. Underhill, 8-me Liege Symp., 17, 1958.
11. A. Feinstein, Publ. Astron. Soc. Pacific, 73, 354, 1961.
12. C. Beals, J. Oke, Monthly Not. RAS, 113, 530, 1953.
13. Строение звездных систем. ИЛ, 1962.
14. B. Westerlund, L. Smith, Monthly Not. RAS, 128, 311, 1964.
15. С. В. Рублев, Астр. журн., 40, 100, 1963.
16. P. Merrill, R. Sanford, O. Wilson, C. Burwell, Astrophys. J., 86, 274, 1937.
17. D. Duke, Astrophys. J., 113, 400, 1951.
18. Y. Andrillat, Publ. Obs. H. Prov., 3, No. 21; Comt. Rend., 239, 1590, 1954.
19. W. Morgan, A. Code, A. Whitford, Astrophys. J. Suppl., 2, 41, 1955.
20. W. Morgan, D. Harris, H. Johnson, Astrophys. J., 118, 22, 1953.
21. H. Johnson, W. Morgan, Astrophys. J., 117, 313, 1953.
22. И. М. Копылов, Изв. КрАО, 20, 156, 1958; Диссертация, КрАО, 1958.
23. J. Stebbins, C. Huffer, A. Whitford, Astrophys. J., 91, 20, 1940.
24. C. Jaschek, H. Conde, A. Sierra. Cat. Stellar Spectra in the MK-System. La Plata, 1964.
25. W. Hiltner, Astrophys. J. Suppl., 2, 389, 1956.
26. D. Puer, Astrophys. J., 144, 13, 1966.
27. O. Wilson, Publ. Astron. Soc. Pacific., 52, 404, 1940.
28. M. S. Roberts, Astron. J., 67, 79, 1962.
29. L. W. Ross, Publ. Astron. Soc. Pacific, 73, 354, 1961.
30. O. W. Wilson, Publ. Astron. Soc. Pacific, 60, 383, 1948.
31. L. Aller, D. Faulkner, Astrophys. J., 140, 167, 1964.
32. A. Cousins, R. Stoy, Royal Obs. Bull., No. 64, 103, 1963.
33. W. Hiltner, Astrophys. J., 101, 356, 1945.
34. S. Demers, J. D. Fernie, Publ. Astron. Soc. Pacific, 76, 350, 1964.
35. R. Hjellming, W. Hiltner, Astrophys. J., 137, 1080, 1963.
36. B. Westerlund, Astrophys. J., 145, 724, 1966.
37. M. K. V. Varpu, Astrophys. J., 56, 120, 1951.
38. A. B. Underhill, Astrophys. J., 136, 14, 1962.
39. L. Kuhi, Astrophys. J., 143, 753, 1966.
40. И. М. Копылов, Изв. КрАО, 18, 41, 1958.
41. С. В. Рублев, Астр. журн., 42, 347, 1965.
42. J. McDonald, Publ. DAO Victoria, 7, 311, 1947.
43. М. Ю. Невский, С. В. Рублев, Астр. циркуляр, № 241, 1963.
44. И. М. Копылов, Астр. журн., 35, 390, 1958.

Октябрь 1967 г.