О НЕКОТОРЫХ В-ЗВЕЗДАХ АССОЦИАЦИИ ОРИОНА

Н. Л. Иванова

Используя наблюдательный материал, полученный в Бюраканской обсерватории на 10″ телескопе АСИ-5 осенью 1954 и зимой 1954—1955 гг., мы произвели спектрофотометрическое изучение непрерывного спектра, а также водородных линий поглощения некоторых В-звезд ассоциации Ориона.

Для исследования были выбраны звезды из каталога спектральных типов и фотоэлектрических величин звезд ранних типов ассоциации Ориона Шарплесса [1]. В таблице 1 даются номера этих звезд по HD, спектральные классы и классы светимостей, определенные Шарплессом согласно системе Иеркского атласа звездных спектров, и визуальные звездные величины.

Калибровка пластинок (использовались пластинки Ильфорд Зенит) производилась на телескопе при помощи 4-сетчатых диафрагм различной светопропускаемости, а также дополнительно в лаборатории при помощи трубочного фотометра. Пять характеристических кривых, полученных на участке длин волн $\lambda\lambda$ 4600—3647 Å и пять на участке 3647—3100 Å совмещались в две усредненные. Из измерений же пластинок, снятых на трубочном фотометре с 3 разными экспозициями, получалась еще дополнительная контрольная кривая, построенная по 18 точкам для λ 4400 Å. Обе характеристические кривые, полученные для фотографической области, хорошо совпадают, что делает калибровку пластинок достаточно уверенной.

Все спектры были обработаны на бюраканском саморегистрирующем микрофотометре с увеличением масштаба при исследовании непрерывного спектра в 10 раз и при исследовании линий в 40 раз.

Спектрофотометрия непрерывного спектра звезд. По методу, подробно изложенному в ранее опубликованных работах Бюраканской обсерватории [2,3], исследовалось относительное распределение энергии на участке спектра λλ 3100—4600 Å.

Таблица 1

№ пп.	Звезда по HD	Спектр	m
1	34511	B5V	7.39
2	34959	B5p	6,50
3	35079	B3V	7.06
4	35407	B5V	6.31
5	35502	B5V	7.35
6	35575	B3V	6.41
7	35588	B3V	6.15
8	35730	B5p	.7.20
9	35792	B3V	7.20
10	35899	B5V	7.52
11	35910	B6V	7.58
12	36151	B5V	6.71
13	36824	B3V	6.69
14	36954	B3V	6.92
15	37025	B3	7.17
16	37334	B3	7.19

В качестве звезд сравнения использовались: в осенний период наблюдений α Лиры и в зимний период — α Б. Пса. Обе звезды, вследствие их большой яркости, фотографировались через диафрагму с площадью, равной $^1/_{18}$ площади свободного отверстия телескопа.

Относительные спектрофотометрические градиенты звезд

$$\Delta\Phi = -0.921\,\frac{d(\Delta m_\lambda)}{d(^1/\lambda)}$$

определялись для двух участков каждого спектра: λ 3647—4600 Å и λ 3100—3647 Å. Δm_λ — разности блеска звезды срав-

нения и исследуемой звезды в каждой длине волны λ измерялись в 20 точках спектра.

Для внесения поправок за атмосферное поглощение, необходимых вследствие того, что исследуемые звезды и звезда сравнения фотографировались на разных зенитных расстояниях, были определены средние для осеннего периода наблюдений 1954 года коэффициенты прозрачности p_λ (таблица 2). Для получения последнего фотографировалась звезда α Лиры на разных зенитных расстояниях [2]. В зимний период наблюдений удалось фотографировать исследуемые звезды и звезду сравнения практически при одинаковых зенитных расстояниях.

Таблица 2

$1/\lambda$	2.151	2.248	2.354	2.470	2.599	2.774	2.865	2.949	3.030
p_λ	0.800	0.750	0.710	0.687	0.605	0.440	0.370	0.322	0.285

Относительные градиенты определялись из решения систем условных уравнений вида:

$$\Delta m_0 + \frac{1}{\lambda}\frac{d(\Delta m_\lambda)}{d(^1/\lambda)} = \Delta m_\lambda,$$

где Δm_λ — разность звездных величин звезды сравнения и исследуемой звезды для данной длины волны, исправленных за атмосферное поглощение. Решая систему по способу наименьших квадратов, находим величину $\frac{d(\Delta m_\lambda)}{d(^1/\lambda)}$, которая после умножения на —0.921 и дает искомый градиент. Полученные таким образом градиенты $\Delta\varphi_1$(λ 3647—4600 Å) и $\Delta\varphi_2$(3100—3647 Å) приводятся в таблице 3. Здесь же приведены средние квадратические ошибки, которые для всех звезд (за исключением HD 35730, сфотографированной при больших z) невелики.

Исследуемые звезды расположены в относительно прозрачной области, однако 3 из них (HD 35079, 35502 и 36954) имеют все же заметные избытки цвета. Пользуясь методом Мирзояна [4], мы внесли в полученные значения градиентов

поправки за межзвездное поглощение. Эти поправки $\Delta\Phi'$, согласно [4], выражаются в виде: $\Delta\Phi' = A \cdot \text{Ш}$, где коэффициент A представляет собой произведение двух множителей, зависящих от законов поглощения в области эффективных длин волн системы избытков цвета и в области определения спектрофотометрических градиентов, а Ш — избыток цвета данной звезды. В качестве коэффициента A мы приняли значения, определенные Мирзояном [4] по спектрофотометрическим градиентам, взятым из работ Шалонжа и Барбье, и по фотоэлектрическим избыткам цвета в системе Стеббинса, Хаффера и Уитфорда.

Таблица 3

№пп.	Звезда по HD	Число наблюдений	$\Delta\Phi_1$	ε_1	$\Delta\Phi_2$	ε_2	D
1	34511	2	—0.02	0.023	—0.45	0.048	0.17
2	34959	4	—0.15	0.017	—0.36	0.036	0.25
3	35079	2	—0.02	0.032	—0.46	0.014	0.26
4	35407	2	—0.05	0.010	—0.61	0.029	0.23
5	35502	3	—0.00	0.039	—0.39	0.041	0.23
6	35575	1	—0.06	—	—0.48	—	0.26
7	35588	3	—0.12	0.027	—0.75	0.052	0.15
8	35730	3	—0.13	0.124	—0.84	0.192	0.21
9	35792	3	—0.12	0.030	—0.42	0.015	0.13
10	35899	2	—0.16	0.013	—0.73	0.024	0.20
11	35910	3	—0.12	0.045	—0.64	0.031	0.25
12	36151	4	—0.02	0.012	—0.73	0.094	0.20
13	36824	4	—0.07	0.008	—0.87	0.050	0.16
14	36954	3	—0.13	0.040	—0.57	0.025	0.12
15	37025	2	—0.18	0.028	—0.73	0.025	0.18
16	37334	3	—0.06	0.010	—1.01	0.094	0.19

Коэффициент A оказался равным 2.88 для $\lambda = 4250$Å и 1.82 для $\lambda = 3500$Å. Избытки цвета были взяты из работы Шарплесса [1], определившего их в области эффективных длин волн $\lambda = 5540$Å и $\lambda = 4420$Å. Зависимость между избытками цвета системы Шарплесса и системы Стеббинса и др. выражается в виде:

$$E_1 = 0.425E_y,$$

где E_y избыток цвета в системе Шарплесса. Значения E_1 приведены в таблице 4.

Таблица 4

№ пп.	Звезда по HD	E_1	Φ_1	Φ_2	$T_1 \times 10^{-3}$	$T_2 \times 10^{-3}$
1	34511	0.03	1.03	1.10	15.5	14
2	34959	0.02	0.93	1.20	18	13
3	35079	0,07	0.92	1.01	18	16
4	35407	0.00	1.09	0.99	14	16
5	35502	0.06	0.97	1.10	16.6	14
6	35575	0.01	1.05	1.10	15	14
7	35588	0.01	0.99	0.83	16	21
8	35730	0.00	1.01	0,76	16	25
9	35792	0.03	0.94	1.13	18	14
10	35899	0.01	0.95	0.85	17.5	20.5
11	35910	0.02	0.96	0.92	17	18
12	36151	0.01	1.09	0.85	14	20.5
13	36824	0.02	1.01	0.69	16	30
14	36954	0.05	0.87	0.94	20	18
15	37025	0.03	0.87	0.82	20	21.5
16	37334	0.01	1.05	0.58	15	—

Используя относительные спектрофотометрические градиенты и вычисленные по значениям E_1 поправки градиентов за поглощение, мы получили исправленные за поглощение абсолютные градиенты

$$\Phi = \Phi_0 + \Delta\Phi - \Delta\Phi',$$

где Φ_0—абсолютный градиент α Лиры, определенный ранее [2,3] и равный для области λ=3647—4600Å 1.14 и для λ = =3100—3647Å 1.60. Для α Б. Пса были приняты те же значения Φ_0. Абсолютные градиенты Φ_1 для фотографической области и Φ_2 для ультрафиолетовой области, а также соответствующие им температуры T_1 и T_2 приведены также в таблице 4.

Сделав переход от нашей шкалы температур к шкале Шалонжа и Барбье (абсолютные градиенты нормальных А0 звезд равны для области $4600 > \lambda > 3700$ Å 1.00 и для области $3100 < \lambda < 3700$ Å + 1.39), мы получили средние значения абсолютных градиентов для каждого спектрального класса $\bar{\Phi}_1$ и $\bar{\Phi}_2$, приведенные в таблице 5., где также даются результаты Шалонжа и Барбье [5].

Таблица 5

Спектр	Автор		Шалонж	Барбье
	$\bar{\Phi}_1$	$\bar{\Phi}_2$	$\bar{\Phi}_1$	$\bar{\Phi}_2$
B3	0.82	0.68	0.79	0.86
B3—B6	0.87	0.77	0.93	1.02

Из таблицы видно, что для фотографической области цветовые температуры, полученные Шалонжем, Барбье и нами, отличаются мало. В области ультрафиолета у В-звезд ассоциации Ориона цветовая температура выше, чем в фотографической области. Вместе с тем она, повидимому, выше, чем T_2 для звезд тех же типов, находящихся вне ассоциации.

Величины Бальмеровских скачков D, приведенные, в последнем столбце таблицы 3, соответствуют значениям, обычно получаемым для нормальных звезд классов B3—B5.

Определение скачков было выполнено следующим образом. Составлялись уравнения вида:

$$x + \frac{1}{\lambda} y = \lg I_\lambda,$$

в котором x и y — некоторые неизвестные, а $\lg I_\lambda$ — интенсивность непрерывного спектра для данного λ. Из решения по способу наименьших квадратов двух систем условных уравнений (одна до границы серии Бальмера, другая — за границей) находим величины x и y и с их помощью определяем величины $\lg I_{3647+\varepsilon}$ и $\lg I_{3647-\varepsilon}$ (3647 Å — теоретическое

значение длины волны скачка). Тогда величина скачка определяется как

$$D = \frac{\lg I_{3647+\varepsilon}}{\lg I_{3647-\varepsilon}}.$$

Спектрофотометрия водородных линий поглощения

а) *Эквивалентные ширины и центральные остаточные интенсивности.* Дисперсия спектрографа 10″ телескопа (156 Å/мм около H_7) недостаточна для точной спектрофотометрии линий, однако первый опыт определения эквивалентных ширин, произведенный Мирзояном [2], показал неплохое согласие с результатами, полученными на приборах с большой дисперсией другими наблюдателями. Нами предпринята попытка дальнейшего исследования линий на этом телескопе. В таблице 6 приводятся средние значения эквивалентных ширин водородных линий, выраженных в Å, а в таблице 7 — центральные остаточные интенсивности. Результаты измерений нескольких пластинок одних и тех же звезд находятся в удовлетворительном согласии.

Таблица 6

№ пп.	Звезда по HD	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}
1	34959	6.51	6.23	5.41	5.73	5.43	3.95	3.13	—
2	35079	4.99	6.49	6.81	6.33	4.56	2.85	1.45	—
3	35407	9.75	7.29	6.63	7.23	6.51	3.22	2.38	—
4	35502	9.36	10.47	10.28	8.36	8.04	5.80	3.62	2.26
5	35588	8.11	8.28	8.00	6.92	6.05	3.64	2.56	1.16
6	35730	8.52	8.88	7.17	7.49	5.91	3.72	2.45	1.28
7	35792	6.81	8.43	6.69	6.96	6.04	3.83	2.76	1.20
8	35899	7.33	6.63	6.81	9.04	5.10	2.64	1.66	—
9	35910	9.67	8.43	7.64	6.62	6.40	3.90	2.52	—
10	36824	9.41	8.70	8.56	8.47	7.20	4.47	2.93	—
11	36954	6.08	5.96	6.69	5.65	5.65	2.95	1.76	1.23

Таблица 7

№ пп.	Звезда по HD	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}
1	34959	0.77	0.71	0.67	0.68	0.71	0.70	0.74	—
2	35079	0.78	0.71	0.68	0.69	0.73	0.80	0.84	—
3	35407	0.69	0.68	0.67	0.65	0.67	0.75	0.76	—
4	35502	0.60	0.53	0.52	0.56	0.59	0.62	0.72	0.77
5	35588	0.66	0.64	0.62	0.65	0.68	0.72	0.77	0.87
6	35730	0.66	0.64	0.59	0.61	0.66	0.71	0.77	0.84
7	35792	0.68	0.65	0.61	0.63	0.73	0.77	0.77	0.86
8	35899	0.72	0.70	0.66	0.62	0.70	0.79	0.81	—
9	35910	0.69	0.68	0.66	0.66	0.65	0.71	0.79	—
10	36824	0.71	0.69	0.64	0.63	0.65	0.70	0.78	—
11	36954	0.70	0.68	0.68	0.70	0.74	0.80	0.84	—

Для исследованных звезд не имеется определений эквивалентных ширин, произведенных другими наблюдателями, что лишает нас возможности произвести сравнение. В качестве некоторого контроля нами была дополнительно измерена α Лиры, которая имеется и в исследованиях других авторов. В таблице 8 приводятся измерения эквивалентных ширин для α Лиры Гюнтера [6], Мичапка [7] и наши, а также средние значения для звезд класса B3 и B5, полученные Гюнтером, Эльвеем [8] для H_7 и нами. Средние значения эквивалентных ширин исследуемых звезд несколько отличаются от средних для каждого спектрального класса значений, полученных Гюнтером и Эльвеем.

Из таблицы 8 видно, что значения эквивалентных ширин, полученных нами для α Лиры, находятся в удовлетворительном согласии с другими исследователями.

б) *Электронные давления.* Пользуясь данными таблицы 7, мы определили электронные давления. Известно, что между эффективным квантовым числом n_m (главное квантовое число последнего дискретного уровня) и электронным давлением p_e существует зависимость:

$$\lg p_e = 1.19 + \lg T_e - 7.5 \lg n_m,$$

где T_e — эффективная температура по Кейперу.

Таблица 8

Автор	Спектр	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}
Гюнтер	α Лиры	15.1	16.6	14.2	13.5	13.4	9.8	6.5
	B3	5.06	5.02	4.90	4.40	4.39	4.13	2.82
	B5	6.60	6.68	6.73	5.98	5.88	5.55	—
Мичанка	α Лиры	14.3	13.3	14.6	12.2	11.4	9.3	5.6
Эльвей	B3	6.33	—	—	—	—	—	—
	B5	9.40	—	—	—	—	—	—
Иванова	α Лиры	11.6	17.1	15.9	12.7	10.6	6.22	3.98
	B3	7.08	7.57	7.35	6.86	5.88	3.55	2.28
	B5	8.29	7.90	7.26	7.57	6.21	3.86	2.65

Величину n_m мы находили по способу Молера [9], определявшему ее путем экстраполяции величины $\lg \frac{1}{r_0}$ ($r_0 = \frac{I}{I_0}$ — центральная остаточная интенсивность) на нулевое значение. Для величин r_0 взяты средние из нескольких определений значения. Полученные значения n_m и p_e приводятся в таблице 9.

Полученные электронные давления оказались величинами приблизительно одного порядка для всех звезд. Среднее значение величины $\lg p_e$ (в барах) равно 2.42. Эта величина совпадает с величиной, приведенной Мичанка [10] в качестве средней величины электронного давления для звезд класса B3—B5. Величина n_m для α Лиры, равная 17.2, близка к значению, полученному Мичанка ($n_m = 17.8$) и несколько отличается от значения Молера ($n_m = 20$).

c) *Высоты однородных атмосфер и числа атомов водорода.* Зная эквивалентные ширины водородных линий, электронные давления и температуры, можно определить число атомов в столбе над фотосферой с сечением в 1 *см*^{2} —$N_{0,2}H$.

Если же получить, пользуясь значением n_e, из комбинации формул Больцмана и Саха число нейтральных атомов

Таблица 9

№ пп.	Звезда по HD	$\lg T_e$	n_m	$\lg p_e$ (в барах)	p_e в атм.
1	34959	4.19	17.4	2.04	$1.1 \cdot 10^{-4}$
2	35079	4.27	15.1	2.61	$4.1 \cdot 10^{-4}$
3	35407	4.19	15.8	2.38	$2.4 \cdot 10^{-4}$
4	35502	4.19	16.2	2.31	$2.0 \cdot 10^{-4}$
5	35588	4.27	15.5	2.53	$3.4 \cdot 10^{-4}$
6	35730	4.19	15.0	2.57	$3.7 \cdot 10^{-4}$
7	35792	4.27	17.4	2.16	$1.5 \cdot 10^{-4}$
8	35899	4.19	14.6	2.64	$4.4 \cdot 10^{-4}$
9	35910	4.16	15.3	2.49	$3.1 \cdot 10^{-4}$
10	36824	4.27	16.0	2.42	$2.6 \cdot 10^{-4}$
11	36954	4.27	15.9	2.38	$2.7 \cdot 10^{-4}$

водорода в *с.и*^{3} во втором состоянии, то легко вычислить и высоту однородной атмосферы H.

В работе Мельникова [11] даются следующие соотношения между эквивалентной шириной W, высотой однородной атмосферы H, а также p_e и T:

для H_γ: $$W^{\gamma_2} = [-12.48] N_{0.2} H \frac{p_e}{T} A_0^{\gamma_2},$$

для H_δ: $$W^{\delta_2} = [-12.64] N_{0.2} H \frac{p_e}{T} A_0^{\delta_2}.$$

Величина же $N_{0.2}$ определится из соотношения:

$$\lg N_{0.2} = 2 \lg p_e - 3.5 \lg T_e + \frac{17035.2}{T_e} + 16.942.$$

В таблице 10 приводятся значения $\lg N_{0.2}$, $\lg N_{0.2} H$ и $\lg H$. Величины $\lg H$, полученные по H_γ и H_δ, оказались близкими друг к другу. Значения величин $\lg N_{0.2} H$ для разных звезд меняются в пределах 16.8—18.0. Это несколько выше значений, приведенных в работе Мичаика [7], где дано среднее значение для звезд класса B3—16.24, а для B5—16.4.

Таблица 10

№ пп.	Линия	Звезда	W	A_0	$lgN_{0.2}$	$lgN_{0.2H}$	lgH
1	H_γ	34959	6.51	0.23	7.46	16.81	9.35
	H_δ		6.23	0.29	7.46	17.06	9.61
2	H_γ	35079	4.99	0.22	8.39	16.58	8.19
	H_δ		6.49	0.29	8.39	16.17	7.94
3	H_γ	35407	9.75	0.31	8.14	17.20	9.29
	H_δ		7.29	0.32	8.14	17.26	9.11
4	H_γ	35502	9.36	0.40	7.98	17.39	9.41
	H_δ		10.47	0.47	7.98	17.41	9.59
5	H_γ	35588	8.11	0.34	7.97	17.25	9.28
	H_δ		8.28	0.36	7.97	17.18	9.37
6	H_γ	35730	8.52	0.34	8.52	17.13	8.61
	H_δ		8.88	0.36	8.52	17.14	8.78
7	H_γ	35792	6.81	0.32	7.27	17.39	10.12
	H_δ		8.43	0.35	7.27	17.73	10.46
8	H_γ	35899	7.33	0.28	8.66	17.02	8.36
	H_δ		6.63	0.30	8.66	16.87	8.37
9	H_γ	35910	9.67	0.31	8.12	17.39	9.27
	H_δ		8.43	0.32	8.12	17.21	9.25
10	H_γ	36821	9.41	0.29	7.65	17.57	9.92
	H_δ		8.70	0.31	7.65	17.60	9.95
11	H_γ	36954	6.08	0.30	7.68	17.11	9.43
	H_δ		5.96	0.32	7.68	17.21	9.53

Приведенные же в работе Новочадовой [12] те же величины для звезд классов B0, A0, A3, одного класса светимостей с нашими звездами, оказались меняющимися в пределах 16.5—17.6, т. е. близкими к нашим значениям.

В заключение можно отметить, что рассмотренная в настоящей работе группа В-звезд ассоциации Ориона по целому ряду характеристик, полученных из спектрофотометрического исследования непрерывного спектра, а также из исследования водородных линий поглощения, представляет весьма однородную группу. Звезды этой группы отличаются от нормальных В-звезд, расположенных вне ассоциаций, более высокими цветовыми температурами в ультрафиоле-

товой области, а также более высокими значениями высот однородных атмосфер.

Величины Бальмеровских скачков и электронных давлений находятся в соответствии со средними значениями этих величин для каждого спектрального класса.

Н. Л. ИВАНОВА

ОРИОНИ АССОЦИАЦИЯЙИ МИ ՔԱՆԻ B-ՏԻՊԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

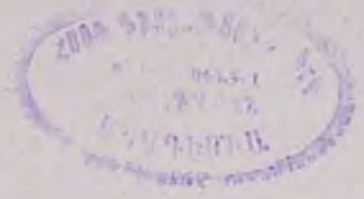
Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Աշխատանքում ուսումնասիրված են Օրիոնի ասոցիացիայի մեջ մտնող մի քանի B տիպի աստղերի անընդհատ սպեկտրները և ջրածնի կլանման գծերը։ Անընդհատ սպեկտրի ուսումնասիրությունից լուսանկարչական մասի համար ստացված դուրսային ջերմաստիճանները քիչ են տարբերվում այլ մեթոդներով ստացված դուրսային ջերմաստիճաններից։

Սպեկտրի ուլտրամանիշակագույն մասի համար դուրսային ջերմաստիճանները համեմատած լուսանկարչական մասի դուրսային ջերմաստիճանների հետ, ավելի բարձր են։ Դրա հետ մեկտեղ, համապատասխան մասերի ստացված ջերմաստիճանները Օրիոնի ասոցիացիայի մեջ մտնող B տիպի աստղերի համար ավելի բարձր են, քան նույն տիպի, բայց ասոցիացիայից դուրս գտնվող աստղերի համար։

Ստացված Բալմերյան թռիչքների մեծությունները և էլեկտրոնային ճնշումները համապատասխանում են B3—B5 տիպի աստղերի համար սովորաբար ստացվող մեծություններին։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *S. Sharpless.* A. J., 116, 251, 1952.
2. *Л. Мирзоян.* Сообщения Бюраканской обсерватории, вып. 7, 1951.
3. *Н. Иванова.* Известия АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, т. VI, № 5—6, 1953.
4. *Л. Мирзоян.* Известия АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, т. V, № 6, 1952.
5. *Э. Мустель.* Успехи астр. наук, 3, 159, 175, 1947.
6. *S. Günter.* Zs. f. Ap., 7, 106, 1933.

7. *G Miczaika*. Zs. f. Ap., 25, 77, 1948.
8. *C. Elvey* Ap. J., 71, 191, 1930.
9. *E. Mohler*, Ap. J., 80, 429, 1939.
10. *G. Miczaika*. Zs. f. Ap., 25, 72, 1948.
11. *О. Мельников*. Труды АО ЛГУ, 16, 80, 1952.
12. *Н. Новочадова*. Труды АО ЛГУ, 16, 105, 1952