

Р. Х. Оганесян

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД ТИПА Ве

В течение 1957—1960 гг. нами были проведены спектрофотометрические наблюдения семи звезд типа Ве на 10" телескопе АСИ-5 Бюраканской астрофизической обсерватории. Было получено 76 годных для обработки спектрограмм на пластинках „Agfa Blau“, „Agfa Panchromatische“ и „Kodak Оа-Е“ и примерно столько же спектрограмм α Лиры для стандартизации и калибровки негативов.

Данные об этих звездах и количество обработанных спектрограмм в каждом наблюдательном сезоне приведены в табл. 1. Судя по наблюдениям многих исследователей, эти звезды обладают интересными особенностями.

Таблица 1

Название звезды	α_{1950}	δ_{1950}	m_{pr}	Sp	Количество наблюдений по годам			
					1957	1958	1959	1960
χ Oph	16 ^h 24 ^m 07 ^s ,3	-18°20'41"	4.5--5.0	B3e	—	—	7	10
66 Oph	17 57 47.1	+04 22 11	4.81	B3ne	—	5	6	8
67 Oph	17 58 08.4	+02 55 56	3.92	cB5e	—	4	—	—
55 Cyg	20 47 14.0	+45 55 40	4.89	cB3e	4	5	—	—
f' Cyg	20 58 07.4	+47 19 30	4.86	B0ne 6	3	2	—	—
ν Cyg	21 15 51.6	+34 41 10	4.42	B3ne	4	3	1	—
π Aqr	22 22 43.4	+01 07 23	4.64	B1ne	2	2	4	—

γ Змееносца. У этой звезды в довольно широких интервалах изменяется как спектрофотометрический градиент, так и скачок интенсивности у предела бальмеровской серии.

Клеминшо [1] обнаружил переменность лучевых скоростей и ширин водородных линий, а также изменения структуры линий в спектре.

В 1932 году Струве и Свингс [2], измеряя ширины линий водорода в спектре этой звезды, обнаружили, что они уменьшаются с ростом номера линии. Предполагается, что у этой звезды имеется стратифицированная оболочка.

По измерениям ряда авторов [3, 4, 5] цвет γ Змееносца даже после учета межзвездного поглощения остается аномально красным, а бальмеровский скачок имеет отрицательное значение.

В 1957 году эту звезду наблюдала Купо [6]. Она пришла к выводу, что в интервале λ 3800—6500 А распределение энергии невозможно представить посредством двух значений спектрофотометрического градиента по причине наличия депрессии непрерывного спектра в фотографической области с минимумом в λ 300 А. На рис. 1 приведены кривые

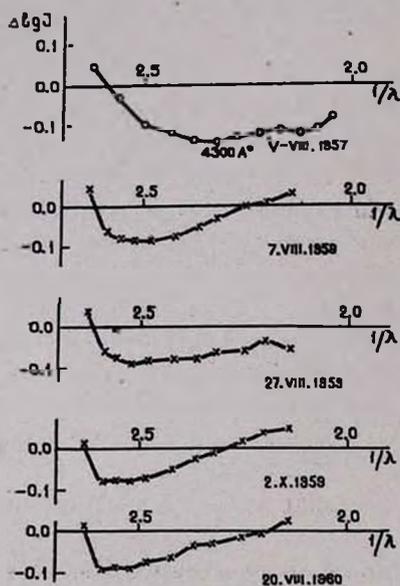


Рис. 1. Кривые для γ Змееносца по измерениям автора (крестики) и Купо (кружки)

Նկ. 1. Կորեքը γ Օձակըի համար ըստ հեղինակի (խչիք) և ըստ Կուպոյի (ըրջանիկիներ) շփումների

λ 4300 А. Вместе с тем спектрофотометрические градиенты в интервале λ 3700—4900 А хорошо представляются одной прямой.

66 *Змееносца*. Исследование линейчатого спектра этой звезды впервые было произведено Бальмером [7]. На спектрограммах, полученных в 1921—22 гг., H_{β} была широкой слабой линией поглощения с двумя эмиссионными компонентами, а в 1924 г. следов эмиссии в линии H_{β} уже не было. Спектрограммы, полученные в 1934 г. на обсерватории Маунт Вилсон [8], показывают очень сильную эмиссию в H_{α} , а на спектрограммах, полученных в 1937 г. Слетебеком [9] на перкинских сине-фиолетовых пластинках, не было никакого следа эмиссии. В 1942 г. по наблюдениям Свингса и Струве линия H_{β} отсутствовала совсем (как в эмиссии, так и в поглощении), а H_{γ} присутствовала в виде слабой линии поглощения [10]. В 1947 г. на спектрограммах, полученных на Маунт Вилсон [11], линия H_{α} стала очень слабой, а в 1948 г. по сообщению Мичайки [12] в сине-фиолетовой области спектра эмиссионные линии отсутствовали. На спектрофотограммах Перкинской обсерватории [9] 10 мая 1953 года линия H_{β} имеет две эмиссионные компоненты, в то время как H_{γ} и H_{δ} присутствуют в виде слабых линий поглощения. Через месяц (9 июня) линия H_{γ} была в эмиссии и очень интенсивной.

Наблюдения Ракоториджими и Эрман [13] показывают, что спектральный класс 66 *Змееносца*, определенный методом Рожа, колеблется в пределах В2—В6 со средним значением В3V. Они отмечают также уменьшение интенсивности бальмеровских эмиссионных линий в спектре 1955 г. На снимках за июнь—июль 1957 г. наблюдаются слабые линии поглощения.

На наших же спектрограммах, полученных 10 и 15 августа 1958 г., были обнаружены следы эмиссии в линии H_{α} ; скачок интенсивности у предела бальмеровской серии стал меньше, чем у нормальной звезды того же типа.

В период 1959—1960 гг. линия H_{α} стала довольно яркой, а скачок интенсивности у предела бальмеровской серии менялся до $-0^m.2$, т. е. соответствовал звездам типа В2. Изменились и абсолютные спектрофотометрические градиенты звезды в исследованном интервале.

67 *Змееносца*. Наблюдательные данные, полученные нами для этой звезды в 1958 г., характеризуют ее как нормальный гигант типа В5; по-видимому, в этот период вокруг звезды газовой оболочки не было или она была очень слабой. По этой причине наблюдения этой звезды в последующий период не продолжались.

55 *Лебедя*. После учета межзвездного поглощения, по данным ряда авторов [3, 4, 5, 14], звезда остается аномально красной. Этот вывод подтверждается и нашими наблюдениями. Величина бальмеровского скачка интенсивности по нашим наблюдениям хорошо совпадает с данными Цой Дэй О, полученными в 1954 г. [5].

γ *Лебедя*. Ранние наблюдения этой звезды, охватывающие период 1904—1927 гг., проводились Кертисом [15], согласно которому в 1904 г. наблюдалась сильная водородная эмиссия, которая со временем ослабла и вновь усилилась в 1927 году.

Непрерывный спектр был изучен рядом авторов [3, 4, 5, 14, 16]. Из этих работ видно, что бальмеровский скачок изменяется в узких пределах от -0.04 до $+0.05$. Изменения спектрофотометрических градиентов также малы.

δ *Лебедя*. На спектрограммах, полученных 16 сентября 1946 г., H_{α} была видна в виде яркой эмиссионной линии с очень слабым минимумом в центре [11]. В сентябре 1948 г. Мичайка [12] обнаружил слабый эмиссионный компонент на широкой абсорбционной линии H_{β} , а Мак-Лафлин сообщает [10], что в течение большого промежутка времени не было обнаружено заметных изменений в спектре этой звезды.

На спектрограммах, полученных нами в 1957—1959 гг., хорошо видно влияние газовой оболочки на непрерывный спектр после бальмеровского скачка, а линия H_{α} в эти годы была в эмиссии.

π *Водолея*. Эта звезда была исследована Мак-Лафлиным [17], обратившим внимание на переменность относительных интенсивностей компонентов двойных эмиссионных линий водорода. До 1924 г. интенсивности эмиссионных компонентов были одинаковыми и переменность лучевых скоростей не наблюдалась. Затем наступили значительные из-

менения: амплитуды лучевых скоростей достигли 150 км/сек для центрального поглощения и 200 км/сек для краев эмиссии H_3 . С 1935 г. по 1943 г. лучевые скорости и интенсивность эмиссии уменьшились. В 1950 г. практически не было никакой эмиссии. Новая фаза активности началась в 1956 г.

В период наших наблюдений (1957–1959 гг.) линия H_2 была в эмиссии, а бальмеровский скачок был отрицательным.

§ 1. ОБРАБОТКА СПЕКТРОГРАММ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Микрофотограммы спектров всех исследуемых звезд и звезды сравнения (α Лиры) были получены с помощью саморегистрирующего микрофотометра Бюраканской обсерватории. Для учета атмосферной экстинкции использовались средние данные о прозрачности атмосферы в Бюракане (в августе и сентябре) в 1954 г., полученные М. А. Аракеляном [18]. Обработка материалов производилась по общей методике, принятой в Бюракане [19].

Для параметров непрерывного спектра звезды сравнения α Лиры были использованы следующие значения:

$$\varphi_1 = 1.14 \pm 0.05 \text{ для области } 3650\text{--}4600 \text{ \AA}$$

$$\varphi_2 = 1.43 \pm 0.08 \text{ для области } 3200\text{--}3650 \text{ \AA},$$

полученные Барье и Шалонжем [3].

Для получения спектрофотометрических градиентов исследуемых звезд были выбраны 19 точек на микрофотограммах: 10 точек в области $3650 \text{ \AA} \leq \lambda \leq 4750 \text{ \AA}$ и 9 точек в области $3200 \text{ \AA} \leq \lambda \leq 3650 \text{ \AA}$.

В табл. 2 приведены результаты наших наблюдений, где в последних трех столбцах даны соответственно вычисленные средние значения скачка интенсивности у предела бальмеровской серии, значения абсолютных спектрофотометрических градиентов и их среднеквадратические ошибки.

В табл. 3 приведена сводка результатов всех спектрофотометрических наблюдений исследуемых звезд, полученных разными авторами за различные годы.

Из данных табл. 2 и 3 видно, что величины спектрофотометрических градиентов исследуемых звезд значитель-

Таблица 2

Звезда	Дата наблюдения	Число наблюдений	D	φ_1	φ_2
γ Oph	28.6.1959	2	-0.032 ± 0.012	0.78 ± 0.01	1.59 ± 0.15
	7.8.1959	2	-0.039 ± 0.001	1.43 ± 0.01	\pm
	27.8.1959	1	-0.033	1.24 ± 0.04	1.86 ± 0.14
	2.9.1959	2	-0.042 ± 0.003	1.92 ± 0.05	1.69 ± 0.01
	20.5.1960	2	-0.010 ± 0.01	1.41 ± 0.03	1.84 ± 0.14
	28.6.1960	2	0.000 ± 0.001	1.48 ± 0.20	1.83 ± 0.06
	20.8.1960	6	-0.05 ± 0.01	1.90 ± 0.08	
	66 Oph	10.8.1958	3	0.103 ± 0.008	0.95 ± 0.06
15.8.1958		2	0.099 ± 0.007	1.10 ± 0.04	1.06 ± 0.04
28.6.1959		2	0.08 ± 0.01	0.83 ± 0.12	1.21 ± 0.23
6.8.1959		2	0.08 ± 0.02	1.57 ± 0.23	1.68 ± 0.04
7.8.1959		1	0.11 ± 0.01	0.89 ± 0.01	1.53 ± 0.03
27.8.1959		1	0.12 ± 0.01	1.01 ± 0.05	1.18 ± 0.12
28.6.1960		2	0.11 ± 0.01	0.89 ± 0.07	0.80 ± 0.18
20.8.1960		6	0.12 ± 0.02	1.14 ± 0.01	0.88 ± 0.15
67 Oph	средний для 1958	4	0.17 ± 0.01	0.90 ± 0.13	1.19 ± 0.15
55 Cyg	средний для 1957	4	0.085 ± 0.006	1.42 ± 0.20	1.26 ± 0.16
	средний для 1958	5	0.094 ± 0.005	1.55 ± 0.30	1.46 ± 0.10
f' Cyg	23.8.1957	2	-0.014 ± 0.011	0.93 ± 0.13	1.01 ± 0.05
	29.8.1957	2	0.022 ± 0.001	0.87 ± 0.08	0.84 ± 0.08
	20.9.1957	2	0.003 ± 0.003	0.88 ± 0.07	1.16 ± 0.01
	12.8.1958	2	0.004 ± 0.004	0.94 ± 0.19	1.21 ± 0.01
	15.8.1958	1	0.000	1.17	1.36
	7.8.1959	2	0.005 ± 0.002	0.91 ± 0.07	1.60 ± 0.02
o Cyg	23.8.1957	2	0.091 ± 0.014	0.92 ± 0.06	1.39 ± 0.04
	20.9.1957	2	0.082 ± 0.010	0.93 ± 0.11	1.08 ± 0.04
	12.8.1958	2	0.10 ± 0.030	1.09 ± 0.10	0.86 ± 0.03
	15.8.1959	1	0.113	0.92	0.99
	7.8.1959	1	0.14	0.95	1.82
π Aqr	29.8.1957	2	-0.022 ± 0.007	0.86 ± 0.18	1.00 ± 0.10
	16.8.1958	2	-0.030 ± 0.010	1.00 ± 0.02	0.95 ± 0.02
	7—10.8.1959	4	-0.030 ± 0.006	1.06 ± 0.12	1.22 ± 0.12

но больше, чем у нормальных звезд того же типа, а скачки интенсивности у предела бальмеровской серии соответственно меньше.

Из табл. 2 следует, ввиду больших изменений D , φ_1 и φ_2 , что у γ и 66 Змееносца в данный период наблюдений имеются изменения физического характера. Переменность этих звезд подтверждается также работами вышеупомянутых авторов.

У звезд 55, f' и δ Лебеда и у π Водолея больших изменений в параметрах спектра не наблюдается (табл. 2). Следует считать, что в отличие от звезд γ и 66 Змееносца эти звезды находятся в более спокойном состоянии.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ

То обстоятельство, что величина бальмеровского скачка у исследуемых звезд (за исключением 67 Змееносца) получилась меньше, а спектрофотометрические градиенты — больше, чем у нормальных звезд того же спектрального типа, свидетельствует о том, что у этих звезд имеется газовая оболочка или протяженная атмосфера.

Поскольку газовые оболочки прозрачны для излучения в видимой области спектра, то фотосферическое излучение звезд в этой области спектра проходит через оболочку без изменения. С другой стороны оболочка сама излучает. Мы наблюдаем сумму излучений этих двух объектов — оболочки и звезды. Но так как в спектре газовой оболочки скачок интенсивности у предела бальмеровской серии имеет отрицательный знак, то в результате наблюдаемая величина скачка уменьшается по сравнению со звездами, не имеющими оболочек. Эти соображения можно использовать для определения электронной температуры и плотности в оболочке. Такая попытка была предпринята раньше В. Г. Горбачкиным для интерпретации явлений, наблюдаемых у γ Кассиопеи [20].

Из наблюдений мы получили спектрофотометрические температуры двух областей спектра и величину бальмеровского скачка. Если нам известна также поверхностная тем-

пература звезды, то можно определить электронную температуру и электронную плотность оболочки по уравнениям, приведенным в [20]. При решении этих уравнений для звезд различных спектральных типов были приняты следующие значения поверхностной температуры [21]:

В0 29 000°K; В1 28 000°K; В3 25 000°K

Радиус звезды определялся по формуле:

$$M_v = -0.08 - 5 \lg r_0 + \frac{29\,500}{T}.$$

Для каждого наблюдения нами были определены электронные температуры T_e и электронные плотности n_e^0 исследуемых звезд. В табл. 4 приведены осредненные по всем наблюдениям значения этих величин \bar{T}_e и \bar{n}_e^0 .

При определении параметров расширяющейся оболочки обычно принимают, что плотность в атмосфере меняется обратно пропорционально квадрату радиуса. Поскольку в атмосферах горячих звезд почти все атомы ионизованы, то

$$n^+ = n_2 = n_e^0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2,$$

где n_e^0 — число свободных электронов в $см^3$ на нижней границе атмосферы. По найденным значениям n_e^0 и r_0 было определено количество материи \bar{M} , выбрасываемой из звезды за год. При этом принималось, что скорость расширения оболочки равна 100 км/сек [22].

Нами сделана попытка определить электронную плотность на внутренней границе оболочки, исходя из несколько иного предположения, а именно, что мы имеем дело не с расширяющейся газовой оболочкой, когда $n_e \sim r^{-2}$, а со стационарной оболочкой с изменяющейся по экспоненциальному закону плотностью материи, т. е.

$$n_e = n_e^0 e^{-\beta(r-r_0)} \quad (1)$$

где β — некоторый параметр, характеризующий быстроту уменьшения плотности по высоте атмосферы.

Таблица 4

Звезда	\bar{T}_e	r_0 с.м	n_e^0 с.м ⁻³	\bar{M}/M_\odot
λ Oph	12500	$3.3 \cdot 10^{11}$	$2.2 \cdot 10^{12}$	$1.1 \cdot 10^{-6}$
66 Oph	9 800	$2.3 \cdot 10^{11}$	$2.5 \cdot 10^{12}$	$4.4 \cdot 10^{-7}$
55 Cyg	13 200	$13.5 \cdot 10^{11}$	$0.8 \cdot 10^{12}$	$5.2 \cdot 10^{-6}$
f' Cyg	11 000	$2.9 \cdot 10^{11}$	$2.8 \cdot 10^{12}$	$8.2 \cdot 10^{-7}$
v Cyg	9 400	$3.0 \cdot 10^{11}$	$2.0 \cdot 10^{12}$	$6.4 \cdot 10^{-7}$
π Aqr	20 800	$5.5 \cdot 10^{11}$	$3.4 \cdot 10^{12}$	$3.5 \cdot 10^{-6}$

Для определения β воспользуемся выражением бальмеровского скачка

$$D = D_* + \lg \frac{1 + \frac{E_{+2}^{06}}{E_{+1}^*}}{1 + \frac{E_{-2}^{06}}{E_{-1}^*}}, \quad (2)$$

где E_{+1}^* и E_{+2}^{06} интенсивности звезд и оболочек соответственно до бальмеровского скачка, E_{-1}^* и E_{-2}^{06} те же величины, но после скачка; D_* — величина скачка при отсутствии оболочки.

Поскольку оболочка прозрачна для собственного излучения за границей субординатных серий, количество энергии, излучаемой всей оболочкой в частоте ν , будет равно:

$$E_\nu^{06} = 4\pi z_\nu \int_{r_0}^{\infty} n_e n^+ (1 - \omega) r^2 dr, \quad (3)$$

где ω — фактор дилуции, а множитель $(1 - \omega)$ введен для учета излучения оболочки, падающего на звезду.

Предполагается, что оболочка полностью ионизована, т. е. $n_e = n^+$. Тогда, подставляя значение n_e из (1) в (3) и производя интегрирование, приближенно получим:

$$E_\nu^{06} = 4\pi z_\nu e^{-\frac{h\nu}{kT_e}} n_e^{0+} \frac{1}{8\beta^2} (3\beta^2 r_0^2 + 4\beta r_0 + 2), \quad (4)$$

где

$$z_j = \frac{2^7 \pi^3}{(6\pi)^{3/2}} \left(\frac{m}{kT_e}\right)^{1/2} \frac{e^0}{c^3 m^2} \left(1 + 2 \frac{h\nu_{1c}}{kT_e} \sum_{i=j}^{\infty} \frac{1}{i^3} e^{\frac{h\nu_{1c}}{kT_e}}\right) \quad (5)$$

причем $j = 2$, когда $\nu > \nu_{2c}$ и $j = 3$, когда $\nu < \nu_{2c}$.

С помощью (4), а также формулы

$$E_\nu^* = 4 \pi^2 r_0^2 \frac{2 h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT_e}} - 1} \quad (6)$$

найдем для $\Delta D = D - D_0$ из (2):

$$1 - 10^{\Delta D} = 0.331 \cdot 10^{-36} \frac{n_e^{0a}}{r_0^2} \Phi [P_2(T_e) (e^{\frac{h\nu_{2c}}{kT_e}} - 1) \cdot 10^{\Delta D} - P_3(T_e) (e^{\frac{h\nu_{2c}}{kT_e}} - 1)] \quad (7)$$

где обозначено

$$\Phi = \frac{1}{\beta^2} (3 \beta^2 r_0^2 + 4\beta r_0 + 2), \quad (8)$$

$$P_j(T_e) = \frac{1}{T_e^{j/2}} e^{-\frac{h\nu_{2c}}{kT_e}} \left(1 + \frac{3.2 \cdot 10^5}{T_e} \sum_{i=j}^{10} \frac{1}{i^3} e^{\frac{h\nu_{1c}}{kT_e}}\right) \quad j = 2, 3 \quad (9)$$

В уравнении (7) присутствуют два неизвестных n_e^0 и β . Величина же ΔD берется из наблюдений. Поэтому, давая различные значения n_e^0 , можно определить β . Такие вычисления, выполненные графическим способом, осуществлены для χ Змееносца. Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

n_e^0 см ⁻³	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹⁴
β см ⁻¹	4.88 · 10 ⁻¹⁴	2.38 · 10 ⁻¹³	1.35 · 10 ⁻¹²	2.24 · 10 ⁻¹¹	2.1 · 10 ⁻⁹

ления, выполненные графическим способом, осуществлены для χ Змееносца. Результаты приведены в табл. 5.

Положив $\beta = 10^{-11}, 3 \cdot 10^{-11}$ и 10^{-10} см⁻¹, мы определили из уравнения (7) n_e^0 для всех исследуемых звезд. Результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6

Звезда	$\beta=10^{-10} \text{ см}^{-1}$		$\beta=3 \cdot 10^{-11} \text{ см}^{-1}$		$\beta=10^{-11} \text{ см}^{-1}$	
	n_e^0	M/M_\odot	n_e^0	M/M_\odot	n_e^0	M/M_\odot
γ Oph	$2.3 \cdot 10^{13}$	$2.9 \cdot 10^{-10}$	$1.2 \cdot 10^{13}$	$5.8 \cdot 10^{-10}$	$6.1 \cdot 10^{12}$	$1.3 \cdot 10^{-9}$
66 Oph	$1.0 \cdot 10^{13}$	$0.6 \cdot 10^{-10}$	$5.2 \cdot 10^{12}$	$1.3 \cdot 10^{-10}$	$2.5 \cdot 10^{12}$	$3.2 \cdot 10^{-10}$
55 Cyg	$7.5 \cdot 10^{12}$	$1.5 \cdot 10^{-9}$	$4.1 \cdot 10^{12}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.3 \cdot 10^{12}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$
f Cyg	$9.4 \cdot 10^{12}$	$0.9 \cdot 10^{-10}$	$4.7 \cdot 10^{12}$	$1.8 \cdot 10^{-10}$	$2.4 \cdot 10^{12}$	$4.2 \cdot 10^{-10}$
ν Cyg	$9.9 \cdot 10^{12}$	$1.1 \cdot 10^{-10}$	$5.2 \cdot 10^{12}$	$2.1 \cdot 10^{-10}$	$2.6 \cdot 10^{12}$	$4.8 \cdot 10^{-10}$
π Aqr	$2.4 \cdot 10^{13}$	$8.1 \cdot 10^{-10}$	$1.3 \cdot 10^{13}$	$1.6 \cdot 10^{-9}$	$6.9 \cdot 10^{12}$	$3.2 \cdot 10^{-9}$

Зная n_e^0 и β , можно определить количество материи в оболочке по формуле:

$$M = 4\pi \int_{r_0}^{\infty} \rho(r) r^2 dr = 4\pi m_H n_e^0 \int_{r_0}^{\infty} e^{-\beta(r-r_0)} r^2 dr$$

После интегрирования получим:

$$M = 4\pi m_H n_e^0 \frac{1}{\beta^3} (\beta^2 r_0^2 + 2\beta r_0 + 2).$$

Вычисленные по этой формуле массы оболочек исследуемых звезд также приведены в табл. 6.

Мы видим, что сделанные предположения о значениях β приводят к разумным значениям электронной плотности. Поэтому можно принять, что они близки к действительности. Но при этих значениях β мы имеем чрезвычайно медленное убывание плотности атмосферы с высотой, т. е. наличие *протяженной атмосферы*. Не удивительно поэтому, что получающиеся при $\beta = 10^{-11} \text{ см}^{-1}$ значения n_e того же порядка, что и в табл. 4, т. е. получающиеся при другом варианте строения протяженной атмосферы.

Заместим, что при наших вычислениях не было сделано никаких предположений относительно природы сил, обуславливающих механическое равновесие атмосферы.

В одном частном случае, однако, когда указанное равновесие обусловлено упругостью газов, т. е. температурой атмосферы звезды T и ускорением силы тяжести на поверхности звезды g_0 ,

$$\beta_{\kappa} = \frac{mg_0}{kT}$$

Используя известные данные g_0 и T для звезд различных спектральных классов, будем иметь:

$$\beta_{\kappa} = 2.3 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1} \text{ для класса В0}$$

$$\beta_{\kappa} = 2.7 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1} \text{ " " В1}$$

$$\beta_{\kappa} = 4.0 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1} \text{ " " В3}$$

Сравнивая это с результатами, найденными выше ($\beta \sim 10^{-11} \text{ см}^{-1}$), видим, что в нашей „стационарной“ атмосфере электронная плотность падает с высотой гораздо медленнее, чем можно было ожидать в случае барометрического закона. Отсюда мы приходим к следующему выводу:

а) либо в атмосферах этих звезд действуют дополнительные силы, повышающие упругость атмосферы, аналогично тому, как это имеет место в солнечной хромосфере,

б) либо атмосфера не является стационарной, а расширяется с определенной скоростью.

Таким образом, результаты вычислений n_e^0 оказались одинаковыми как при гипотезе расширяющей оболочки, так и при стационарной оболочке, когда выбрано разумное значение β . Поэтому судить о динамическом состоянии атмосферы, исходя только из спектрофотометрических параметров звезды, мы в данном случае не можем; для этого требуются дополнительные данные. В качестве таких данных может служить ширина эмиссионных линий в спектре звезды. Если эта ширина окажется настолько малой, что становится трудно говорить о расширении оболочки, то приходится возвратиться к первому из вышесделанных выводов, т. е., что мы имеем дело с практически нерасширяющейся или квазистационарной оболочкой. Равновесие этих оболочек может быть обусловлено силами упругости только частично.

При выполнении настоящей работы большую помощь оказал проф. Г. А. Гурзadyн. Пользуясь случаем, выражаю ему свою глубокую благодарность.

Ռ. Խ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

Be ՏԻՊԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐՈՑՈՏՈՄԵՏՐԻԿ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

1957—1960 թթ. ԱՍԻ-5 10" դիտակի միջոցով կատարվել են Be սպեկտրալ դասի 7 աստղի սպեկտրոֆոտոմետրիկ դիտումներ: Բալմերյան թռիչքի երկու կողմերում որոշված սպեկտրոֆոտոմետրիկ գրադիենտները զգալի չափով ավելի մեծ են, քան բալմերյան թռիչքը՝ փոքր նույն սպեկտրալ դասին պատկանող նորմալ B աստղերի համեմատությամբ: Այդ հանգամանքը ցույց է տալիս, որ Be աստղերը շրջապատված են գազային թաղանթով կամ ունեն ձգված մթնոլորտ: Ուսումնասիրված աստղերի սպեկտրոֆոտոմետրիկ գրադիենտները և բալմերյան թռիչքի մեծությունները (Աղյուսակ 2) օգտագործվել են թաղանթի ներքին հիշում էլեկտրոնային խտությունը, էլեկտրոնային ջերմաստիճանը և մեկ տարում աստղից արտահոսած նյութի քանակությունը որոշելու համար՝ Վ. Գ. Գորբացկու կողմից ստացված բանաձևերի օգնությամբ [20]: Ընդունված է, որ գազային թաղանթը լայնանում է, քան նյութի խտությունը նրա ներսում՝ պեպի կյւրնկնում է $n_e \sim r^{-2}$ օրենքով: Ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակ 4:

Աշխատանքում փորձ է արված թաղանթի ներքին կյւրում էլեկտրոնային խտությունը որոշել նաև ստացիոնար թաղանթի դեպքի համար, կրք նյութի խտությունը ընկնում է $n_e \sim e^{-\beta(r-r_0)}$ օրենքով: Օգտագործելով բալմերյան թռիչքի մեծությունը ստացվել է մի առնչություն էլեկտրոնային խտության և β գործակցի միջև: Հաշվումները ցույց են տալիս, որ $\beta = 10^{-11}$ սմ⁻¹ արժեքի դեպքում (աղյուսակ 6) n_e ստացվում է նույն կարգի, ինչ որ լայնացող թաղանթների դեպքում, կրք $n_e \sim r^{-2}$: Համեմատելով աղյուսակ 6 արդյունքները բարոմետրիկ օրենքի հետ տեսնում

ենք. որ էլեկտրոնային խտությունը ընկնում է շատ դանդաղ: Ստացված սպեկտրոֆոտոմետրիկ գրադիենտները և բալմերյան թուլքի մեծությունները համեմատված են մի շարք հեղինակների տարբեր ժամանակներում ստացած արդյունքների հետ (աղյուսակ 3):

R. H. HOVHANESEAN

A SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF SOME Be TYPE STARS

S u m m a r y

The spectrophotometric observations of seven Be type stars were made on 10" telescope-spectrograph during the 1957—60. The spectrophotometric gradients obtained above and below the Balmer discontinuity are noticeably greater, and Balmer discontinuity is smaller than those of normal B stars. It means that Be stars are surrounded with gaseous envelope or have got extended atmosphere. Received Balmer discontinuities and spectrophotometric gradients (table 2) were used for the determination of the electron density at the inner boundary of envelope, of electron temperature and of amount of the matter (ejected) by Gorbatsky's formula. It is supposed that the gaseous envelope extends and the matter density in it decreases by $n_e \sim r^{-2}$ law. The obtained results are given in table 4. We determine also the electron density at the inner boundary of the envelope for the stationary envelope case $n_e \sim e^{-\beta(r-r_0)}$.

Using the Balmer discontinuity a relation was obtained between the electron density and β coefficient. Calculations show that for $\beta=10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ (table 6) n_e has the same order as in expanding envelope with $n_e \sim r^{-2}$. Comparing the results of table 6 with the barometric law we see that electron density decreases very slowly. The comparison of the new spectrophotometric gradients and Balmer discontinuities with the results of other author's is given (table 3).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *C. I. Clemenshaw*, *Ap. J.*, **83**, 487, 1936.
2. *O. Struve* and *P. Swings*, *Ap. J.*, **75**, 161, 1932.
3. *D. Barbier*, *D. Chalonge*, *Ann. d'Ap.* **4**, 31, 1941.
4. *D. Chalonge*, *L. Divan*, *Ann. d'Ap.* **15**, 13, 1952.
5. *Цой Дяй О*, *Астрономический журнал*, **33**, 506, 1956.
6. *И. Р. Купо*, *Астрономический журнал*, **38**, 825, 1959.
7. *H. F. Balmer*, *P.A.S.P.* **38**, 248, 1926.
8. *P. Merrill*, *G. Burwell*, *Ap. J.*, **98**, 153, 1943.
9. *A. Slettebak*, *Ap. J.*, **119**, 460, 1954.
10. *P. Swings* and *O. Struve*, *Ap. J.*, **97**, 194, 1943.
11. *P. Merrill* and *G. Burwell*, *Ap. J.*, **110**, 387, 1949.
12. *G. R. Miczalka*, *AN* **277**, 32, 1949.
13. *D. Rakotoarijmy* et *R. Herman*, *Mém. Sos. roy. sci. Liege* **20**, 204, 1958.
14. *Л. В. Мирзоян*, *Астрономический журнал*, **30**, 153, 1953.
15. *R. Curtiss*, *M. N.* **88**, 205, 1925.
16. *Н. Л. Иванова*, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **24**, 26, 1954.
17. *Mc Laughlin*, *A. J.*, **64**, 340, 1959.
18. *М. А. Аракелян*, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **21**, 1957.
19. *Л. В. Мирзоян*, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **7**, 1951.
20. *В. Г. Горбацкий*, *Астрономический журнал*, **26**, 307, 1949.
21. *Э. Р. Мустель*, *Успехи астрономических наук*, **3**, 155, 1947.
22. *В. В. Соболев*, *Движущиеся оболочки звезд*, Изд. ЛГУ, 1947.