

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЧЕТЫРЕХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗВЕЗД

М. В. ДОЛИДЗЕ

В программу наблюдений нестационарных звезд Абастуманской обсерватории на 1951—52 гг. были включены звезды *P* Лебедя и три звезды типа Вольф-Райе [1]. В настоящей статье приводятся результаты их спектрофотометрического исследования. В основном, они касаются фотометрии непрерывного спектра, а именно, вопроса о распределении энергии в непрерывных спектрах. Рассмотрены также изменения спектра *P* Лебедя с течением времени. Большое количество исследований, которое было выполнено для этих интересных объектов неба, ясно показывает, что исследование спектральных особенностей и происходящих с течением времени изменений спектра и блеска нестационарных звезд возможно лишь на основе регулярных и одновременных спектроскопических и электрофотометрических наблюдений. Кроме того, неопределенность абсолютных величин, расстояний и избытков цвета нестационарных звезд вызывает разногласие в определении истинного цвета и спектрофотометрической температуры. Мы попытались охарактеризовать излучение в фотографическом участке спектра, используя последние данные для этих величин.

Что же касается наблюдений *P* Лебедя, то мы старались по возможности вести их одновременно с производящимися в обсерватории электрофотометрическими наблюдениями этой звезды. Это дало нам возможность сравнить между собой блеск и спектрофотометрические градиенты *P* Лебедя.

Наблюдения указанных нестационарных звезд велись на призменной камере ( $D=20$  см,  $F:5$ , преломляющий угол призмы  $15^{\circ}5$ ). Дисперсия спектрограмм равна  $147 \text{ \AA/mm}$  около  $H\gamma$ . На снимках, сделанных на пластинах Агфа Астро, Агфа Астро—панхроматических и частично на пластинах Ильфорд Зенит, был обработан участок спектра от  $3790 \text{ \AA}$  до  $4600 \text{ \AA}$  и, дополнительно, для *P* Лебедя— $\lambda 5100—6300 \text{ \AA}$ . Время выдержки равнялось—3, 5, 20 и 75 мин. Спектры были расширены на  $0.3—0.5$  мм. Звезды сравнения были выбраны на расстоянии не больше  $2^{\circ}$  от нестационарных звезд, поэтому влияние атмосферного ослабления света в данном случае не учитывалось. Калибровка спектрограмм была сделана в лаборатории на спектрографе Типфера со ступенчатой щелью. Пластиинки проявлялись метоло-гидрохиноновым проявителем в течение 8—10 мин. Все спектрограммы были обработаны на термоэлектрическом саморегистрирующем микрофотометре с увеличением 25. На рис. 1 приводится микрофотограмма *P* Лебедя; увеличение в 7 раз,

\* Настоящая и последующая (стр. 81) работы составляют часть кандидатской диссертации автора.

участок спектра  $\lambda\lambda 6400-5100 \text{ \AA}$  и  $\lambda\lambda 5100-3800 \text{ \AA}$ . Спектр  $P$  Лебедя в двух участках получался путем смещения центра пластиинки и изменения фокуса призменной камеры. Выдержка в обоих случаях была

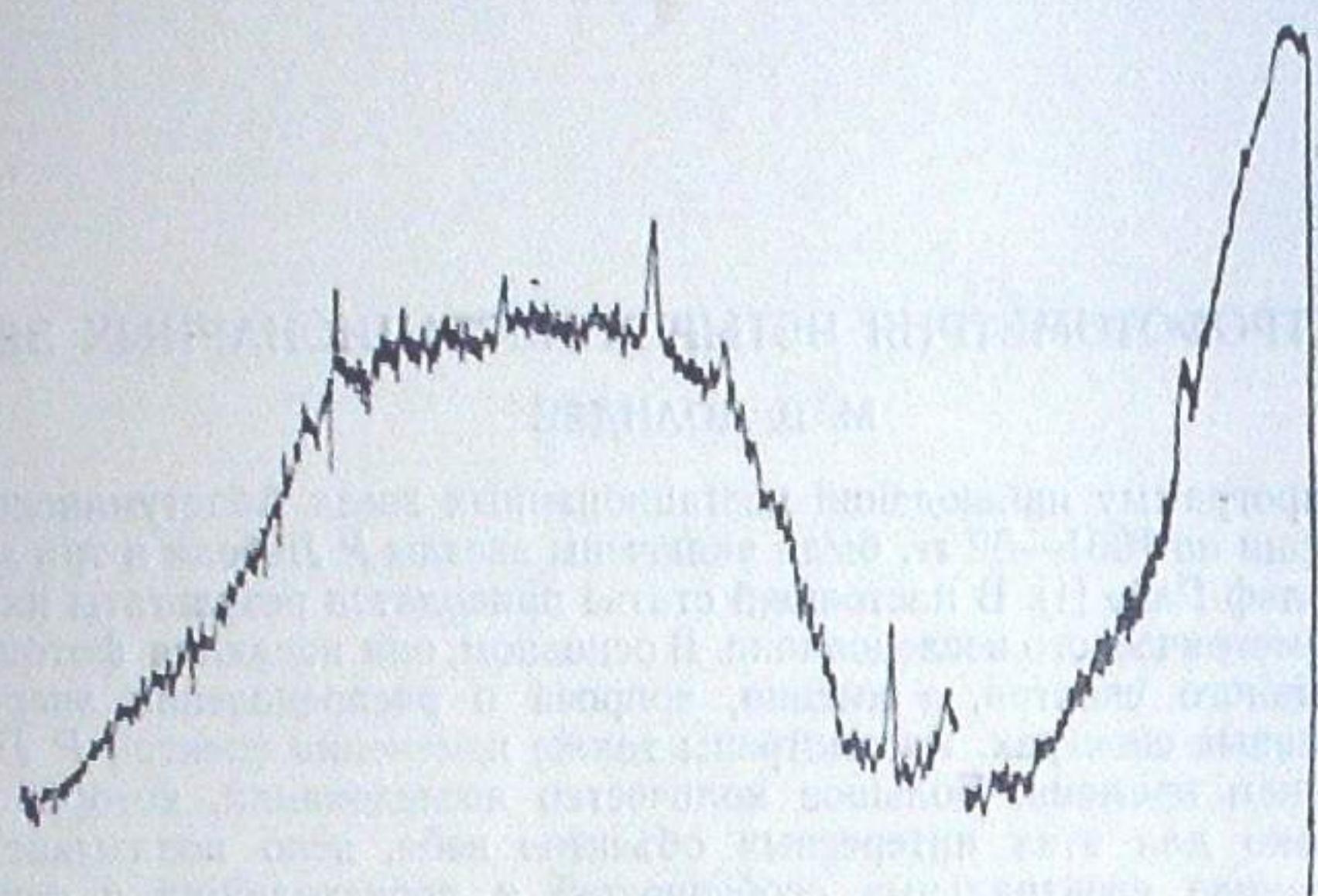


Рис. 1

одинакова. Получить весь спектр одновременно на одной пластиинке не позволяла хроматическая aberrация 20 см камеры с призмой [2]. Характеристическая кривая пластиинок Агфа Астро и Агфа Астро-панхроматических в двух участках спектра приводится на рис. 2.

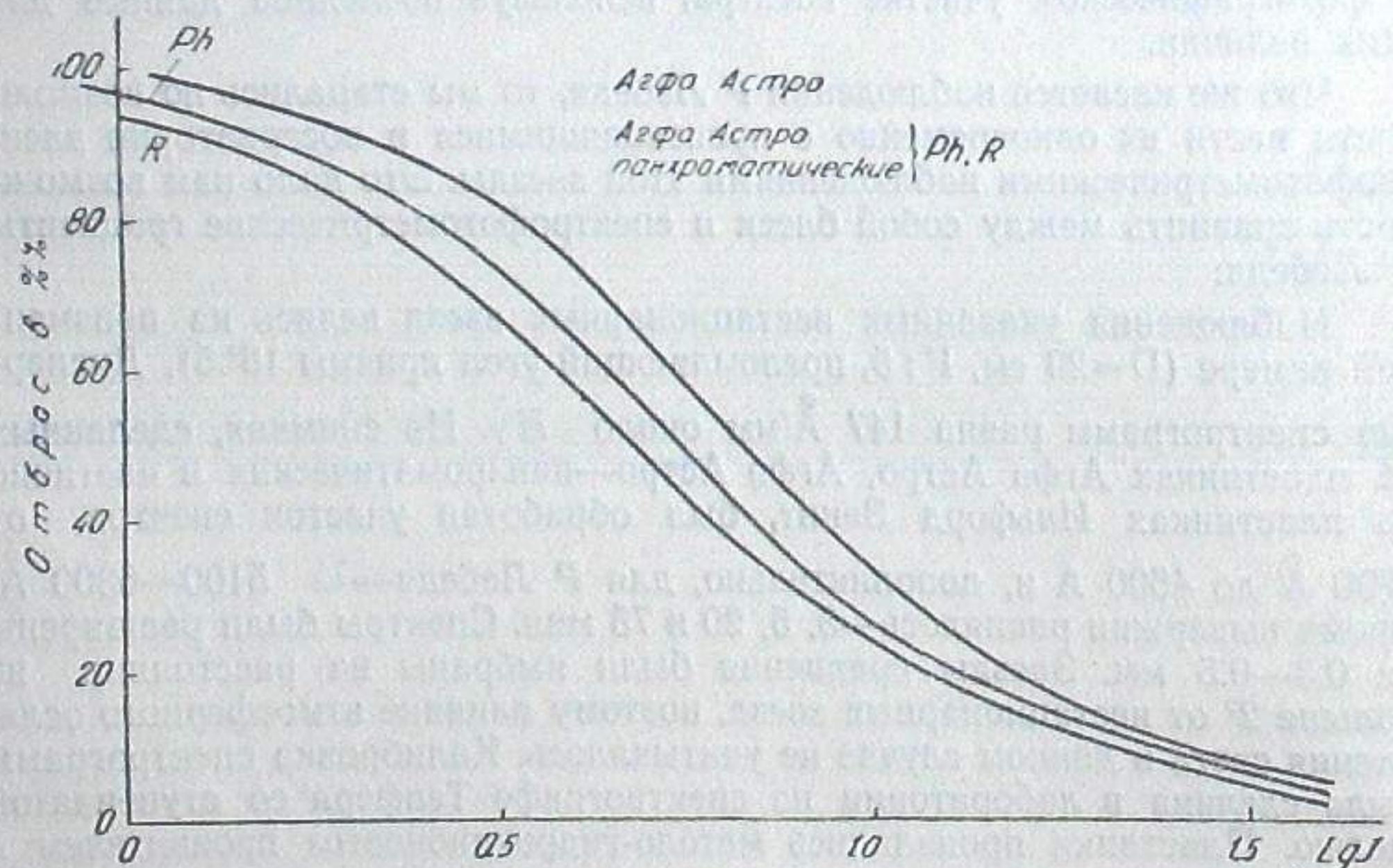


Рис. 2

Сравнение распределения энергии в нестационарных звездах и звездах сравнения производилось для 11 значений длин волн: 460, 450, 443, 431, 423, 413, 403, 397, 391, 385 и 379 мкм. Уровень непрерывного спектра

для звезд сравнения проводился как огибающая микрофотометрической кривой; для  $P$  Лебедя — исключая линии излучения, а для звезд типа Вольф-Райе — под линиями излучения, в предположении, что линии поглощения, кроме межзвездной линии  $K$ , в данном участке спектра отсутствуют. При проведении уровня непрерывного спектра учитывалось также изменение ширины микрофотометрической кривой вдоль спектра.

На основе всего наблюдательного материала были построены зависимости  $\lg J/J_0 = f(\lambda^{-1})$ . Относительные спектрофотометрические градиенты были определены графическим путем. Вероятная ошибка полученных нами градиентов равна  $\pm 0.07$ . При выводе спектрофотометрических температур исследованных звезд мы использовали значения абсолютных спектрофотометрических градиентов для звезд сравнения по Барбье и Шалонжу [3]. Значения абсолютных спектрофотометрических градиентов ( $\Phi_{\text{набл.}}$ )  $P$  Лебедя, определенных по отношению к звезде сравнения HD 194335, приводятся в таблице 1.

Таблица I

Д а т а	Ф набл.	(Je/Ja) <sub>H<sub>α</sub></sub>
1951 ноябрь 1 . . . .	2.14	1.340
" " 3 . . . .	2.11	1.380
1952 июль 12 . . . .	1.64	1.291
" август 26 . . . .	1.68	1.360
" сентябрь 7 . . . .	1.69	1.620
" " 8 . . . .	2.69	1.710
" " 19 . . . .	2.04	—
" октябрь 15 . . . .	2.08	—
" " 19 . . . .	1.95	—
" ноябрь 9 . . . .	1.72	—
" " 14 . . . .	2.11	1.372

Рассмотрение таблицы показывает, что с течением времени происходит заметное изменение спектрофотометрического градиента  $P$  Лебедя. Наличие изменения градиента звезды мы можем проверить по точным электрофотометрическим наблюдениям ее блеска, произведенным в 1951, 1952, 1953 и других годах [4, 5, 6]. Эти наблюдения показали, что колебание блеска звезды различается в синих и желтых лучах, т. е. с течением времени происходит изменение цвета звезды  $[\delta(\Delta m_\lambda) = \Delta m_{\text{ж}} - \Delta m_{\text{с}} \neq 0]$ . Если сравнить результаты наших фотографических и электрофотометрических наблюдений, то оказывается, что увеличению градиента  $\Phi_{\text{набл.}}$  от 12 июля до 19 октября 1952 г. соответствовало уменьшение  $\delta(\Delta m_\lambda)$  от  $0.^m009$  до  $-0.^m040$ , что в обоих случаях соответствует покраснению звезды [1]. Мы также сравнили блеск,  $\Phi_{\text{набл.}}$ , и интенсивности компонентов спектральных линий. Точность определения эквивалентных ширин по спектрограммам, полученным с объективной призмой, невысока, но изменение этих величин с течением времени совершенно очевидно. В таблице 1 даны значения отношения интенсивностей эмиссионного и фильтрового компонентов линии  $H_\alpha$ . Здесь мы считали, что интенсивность линии поглощения с течением времени не меняется.

Сравнение всех этих величин показывает, что в данном случае, в отличие от звезд  $Be$  (например  $\gamma Cas$ ), не происходит согласованного изменения блеска, спектрофотометрической температуры, бальмеровского скачка и интенсивности спектральных линий. Но, имеет место быстрое нерегулярное колебание блеска, цвета, спектрофотометрической температуры и интенсивности эмиссионных компонентов. Кроме того, одновре-

менно могут происходить изменения в структуре спектральных линий [7, 8, 9, 10, 11]. Для правильной интерпретации таких аномальных спектров особенно важно сравнение результатов одновременных спектроскопических и электрофотометрических наблюдений.

Действительно, если появление аномального коротковолнового компонента эмиссионной линии сопровождалось бы увеличением блеска звезды, то можно было бы уверенно говорить о вспышке звезды, сопровождавшейся выбросом дискретной оболочки [11]. Однако, электрофотометрические наблюдения *P* Лебедя ведутся только в Абастуманской обсерватории, причем относительно регулярными они стали лишь с недавнего времени, поэтому в работах [9, 11] только указывается на желательность сравнения строго одновременных спектроскопических и электрофотометрических наблюдений. Вероятно, что в работах [9, 10], и также [7, 11], имеет место появление аномального коротковолнового компонента эмиссионной линии. Несимметричное расположение этого компонента на линии поглощения может вызвать раздвоение и изменение относительных интенсивностей ее компонентов (*R* и *V*).

Действительно, в работе [10] указывается, что смещение *R* компонента в длинноволновую сторону спектра сопровождается уменьшением его относительной интенсивности и наоборот. При наблюдениях же, описанных в работах [7] и [11] эта линия располагается очень близко к главной эмиссионной линии. Колебание интенсивности и лучевой скорости этого аномального компонента, также как и колебание блеска, температуры и интенсивности линий, происходит быстро и нерегулярно. Что же касается появления красного компонента поглощения [7, 11], то по щелевым спектрограммам можно предположить, что здесь имеются линии OII [9, 10, 12]. Правда, в работе [10], указывается, что в таком случае придется допустить изменение интенсивности линий OII (например: линии OIIλ 3973 Å).

Таким образом, результаты спектрофотометрии и рассмотрение работ по исследованию спектра *P* Лебедя показывают, что постоянно происходят быстрые, нерегулярные изменения блеска, цвета, спектрофотометрической температуры, структуры и интенсивности различных компонентов спектральных линий. Возможно, что в некоторых случаях имели место кратковременные, небольшие вспышки звезды [7, 11].

Очевидно, что правильное объяснение аномального, переменного спектра *P* Лебедя и происходящих с течением времени колебаний блеска и цвета *P* Лебедя возможно лишь на основании одновременных спектроскопических, спектрофотометрических и электрофотометрических наблюдений. Звезда *P* Лебедя, как это следует из многочисленных работ, также обнаруживает особый характер распределения энергии. Это распределение отличается от нормального для обычных *B*-звезд распределения и выражается в уменьшении спектрофотометрической температуры с увеличением длины волны. Учет избирательного межзвездного поглощения не меняет этот результат.

Для звезд типа Вольф-Райе такой зависимости спектрофотометрической температуры от длины волны не наблюдается [13]. Существует также расхождение между температурами спектрофотометрическими и найденными по ярким линиям. Если расстояние исследуемых звезд принять равным 1000—1600 пс, то аномально низкая спектрофотометрическая температура и избыток цвета этих звезд почти полностью объясняется влиянием избирательного межзвездного поглощения [14, 15, 1, 16]. Зависимость этого результата от принятого значения расстояния для *P* Лебедя наглядно видна на диаграмме «избыток цвета—видимый мо-

дуль расстояния», приведенной в работе [17] (рис. 3). Действительно, если видимый модуль расстояния *P* Лебедя считать равным  $11'' - 13''$ , а не  $9''$ , как это принято в работе [17], то почти все значение избытка

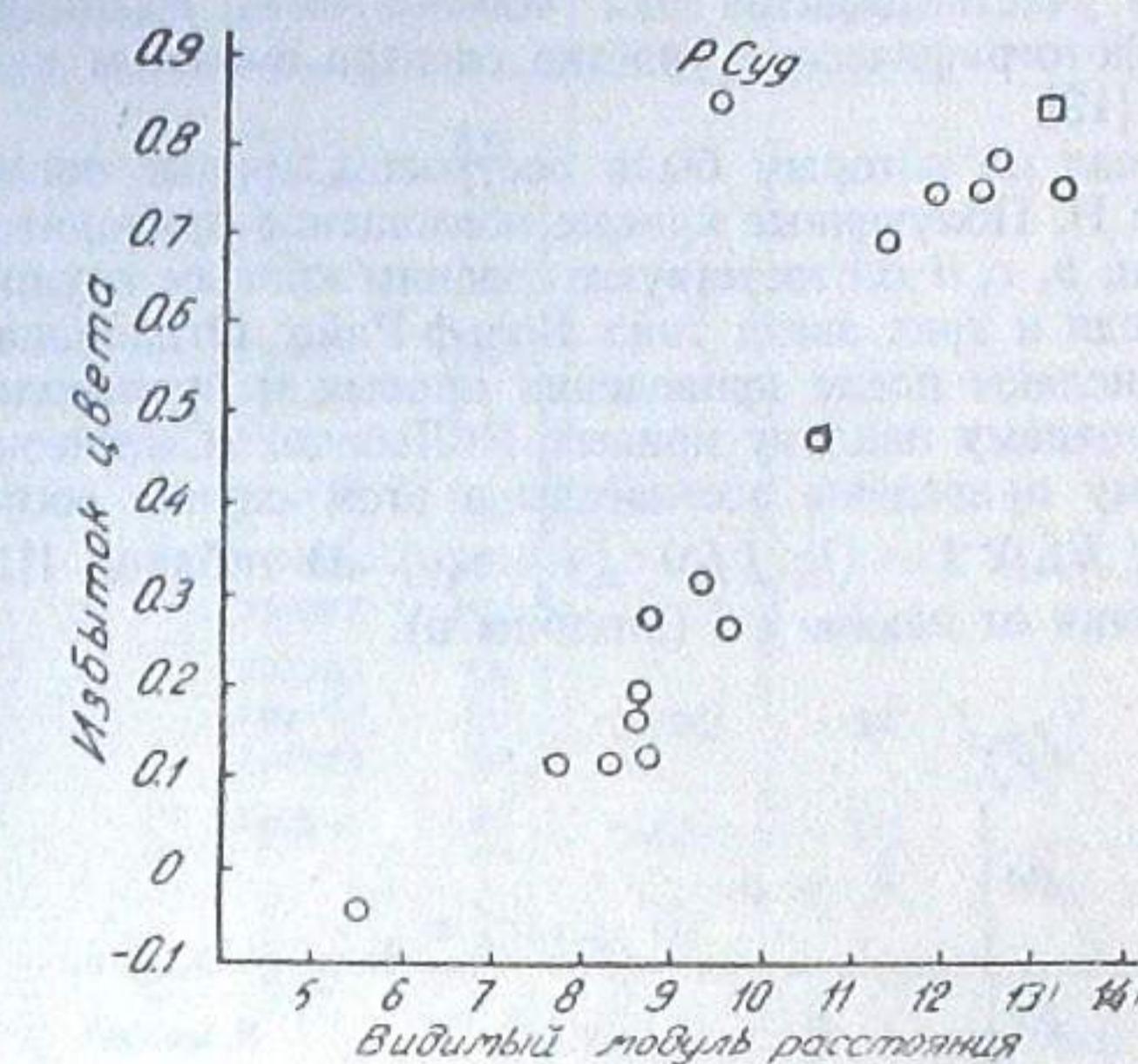


Рис. 3

цвета приходится на межзвездную причину покраснения (влияние избирательного межзвездного поглощения). Естественно, что этот вывод справедлив для той области спектра, в которой определены в работе [17] избытки цвета.

Наши спектрофотометрические наблюдения показали, что небольшая часть избытка цвета звезды приходится на «звездную» причину и что величина его с течением времени изменяется в небольших пределах [1].

Существует также небольшой максимум в ходе кривой  $\lg J/J_0 = f(\lambda^{-1})$  около  $\lambda^{-1} = 2.0$  [14] (*P* Лебедя). Его присутствие, возможно, объясняется «звездной причиной», т. е. особенностью распределения энергии. По данному материалу мы могли только обнаружить наличие этого максимума. Рассмотрение же причин мы приведем позже на основе более подходящего для этой цели наблюдательного материала, полученного на новом менисковом телескопе обсерватории.

Известно также, что аномалии в распределении энергии в спектре *P* Лебедя выражаются в отклонении от нормального для непокрасневших *B*-звезд распределения [18]. Отклонения от нормальных звезд в работе Стеббинса и Уитфорда [18] даны как разности цветов *P* Лебедя (после исправления за избирательное межзвездное поглощение) и нормальных *B*-звезд (т. е. звезд, для которых распределение энергии не искалено поглощением). Аномалии могут быть вызваны свойствами самой звезды. Чтобы обнаружить возможные отклонения распределения энергии звезд типа Вольф-Райе (а также *P* Лебедя) от распределения энергии обычных слабых *B*-звезд, мы сравнили между собой построенные по ним кривые межзвездного поглощения. Здесь мы приняли допущение, что по направлениям исследованных звезд и выбранных для сравнения

слабых звезд  $B$  формы кривых межзвездного поглощения одинаковы [19, 20]. При построении кривых поглощения учитывалась разница температур исследованных звезд и звезд сравнения, а также водородное поглощение на участке спектра  $\lambda\lambda 4000-3790 \text{ \AA}$ . Разницу в светимостях звезд в фотографическом участке спектра в нашем случае можно не учитывать [19].

Список звезд по которым были построены кривые поглощения, дается в таблице II. Полученные кривые поглощения приводятся на рис. 4. Здесь кривые  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  соответствуют средним кривым групп  $A$ ,  $B$ -звезд, звезды  $P$  Лебедя и трех звезд типа Вольф-Райе. Отклонения (таблица III) были вычислены после приведения кривых к произвольному в нашем случае среднему наклону кривых  $P$  Лебедя. (Оптическое расстояние, к которому приведены все звезды в этом случае соответствовало наклону  $\delta = (\lg J/J_0)\lambda^{-1} - (\lg J/J_0)\lambda_{\text{II}}^{-1} = 0.240$ ). В таблице III приведены также отклонения от закона  $\lambda^{-1}$  (столбцы  $b$ ).

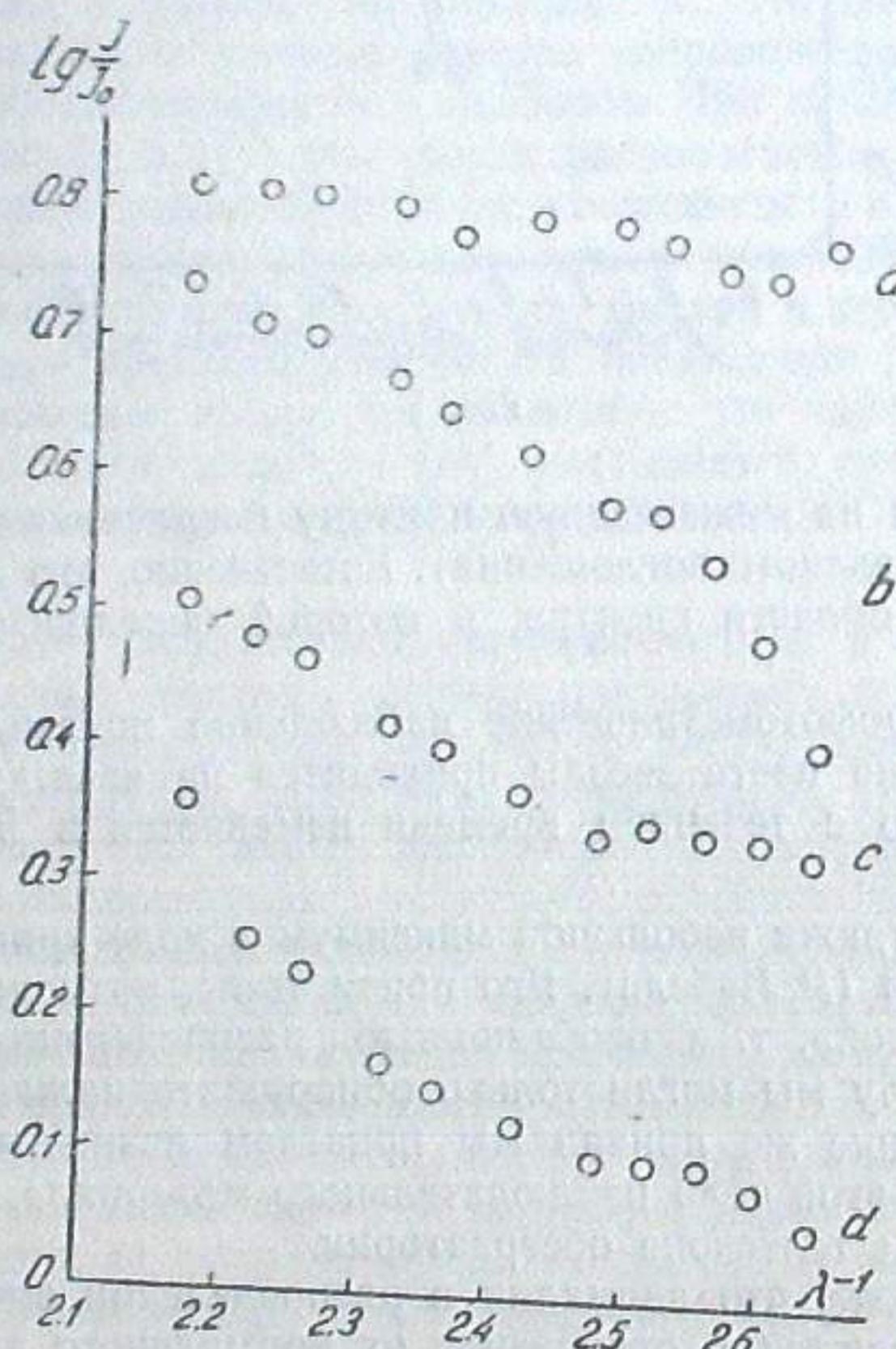


Рис. 4

На рис. 5 мы приводим: а) средние кривые поглощения звезд  $B$  (светлые кружки),  $P$  Лебедя (темные кружки) и трех звезд типа Вольф-Райе (квадраты); в) отклонения от  $\lambda^{-1}$  закона и с) отклонения исследованных звезд от слабых звезд  $B$ . Рассмотрение таблицы III и рис. 5 показывает, что как  $B$ -звезды, так и исследованные звезды показывают отклонение от  $\lambda^{-1}$  закона, но противоположного знака. Отклонения от нормальных  $B$ -звезд также имеются и они увеличиваются на границах выбранного участка спектра.

Таблица II

Звезда		Звезда сравнения	
HD	SpHD	HD	SpHD
193369	AO		
193621	AO		
193702	AO		
195050	AO		
		194335	B <sub>3</sub>
193183	B <sub>2*</sub>		
193443	B <sub>1</sub>		
193514	B <sub>2</sub>		
19156 <sup>6</sup>	B <sub>3p</sub>		
191612 <sup>7</sup>	B <sub>2</sub>	191291	AO
191917	B <sub>3</sub>		
192103	Oa		
192163	O <sub>b</sub>		
193576	O <sub>b</sub>	191291	AO
193237	B <sub>1</sub>	194335	B <sub>3</sub>

Таблица III

1/λ	Звезды В		P Cyg		WR	
	b	a	b	a	b	
2.17	-0.011	0.031	-0.007	0.114	0.067	
2.22	-0.015	0.032	-0.005	0.046	0.000	
2.26	0.000	0.022	0.000	0.029	0.000	
2.32	0.003	0.000	-0.014	-0.003	-0.027	
2.36	0.003	0.000	0.009	0.000	-0.022	
2.42	0.006	-0.006	-0.010	0.005	-0.011	
2.48	0.000	0.002	0.000	0.018	0.000	
2.52	0.007	0.025	0.031	0.034	0.025	
2.56	-0.006	0.052	0.040	0.069	0.048	
2.60	-0.025	0.090	0.069	0.093	0.055	
2.64	-0.079	0.015	0.078	0.146	0.056	

Сравнение кривой  $b$  с кривыми  $c$  и  $d$  (рис. 4) показывает, что их наклон почти одинаков. Так как по последним данным [16, 20 и др.], все эти звезды одинаково удалены от Солнца и расположены в одном направлении, то это может означать, что влияние избирательного межзвездного поглощения для них одинаково. Если же допустить, что исследуемые звезды расположены на одинаковом с  $A$ -звездами расстоянии, то различие в наклоне кривых  $a$  и  $c$ ,  $d$ , т. е. все покраснение, придется приписать звездной причине.

Кривую поглощения слабых  $B$ -звезд мы можем использовать для определения поправок за межзвездное избирательное поглощение. Действительно, имея наклон кривой поглощения для этих звезд, мы можем исправить наблюденные градиенты исследованных звезд  $\Phi_{\text{набл.}}$  (вычисленные для  $P$  Лебедя по отношению к звезде HD 194335, а для звезд типа Вольф-Райе—HD 193369, HD 193621, HD 193702, HD 195050), уменьшая их значения на величину  $r\Phi$ , где  $r$ —расстояние исследуемых звезд,  $\Phi$ —градиент кривой поглощения, построенной по слабым  $B$  звездам. Тогда

для определения исправленного за межзвездное избирательное поглощение градиента имеем:

$$\Phi_{\text{набл.}} - r \Phi = \Phi_{\text{испр.}}$$

Но, так как области Лебедя, в которых расположены исследуемые звезды, характеризуются различными значениями показателя цвета [20], то для каждой звезды были подобраны соответствующие ей группы

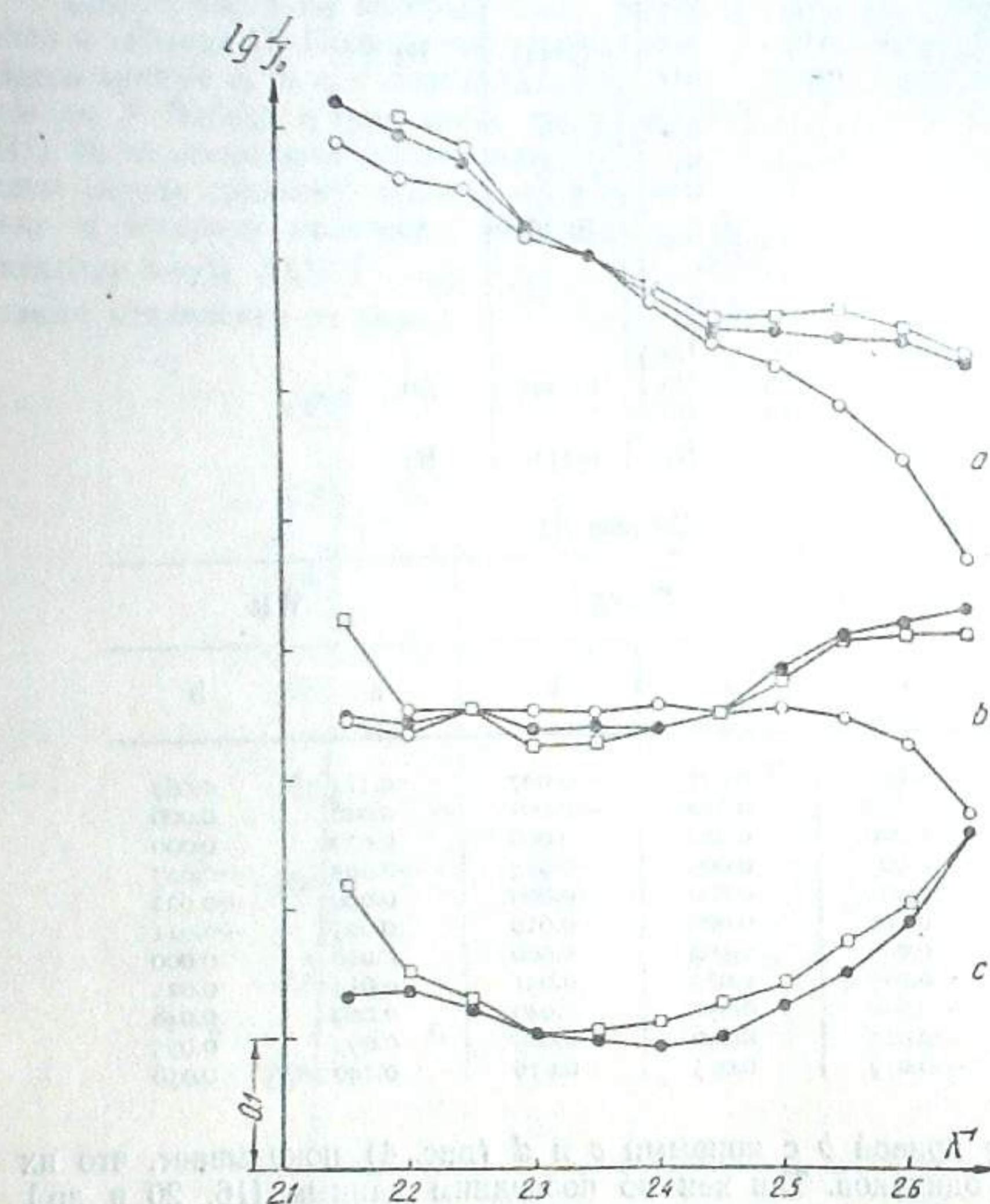


Рис. 5

звезд сравнения, по которым и строились кривые поглощения (см. таблицу IV). Исправленные значения градиентов даются в таблице V. Расстояния  $r$  взяты из работы [21]. Среднее значение  $\Phi_{\text{испр.}}$  звезд типа Вольф-Райе оказывается равным 0.71, т. е. их средняя спектрофотометрическая температура равна 30 000° (в шкале  $T = 16000^\circ$  для звезд AO), что соответствует спектрофотометрической температуре звезд спектральных классов B1—B2 [3].

Следует указать, что это несоответствие спектрофотометрической температуры спектральному классу звезд может быть вызвано неточным учетом межзвездного избирательного поглощения, или же особенностями самой звезды, а также неточностями определения градиента, так как

Таблица IV

Звезда HD	Звезды сравнения HD
193237	193183, 193443, 193514
193576, 192163	193183, 193443, 193514
192103	191567, 191612, 191917

Таблица V

Звезда	Градиент	
	$\Phi_{\text{набл.}}$	$\Phi_{\text{испр.}}$
192103	2.29	0.50
192163	2.52	0.84
193237	1.99	0.38
193576	2.05	0.80

при высокой температуре наклон кривой  $(\lg I/I_0, \lambda^{-1})$  мало чувствителен к изменению температуры. Вообще же спектрофотометрическая температура звезд сверхгантов не изменяется заметным образом между спектральными классами O7—B3 [19]. Если бы при учете избирательного межзвездного поглощения мы исходили из средней кривой поглощения или же из старых данных для абсолютных величин звезд типа Вольф-Райе (напр.  $M_{W\odot} = -2.^m8$  и  $M_{W\odot} = -2.^m1$  [22]) и Р Лебедя, то очевидно, что величина поправки, а следовательно и спектрофотометрическая температура значительно уменьшилась бы.

Мы имеем значения относительных градиентов исследованных звезд, вычисленные по отношению к A-звездам, а также градиенты A-звезд, вычисленные по отношению к B-звездам. Теперь мы можем дать градиенты исследованных звезд по отношению к B-звездам и определить спектрофотометрические температуры в шкале  $T = 16000^\circ$  для звезд AO. В таблице VI приводятся значения этих градиентов. В качестве звезд сравнения были выбраны звезды класса A (HD 191176 и HD 191291) и класса B (HD 193183, HD 193443 и HD 193514).

Рассмотрение таблицы VI приводит к следующему выводу.

Таблица VI

Звезда HD	Звезда сравнения HD	$\Delta\Phi$
192163	191176	+ 1.48
191176	193183, 193443, 193514	- 0.88
192163	193183, 193443, 193514	+ 0.59
192163	191291	+ 1.67
191291	193183, 193443, 193514	- 1.18
192163	193183, 193443, 193514	+ 0.49
192103	191176	+ 1.55
191176	193183, 193443, 193514	- 0.88
192103	193183, 193443, 193514	+ 0.66
192103	191291	+ 1.03
191291	193183, 193443, 193514	- 1.18
192103	193183, 193443, 193514	- 0.15
193576	191176	+ 1.08
191176	193183, 193443, 193514	- 0.88
193576	193183, 193443, 193514	+ 0.20
193576	191291	+ 1.03
191291	193183, 193443, 193514	- 1.18
193576	193183, 193443, 193514	- 0.15

Так как значения градиентов колебляются около нуля (имеются как положительные, так и отрицательные значения, кроме звезды HD 192163), то можно заключить, что в среднем абсолютные спектрофотометрические градиенты звезд типа Больф-Райе и *B*-звезд почти одинаковы, т. е. спектрофотометрические температуры этих звезд близки к таковым для *B*-звезд, а не для звезд спектральных классов *A* или *F*, как это получается без учета межзвездного поглощения. Для звезды *P* Лебедя сравнение со слабыми *B*-звездами было произведено с помощью звезды, промежуточной по яркости между *P* Лебедя и *B*-звездами. Время выдержки для *P* Лебедя и слабых *B*-звезд равнялось соответственно 15 и 75 мин. Наблюдательный материал для такого сравнения был получен нами только в течение одной ночи, но так как выше указывалось, что с течением времени градиент меняется, то для сравнения *P* Лебедя со слабыми *B*-звездами для всего периода наблюдений мы использовали соотношение:

$$\Delta\varphi_{c_{yy} 194335} + \Delta\varphi_{194335, 193182} + \Delta\varphi_{193182, b} = \Delta\varphi_{c_{yy}, b}.$$

Результаты такого сравнения приводятся в таблице VII, в которой даются средние значения относительных спектрофотометрических градиентов.

Таблица VII

Звезда HD	Звезда сравнения HD	$\Delta\varphi$
193237	194335	+ 0,99
194335	193182	- 0,54
193182	193183, 193443, 193514 191566, 191612, 191917	- 0,52
193237	193183, 193443, 193514 191566, 191612, 191917	- 0,07

Из рассмотрения таблицы VII следует, что в среднем спектрофотометрическая температура *P* Лебедя в участке спектра  $\lambda\lambda$  4600—3790 Å, после учета межзвездного поглощения, соответствует спектральному классу *B0—B1*. Отклонения от средней величины, вероятно, вызваны звездной причиной и достигают значения 4500°.

Таким образом, результаты фотометрии непрерывного спектра и рассмотрение последних данных о расстояниях, абсолютных величинах и цветовых эквивалентах дают возможность сделать заключение, что аномалии в распределении энергии (изменения градиента с течением времени, отклонения от нормального для *B*-звезд распределения энергии) в исследованных звездах вызываются особым характером этих звезд и что спектрофотометрические температуры в фотографическом участке спектра соответствуют классам *B1—B2*.

В заключение выражаю глубокую благодарность проф. О. А. Мельникову за руководство при выполнении данной работы.

Сентябрь, 1957.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Долидзе М. В., Спектрофотометрия ряда звезд типов Вольф-Райе, *Ве* и *Р* Лебедя, Автореферат кандидатской диссертации, 1955, Ленинград.
2. Кацанадзе Н. Б., Определение абсолютных величин слабых звезд поздних спектральных классов (*G* и *K*) по спектрам, полученным с объективной призмой. *Бюлл. Абст. астрофиз. обс.* 1949, **10**, 107—123.
3. Barbier D., Chalonge D., Étude du rayonnement continu de quelques étoiles entre 3100 et 4600 Å. *Ann. d'Aph.* 1941, **4**, 30—95.
4. Харадзе Е. К., Магалашвили Н. Л., Мегрелишвили Т. Г., О колебаниях блеска *P* Лебедя. *Перем. Зв.* 1953, № 2, 150—152.
5. Харадзе Е. К., Магалашвили Н. Л., О колебаниях блеска и цвета *P* Лебедя. *Бюлл. Абст. астрофиз. обс.* 1956, **20**, 3—10.
6. Харадзе Е. К., On the light variation of *P Cygni*. *The Observatory* 1957, **77**, № 898, 108—109.
7. Герасимович Б. П., Changes in the spectrum of *P Cygni*. *Harv. Bull.* 1927, № 852, 17. On the abnormally low temperature of *P Cygni*. *Harv. Bull.* 1928, № 857, 15. Note on the spectrum of *P Cygni*. *Harv. Bull.* 1929, № 867, 16.
8. Elvey C. T., Spectrophotometric observations of *P Cygni*. *Aph. J.* 1928, **68**, 416—422.
9. Wilson O. C., Variations in the spectrum of *P Cygni*. *Aph. J.* 1935, **84**, 296—302.
10. Lacroix P., Les variations dans le spectre de *P Cygni*. *C. R. Ac. Sc. Fr.* 1938, **206**, № 13, 1091—1092.
11. Купо И. Д., Возможная вспышка *P* Лебедя осенью 1951 г. *Астрон. цирк.* 1955, № 163, 23—25.
12. Struve O., The spectrum of *P Cygni*. *Aph. J.* 1935, **81**, 66—96.
13. Petrie W., Spectrophotometric gradients of some Wolf-Rayet, *O*, and *B*, stars. *Publ. Dominion Astr. Obs. Victoria*. 1947, **7**, 383—394. Andriatoff Y., Étude du rayonnement continu des étoiles des Wolf-Rayet de la région du Cygne. Application à la détermination des distances et des températures de couleur. *C. R. Ac. Sc. Fr.* 1954, **239**, 480—483.
14. Schalén C., The intensity distribution in the spectrum of *P Cygni*. *Ark. Astr.* 1954, **1**, 301—307.
15. Долидзе М. В., Спектрофотометрия нескольких звезд ранних классов. *Известия АН СССР, Серия физическая*, 1955, **19**, № 1, 23.
16. Roman N. G., A study of the concentration of early type stars in Cygnus. *Aph. J.* 1951, **114**, 492—499.
17. Schermann F., Morgan W. W., On the color of *P Cygni*. *Aph. J.* 1939, **89**, 509—516.
18. Stebbins J., Whitford A. E., Six-color photometry of stars. III. *Aph. J.* 1945, **102**, 318—346.
19. Divan L., Recherches sur la loi d'absorption de la poussière interstellaire et sur le spectre continu des étoiles *O* et *B*. *Ann. d'Aph.* 1954, **17**, 456—540.
20. Schalén C., Spectrophotometry with a Schmidt Telescope. *Uppsala Astr. obs. Annaler*. 1952, **3**, 5—59.
21. Beals C. S., Oke J. B., On the relation between distance and intensity for interstellar calcium and sodium lines. *M. N. R. Astr. S.* 1953, **113**, 530—552.
22. Sanford R. F., Wilson O. C., On the doublet ratio of interstellar *H* and *K* and the absolute magnitudes of wolf-Rayet stars. *Aph. J.* 1939, **90**, 235—243.

## SPECTROPHOTOMETRY OF FOUR NON-STABLE STARS

M. V. DOLIDZE

(Summary)

An attempt to reveal the causes of spectral anomalies for certain non-stable stars was made.

Spectral variations with time were examined for *P Cygni*.

Slight irregular variations of spectrophotometric temperature of *P Cygni* accompanied in some cases by variations of the intensities and positions of the spectral line components were revealed. They coincide in time with the light and color variations of the star.

The selective interstellar absorption was taken into account according to the data published in the last years. Nevertheless this does not explain the anomalies mentioned. The author suggests that they are partly due to the peculiarities of the stars.

September, 1957.

აბასთუმანის ასტროფიზიკური თავმუსამართის გერმანიული № 23, 1958  
БЮЛЛЕТЕНЬ АБАСТУМАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ № 23, 1958

ЗАМЕЧАНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ СПЕКТРОГРАММ ЗВЕЗД ТИПОВ *Be* И *P ЛЕБЕДЯ*

M. V. ДОЛИДЗЕ

Спектроскопические измерения нестационарных звезд, в отличие от измерений обычных звезд, усложнены наличием особенностей спектральных линий. Эти особенности вызывают действие различных эффектов, которые искажают результаты измерения спектрограмм. Точный учет влияния этих эффектов является трудной задачей. Хорошо известно, что линии в спектрах нестационарных звезд широки, размыты, часто состоят из нескольких компонентов с разными относительными интенсивностями, имеют фиолетовые спутники и асимметричные контуры. Следовательно, при измерениях спектрограмм должны быть учтены как фотографические эффекты, так и субъективные ошибки измерений. Учет влияния этих двух источников ошибок необходим при теоретической интерпретации контуров и выводе различных заключений о строении атмосфер и оболочек нестационарных звезд. Изучение влияния различных фотографических явлений производилось и производится часто также лабораторным способом и, не только для спектральных линий, но и для других объектов (двойные звезды [1], спутники планет [2], кометы [3]).

В 1954 г. мы измеряли лучевые скорости звезды типа *Be* —  $\gamma$  Кассиопеи. Спектрограммы были взяты из архива Пулковской обсерватории и относились, в основном, к наблюдениям 1930 г. Наличие особенностей спектральных линий этой звезды, также как и у вышеуказанных объектов должно вызывать искажение результатов измерений. Для выявления фотографических эффектов лучшей проверкой было бы сравнение микрофотограмм с фотоэлектрограммами этой звезды, но мы не располагали такой возможностью. Мы также не могли учесть влияния указанных эффектов по имеющимся спектрограммам. Они оказались недостаточными для этой цели. Поэтому мы ограничились лабораторным исследованием, которое состояло в изучении фотографических эффектов в лабораторных сложных спектрах, аналогичных спектрам *Be*-звезд (случай звезд типа *P Лебедя* мы рассматривали как частный случай *Be*-звезд). По совету проф. О. А. Мельникова мы одновременно рассмотрели также вопрос о возможном влиянии некоторых свойств и оптических недостатков глаза на результаты измерения положения линий в спектрах нестационарных звезд (субъективная ошибка). Исследование мы производили путем сравнения результатов измерений положения линий при помощи обычного визуального и микрофотометрического метода. Использовались щелевые спектрограммы  $\gamma$  Кассиопеи, *P Лебедя* и лабораторные снимки.

\* Настоящая и предыдущая (стр. 69) работы составляют часть кандидатской диссертации автора.

6. აბასთუმანის ასტროფიზიკური თავმუსამართის გერმანიული № 23