

С. С. РУСТАМБЕКОВА

## УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СПЕКТРЫ ГРУППЫ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД В ТЕЛЬЦЕ

### 1. В в е д е н и е

Для области неба вокруг звезды  $\zeta$ Тав с помощью «Ориона-2» было получено шесть кадров F 3, F 4, F 5, F 22, F 23, F 24 с экспозициями 11.4, 20, 1, 1.3, 16, 1.3 мин соответственно. Эта область оказалась очень интересной, так как в группу исследуемых звезд вошли: одна звезда спектрального класса Об, четыре звезды типа Ве с эмиссионными характеристиками и еще восемнадцать звезд классов В—А, изучение каждой из которых может представить определенный интерес.

В табл. 1 приведены номера исследованных звезд по каталогам HD, SAO и AGK<sub>2</sub>, а также данные об их спектральном классе, визуальной величине  $V$  и расстоянии, взятые из различных источников [1, 2, 3]. Наши измерения охватывают в основном спектральный диапазон 2300—3700 Å, лишь в нескольких случаях коротковолновая граница наших спектрограмм доходила до 2000 Å.

Количество спектрограмм, обработанных для каждой звезды, колеблется от четырех—пяти для слабых звезд (кадр F 23) до двадцати для сравнительно ярких звезд. Микрофотометрические записи спектрограмм получены на микрофотометрах МФ-4 и ИФО-451.

Целью данной работы являются изучение распределения энергии в ультрафиолете непрерывных спектров указанных звезд, сопоставление полученных результатов с различными теоретическими моделями, сравнение с другими данными (если такие имеются) в основном для звезд тех же спектральных классов, попытка выявления закона межзвездного поглощения в ультрафиолете в случаях удаленных звезд, а также вычисление эквивалентных ширин спектральных линий, если таковые имеются.

Характеристическая и редуccionная кривые, необходимые для обработки спектрограмм, взяты из [4]. Найденные относительные распределения энергии наших звезд представлены в графической форме на рис. 2—14. при этом интенсивность излучения, выраженная в звездных величинах  $\Delta m_\lambda = -2.5 \lg (F_\lambda / F_{3200})$ , принята за единицу на  $\lambda = 3200$ , то есть  $\Delta m_{3200} = 0$ .

Наблюдаемые распределения энергии исправлялись за эффект межзвездного поглощения следующим образом. Если для данной звезды из-

Данные об исследованных звездах

| HD        | SAO    | V    | Sp          | $r$ (nc)    |
|-----------|--------|------|-------------|-------------|
| 36879     | 077293 | 7.56 | O6          | 1600 [1]    |
| E 245310  | 077308 | 8.87 | B1 V nne    | 1200 [1]    |
| 38191     | 077497 | 8.73 | B1 (V) ne   | 1300 [1]    |
| 36547     | 077253 | 8.81 | B1 III      | 1800 [1]    |
| 37202     | 077336 | 2.97 | B2 ne       | 165 [10]    |
| 37967     | 077450 | 6.1  | B3 ne III—V | 500 [12—14] |
| 35708     | 077184 | 4.86 | B3 V        | 250 [17]    |
| 36819     | 077285 | 5.36 | B3 V        | 200 [19]    |
| 36589     | 077255 | 6.01 | B6 V        | —           |
| 37752     | 077413 | 6.5  | B7 III      | —           |
| —         | 077332 | 8.5  | B8          | 400*        |
| 36113     | 077215 | 6.9  | B8          | 200*        |
| 38063     | 077469 | 8.7  | B8          | 440*        |
| 38442     | 094847 | 9.1  | B8          | 520*        |
| 38192     | 077493 | 8.0  | B9          | 320*        |
| 37925     | 077442 | 8.4  | B9          | 330*        |
| 35943     | 077201 | 5.9  | B9          | 78**        |
| 37939     | 077443 | 8.3  | B9          | 320*        |
| 37821     | 077427 | 8.5  | A0          | 320*        |
| 37999     | 077451 | 8.1  | A0          | 260*        |
| 37740     | 094763 | 8.2  | A0          | 280*        |
| 37439     | 077358 | 6.3  | A2 V        | 100*        |
| BD+21°971 | —      | —    | —           | —           |

\* По известной визуальной величине и по среднему значению абсолютной звездной величины, взятой из [24—27].

\*\* Каталог Бичвара.

вестно ее расстояние от нас  $r$ , то исправленная за эффект межзвездного поглощения величина  $\Delta m_{\lambda}^*$  может быть найдена из соотношения:

$$\Delta m_{\lambda}^* = \Delta m_{\lambda} - (a_{\lambda} - a_{3200}) r, \quad (1)$$

где  $a_{\lambda}$  — коэффициент межзвездного селективного поглощения, рассчитанный на 1 клс; его численные величины были найдены использованием данных о межзвездном поглощении, найденных Блессом и Саваджем [5] для направления звезды 139 Тау (выбор этой звезды объясняется тем, что она находится в Тельце).

Если же для данной звезды известна наблюдаемая величина  $E_{B-V}$ , исправление за эффект межзвездного поглощения осуществлялось иначе [6]:

$$\Delta m_{\lambda}^* = \Delta m_{\lambda} - (x_{\lambda} - x_{3200}) E_{B-V}, \quad (2)$$

где  $x_{\lambda} = E_{\lambda-V}/E_{B-V}$ ; числовые величины  $x_{\lambda}$  также взяты из [5] по усредненной кривой зависимости  $x_{\lambda}$  от  $1/\lambda$ .

## 2. Межзвездное поглощение

По наблюдениям в области  $\lambda\lambda$  1100—3600 Å, выполненным при помощи фотоэлектрических спектрометров на борту ОАО-2, получена весьма интересная информация о характере и величине межзвездного поглощения по данным 17 ярких звезд ранних спектральных классов [5]. Позднее эти результаты были уточнены по данным спектрометрических измерений 36 звезд в диапазоне 1800—3600 Å [7].

Метод, с помощью которого были изучены в [5, 7] свойства межзвездного поглощения в ультрафиолете, основан на сопоставлении программных звезд со звездами сравнения того же класса, из которых первые — покрасневшие, а вторые — почти без всяких признаков покраснения. Было найдено, что межзвездное поглощение имеет четко выраженный максимум на  $\lambda$  2175 Å. Хотя индивидуальные кривые поглощения для отдельных звезд заметно различаются, положение указанного максимума на  $\lambda$  2175 Å сохраняется для большинства звезд. Пока нельзя сказать, являются ли отмеченные различия в кривых поглощения следствием изменения в различных направлениях Галактики, имея в виду, что наблюдавшиеся в [5, 7] звезды находятся от нас сравнительно недалеко, а их избытки цвета невелики.

В области Тельца оказались четыре звезды ранних спектральных классов, находящихся от нас на расстояниях более 1000 пс. Поэтому есть смысл заняться изучением межзвездного поглощения в ультрафиолете для этой области методом, в отличие от [5, 7], сопоставления наблюдаемых спектров той или иной звезды с их теоретическими спектрами, в частности, с моделью Михаласа [8].

Обозначим разницу между наблюдаемым распределением энергии  $\Delta m_\lambda$  и теоретической моделью  $\Delta m_\lambda^T$ , принятой за истинное распределение энергии для данного спектрального класса, через  $\delta m_\lambda$ . Очевидно, что

$$\delta m_\lambda = \Delta m_\lambda - \Delta m_\lambda^T = A_\lambda - A_{3200} \quad (3)$$

Запишем это соотношение следующим образом:

$$\delta m_\lambda = A_\lambda - A_V - (A_{3200} - A_V),$$

Так как  $A_{3200}/A_V = 1.67$ , если принять для межзвездного поглощения в оптическом диапазоне закон  $\sim \lambda^{-1}$ , а  $A_\lambda - A_V = E_{\lambda-V}$ , получим:

$$\delta m_\lambda = E_{\lambda-V} - 0.67 A_V.$$

Учитывая, что  $A_V = 3 \cdot E_{B-V}$ , найдем:

$$E_{\lambda-V} = \delta m_\lambda + 2.01 E_{B-V}.$$

Обозначая, как обычно,  $E_{\lambda-V}/E_{B-V} = x_\lambda$ , найдем отсюда окончательно

$$x_\lambda = \frac{\delta m_\lambda}{E_{B-V}} + 2.01. \quad (4)$$

С помощью этого соотношения были построены зависимости  $x_\lambda$  от  $\lambda^{-1}$  для звезд HD 36879, E 245310, 38191 и 36547 спектральных классов O6, B1 V ппе, B1 (V) пе и B1 III соответственно. Полученные результаты приведены на рис. 1. Для сравнения там же нанесена зависимость средних величин  $\bar{x}_\lambda$  от  $\lambda^{-1}$ , построенная по данным Блесса и Саваджа [5], а также закон  $\lambda^{-1}$ .

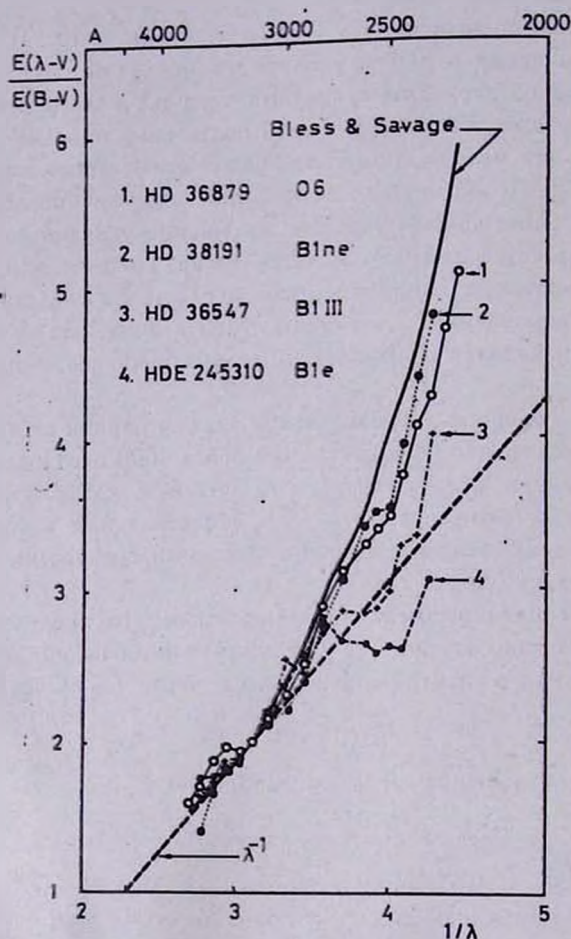


Рис. 1. Зависимость величины межзвездного поглощения в ультрафиолете  $x_\lambda$  от  $1/\lambda$ , найденная по результатам измерений ультрафиолетовых спектров звезд HD E 245310, 36547, 36879 и 38191. Для сравнения нанесена также аналогичная зависимость средних  $\bar{x}_\lambda$  величин по данным Блесса и Саваджа [5], а также «закон  $\lambda^{-1}$ ».

К сожалению, наши измерения не идут далее 2350 Å для HD E 245310, 38191 и 36547 и далее 2250 Å для HD 36879. Поэтому мы ничего не можем сказать о поведении приведенных кривых в области длин волн короче

2250 Å. Тем не менее, можно сказать, что по крайней мере до 2500 Å межзвездное поглощение следует закону  $\lambda^{-1}$ , а начиная с 2500 Å явно отклоняется от него в сторону резкого повышения поглощения.

Для звезды HD E 245310 межзвездное поглощение в окрестности 2500 Å мало. Это, по-видимому, можно объяснить наличием эмиссионных линий, быть может, особо обильных в этой области спектра, вероятное отождествление которых приведено в [9]. Найденные нами кривые для HD 36879 и HD 38191 в пределах ошибок хорошо согласуются, как следует из рис. 1, с результатами Блесса и Саваджа для средних  $\lambda$ . Что же касается средней зависимости поглощения от длины волны, то для объяснения ее поведения необходимо привлекать модели межзвездной среды, состоящей из смеси пылинок различного размера и химического состава.

### 3. Звезды типа Ве

Звезды класса В с эмиссионными линиями всегда привлекали внимание астрофизиков. Линии в спектрах этих звезд за короткие промежутки времени, порядка десятков лет, претерпевают большие изменения как в интенсивности и положении, так и в форме контуров. Иногда эмиссионные линии исчезают совсем и появляются вновь. Все это свидетельствует о неустойчивом характере физических процессов, протекающих в атмосфере этих звезд.

Нам довелось исследовать спектры четырех таких звезд: хорошо известной эмиссионной звезды  $\zeta$  Тау спектрального класса В2пе [10], затем HD 37967 класса В3пе, а также уже упомянутых выше звезд HD 38191 типа В1(V)пе [1] и HD E 245310, горячей звезды класса В1V с газовой оболочкой. Остановимся на каждой из этих звезд в отдельности.

$\zeta$  Тау (HD 37202). Представляет собой спектрально двойную систему с периодом 132.9 дня, однако наблюдается только один ряд спектральных линий, соответствующих линиям быстро вращающейся звезды типа В2, у которой время от времени появляется оболочка. Распределение энергии в спектре  $\zeta$  Тау приведено на рис. 2. Так как звезда находится на расстоянии 165 пс [11], поправка за эффект межзвездного поглощения не вводилась. Полученное нами распределение сравнивается с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 22000^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. На этом же рисунке приведены также данные Боттемиллера для  $\zeta$  Тау по наблюдениям ОАО-2 [12]. Из рисунка видно, что в области 2500 Å распределение энергии имеет вид горба, вызванного, по-видимому, наличием эмиссионных линий 2473, 2520, 2535 и 2573 Å, о которых речь пойдет ниже.

HD 37967. Звезда спектрального класса В3пе [III—V], у которой  $B-V = -0.06$ ,  $U-B = -0.63$  [2], а расстояние  $r = 500$  пс, среднее по [13, 14, 15]. Распределение энергии в спектре этой звезды представлено также на рис. 2, наряду с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 20000^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8].

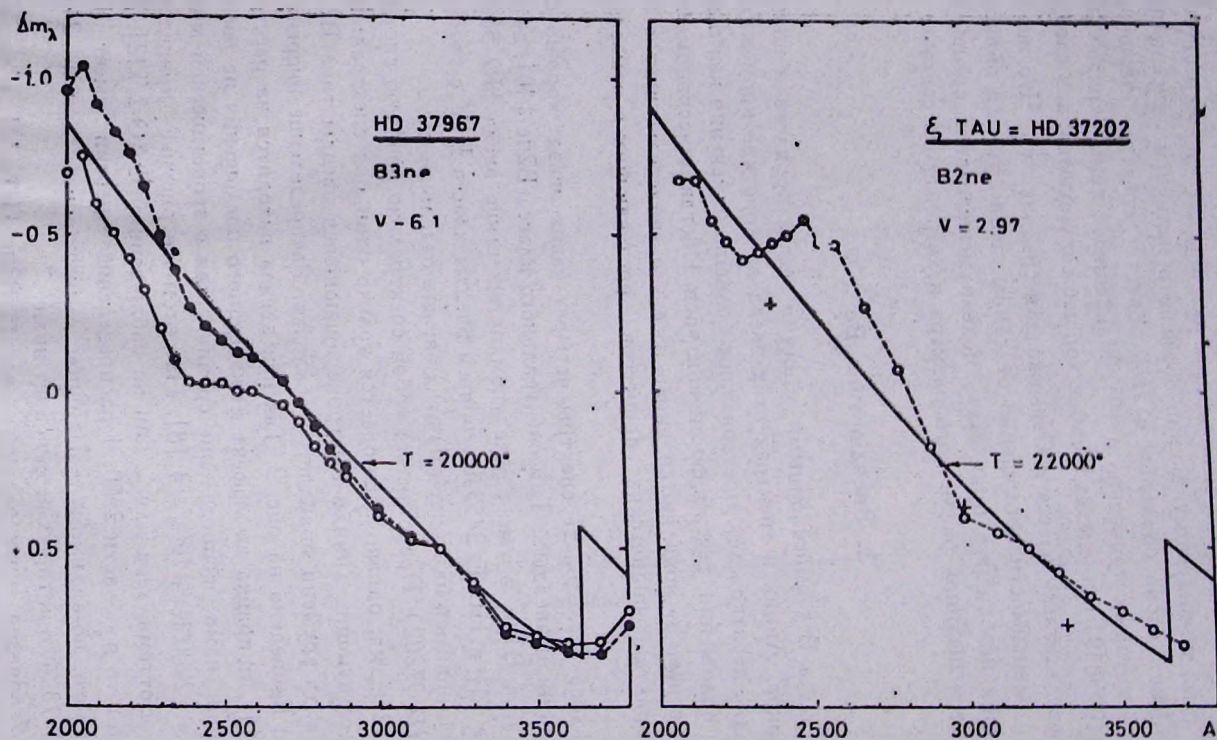


Рис. 2. Наблюдаемое распределение энергии в спектрах звезд HD 37967 и  $\zeta$  Тау=HD 37202 по данным «Ориона-2» (кружки). Сплошные линии — теоретическая модель при  $T_{\text{eff}} = 22000^\circ \text{K}$ ,  $T_{\text{eff}} = 20000^\circ \text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. Нанесены также данные ОАО-2 для  $\zeta$  Тау [12].

Интересно отметить, что найденное для этой звезды распределение энергии оказалось похожим по характеру на распределение энергии в спектре  $\gamma$  Cas. звезды класса B0.5IVe [16], с той разницей, что избыток энергии в нашем случае приходится на 2050 Å, в то время как у  $\gamma$  Cas он находится на 2200 Å. Возможно, это вызвано тем, что, как указывалось выше, линии в спектрах эмиссионных звезд претерпевают изменения во времени. Что же касается избытка энергии у  $\gamma$  Cas на 2600 Å, то в нашем случае сказать что-либо определенное трудно, хотя у HD 37967 наблюдаются признаки нечто подобного в области 2500 Å. В связи с этим следует отметить, что у звезды  $\kappa$  CMa, спектрального класса B2Ve, также обнаружен заметный избыток излучения, в частности, на 1850, 2000, 2200 и 2500 Å, который ассоциируется с эмиссионными линиями [17].

HD E 245310=SAO 077308. На рис. 3 представлено найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды — как наблюдаемое (круж-

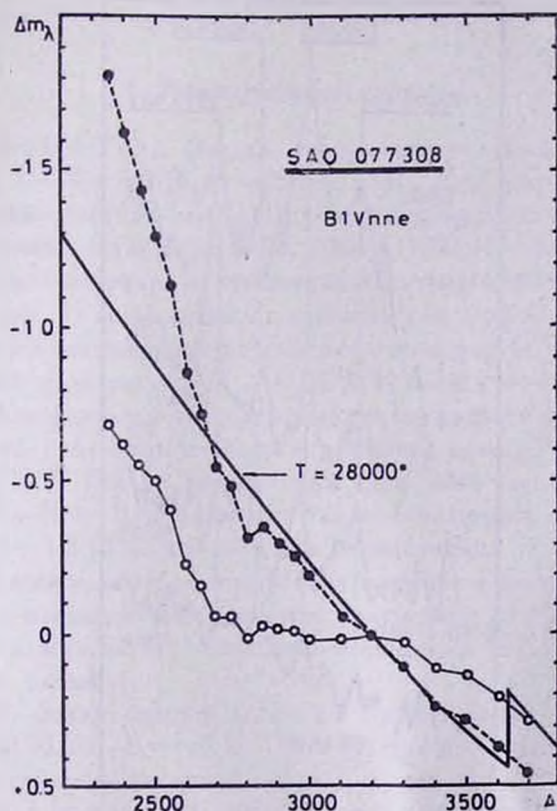


Рис. 3. Распределение энергии в спектре звезды HD E 245310=SAO 077308 по данным «Ориона-2». Сплошная линия — теоретическая модель при  $T_{\text{eff}} = 28000^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8].

ки), так и исправленное с помощью соотношения (2) по известному эксцессу для этой звезды  $E_{B-\Delta} = 0.54$  [1] (точки). На рисунке приведено также

теоретическое распределение при  $T_{\text{eff}} = 28000^{\circ}\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. Как видим, в области  $2350\text{--}2500\text{ \AA}$  истинное распределение резко отклоняется от теоретического в сторону больших потоков. Избыток энергии, по-видимому, следует объяснить наличием эмиссионных линий в указанном диапазоне. Кроме того, мы не должны забывать, что рассмотренная звезда обладает газовой оболочкой, а теоретическая модель, с которой она сравнивается, представляет собой нормальную фотосферу, без газовой оболочки. Поэтому подобные сравнения носят несколько формальный характер.

Сказанное относится ко всем звездам, имеющим газовые оболочки.

Звезда SAO 077308 представляет собой интерес и с другой точки зрения. Дело в том, что в ее спектре была обнаружена одна очень мощная эмиссионная линия с длиной волны  $\sim 2520\text{ \AA}$ . Наиболее вероятным представляется отождествление этой линии с резонансным сикстетом нейтраль-

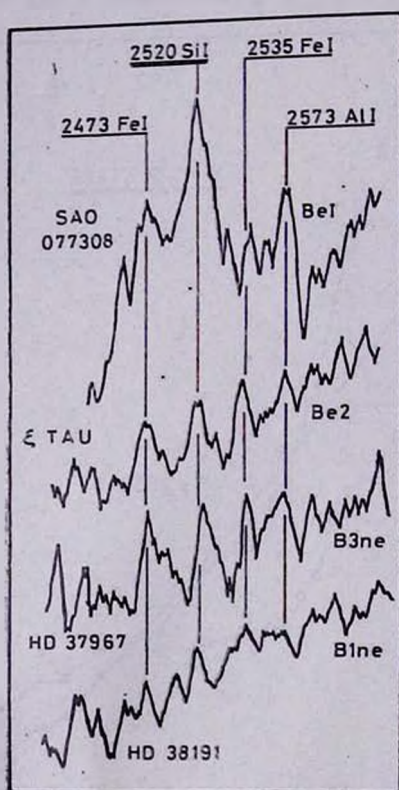


Рис. 4. Сопоставление денситометрических записей четырех «орлионских» спектров, принадлежащих эмиссионным звездам HD E 245310,  $\zeta$  Тау, HD 37967 и HD 38191 около  $2500\text{ \AA}$ .

ного кремния со средней длиной волны  $2520\text{ \AA}$ ; подробно этот вопрос обсужден в [9]. Там же приведена микрофотометрическая запись спектра этой звезды, из которой видно, что линия  $2520\text{ SiI}$  — самая сильная в

интервале длин волн от 5000 до 2300 Å. Хотя это отождествление нельзя считать окончательным и оно нуждается в проверке, сам факт наличия мощной эмиссионной линии  $\sim 2520$  Å в спектре этой звезды не подлежит сомнению, и именно это обстоятельство мы считаем важным. Чтобы убедиться в аномальности силы линий  $\sim 2520$  SiI в спектре рассмотренной звезды, на рис. 4 представлено сопоставление микрофотометрических записей области спектра около этой линии еще для трех эмиссионных звезд —  $\xi$  Tau (B2e), HD 37967 (B3ne) и HD 38191 (B1Ve), уже рассмотренных выше. Как следует из приведенного рисунка, линия 2520 SiI выделяется резко и уверенно по отношению к соседним эмиссионным линиям только в случае SAO 077308; у остальных трех звезд эта линия имеет одинаковую силу с соседними эмиссионными линиями (2473 FeI, 2573 AlI и т. д.). Вопрос же о том, в какой степени аномальное содержание кремния свойственно не только газовой оболочке, но и самой фотосфере звезды SAO 077308, может служить предметом отдельного рассмотрения с привлечением, в частности, средств наземной астрономии.

#### 4. Непрерывные спектры

*HD 35708 (114 Tau).* Звезда спектрального класса B3V с  $V=4.86$ .  $B-V=-0.16$ ,  $U-B=-0.76$  и  $g=250$  пс [18]. Для нее была измерена 21 «орионовская» спектрограмма. Полученное распределение, с указанием среднеквадратичных ошибок на 2400, 2800 и 3500 Å, приведено на рис. 5 (кружки). Введена поправка за межзвездное поглощение. Исправленная кривая (точки на рис. 5) сравнивалась с данными для этой же звезды, полученными методом широкополосной фотометрии с помощью ОАО-2 [19], а также с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}}=20000^\circ\text{K}$  и  $\lg g=4$  [8]. Это сравнение было использовано для подтверждения правильности величин  $\delta_r$  редукционной кривой, найденной методом «трех звезд класса A0» [4].

*HD 36819 (121 Tau).* Спектральный класс этой звезды B3V,  $V=5.36$ ,  $B-V=0.09$ ,  $U-B=-0.62$ . Известна также абсолютная светимость этой звезды:  $M_V=-1.2$  [15], что даст для ее расстояния  $\sim 200$  пс. На рис. 5 приведено найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды. Для сравнения нанесены также данные, полученные для звезды HD 64503 спектрального класса B2.5V с помощью «Ориона-2» [6]. Как видим, согласие достаточно хорошее.

*HD 36589.* Звезда шестой величины спектрального класса B6V. Для нее  $B-V=-0.08$ ,  $U-B=-0.38$  [20]. Найденное нами распределение энергии представлено на рис. 6, наряду с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}}=15700^\circ\text{K}$  и  $\lg g=4$  [8]. Как видно, в области 2500—3700 Å имеется хорошее согласие между наблюдениями и теорией. В области же короче 2500 Å имеются две депрессии на 2250 и 2350 Å; они вызваны эффектом физического слияния (блендирования) линий поглощения, неоднократно уже обсужденного в рамках полученных результатов «Ориона-2» [4, 6, 21].

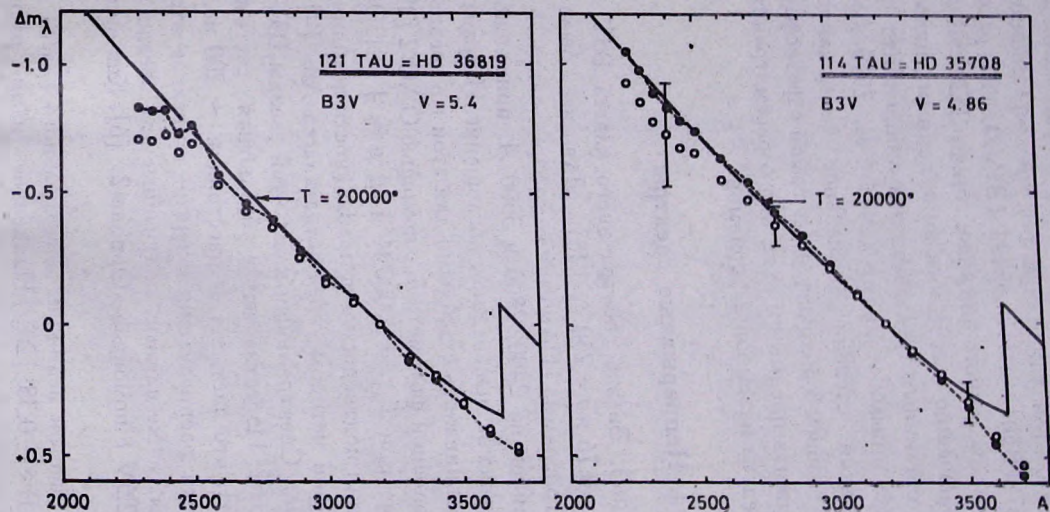


Рис. 5. Распределение энергии в спектре звезд 121 Тау и 114 Тау. Указаны среднеквадратичные ошибки измерений на 2400, 2800 и 3500 Å в спектре 114 Тау. Сплошные линии — теоретическая модель при  $T_{\text{eff}} = 20000^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8].

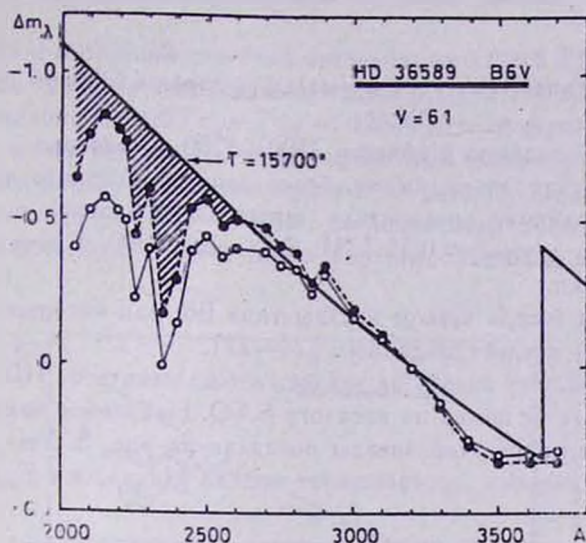


Рис. 6. Распределение энергии в спектре звезды HD 36589. Видны депрессии на 2050 и 2350 Å. Сплошная линия — теоретическая модель при  $T_{\text{eff}} = 15700^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$ .

**HD 37752.** Эта звезда класса B7III. На рис. 7 представлено найденное нами распределение энергии в спектре — наблюдаемое (кружки) и исправленное за межзвездное поглощение, соответствующее значению

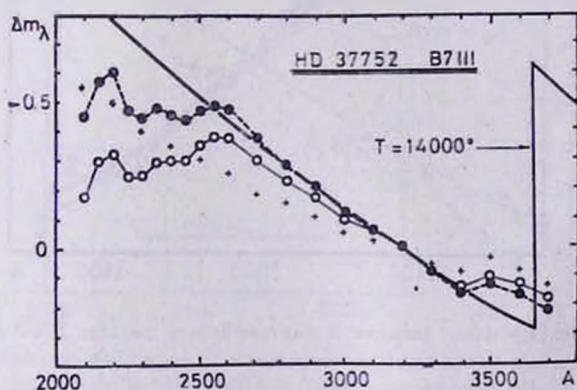


Рис. 7. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в коротковолновом спектре звезды HD 37752 по данным «Орнова-2». Нанесены результаты наблюдений ОАО-2 для звезды  $\alpha$  Leo (B7V) [21].

$B-V = -0.06$  [20]. Последнее неплохо согласуется с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 14000^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. Однако указанная температура соответствует, скорее, классу B6, чем B7. Для сравнения на нашем рисунке нанесено также распределение энергии, найденное Андерхилл [22] для

$\alpha$  Leo, звезды типа B7V, т. е. нормальной звезды главной последовательности.

Имеющаяся разница в области 2500—3700 Å говорит о том, что изученная нами звезда, по-видимому, более раннего класса, о чем свидетельствует также величина показателя цвета  $U-B$ , равная в одном случае — 0.51 [20], а в другом — 0.55 [23]. В области 2300 Å заметна некоторая депрессия энергии.

Рассмотрим теперь четыре звезды типа B8, для которых мы принимали  $M_v = +0.2$  — среднее по данным [24—27].

SAO 077332. Эту звезду не удалось отождествить по HD каталогу, поэтому приводится ее номер по каталогу SAO. Найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды показано на рис. 8. Уже наблюдаемое распределение энергии соответствует модели Михаласа с  $T_{\text{eff}} = 15700^\circ\text{K}$  и

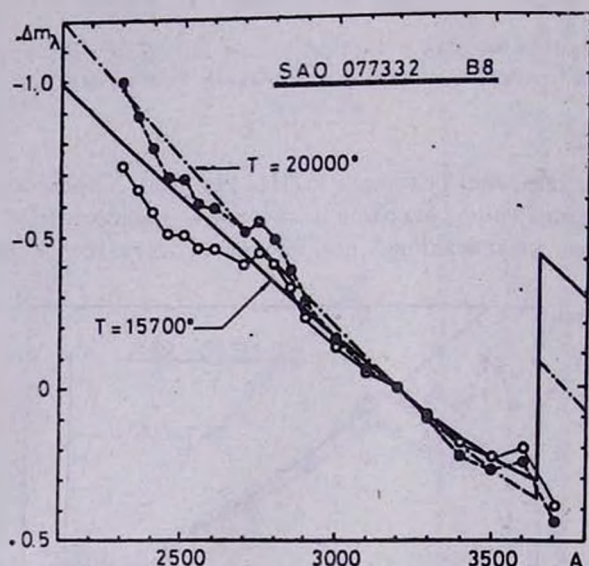


Рис. 8. Распределение энергии в ультрафиолете звезды SAO 077332.

$\lg g = 4$  [8], а исправленное за межзвездное поглощение —  $T_{\text{eff}} = 20000^\circ\text{K}$  [8]. По всей видимости, указанная звезда принадлежит по меньшей мере спектральному классу B3.

HD 36113. Это первая из трех звезд класса B8, вошедших в наш список. Ее расстояние оценено в 200 пс. Найденное распределение энергии в ее спектре (рис. 9) соответствует теоретической модели при  $T_{\text{eff}} = 11200^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. В области 2300 Å наблюдается депрессия. Для сравнения приведено также распределение звезды 18 Тау класса B8V по наблюдениям OAO-2 [19].

**HD 38063.** Расстояние для этой звезды тоже класса B8 оказалось равным 440 пс. Полученное распределение энергии (рис. 9) хорошо согласуется с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 12600^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [18]. Так как определенное нами расстояние носит оценочный характер, то, вполне вероятно, что эта звезда может оказаться и на расстоянии 200 пс от нас. В этом случае в области 2300—2500 Å, по-видимому, также обнаружится депрессия, то есть будет иметь место картина, подобная описанной выше для HD 36113.

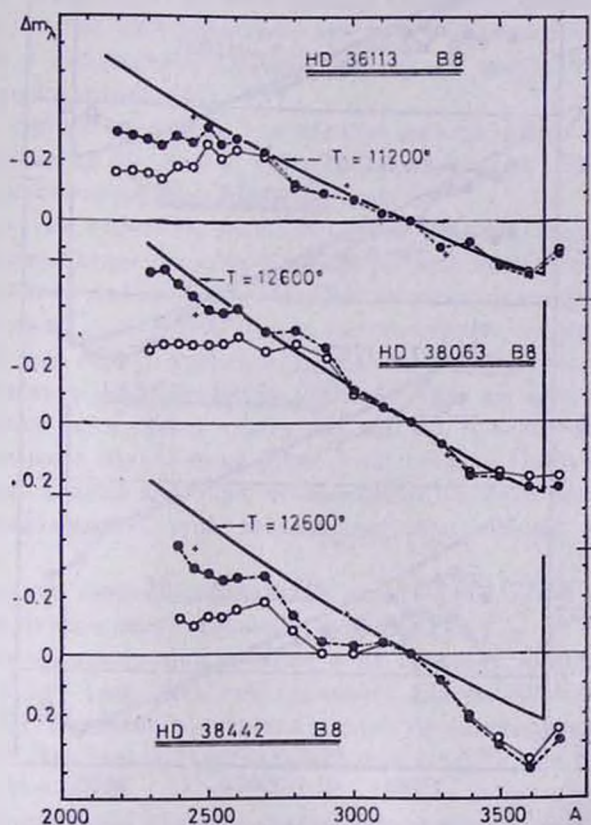


Рис. 9. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд HD 36113, 38063 и 38442 по наблюдениям «Ориона-2». Приведены также данные ОАО-2 для звезды 18 Тау класса B8V [19].

**HD 38442.** Эта звезда класса B8 — самая отдаленная в нашей группе, ее расстояние равно 520 пс. Полученное распределение энергии (рис. 9) сопоставляется с результатами для 18 Тау [19] и теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 12600^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4$  [8]. Характерно, что в найденном нами распределении для этой звезды имеются три депрессии — на 2500, 2900 и 3600 Å.

Далее следуют четыре звезды спектрального класса B9, для которых

было принято  $M_V = +0.8$ , среднее по данным [24—27] для звезды этого класса, принадлежащей главной последовательности. Коротко остановимся на каждой из этих звезд в отдельности.

*HD 38192 ( $V=8.0$ ).* Расстояние до нее порядка 300 пс. Исправленное за межзвездное поглощение распределение энергии (рис. 10) сравнивается

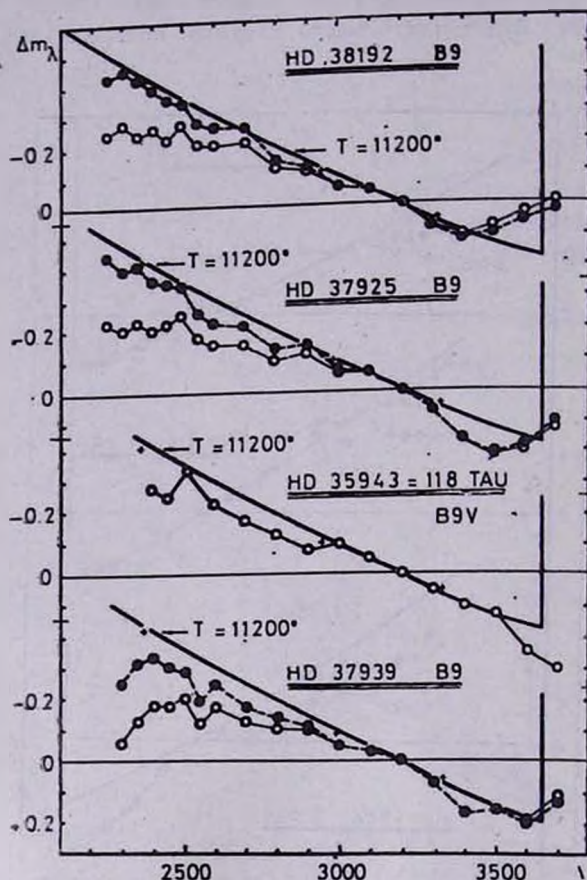


Рис. 10. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд класса B9 HD 38192, 37925, 35943 и 37939 по наблюдениям «Орiona-2». Нанесены также результаты наблюдений ОАО-2 — средние для двух звезд класса B9V (14 CVп и HD 4622) [12].

с данными Боттемиллера [12], средними по наблюдению двух звезд B9V (14 CVп и HD 4622). Как видим, совпадение наших результатов с данными ОАО-2 и теоретической моделью достаточно убедительное. У этой звезды не обнаружилось депрессии в изученном нами диапазоне длин волн.

*HD 37925 ( $V=8.4$ ).* Расстояние до нее оценено в 330 пс. На рис. 10 сопоставляются исправленное за межзвездное поглощение истинное распределение для этой звезды, средние результаты по наблюдениям ОАО-2

двух звезд B9V (14 CVn и HD 4622) [12] и теоретическая модель. У этой звезды имеется едва заметный след депрессии в области 2300 Å.

*HD 35943 (118 Tau).* Это — двойная звезда, для которой по данным [20]  $V=6.64+5.86$ ,  $B-V=-0.04$  и  $U-B=-0.14$ . Приведенное расстояние для нее по каталогу Бичвара равно 78 пс. Полученное распределение приведено на рис. 10 наряду с теоретической моделью и данными для двух звезд B9V (14 CVn и HD 4622) [12]. В области 2400 Å имеется некоторая депрессия.

*HD 37939.* Расстояние до этой звезды ( $V=8.3$ ) оценено в 320 пс. На рис. 10 представлено распределение энергии в ее спектре, теоретическое распределение и наблюдения ОАО-2 для тех же звезд [12]. На 2300 Å имеется некоторая депрессия.

В нашем списке оказалось три звезды спектрального класса A0, для которых принималось  $M_v = +1$  [24—27], среднее для звезды главной последовательности этого спектрального класса.

Сразу следует отметить, что для одной из этих звезд — HD 37821 найденное распределение энергии в ультрафиолете не соответствует указанному спектральному классу (рис. 11). Оно неплохо согласуется с теоретической моделью при  $T_{\text{eff}} = 15700^\circ\text{K}$ , что соответствует, скорее, спектральному классу B5, чем A0. С другой стороны, нас смущает наличие заметной депрессии в спектре этой звезды на 2800 Å; судя по ее величине, звезда, наоборот, должна быть скорее класса A0, чем B5. К сожалению, мы не располагаем данными о показателях цвета этой звезды. По-видимому, нужны дополнительные данные для того, чтобы выйти из этого запутанного положения — принадлежность этой звезды тому или иному спектральному классу.

Распределения энергии двух других звезд — HD 37999 и HD 37740 — хорошо согласуются с теоретической моделью для  $T_{\text{eff}} = 10000^\circ\text{K}$ . Кроме того, истинные распределения энергии в их спектрах сравнивались с распределением α Луг (рис. 11), спектрального класса A0, средним по данным [28, 29, 30]. Согласие получается вполне удовлетворительное.

*HD 37439.* Эта звезда спектрального класса A2V. Ее показатели цвета равны  $B-V=+0.06$ ,  $U-B=+0.10$  [20] — нормальные для типа A2V. Поэтому поправка за межзвездное поглощение не была введена. Полученное распределение с указанием среднеквадратичных ошибок по измерениям восьми спектрограмм для этой звезды приведено на рис. 12. Проводилось сравнение также с теоретической моделью Карбона и Гингерича [31], построенной с учетом эффекта блокировки непрерывного спектра спектральными линиями поглощения, а также с моделью Фоулера [32] для Сириуса (A1V) при  $T_{\text{eff}} = 9700^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4.26$ . Из рисунка видно, что в области 2400—2700 Å имеется хорошее согласие с первой моделью, а начиная с 2700 и до 3700 Å — со второй.

*BD+21°971.* Среди наших звезд оказалась одна, которую не удалось отождествить ни в каталоге SAO, ни в HD. Только в AGK<sub>2</sub> приведен номер этой звезды по BD каталогу, координаты α, δ по эпохе 1950 и фото-

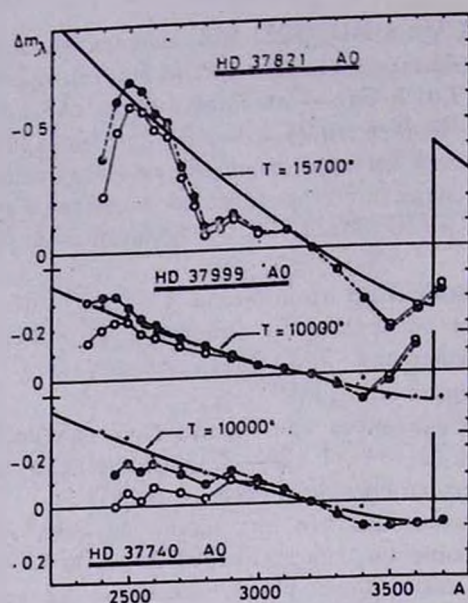


Рис. 11. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд класса A0 HD 37821, 37999 и 37740 по данным «Ориона-2».

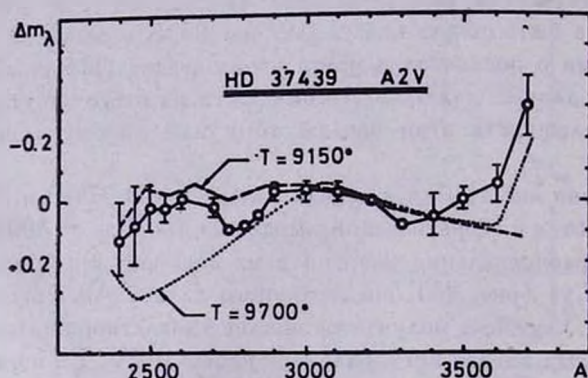


Рис. 12. Распределение энергии в ультрафиолете (кружки с указанием среднеквадратичных ошибок) для звезды HD 37439 по наблюдениям «Ориона-2». Там же приведена теоретическая модель Карбона и Гингерича [31] для  $T_{\text{eff}} = 9150^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4.26$ , а также модель Сириуса (AIV) для  $T_{\text{eff}} = 9700^\circ\text{K}$  и  $\lg g = 4.26$ .

графическая величина  $m_{\text{PK}} = 9^{\text{m}6}$ . Спектральный класс не указан. Найденное из наших наблюдений распределение энергии в ультрафиолете этой звезды приведено на рис. 13. Уже наблюдаемое распределение указывает на принадлежность этой звезды классу не позднее A0. С другой стороны, отсутствие депрессии на 2800 Å, характерной для звезд класса A0 [4], недостаточная сила линии 2800 MgII в спектре этой звезды (рис. 14) наводят на мысль о ее принадлежности более раннему спектральному классу, то есть о ее большой удаленности от нас. При предположении, что звезд-

да находится на расстоянии  $r=1000$  пс от нас, ее спектр соответствует В8—В5 (рис. 13), а при  $r=2000$  пс — В3—В2. Следовательно, можно сказать, что спектральный класс этой звезды, скорее всего, В, а для указания подкласса необходимы дополнительные данные.

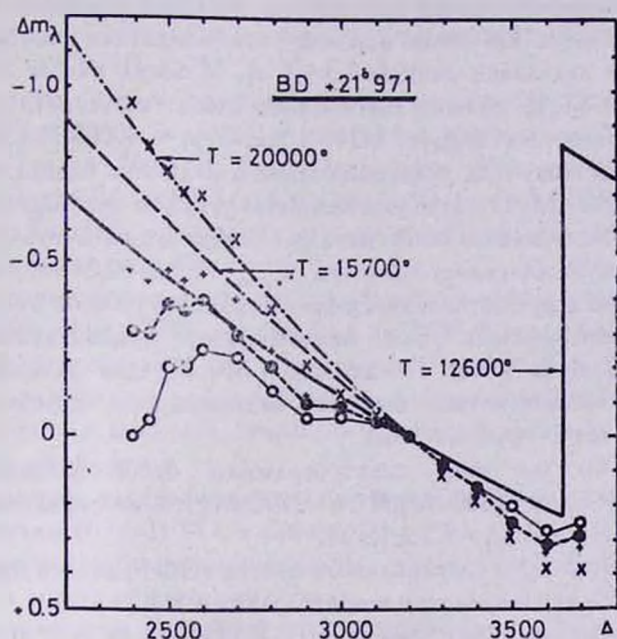


Рис. 13. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки для  $r=650$  пс, крестики для  $r=1000$  пс, перевернутые крестики для  $r=2000$  пс) распределение энергии в ультрафиолете звезды BD+21°971. Приведены также теоретические модели Михаласа при  $T_{\text{eff}} = 12600$  К,  $T_{\text{eff}} = 15700$  К и  $T_{\text{eff}} = 20000$  К,  $\lg g = 4$  во всех случаях.

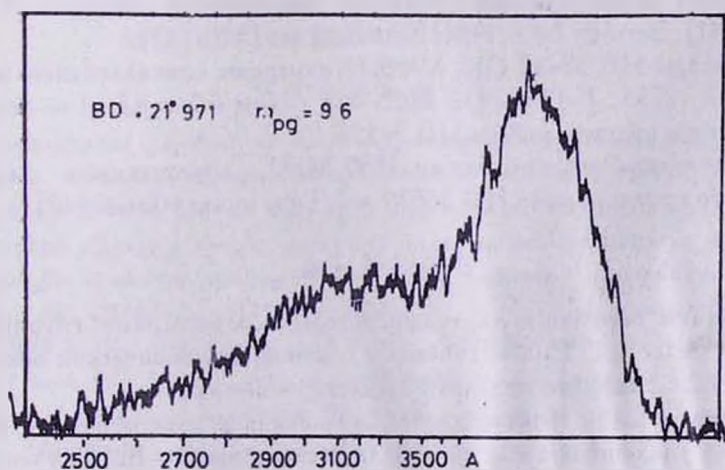


Рис. 14. Микрофотометрическая запись коротковолновой спектрограммы звезды BD+21°971, полученной с помощью «Ориона-2».

### 5. Эквивалентные ширины линий поглощения

Сделана попытка оценить эквивалентные ширины некоторых ультрафиолетовых линий поглощения, отождествление которых в спектрах изученных нами звезд представляется нам надежным.

По результатам измерений двенадцати спектрограмм звезды HD 36879 спектрального класса O6 была найдена эквивалентная ширина линии 2800 MgII, она оказалась равной  $3.3 \pm 1$  Å. У звезд класса O собственная линия 2800 MgII должна быть очень слаба: ее теоретическая эквивалентная ширина составляет 0.24 Å при  $T_{eff} = 40000^\circ\text{K}$  [33]. Отсюда следует, что найденная для указанной звезды величина эквивалентной ширины дублета 2800 MgII обусловлена почти целиком поглощением в облаках межзвездного ионизованного магния. Тогда будем иметь для эквивалентной ширины межзвездного магния  $W_{\text{меж.}} = 3.3 - 0.24 \approx 3.0$  Å.

Рассмотренная звезда находится на расстоянии 1600 пс от нас [1], поэтому будем иметь отсюда для межзвездного ионизованного магния  $W_{\text{меж.}} = 1.9 \pm 0.6$  Å на 1 клс. По данным [34—40] для разных направлений Галактики эквивалентная ширина межзвездного компонента MgII 2800 Å составляет 2—6 Å на 1 клс.

Для  $\zeta$  Тау по семи спектрограммам были найдены эквивалентные ширины для 2800 MgII и 2852 MgI. Они оказались равными  $W_{2800} = 7.2 \pm 1.5$  Å, а  $W_{2852} = 5.7 \pm 1.3$  Å.

У HD 37967, звезды спектрального класса B3pe, удалось выделить линию 2852 MgI. Ее эквивалентная ширина равна 4.5 Å.

На трех спектрограммах звезды HD 36113 (B8, V=6<sup>m</sup>9) зафиксирована линия 2655 Å; ее вероятное отождествление — NiII. Эквивалентная ширина этой линии равна 2.5 Å. В спектре этой звезды выделены также линии 2712 FeII, 2755 FeII и 2852 MgI; их эквивалентные ширины оказались равными 2.2, 3.4 и 2.2 Å соответственно. Заметим, что наличие линии 2755 FeII зафиксировано другими авторами в спектрах Сириуса ( $\alpha$  CMa) [41], Вегы ( $\alpha$  Lyr) [42], Канопуса ( $\alpha$  Car) [43].

Для звезды HD 38442 (B8, V=9,1) измерены эквивалентные ширины двух линий 2755 FeII и 2852 MgI, они равны 6.5 и 4.6 Å — несколько больше, чем мы имеем у звезды HD 36113.

Эквивалентные ширины линии 2800 MgII, определенные для всех звезд нашего списка, кроме HD 36879 и  $\zeta$  Тау, приведены в [40].

### В ы в о д ы

Результаты обработки ультрафиолетовых спектрограмм группы горячих звезд в области  $\zeta$  Тау, полученных с помощью космической обсерватории «Орион-2», позволяют сделать следующие выводы.

1. Выявлен закон межзвездного поглощения в ультрафиолете по данным четырех удаленных звезд спектральных классов O—B. Полученные результаты в пределах ошибок измерения хорошо согласуются с данными Блесса и Саваджа [5].

2. В спектрах четырех звезд с эмиссионными характеристиками — HD E 45310, HD 38191,  $\zeta$  Tau и HD 37967 — выделены эмиссионные линии 2473, 2520, 2535 и 2573 Å с вероятным отождествлением FeI, SiI, FeI и AlI. соответственно.

3. Для звезды HD 37752 уточнен ее спектральный класс: найденное нами распределение энергии в ее спектре соответствует скорее спектральному классу B6, чем B7III [20].

4. Найденное нами распределение энергии в спектре звезды SAO 077332 находится в хорошем согласии с теоретической моделью Михаласа для  $T_e = 20000^\circ\text{K}$ . Отсюда следует, что спектральный класс этой звезды скорее B3, чем B8, как указано в каталоге SAO.

5. Звезда HD37821 спектрального класса A0, по нашим наблюдениям, оказалась звездой класса B5.

6. В непрерывных спектрах двух из трех изученных нами звезд класса A0—HD 37999 и HD 37740 — депрессия на 2800 Å, характерная для звезд этого спектрального класса [4], отсутствует. Спектральный класс третьей звезды, как указывалось выше, по нашим наблюдениям оказался B5, а не A0, хотя наличие и величина депрессии в спектре этой звезды свидетельствует скорее об обратном.

7. По данным ультрафиолетовых наблюдений был оценен спектральный класс звезды BD+21°971, а именно, B.

8. Найденны эквивалентные ширины ряда ультрафиолетовых линий поглощения в спектрах изученных звезд.

9. По результатам измерений спектрограмм звезды HD 36879, типа O, была найдена величина эквивалентной ширины межзвездного ионизованного магния: она оказалась равной около 2 Å на 1 клс.

Ս. Ս. ԽՈՒՍԱՄԻՐՅԱՆ

ՅՈՒԼԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ ՄԻ ԽՈՒՄՐ ՏԱՔ ԱՍՏՂԵՐԻ  
ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՍՊԵԿՏՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատանքում բերված են Յուլի տիրույթի O6—A2 սպեկտրալ դասի մի խումբ տաք աստղերի ուտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների շափման արդյունքները 2300—3700 Å լիթեային տիրույթում: Փորձ է արված 4 հեռավոր աստղերի միջոցով որոշել սպեկտրի ուտրամանուշակագույն տիրույթում միջաստղային կլանման օրենքը: Be տիպի 4 աստղերի սպեկտրներում հայտնաբերվել են 2473FeI, 2520SiI, 2535FeI և 2573AlI առաքման գծեր: SAO 077332 և HD 37821 աստղերի համար ճշգրտվել են սպեկտրալ դասերը: Որոշվել է նաև BD 21° 971 աստղի սպեկտրալ դասը: Հաշվվել են որոշ կլանման գծերի էկվիվալենտ լայնությունները O6 սպեկտրալ տիպի մի աստղի մոտ զիտված 2800MgII գծի էքվիվալենտ լայնությամբ գտնվել է իոնացված մագնեզիումի միջաստղային բաղադրիչի մեծությունը. այն հավասար է մոտ 2.4 մեկ կպս-ի վրա:

## ULTRAVIOLET SPECTRA OF A GROUP OF HOT STARS IN TAURUS

## Summary

The results of measurements of the ultraviolet spectrograms (2300—3700 Å) of a group of O6—A2 spectral type stars in Taurus are presented. An attempt is made to obtain the law of interstellar extinction in ultraviolet by four remote stars. The spectral classes for the stars SAO 077332, BD + 21°971 and HD 37821 are examined. The equivalent widths for some absorption lines are measured. The value of interstellar component of ionized magnesium is found out by observed equivalent width of 2800 MgII line in the spectrum of one O6 type star; it turned out to be equal to 1.9 Å per 1 kps.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hiltner W. A. Ap. J. Suppl., 11, 389, 1956.
2. Blanco V. M., Demers S., Douglass G. G., Fitzgerald M. P. Publ. U. S. Naval Obs., second ser., p. 21, 1968.
3. Wilson R. E. General Catalogue of Stellar Radial Velocities, 1953.
4. Оганесян Дж. Б. Сообщ. Бюраканской обс., 48, 68, 1976.
5. Bless R. C., Savage B. D. Ap. J., 171, 293, 1972.
6. Оганесян Р. Х., Акопян А. С. Сообщ. БАО, 48, 122, 1976.
7. Savage B. D. Ap. J., 199, 92, 1975.
8. Mihalas D. Ap. J. Suppl. Ser. 9, № 92, 321, 1965.
9. Гурзадян Г. А., Рустамбекова С. С. Nature, No4, 1, 1975.
10. Underhill A. B. The early type stars. Dordrecht—Holland, p. 226, 1966.
11. Savage B. D., Code A. D. IAU Symposium № 36, p. 302, 1970.
12. Bottemiller R. L. The Scientific Results from the OAO—2 ed. Code (NASA SP—310) p. 505, 1972.
13. Mendoza E. E. Ap. J., 128, 207, 1958.
14. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Ap. J., 91, 20, 1941.
15. Crawford D. L. Ap. J., 137, 523, 1963.
16. Гурзадян Г. А. Astron. Astrophys., 40, 447, 1975.
17. Sudbury G. C. Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 153, № 2, 241—249, 1971.
18. Andrews P. J. Memoirs Roy. Ast. Soc., 72, part 2, 35, 1968.
19. Bernacca R. L., Molnar M. R. Ap. J., 178, 189, 1972.
20. Okaawa K., Hata S. Ann. Tokyo obs., 6, 143, 1950.
21. Гурзадян Г. А. Space Science Rev., 23, 362, 1975.
22. Underhill A. B. The Scientific Results from the OAO—2 ed. Code (NASA SP—310), p. 367, 1972.
23. Crawford D. L. Ap. J., 137, 530, 1963.
24. Allen C. W. Astrophysical Quantities. The Athlone Press, p. 200, 1973.
25. Slettebak A. Ap. J., 138, № 1, 118, 1963.
26. Мельников О. А. Курс астрофизики и звездной астрономии. Под ред. Михайлова А. А., том 2, стр. 9, изд. физ.-мат. лит., М., 1962.

27. *Morton D. C., Adams T. F.* Ap. J., 151, 611, 1968.
28. *Witt A. N., Johnson M. W.* Ap. J., 181, 363, 1973.
29. *Beeckmans F., Macau D., Malais D.* Astron. Astrophys., 31, № 1, 93, 1974.
30. *Underhill A. B.* Astron. Astrophys., 25, 175, 1973.
31. *Carbon D. F., Gingertch O. J.* Theory and Observation of Normal Stellar Atmospheres, ed. O. Gingerich, (Cambridge MIT Press), p. 377, 1969.
32. *Fowler J. B.* Ap. J., 188, 295, 1974.
33. *Mihalas D.* Ap. J., 177, 115, 1972.
34. *Boksenberg A., Kirkhan B., Towlson W. A., Venis T. E.* Nature, Phys. Sci., v. 240, 127, 1972.
35. *Morton D. C., Drake J. F., Jenkins E. B., Rogerson J. B.* Spitzer, York, D. G., Ap. J., 181, L103—L109, 1973.
36. *Grewing M., Lamers H. J., Walmsley C. M., Wulf-Muthies C.* Astron. Astrophys., 27, 115, 1973.
37. *Boer K. S., Hoekstra R., Hucht K. A., Kamperman T. M., Lamers H. J., Potash S. R.* Astron. Astrophys., 21, 447, 1972.
38. *Morton D. C.* Ap. J., 197, 85, 1975.
39. *Асатрян Р. С.* Сообщения БАО, 48, 187, 1976.
40. *Асатрян Р. С.* Сообщения БАО, 48, 209, 1976.
41. *Spear G. G., Kondo J., Henize K. G.* Ap. J., 192, 615, 1974.
42. *Гурзадян Г. А., Оганесян Дж. Б.* Astr. Astrophys., 20, 321, 1972.
43. *Kondo J., Henize K. G., Kotila C. L.* Ap. J., 159, 927, 1970.