УДК 524.5

*В. М. ТЕРЕЩЕНКО*

# ОЦЕНКА МЕЖЗВЕЗДНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА ПО СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Представлены результаты определения межзвездного поглощения в окрестностях Солнца в направлении созвездия Кассиопеи. В данном направлении поглощение не обнаружено.

При спектральных наблюдениях в ультрафиолетовой области (100–300 нм) в качестве первичных спектрофотометрических стандартов наиболее рационально использовать белые карлики с чисто водородной атмосферой. Относительное, т.е. нормированное в какой-то длине волны, спектральное распределение энергии е (л) для таких карликов довольно точно вычисляется из моделей атмосфер. Для абсолютизации относительного распределения энергии в спектре любого небесного тела достаточно знать либо поток от него в какой-то длине волны, либо звездные величины исследуемого объекта и звезды с известным потоком энергии в одной из фотометрических полос. Абсолютизация кривых е (л) для белых карликов в последнем случае осуществляется по формуле:

$$E(л) = E_0(л_e) \cdot 10^{-0,4Дm} \cdot e(л_e), \qquad (1)$$

где Е(л) и $E_0(л_e)$ – соответственно внеатмосферные освещенности, создаваемые белым карликом в какой-то длине волны л и звездой-стандартом с известным потоком в эффективной длине волны избранной полосы; е (л) – вычисленное из моделей атмосфер относительное распределение энергии в спектре белого карлика, предполагается, что нормировка выполнена в эффективной длине волны $л_e$; $10^{-0,4Дm}$ – абсолютизирующий множитель, в котором Дm – разность звездных величин звезды-стандарта и белого карлика в избранной полосе.

Именно таким путем были созданы стандарты для наблюдений в ультрафиолетовой области в Институте космического телескопа [1, 2].

К сожалению, первичных стандартов – белых карликов – всего три, что явно недостаточно. В работе [3] мы предложили дополнить список стандартов для ультрафиолетовой области более яркими «обычными» звездами ранних спектральных классов, которые находятся приблизительно на таких же или немного больших расстояниях. Ввиду близости белых карликов к Солнцу, «a priori» принимается, что для них межзвездное поглощение равно нулю. Однако, для большей уверенности, желательно оценить возможное поглощение на основании данных, полученных из наблюдений. Актуальность оценки межзвездного поглощения в окрестностях Солнца возрастает для рекомендуемых нами дополнительных стандартов [3], которые в целом находятся дальше, чем стандарты-белые карлики.

Для оценки поглощения мы решили использовать Алма-Атинский спектрофотометрический каталог звезд [4]. Оценка основана на следующих предположениях. Если не рассматривать случаи околозвездных оболочек, то зависимость поглощения (в звездных величинах) от обратной длины волны в видимой области спектра практически линейная, с изломом в районе 435 нм [5]. При этом величина селективного поглощения в видимой области спектра связана с величиной общего поглощения множителем R, численное значение ого, в общем случае, зависит от свойств пыли в данном направлении и длины волны, в которой осуществляется нормировка. В случае фотометрических наблюдений множитель зависит от выбранных фотометрических полос. Например, в фотометрической системе UBV множитель, связывающий избыток цвета $E_{B-V} = (B–V)_{obs} – (B–V)_0$ и общее поглощение в полосе V равен 3,1±0,1, т.е. $A_V = (3,1±0,1) \cdot E_{B–V}$. Селективное поглощение в спектрофотометрических исследованиях определяется, как и в фотометрии, в звездных величинах по формуле:

$$Дm(л) = A(л) = –2,5 \cdot \lg[e(л)/e_0(л)], \qquad (2)$$

где $e_0$(л) и е(л) – соответственно нормированные в определенной длине волны кривые распределения энергии для «близких» и «далеких» звезд одного и того же спектрального класса и класса светимости. Отсутствие тренда А(1/л) с обратной длиной волны (увеличения поглощения с

уменьшением длины волны) можно рассматривать в качестве критерия отсутствия заметного поглощения.

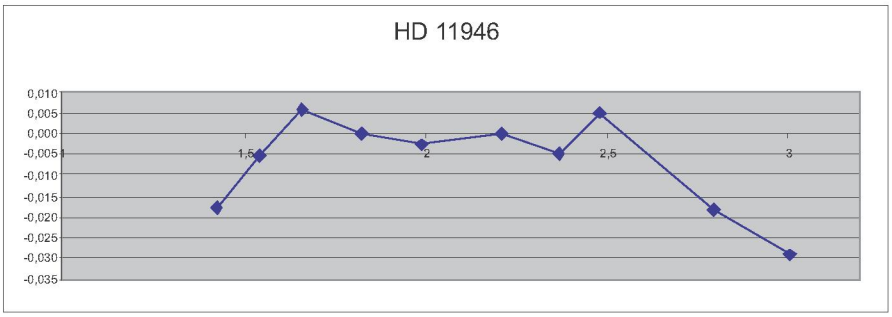
Начальный этап исследования состоял в выборе области неба и «подходящих» звезд из каталога [4]. Выбор площадки был произволен, но логично выбрать ее в плоскости Млечного пути, где поглощение заведомо больше, чем вне ее. Мы выбрали площадку на небе в направлении на созвездие Кассиопеи со следующими границами: по прямому восхождению от 23 часов до 2 часов и по склонению – от 50 до 70 градусов. В этой области было выбрано 32 звезды ранних спектральных классов B–F. Их список и характеристики приведены в табл. 1.

Следующий этап – поиск «нормальных» относительных распределений энергии в спектре звезд соответствующих спектральных классов, т.е. усредненных относительных распределений для «близких» звезд. Здесь возникает вопрос, – какие звезды считать «близкими»? При исследовании поглощения на расстояниях порядка парсека и больше близкими могут считаться звезды, расстояние до которых менее 200 пк. Но мы пытаемся обнаружить поглощение как раз в этих пределах. Для нашего случая близкими следовало бы считать звезды, расстояние до которых менее 50–70 пк. Поэтому полученные другими авторами «нормальные» распределения энергии в спектрах звезд не всегда пригодны для наших целей. С другой стороны, близких звезд ранних спектральных классов, которые наиболее подходящие для целей определения межзвездного поглощения, очень мало. В данной работе мы ограничились (в качестве первого приближения) данными о «нормальных» распределениях энергии в спектрах звезд из цикла работ А. В. Харитонова и Л. Н. Князевой [6].

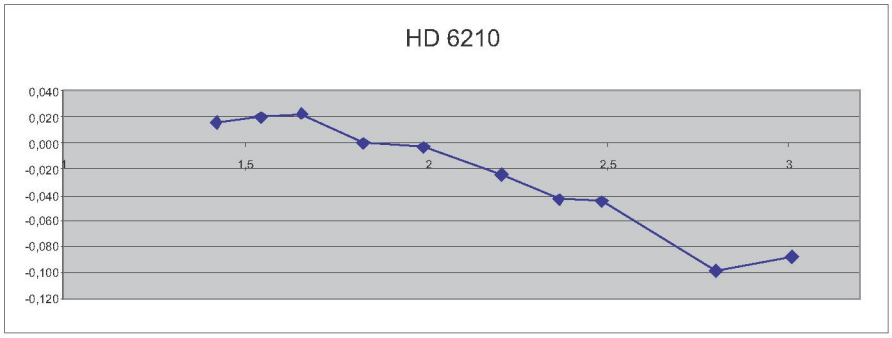
Таблица 1. **Список и характеристики звезд, использованных для оценки поглощения**

| № п/п | Название звезды | № по HD | $\alpha_{2000}$ | $\delta_{2000}$ | $\pi$ | V | B–V | Sp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 Cas | 000144 | $00^h 06^m 33^s$ | 64°11′,8 | 0,″003 | $5,^m59$ | $-0,^m02$ | B8III |
| 2 | β Cas | 000432 | 00 09 11 | 59 09,0 | 0,060 | 2,27 | 0, 380 | F2IV |
| 3 | – | 001976 | 00 24 16 | 52 01,2 | 0,002 | 5,57 | -0,110 | B5IV |
| 4 | 12 Cas | 002011 | 00 24 47 | 61 49,9 | 0,004 | 5,40 | 0,008 | B9III |
| 5 | λ Cas | 002772 | 00 31 46 | 54 31,3 | 0,009 | 4,73 | -0,098 | B8V |
| 6 | ζ Cas | 003360 | 00 36 58 | 53 53,8 | 0,005 | 3,66 | -0,196 | B2V |
| 7 | ξ Cas | 003901 | 00 42 04 | 50 30,8 | 0,003 | 4,80 | -0,105 | B2V |
| 8 | π Cas | 004058 | 00 43 28 | 47 01,5 | 0,019 | 4,94 | 0,170 | A5V |
| 9 | ν Cas | 004636 | 00 48 50 | 50 58,1 | 0,008 | 4,89 | -0,091 | B9III |
| 10 | – | 005015 | 00 53 04 | 61 07,4 | 0,054 | 4,82 | 0,540 | F8V |
| 11 | – | 005408 | 00 56 47 | 60 21,8 | 0,005 | 5,55 | -0,054 | B9IV |
| 12 | – | 006210 | 01 04 20 | 61 34,8 | 0,012 | 5,84 | 0,569 | F6V |
| 13 | 31 Cas | 006829 | 01 10 39 | 68 46,7 | 0,010 | 5,29 | 0,010 | A0V |
| 14 | – | 006960 | 01 11 26 | 64 12,2 | 0,008 | 5,55 | -0,052 | B9.5V |
| 15 | θ Cas | 006961 | 01 11 06 | 55 09,0 | 0,024 | 4,33 | 0,170 | A7V |
| 16 | 32 Cas | 006972 | 01 11 41 | 65 01,1 | 0,009 | 5,57 | -0,072 | B9IV |
| 17 | – | 008398 | 01 24 12 | 51 10,4 | – | 7,7 | 0,1 | A2V |
| 18 | δ Cas | 008538 | 01 25 49 | 60 14,1 | 0,033 | 2,68 | 0,160 | A5III- |
| 19 | 38 Cas | 009021 | 01 31 14 | 70 15,9 | 0,034 | 5,81 | 0,489 | F6V |
| 20 | 42 Cas | 010250 | 01 42 56 | 70 37,4 | 0,012 | 5,18 | -0,022 | B9V |
| 21 | ε Cas | 011415 | 01 54 24 | 63 40,2 | 0,007 | 3,38 | -0,150 | B3III |
| 22 | ω Cas | 011529 | 01 56 00 | 68 41,1 | 0,005 | 4,99 | -0,084 | B8III |
| 23 | – | 011946 | 01 59 38 | 64 37,3 | 0,013 | 5,26 | 0,002 | A0V |
| 24 | 48 Cas | 012111 | 02 01 57 | 70 54,4 | 0,028 | 4,54 | 0,164 | A3IV |
| 25 | 50 Cas | 012216 | 02 03 26 | 72 25,3 | 0,020 | 3,98 | -0,002 | A2V |
| 26 | 52 Cas | 012279 | 02 02 53 | 64 54,1 | 0,011 | 6,00 | 0,029 | A1V |
| 27 | θ Per | 016895 | 02 44 12 | 49 13,7 | 0,089 | 4,12 | 0,514 | F8V |
| 28 | π Per | 018411 | 02 58 46 | 39 39,8 | 0,010 | 4,70 | 0,065 | A2V |
| 29 | 1 Cas | 218376 | 23 06 37 | 59 25,2 | 0,003 | 4,85 | -0,060 | B05IV |
| 30 | 7 And | 219080 | 23 12 33 | 49 24,4 | 0,041 | 4,52 | 0,302 | F0V |
| 31 | – | 223274 | 23 47 54 | 67 48,4 | 0,011 | 5,04 | 0,007 | A1V |
| 32 | σ Cas | 224572 | 23 59 00 | 55 45,3 | 0,002 | 4,88 | -0,071 | B1V |

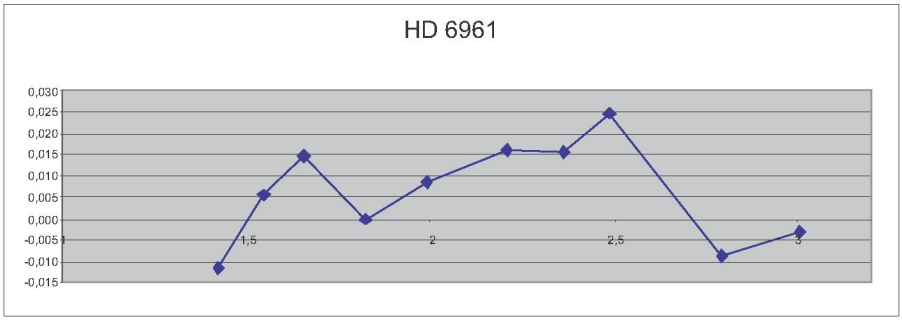
*а*



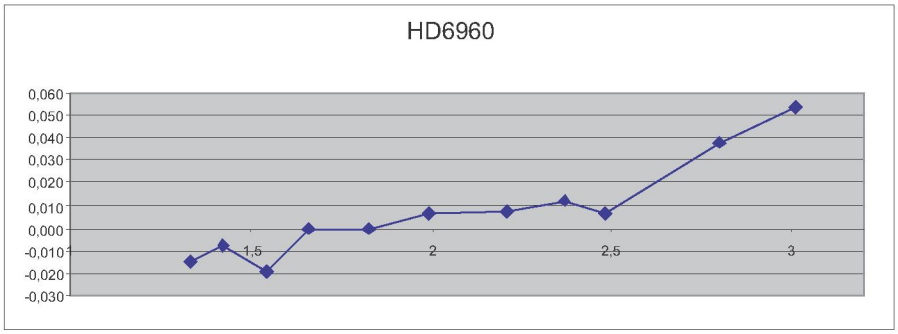

*б*



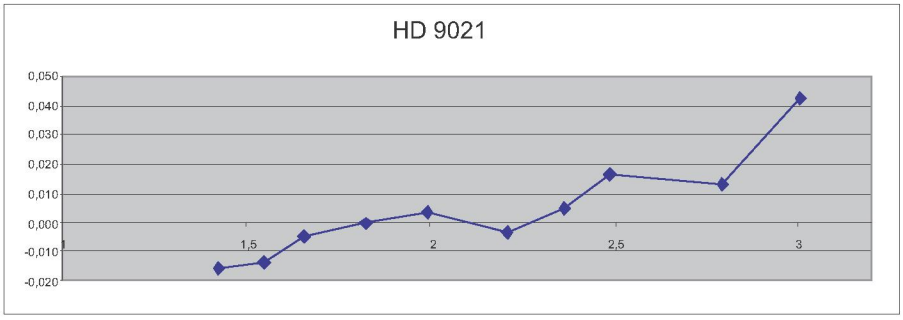

*в*




*г*




*д*




Зависимость межзвездного поглощения от обратной длины волны
для 5 произвольно выбранных звезд созвездия Кассиопеи

Таблица 2. **Набор длин волн и пример абсолютных и нормированных распределений для двух звезд: л Cas [ B8V; 111 пк] и р Cas[A5V; 52 пк]**

| λ , Å | 1 / λ | $E(\lambda)\lambda_{Cas}$ | $e(\lambda)\lambda_{Cas}$ | $E(\lambda)\pi_{Cas}$ | $e(\lambda)\pi_{Cas}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 3325 | 3,01 | 0,00825 | 1,708 | 0,00285 | 0,729 |
| 3525 | 2,80 | 0,00707 | 1,464 | 0,00280 | 0,716 |
| 4025 | 2,48 | 0,01195 | 2,474 | 0,00847 | 2,166 |
| 4225 | 2,37 | 0,01071 | 2,217 | 0,00712 | 1,821 |
| 4525 | 2,21 | 0,00861 | 1,783 | 0,00615 | 1,573 |
| 5025 | 1,99 | 0,00622 | 1,288 | 0,00489 | 1,251 |
| 5475 | 1,83 | 0,00483 | 1,000 | 0,00401 | 1,000 |
| 6025 | 1,66 | 0,00359 | 0,743 | 0,00306 | 0,783 |
| 6475 | 1,56 | 0,00281 | 0,582 | 0,00259 | 0,662 |
| 7025 | 1,42 | 0,00209 | 0,433 | 0,00203 | 0,519 |
| 7525 | 1,33 | 0,00169 | 0,350 | 0,00156 | 0,399 |

Определение селективной составляющей межзвездного поглощения проводилось по формуле (2). Выбор длин волн приведен в табл. 2, из которой следует, что он рассчитан на звезды ранних спектральных классов. Далее строились графики зависимости Дm (1/л) для всех 32 звезд табл. 1. Как упоминалось выше, при наличии обнаружимого поглощения на них должен наблюдаться тренд, – увеличение поглощения с уменьшением длины волны. Примеры нескольких таких графиков приведены на рис., *а–д*. Наблюдаемый разброс точек на кривых поглощения свидетельствует о случайных ошибках кривых распределений энергии в спектрах как использовавшихся звезд, так и «нормальных» распределений. Случаи обратного тренда, – как для звезды HD 5210, говорят либо о систематических ошибках в распределении энергии в спектрах этих звезд или об их пекулярности и, соответственно, о невозможности использования для определения поглощения. Тот же эффект будет наблюдаться и в случае, если «нормальное» распределение соответствующего типа звезд отягощено межзвездным поглощением. Из «разнобоя» всех полученных кривых следует, что межзвездное поглощение в выбранном направлении на расстояниях порядка 100 пк практически не обнаруживается. Данное заключение подтверждает идею об околосолнечном «пузыре» [7, 8]. Ввиду клочковатости межзвездной среды для других направлений поглощение может быть обнаружено. Следовательно, попытки обнаружить межзвездное поглощение в окрестностях Солнца следует продолжить. Вместе с тем, следует попытаться обнаружить поглощение, используя нормальные распределения, полученные несколько иным путем. На наш взгляд при выведении «нормальных» распределений энергии для звезд определенных спектральных классов представляется возможным усреднять кривые распределения энергии соседних спектральных классов. Различия между ними часто оказываются намного меньше, чем естественный разброс для звезд одного и того же спектрального класса. Разброс кривых распределения энергии для звезд одного и того же спектрального типа обусловлен различиями химического состава, турбулентных скоростей, скоростей вращения и других физических параметров, а также неточностью спектральной классификации. Точность же последней, судя по данным из двух последних изданий каталога ярких звезд (BS-4 и BS-5), порядка одного-двух подклассов. Результаты «второго приближения» будут изложены в другой работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bohlin R.C., Dickinson M.E., Galzetti.* Spectrophotometric standards from the far-ultraviolet to the near-infrared: STIS and NICMOS fluxes // Asron. J. 2001. V. 122. P. 2118-2128.

2. *Bohlin R.C.* HST stellar standards with 1% accuracy in absolute flux // The future of photometric, spectrophotometric and polarimetric standardization / Ed. C. Sterken. 2007.

3. *Терещенко В. М.* Спектрофотометрические стандарты для наблюдений в ультрафиолетовой области спектра / Сб. «Казахстанские космические исследования». Т. 6. В печати.

4. *Харитонов А. В., Терещенко В. М., Князева Л. Н.* Спектрофотометрический каталог звезд. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1988. 478 с.

5. *Страйжис В.* Многоцветная фотометрия звезд. Вильнюс: Мокслас, 1977. 312 с.

6. *Харитонов А.В., Князева Л.Н.* Нормальное распределение в спектрах звезд // Астрон. журн. 1993. Т. 70, № 4. С. 740; 1994. Т. 71, № 2. С. 264; 1996. Т. 73, № 6. С. 906; 1998. Т. 75, № 1. С. 70.

7. *Frisch P.C.* The local bubble and interstellar material near the sun // http://fr.arxiv.org/PC_cacke/astro-ph/pdf0702.

8. *Vergely J.-L., Ferrero R.F., Egret D., Koppen J.* The interstellar extinction in the solar neighbourhood // Astron. Astrophys. 1998. 340. P. 543-555.

**Резюме**

Кассиопея шоқжұлдызы бағытында Күн маңайындағы жұлдызаралық жұтылуды анықтаудың мәліметтері ұсынылды. Аталған бағытта жұтылу табылған жоқ.

**Summary**

The results of determination of the interstellar extinction in the solar neighbourhood towards in constellation Cassiopeia are presented. In this direction the absorption not is detected.

*ДТОО «АФИФ» АО НЦКИТ,*
*г. Алматы*

*Поступила 6.05.2010г.*