

Д.Ж. Б. ОГАНЕСЯН

АНАЛИЗ ЗВЕЗДНЫХ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ПОТОКОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ «ОРИОНА-2»

Проведен сравнительный анализ звездных ультрафиолетовых потоков в диапазоне длин волн 2000—3800 Å по наблюдениям «Ориона-2», с одной стороны, и данных IUE, OAO-2, ANS, S2/68, а также наземных наблюдений, с другой. Для 80% звезд, использованных в анализе, согласно между данными «Ориона-2» и остальными экспериментами имеет место в пределах 10--15%. Обнаружен некоторый рост в отклонениях потока «Ориона-2» на 3500 Å у небольшого числа слабых звезд из области неба вокруг α Aur. Для двух областей неба (α Aur и ϵ Ori) найдена линейная зависимость между величиной отклонения ультрафиолетового потока «Ориона-2» и длиной волны. Уточнены численные значения редуцированной кривой менискового телескопа с объективной призмой «Ориона-2» для длинноволновой области спектра (3500—3800 Å).

1. Постановка задачи

С помощью космической обсерватории «Орион-2» в декабре 1973 г. было получено несколько тысяч изображений спектров звезд до 13 визуальной величины в диапазоне длин волн 2000—3800 Å [1, 2]. Результаты измерений этих спектрограмм и их интерпретация были изложены в многочисленных статьях и работах, в том числе и в «Каталоге ультрафиолетовых спектров 900 слабых звезд» [3]. В последнем световые потоки даны в абсолютных энергетических единицах. В связи с этим возникает вопрос о проведении сравнительного анализа результатов измерений «Ориона-2» с данными других ультрафиолетовых спектральных и фотометрических каталогов звезд [4—11] и, в первую очередь, с IUE, ANS, S2/68 TD—IA, OAO-2, а для оптического ультрафиолета—с результатами наземных наблюдений.

Настоящая работа посвящена изложению основных результатов проведенного нами сравнительного анализа. Всего для анализа были привлечены данные примерно 200 звезд ярче $11^m,5$; эти звезды присутствуют одновременно в каталоге «Орион-2» [3] и, как минимум, в одном из упомянутых выше каталогов.

В перечень сравниваемых списков не был включен Каталог ультрафиолетовых спектров Скайлэб [12] ввиду сильного расхождения его данных с данными других каталогов.

Сравнительный анализ между данными каталога «Орион-2» и остальных каталогов проведен для двух категорий наблюдений—спектрофотометрических и фотометрических, во втором случае—для отдельных участков длин волн.

2. Анализ спектрофотометрических данных

IUE спектрофотометрия. Общими в спектральном каталоге «Орион-2» и IUE -атласе являются пять звезд: HD 4614, HD 20902,

HD 32630, HD 36512 и HD 40136. Для четырех из них результаты сопоставления наблюдаемых УФ потоков IUE (сплошные линии) и «Орион-2» (точки) приведены на рис. 1. Несмотря на различия в спектральном разрешении между IUE (разрешение везде 7 Å) и «Орион-2»

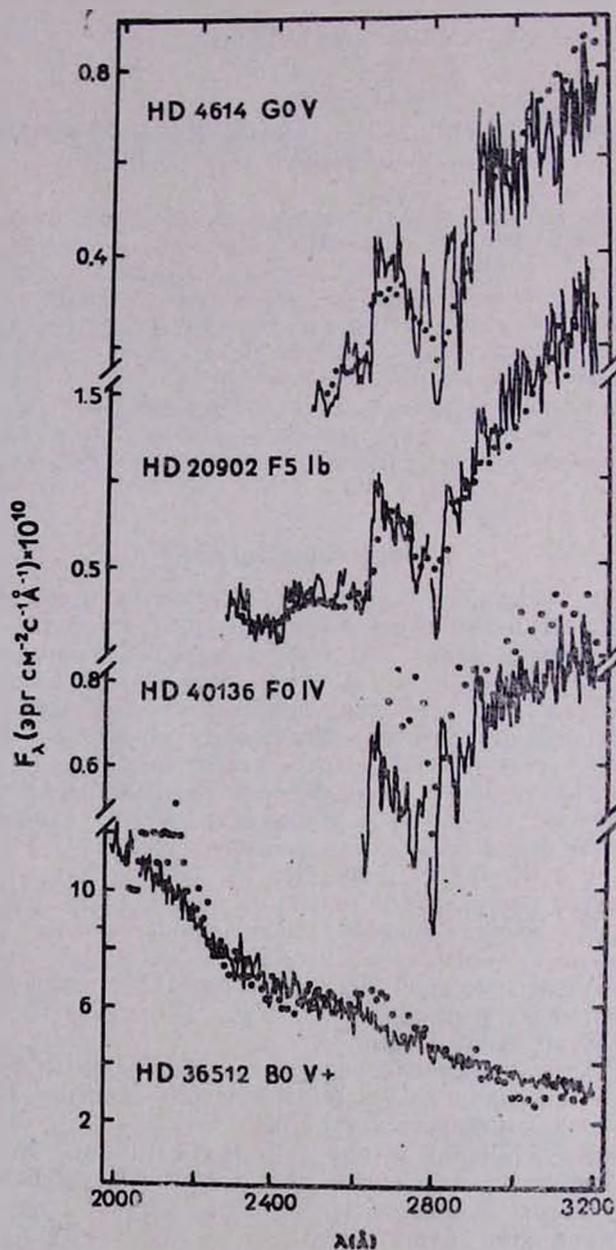


Рис. 1. Распределение энергии в эрг см⁻² с⁻¹ Å⁻¹ в спектрах четырех звезд HD 4614, HD 20902, HD 40136, HD 36512 по измерениям IUE (сплошная линия) и «Орион-2» (точки)

(разрешение 8, 15 и 28 Å соответственно на 2000, 2500 и 3000 Å), согласие между данными обоих экспериментов достаточно хорошее для звезд HD 4614 и HD 20902, почти хорошее в случае звезды HD 36512, за исключением области 2000—2200 Å, где «орнионовские» потоки оказались на 20% выше. В случае же звезды HD 40136 наблюдается почти параллельное смещение в размере 12% «орнионовских» УФ потоков относительно кривой распределения энергии по измерениям IUE в области длин волн 2700—3300 Å.

Что касается звезды HD 32630 (B3U+), то ее «орнионовские» УФ потоки в области 2070—3200 Å оказались сильно отличающимися—от 20 до 80% от УФ данных IUE. Факт существования хорошего взаимного согласия между УФ потоками IUE, S2/68 TD—1A и ОАО-2 (среднее отклонение в области длин волн $\lambda > 2000$ Å меньше или равно 3% [13, 14]) в частности и для звезды HD 32630, говорит о том, что «орнионовские» УФ потоки ($\lambda > 2000$ Å) этой звезды измерены со значительной ошибкой.

В случае звезды HD 41511 (AOV Shell+M1111) появляется еще одна возможность сравнения «орнионовских» УФ потоков с данными IUE [16]. Звезда HD 41511—симбиотическая и наблюдалась с помощью IUE в двух фазах—в декабре 1978 г., январе 1979 г. (0.84P) и в июле 1979 г. (0.61P). Сравнение кривых распределения энергии в спектре этой звезды, приведенных в [16] с «орнионовскими» УФ потоками показывает, что наряду с расхождениями в абсолютных величинах потоков для двух разных фаз наблюдений IUE, налицо и достаточно хорошее согласие (в пределах 10%) в области 2600—3200 Å между «орнионовскими» измерениями, соответствующими наблюдениям в фазе 0.83P и IUE данными в момент наблюдений в фазе 0.84P.

Согласно [17], ОАО-2 потоки для α Cas (HD 3712) оказались превышающими потоки IUE в перекрывающейся области спектра в размере 0,015 F_v (F_v —визуальный поток) и возможное объяснение этому—влияние рассеянного света при наблюдениях ОАО-2. Поток от этой звезды вблизи 3000 Å по измерениям IUE равен $0.4 \cdot 10^{-11}$ эрг см^{-2} с^{-1} Å^{-1} , что на 60% меньше величины потока, даваемого ОАО-2 ($1.0 \cdot 10^{-11}$ эрг см^{-2} с^{-1} Å^{-1}). Такая большая величина ошибок в измерениях ОАО-2 отмечается в [17] обычно у звезд спектрального класса позднее КО. Это стало известно совсем недавно, в 1984 г.; в пору развертывания обработки и измерения спектрограмм «Орион-2» (в 1974 г.), ничего не зная об этом, звезда α Cas (HD 3712) была использована в качестве стандарта абсолютизации для своей серии фоток кадров. Поэтому ошибку в размере 60% мы должны отнести и к «орнионовским» УФ потокам всех звезд области неба вокруг α Cas. Вместе с тем придется констатировать и такую странную ситуацию, когда в случае звезды HD 4614 из той же области неба вокруг α Cas «орнионовские» УФ потоки оказались в полном согласии с измерениями IUE.

ОАО-2 спектрофотометрия. Большинство звезд, общих для спектрофотометрических каталогов «Орион-2» и ОАО-2 были использованы нами в качестве стандартов для определения коэффициентов абсолютизации относительных потоков [3, 15]. Для этих звезд кривые распределения энергии по данным «Ориона-2» и ОАО-2 совпадают друг с другом в пределах ошибок «орнионовской» фотометрии (порядка 15%).

S2/68 TD—1A спектрофотометрия. Фотометрическая система «Орион-2» была сравнена с фотометрической системой S2/68 лишь в диапазоне 2000—2540 Å, общем для обеих систем, на основе анализа

УФ данных для 28 звезд, присутствующих в обоих каталогах. Результаты сопоставления наблюдаемых УФ потоков и «Орион-2», приведенные к одному общему спектральному разрешению, позволяют сделать вывод о том, что для подавляющего числа звезд этой группы согласие между измерениями обоих экспериментов находится в пределах ошибок, 10—15%. Из этой общей тенденции выпадают семь звезд (см. ниже). Абсолютные величины УФ потоков, например, у одной из них, HD20365, по измерениям шести спектрограмм «Орион-2» оказались в 2,5 раза большими УФ данных одного (единичного) измерения S2/68. В то же время ОАО-2 фотометрия в этой же области спектра (2000—2540 Å) дает потоки, сравнимые с «орионовскими» потоками. У другой звезды, HD 37756, абсолютные величины УФ-потоков оказались на 20—50% большими, чем потоки, даваемые S2/68, причем последние являются также результатом единичного измерения S2/68.

Отмечено существование различий в структуре спектра среди звезд этой группы—HD 20365, HD 21428, HD 36166, HD 36589, HD 37752, HD 37967: для всех них характерно наличие глубоких и широких спектральных деталей в «орионовских» спектрах и их отсутствие в записях спектров, полученных с помощью S2/68.

Спектрофотометрия в оптической УФ области спектра. 14 звезд оказались присутствующими одновременно в каталоге «Орион-2» и Каталоге ГАЙШ [11], составленном по данным наземных наблюдений. Для всех этих звезд согласие между данными обоих каталогов для потоков на $\lambda > 3225$ Å оказалось удовлетворительным—расхождения не превышают 15%.

Обращает на себя внимание факт наличия у всех этих звезд больших значений потока по измерениям «Ориона-2» по сравнению с данными наземных наблюдений. Различие появляется начиная с $\lambda > 3500$ Å и растет в длинноволновую сторону, что, по-видимому, говорит об ошибках, вкравшихся при построении редуцированной кривой ϵ_{λ} для менискового телескопа «Орион-2» (см. [15]). Поэтому мы сочли целесообразным внести соответствующие коррекции в редуцированную кривую «Ориона-2» для указанного интервала длин волн (3513—3815 Å). Они приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уточненные и приведенные в [15] величины редуцированной кривой «Ориона-2»

Длина волны, Å	log δ_{λ}		Длина волны, Å	log δ_{λ}	
	уточненные	[15]		уточненные	[15]
3815	-0.11	0.14	3656	-0.01	0.07
3774	-0.08	0.12	3584	0.02	0.06
3734	-0.06	0.10	3548	0.04	0.05
3694	-0.03	0.08	3513	0.04	0.05

Для проведения анализа «орионовских» УФ потоков в оптическом ультрафиолете мы можем использовать также имеющиеся в нашем распоряжении спектральные снимки звезд области неба вокруг α Aur, полученные на 70 см менисковом телескопе в комбинации с 4° призмой Абастуманской обсерватории. Для восьми «орионовских» звезд до 9^m визуальной величины из этой области неба были построены наблюдаемые кривые распределения энергии от 3500 до 6500 Å в абсолютных единицах (абсолютизация относительных потоков проводи-

лась на 5550 Å, используя в качестве стандарта Вега и описанную в [18] методику). Полученные по наземным наблюдениям потоки для всех этих восьми звезд оказались более низкими, чем «орниовские». Учитывая ошибку в редуцированной кривой для $\lambda > 3500$ Å (табл. 1), были найдены величины отклонений «орниовских» потоков в оптической ультрафиолетовой области спектра при сравнении с наземными наблюдениями—они приведены в табл. 2. Эти данные относятся к звездам не слабее 9^m визуальной величины.

Таблица 2

Величины отклонений потоков по результатам «орниовских» и наземных наблюдений для области неба вокруг α Aur

Длина волны, Å	$\log \frac{F(\text{Op2})}{F(\text{наз})}$	Длина волны, Å	$\log \frac{F(\text{Op2})}{F(\text{наз})}$
3500	-0.10	3700	-0.05
3550	-0.09	3750	-0.02
3600	-0.05	3800	-0.01
3650	-0.04		

3. Анализ фотометрических данных

Имеющиеся в нашем распоряжении УФ спектрофотометрические каталоги звезд—IUE, OAO-2, S2/68 TD—1A позволяют нам провести сравнительный анализ «орниовских» потоков только в отношении звезд ярче 6—7^m. В то же время основная ценность Каталога «Орiona-2» состоит в том, что в нем приведены абсолютные УФ потоки для ряда слабых звезд—до 12—13^m. Поэтому с целью расширения проводимого нами сравнительного анализа «орниовских» данных в сторону более слабых звезд, были привлечены также УФ фотометрические каталоги, т. е. данные об абсолютных УФ-потоках, относящихся к отдельным широким полосам спектра. При этом «орниовские» спектры в каждом отдельном случае были пересчитаны с учетом кривых чувствительности фотометрических полос ANS, OAO-2, S2/68 [10, 19]. По сути дела речь идет о создании «орниовских» аналогов фотометрических систем указанных каталогов для анализируемых групп звезд, а их, как увидим ниже, оказалось довольно много—около 800 пересчетов более чем 200 звезд.

ANS фотометрическая полоса на 3300 Å. В обоих каталогах оказались 84 общие звезды до 9^m визуальной величины.

Мы построили диаграмму зависимости величин разницы $m(\text{ANS}) - m(\text{Op 2})$ от $m(\text{ANS}) - V$ для этих 84 звезд—(рис. 2, а). Здесь $m(\text{ANS})$ и $m(\text{Op 2})$ —потоки в звездных величинах на 3300 Å по данным ANS и «Орiona-2» соответственно, V —визуальная звездная величина. Нанесенные на этой диаграмме точки, как видим, рассеяны в пределах полосы с границами $\pm 0,2^m$ по всему диапазону спектральных классов В1—К1.

Нами были построены также аналогичные диаграммы разниц $m(\text{ANS}) - m(\text{OAO})$ на 3300 Å (по данным 110 звезд до 5^m) и $m(\text{ANS}) - m(3320 \text{ OAO})$ (по данным 320 звезд до 12^m) в зависимости от $m(\text{ANS}) - V$, где $m(3320 \text{ OAO})$ —фотометрические данные OAO-2 на

3320 Å [6]. Ввиду идентичности обеих диаграмм, на рис. 2, *b* приведена только одна из них $m(\text{ANS}) - m(3320 \text{ ОАО})$ от $m(\text{ANS}) - V$. Разброс точек на этой диаграмме одинаков по всему диапазону спектральных классов ранее F0. Тогда для этого диапазона спектральных классов можно ввести понятие средней величины отклонения УФ данных ОАО-2 от АНС на 3300 Å: она оказалась равной

$$m(\text{ANS}) - m(\text{ОАО}) = +0^m,06 \pm 0^m,06$$

и в хорошем согласии с результатами, приведенными в [20].

Возвращаясь к рис. 2, *a, b*, мы можем констатировать, что обе эти диаграммы аналогичны. Тогда для точек левой диаграммы, ограниченных полосой $\pm 0^m,2$, мы можем определить среднюю величину отклонения УФ потоков «Ориона-2» от АНС на 3300 Å:

$$m(\text{ANS}) - m(\text{Op 2}) = +0^m,03 \pm 0^m,16.$$

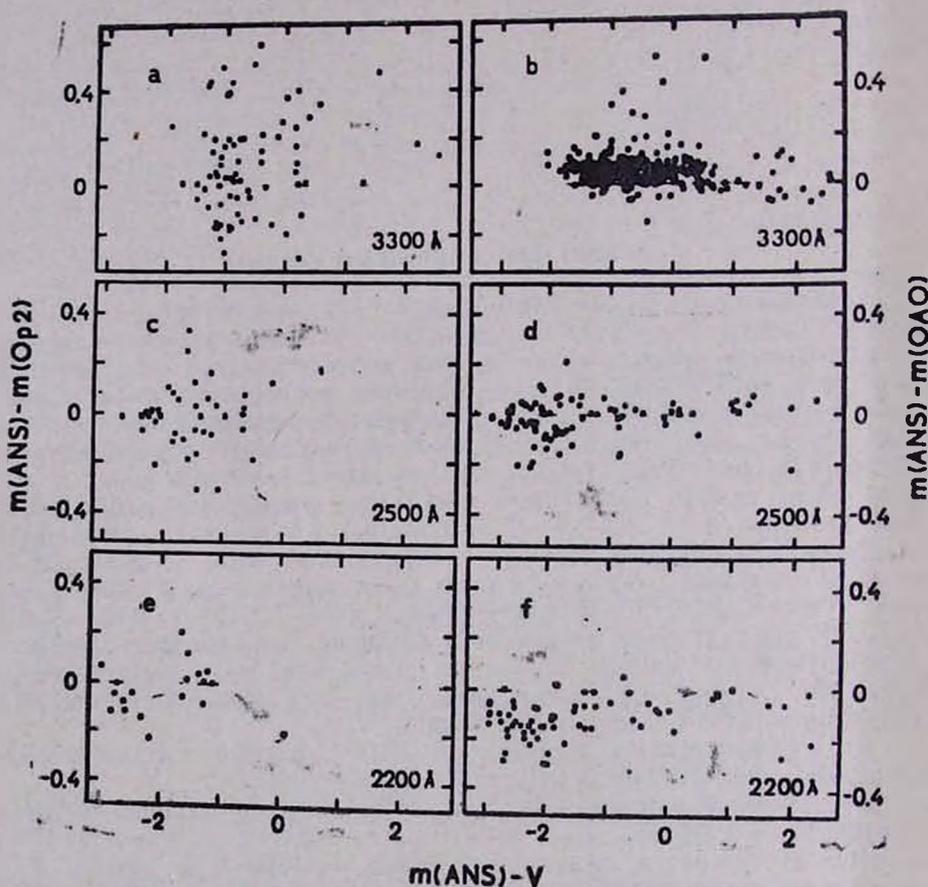


Рис. 2. Сопоставление УФ величины АНС в фотометрических полосах 3300 Å АНС, 2500 Å АНС и 2200 Å АНС с УФ величинами, рассчитанными из ультрафиолетовых спектров «Ориона-2» (*a, c, e*) и ОАО-2 (*b, d, f*). УФ величины ОАО-2 на 3300 Å (диаграмма *b*) соответствуют УФ величинам ОАО-2 в фотометрической полосе 3320 Å ОАО-2

На диаграмме рис. 2, *a* имеются случаи отклонения точек больше $\pm 0,^m2$, и они относятся в основном к звездам из области неба вокруг ϵ Ori. При этом средняя величина отклонения УФ потоков «Ориона-2» от ANS на 3300 Å для звезд этой области неба составляет $-0,^m44$. Имеется еще пять случаев больших отклонений потоков для этих двух экспериментов, однако они не носят систематического характера.

ANS фотометрическая полоса на 2500 Å. Согласно диаграмме зависимости величины разницы $m(\text{ANS}) - m(\text{Op } 2)$ от $m(\text{ANS}) - V$ на 2500 Å ANS, построенной на основе данных для 48 звезд до 7^m (рис. 2, *c*), разброс точек довольно равномерный по всему диапазону рассмотренных спектральных классов (A0 и ранее, $m(\text{ANS}) - V < 0$).

На рис. 2, *d* приведена диаграмма зависимости $m(\text{ANS}) - m(\text{OAO})$ от $m(\text{ANS}) - V$ на 2500 Å ANS. Судя по этой диаграмме, а также по результатам анализа сравнения УФ потоков на 2500 Å по данным IUE, ANS, OAO-2 [17] все три фотометрические системы хорошо согласуются друг с другом для звезд спектрального класса ранее F0. Тогда можно для звезд спектрального класса ранее F0 определить среднюю величину отклонения:

$$m(\text{ANS}) - m(\text{Op } 2) = -0^m,02 \pm 0^m,14,$$

$$m(\text{ANS}) - m(\text{OAO}) = -0^m,01 \pm 0^m,07.$$

Таким образом, мы приходим к выводу, что УФ потоки «Ориона-2» на 2500 Å были определены, в среднем, с худшей в два раза точностью по сравнению с величинами потоков, приведенными в каталогах IUE, ANS, OAO-2. Однако, как и в случае фотометрической полосы 3300 Å ANS, сильные систематические отклонения на 2500 Å показывают УФ потоки «Ориона-2», главным образом, звезды из области неба вокруг ϵ Ori. При этом средняя величина отклонения для звезд этой области неба равна $-0^m,12$.

ANS фотометрическая полоса на 2200 Å. Общих звезд до 7^m в обоих каталогах на этой длине волны всего 20. Средняя величина разброса точек на диаграмме зависимости $m(\text{ANS}) - m(\text{Op } 2)$ от $m(\text{ANS}) - V$ (рис. 2, *e*) составляет

$$m(\text{ANS}) - m(\text{Op } 2) = -0^m,04 \pm 0^m,10.$$

Из-за отсутствия данных для звезд поздних спектральных классов пришлось ограничиться в настоящем анализе только звездами ранее класса A0.

Для сравнения нами построена диаграмма зависимости величины разницы $m(\text{ANS}) - m(\text{OAO})$ от $m(\text{ANS}) - V$ на 2200 Å для 74 звезд до 5^m, общих для каталогов ANS и OAO-2 (рис. 2, *f*). Величины $m(\text{OAO})$ вычислены из OAO-2 спектров для ANS полосы на 2200 Å [5, 19]. Средняя величина отклонения OAO-2 потоков от ANS на 2200 Å оказалась равной:

$$m(\text{ANS}) - m(\text{OAO}) = -0^m,10 \pm 0^m,07.$$

Систематических больших отклонений, как это было обнаружено в полосах 2500 и 3300 Å ANS, в полосе 2200 Å ANS не наблюдается.

Резюмируя, можно сказать, что «орионовские» УФ потоки в полосах центрированных на длинах волны 3300, 2500 и 2200 Å, в целом определены верно, а расхождения увеличиваются с переходом в длинноволновую область спектра, доходя иногда до двух раз. От-

части из этой общей тенденции выпадают данные об УФ потоках звезд из области неба вокруг ϵ Ori.

ОАО-2 фотометрическая полоса на 3320 Å. Как показывает анализ величин разницы $m(\text{ОАО}) - m(\text{Or 2})$ в зависимости от $m(\text{ОАО}) - V$ на 3320 Å для 26 звезд до 8^m , потоки ОАО-2 и «Орион-2» на этой длине волны сравнимы в пределах среднеквадратичных отклонений $\pm 0^m.13$. Картина здесь такая же, как и при сравнении УФ потоков ANS и «Орион-2» на 3300 Å.

ОАО-2 фотометрическая полоса на 2980 Å. Для 27 звезд до 8^m мы нашли

$$m(\text{ОАО}) - m(\text{Or 2}) = -0^m.03 \pm 0^m.10.$$

Аналогичный результат был получен в [17], где сравнивались УФ потоки на 2980 Å ОАО-2 с соответствующими величинами, рассчитанными из IUE спектров.

ОАО-2 фотометрическая полоса на 2460 Å. Общих для обоих каталогов звезд на этой длине волны всего 16. На основании анализа величин УФ потока на этой длине волны по измерениям «Орион-2» и ОАО-2 найдено:

$$m(\text{ОАО}) - m(\text{Or 2}) = -0^m.03 \pm 0^m.07.$$

S2/68 TD-1A фотометрическая полоса на 2365 Å. Были проведены сравнения S2/68 величин на 2365 Å с соответствующими величинами, рассчитанными из «орионовских» спектров для 66 звезд до 9^m (рис. 3, а). Согласно проведенному в [17] анализу, фотометрическая система S2/68 на 2365 Å может быть использована на уровнях потока больше $2.3 \cdot 10^{-12}$ эрг см^{-2} с^{-1} Å^{-1} , соответствующего $m(2365 \text{ Å}) = 8^m$. На более низких уровнях потока система становится сильно нелинейной. Учитывая этот факт, мы можем констатировать хорошее согласие «орионовских» УФ потоков на 2365 Å с УФ потоками S2/68 (рис. 3, а).

Для большинства звезд величины разницы УФ потоков на 2365 Å по данным экспериментов «Орион-2» и S2/68 лежат в пределах полосы, ограниченной $\pm 0^m.1$ (рис. 3, б), а средняя величина может быть представлена в виде:

$$m(\text{Or 2}) - m(\text{S2/68}) = -0^m.01 \pm 0^m.07.$$

Имеются двенадцать случаев появления точек за пределами этой полосы, которые в основном принадлежат звездам из области неба вокруг α Aur, для них

$$m(\text{Or 2}) - m(\text{S2/68}) = -0^m.11 \pm 0^m.12.$$

По результатам анализа величин УФ потока в полосе 2365 Å S2/68 по данным ОАО-2 и S2/68 было найдено:

$$m(\text{ОАО}) - m(\text{S2/68}) = -0^m.01 \pm 0^m.06,$$

т. е. в области 2300 Å фотометрия звезд «Орион-2» проведена с точностью, не уступающей точности фотометрии ОАО-2.

S2/68 TD-1A фотометрическая полоса на 2740 Å. Как уже упоминалось неоднократно [13, 17, 21], наблюдаемые потоки по измерениям S2/68 в фотометрической полосе с центром на 2740 Å заметно ниже, чем дают другие внеатмосферные эксперименты, а также теория. И тем не менее, исходя из желания расширить анализ с привлечением звезд до 10^m визуальной величины, мы решили прове-

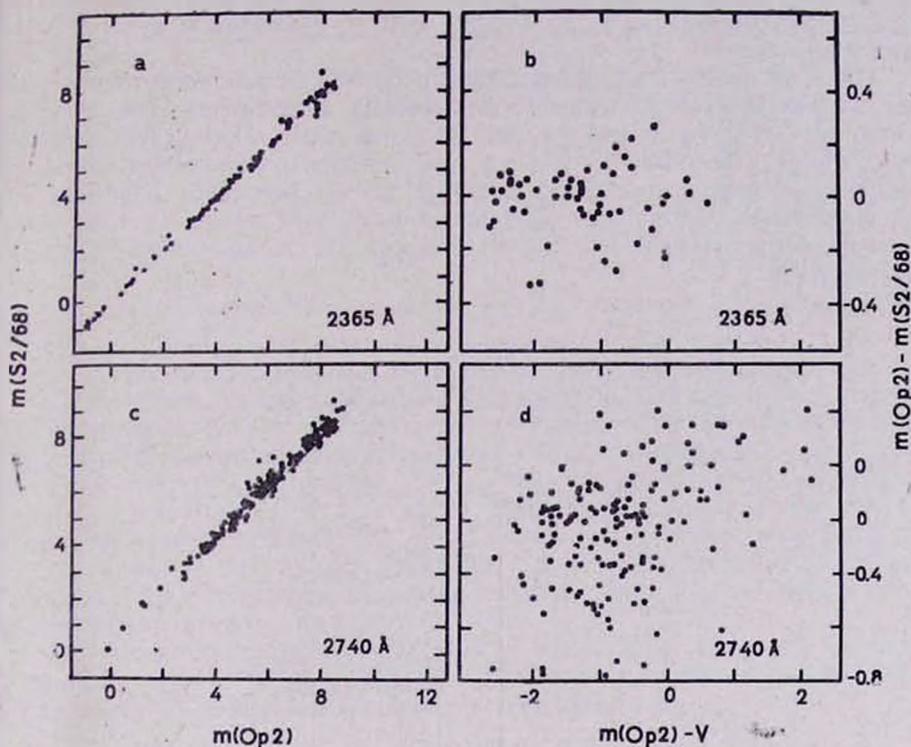


Рис. 3. Сопоставление УФ величины S2/68 в фотометрических полосах 2365 Å и 2740 Å S2/68 с УФ величинами, рассчитанными из ультрафиолетовых спектров «Орион-2»

сти сравнительный анализ S2/68 потоков на 2740 Å с соответствующими величинами «Орион-2» для 166 звезд, общих для обоих каталогов (рис. 3, б).

Прежде чем перейти к обсуждению результатов нашего анализа, вкратце остановимся на выводах, которые были сделаны в вышеназванных работах. Сравнение УФ-потоков S2/68 на 2740 Å с потоками, рассчитанными из IUE спектров [17] показывает, что последние систематически выше. Расхождение между этими двумя фотометрическими системами превышает ошибки измерений и составляет $0,^m3$ для горячих звезд. Такой же результат получается при сравнении УФ-потока на 2740 Å, измеренный S2/68, с соответствующими величинами, рассчитанными из OAO-2 спектров [21]. На основе критического анализа данных в канале с центром на 2740 Å S2/68 в [21] сделан вывод о том, что наблюдаемые потоки отягчены недооценкой излучения у звезд спектрального класса ранее А0, однако явно не наблюдаемой у звезд класса А. Различие между этими двумя системами для горячих звезд составляет:

$$m(\text{OAO}) - m(\text{S2/68}) = -0^m,18 \pm 0^m,09.$$

Таким образом, на диаграмме зависимости между величинами $m(\text{Op } 2) - m(\text{S2/68})$ и $m(\text{Op } 2) - V$ на 2740 Å (рис. 3, а) для горячих звезд ранее А0 мы можем определить:

$$m(\text{Op } 2) - m(\text{S2/68}) = -0^m,20 \pm 0^m,23,$$

что в хорошем согласии с ОАО-2 фотометрией на этой длине волны хотя и потоки «Орiona-2» в области 2740 Å измерены с худшей в 2,5 раза точностью.

Одна из возможных причин такого большого разброса точек — разны величины систематического отклонения фотометрической системы «Орion-2» на 2740 Å для разных областей неба. Пользуясь данными УФ потоков «Орion-2» на 2740 Å для большого количества звезд мы попытались проанализировать причину такого большого разброса точек на диаграмме рис. 3, d. Для этого были определены средние величины разницы $m(\text{Op } 2) - m(\text{S2/68})$ для каждой области неба — они приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сводка средних величин отклонений $m(\text{Op } 2) - m(\text{эксп})$ фотометрической системы «Орion-2» от фотометрических систем ANS, ОАО-2, S2,68 TD-1A и наземных наблюдений

Область неба	Средняя величина $m(\text{Op } 2) - m(\text{эксп})$
	ANS полоса 3300 Å
*	-0.03 ± 0.16
ε Ori	-0.44 ± 0.22
	ANS полоса 2500 Å
*	+0.02 ± 0.14
ε Ori	-0.12 ± 0.24
	ANS полоса 2200 Å
*	+0.04 ± 0.10
*	ОАО-2 полоса 3320 Å
*	+0.01 ± 0.13
*	ОАО-2 полоса 2980 Å
*	+0.03 ± 0.10
*	ОАО-2 полоса 2460 Å
*	+0.03 ± 0.07
*	S2 68, полоса 2365 Å
*	-0.01 ± 0.07
α Aur	-0.11 ± 0.12
*	S2 68 полоса 2740 Å
*	-0.20 ± 0.23
α Cas	-0.30 ± 0.24
γ Cas	0 ± 0.17
α Per	-0.25 ± 0.12
α Aur	-0.48 ± 0.16
ι Ori	-0.18 ± 0.09
α Ori	-0.53 ± 0.38
τ Tau	-0.32 ± 0.28
ξ Aur	-0.08 ± 0.14
α CMa	-0.21 ± 0.04
α CMa	-0.19 ± 0.06
λ Vel	-0.13 ± 0.10

Наземные наблюдения (полоса U)
Средняя величина

	$m(\text{Op } 2) - m(\text{н. набл})$	$m(\text{Op } 2) - m(\text{теор})$
1	2	3
α Cas	-0.20	-0.14 ± 0.21
γ Cas	0	-0.07 ± 0.28
α Per	0	-0.02 ± 0.19
γ Aur	-0.1	-0.09 ± 0.09
α Aur	-0.4	-0.34 ± 0.25
ι Ori	0	+0.04 ± 0.25

Продолжение таблицы 3

1	2	3
ε Ori	-0,3	-0,27±0,15
ζ Tau	+0,1	+0,05±0,23
η Tau	—	-0,07±0,28
ζ Ori	—	0 ±0,16
γ Aug	-0,1	-0,11±0,11
β CMa	0	±0,10±0,05
α CMa	0	—
λ Vel	0	-0,05±0,27

* В анализе использованы звезды из всех областей неба, наблюдаемых «Орион-2».

Действительно, как следует из табл. 3, основная причина большого разброса точек на рис. 3 *d* обусловлена разной величиной средней разницы $m(\text{Op } 2) - m(\text{S2/68})$ для разных областей неба. Для звезд семи областей неба (α Cas, α Per, ι Ori, ζ Tau, α CMa, β CMa, λ Vel) измеренные «Орион-2» УФ потоки на 2740 Å достаточно верны. Вместе с тем УФ потоки на 2740 Å от звезд остальных четырех областей неба (γ Cas, α Aug, ϵ Ori, β Aug) измерены с большей ошибкой, причем для этих областей характерен также большой разброс данных около средней величины отклонения.

Фотометрическая полоса на 3500 Å (U). Для 111 звезд каталога «Орион-2», в том числе и слабее 11^m, имеются фотометрические данные в системе UBV [22, 23]. Пользуясь выражением

$$m(U) = -2,5 \lg F_0 + (U - U_0),$$

где $m(U)$ поток на 3500 Å в звездных величинах, определенный по U цвету звезды, F_0 и U_0 потоки в абсолютных единицах на 3500 Å и цвет звезды стандарта (α Lyr), можно оценить величину потока от звезды на 3500 Å с известными величинами U цвета. В результате для всех 111 звезд были определены величины $m(U)$, вычислены разницы $m(\text{Op } 2) - m(U)$ между величинами потока на 3500 Å по данным «Орион-2» и вычисленными из U цвета, а затем построена диаграмма зависимости этих разниц от $m(\text{Op } 2) - V$, приведенная на рис. 4, *a*.

Для сравнения, на рис. 4, *b* приведена аналогичная диаграмма зависимости $m(\text{н. набл.}) - m(U)$ от $m(\text{н. набл.}) - V$ по наземным наблюдениям [11].

Анализ аналогичной диаграммы, построенной на этот раз по теоретическим моделям атмосфер звезд спектральных классов O—G [24], показывает, что характер зависимости $m(\text{теор.}) - m(U)$ от $m(\text{теор.}) - V$ не постоянен—он меняется как в зависимости от спектрального класса, так и от класса светимости. Поэтому во избежание недоразумений на диаграммах рис. 4, *a*, *b* приведены данные только для звезд классов светимости IV и V.

Большой разброс величин разницы $m(\text{Op } 2) - m(U)$ на рис. 4, *a* заставил нас провести анализ потоков «Орион-2» на 3500 Å отдельно для разных областей неба. Результаты приведены в табл. 3. Такой анализ проведен лишь на основе качественного сравнения величин $m(\text{Op } 2) - m(U)$ для каждой области неба с диаграммой зависимости (рис. 4, *b*) поэтому приведенные в табл. 3 (второй столбец) величины отклонения носят сугубо оценочный характер.

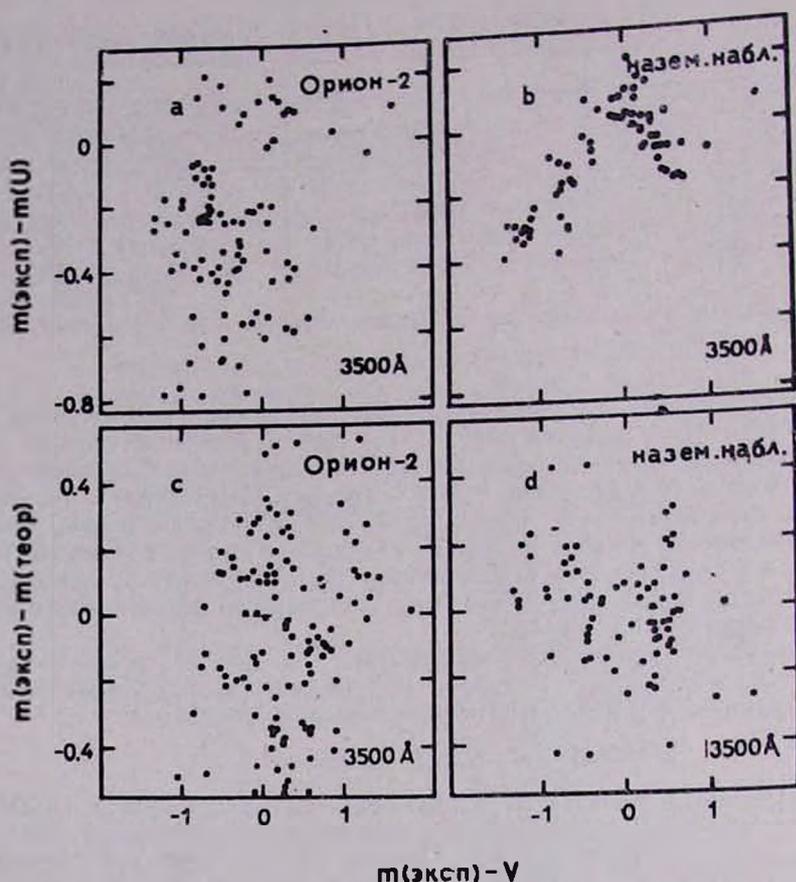


Рис. 4. Сопоставление разниц потоков на 3500 Å: *a*—между данными, полученными с помощью «Орион-2» и вычисленными из наблюдаемых потоков в U полосе $m(U)$; *b*—между наземными наблюдениями и $m(U)$; *c*—между данными «Орион-2» и теоретическими моделями; *d*—между наземными наблюдениями и теоретическими моделями

С целью получения количественных данных об отклонениях потоков «Ориона-2» на 3500 Å от реальных, мы решили пойти по другому пути, а именно, используя выражение

$$m(\text{Op}2) - m(\text{теор}) = -2,5 \left(\lg F(\text{Op}2) - \lg \frac{H(3500)}{H(5550)} \right) - 21,15 - 1,74E(B-V) - V,$$

были определены величины $m(\text{Op}2) - m(\text{теор})$ и построена диаграмма их зависимости от $m(\text{Op}2) - V$ (рис. 4, *b*). Здесь $F(\text{Op}2)$ —поток в абсолютных единицах на 3500 Å по измерениям «Ориона-2», V —визуальная величина звезды, $E(B-V)$ —излишек цвета, $H(\lambda)$ —поток на длине волны λ , вычисленный из теоретических моделей атмосфер для звезды данного спектрального класса [24]. Всего было использовано при анализе 211 звезд каталога «Орион-2» с известными спектральными классами и показателями цвета ($B-V$).

Для сравнения на рис. 4, *d* приведена диаграмма зависимости разницы $m(\text{н. набл.}) - m(\text{теор})$ от $m(\text{н. набл.}) - V$, где данные о потоках

на 3500 Å по наземным наблюдениям взяты из [11]. Судя по этой диаграмме, точки оказались равномерно разбросанными вдоль последовательности спектральных классов, а средняя величина отклонения потоков по наземным наблюдениям от теоретически рассчитанных на 3500 Å равна:

$$m(\text{н. набл}) - m(\text{теор}) = 0^m \pm 0^m,16.$$

Тогда разницы $m(\text{Op } 2) - m(\text{теор})$ на рис. 4, с соответствуют реальной величине отклонения «орнионовских» потоков на 3500 Å, средняя величина и среднеквадратичные ошибки которых приведены в табл. 3 (третий столбец) для каждой области неба отдельно.

Таким образом, согласно данным табл. 3, мы приходим к выводу, что величины систематических отклонений «орнионовских» потоков от их реальных величин на 3500 Å не одинаковы для разных областей неба.

Поскольку при анализе потоков на 3500 Å были использованы звезды от $-1^m,4$ до $11^m,5$ визуальной величины, возникает вопрос: зависит ли величина отклонения «орнионовских» потоков на 3500 Å от яркости звезды. На рис. 5 приведена диаграмма этой зависимости для 211 звезд, где по ординате отложены $m(\text{Op } 2) - m(\text{теор})$, а по абсциссе V — яркость звезды.

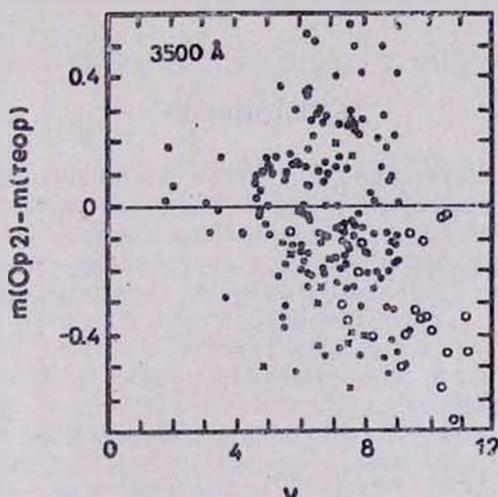


Рис. 5. Зависимость разницы $m(\text{Op } 2) - m(\text{теор})$ на 3500 Å (точки) от яркости звезды. Кружки и крестики относятся к звездам из областей неба вокруг α Aug и ϵ Ori

Как следует из рис. 5, для всех звезд ярче 8^m разницы $m(\text{Op } 2) - m(\text{теор})$ на 3500 Å практически равны нулю со среднеквадратичной ошибкой $\pm 0^m,24$; исключение составляют звезды из областей неба вокруг α Aug и ϵ Ori (кружки и крестики), для которых «орнионовские» потоки оказались систематически больше (на 3500 Å), чем предсказывает теория, причем это расхождение увеличивается по мере перехода к слабым звездам (до $11^m,5$). Однако из-за небольшого числа слабых звезд, использованных при анализе, пытаются понять природу этой тенденции не представляется возможным.

Что касается зависимости указанных отклонений от длины волны, то, судя по результатам нашего анализа, для звезд из всех областей неба (табл. 3), за исключением α Aug и ϵ Ori, ее нет; во всяком случае тенденция разброса точек на соответствующих диаграммах одинакова на всех длинах волн от 2000 до 3500 Å. В случае же звезд областей неба α Aug и ϵ Ori средние отклонения получаются следующими (приводятся отклонения логарифмов потоков):

	2365 Å	2500 Å	2740 Å	3300 Å	3500 Å
α Aug	-0,04	—	-0,10	—	-0,12
ϵ Ori	—	0,05	-0,12	-0,16	-0,11

Важно отметить, что эти значения (в частности на 3500 Å) выведены из данных для звезд, составляющих едва 5% (в случае области неба вокруг α Aug) и ~50% (в случае области неба вокруг ϵ Ori) от полного их числа, вошедшего в каталог «Орион-2». Поэтому вопрос о том, в какой мере приведенные поправки следует рекомендовать при использовании «орионовского» каталога, можно, по-видимому, решить однозначно только по отношению к звездам из области неба вокруг ϵ Ori (их всего 23), в случае же звезд из области неба вокруг α Aug вопрос остается открытым. Для звезд остальных областей неба данные «орионовского» каталога можно использовать без внесения поправок.

4. Заключение

Основные результаты проведенного в настоящей статье сравнительного анализа звездных ультрафиолетовых потоков по наблюдениям «Ориона-2», с одной стороны, и наблюдениям IUE, OAO-2, ANS, S2/68 TD—1A и наземным наблюдениям, с другой, следующие:

1. Для звезд ярче 7^m ультрафиолетовые спектрофотометрические данные «Ориона-2» в основном находятся в согласии, в пределах 15%, с ультрафиолетовыми спектрофотометрическими данными экспериментов IUE, OAO-2, S2/68 TD—1A, а также (в оптическом диапазоне) с наземными наблюдениями.
2. Для 200 звезд до $11^m,5$, измеренные «Орион-2» УФ потоки, пересчитанные для отдельных широкополосных фотометрических полос систем ANS, OAO-2, S2/68, а также наземными, находятся в согласии с данными указанных экспериментов в пределах 15% для 80% общего числа звезд. Для остальных 20% звезд ошибки измерений составляют от 40 до 60%.
3. Обнаружена линейная зависимость величин отклонения УФ потока между данными «Ориона-2» и других каталогов от длины волны для звезд областей неба вокруг α Aug и ϵ Ori.
4. Обнаружен некоторый рост в величинах отклонения потока «Орион-2» на 3500 Å (по сравнению с теоретическими моделями звездных атмосфер) с переходом к слабым звездам для группы из небольшого числа объектов из области неба вокруг α Aug.
5. Уточнены численные значения редуциционной кривой δ_{λ} менискового телескопа с объективной призмой «Орион-2» в длинноволновой области спектра 3500—3800 Å.

18 января 1986 г.

Զ. Բ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

«ՕՐԻՈՆ-2» ԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿԱՌՎ ՍՏԱՑՎԱԾ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ԳԵՐՄԱՆՈՒՇԱԿ
ՀՈՍՔԵՐԻ ՎԵՐՂՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Վերլուծման են ենթարկվել «Օրիոն-2» տիեզերական աստղադիտարանի միջոցով ստացված արդյունքները, բաղդատելով դրանք այլ աստղադիտակներով՝ IUE, OAO—2, S2/68 ստացված տվյալների հետ: Ուսումնասիրված աստղերի շուրջ 80%-ի համար «Օրիոն-2»-ի արդյունքները 10—15% սահմաններում համաձայնության մեջ են գտնվում վերոհիշյալ աստղադիտակներով ստացված տվյալների հետ: «Օրիոն-2»-ի արդյունքներում նկատելի է ոչ մեծ շեղում α Aur-ի շրջակայքի մի քանի թույլ աստղերի համար: Երկնքի երկու տիրույթներում (α Aur և ϵ Ori) հայտնաբերվել է զծային առնչություն «Օրիոն-2»-ով ստացված կարճալիք հոսքերի շեղումների և ալիքային երկարության միջև ճշտված է «Օրիոն-2»-ի էներգետիկ չափազրման կորը սպեկտրի երկարալիք հատվածում (3500—3800 Å):

J. B. OHANESSIAN

ANALYSIS OF STELLAR ULTRAVIOLET FLUXES OBTAINED
BY «ORION-2»

A comparative analysis of stellar fluxes obtained by space telescope «Orion-2» in the wavelength region 2000—3800 Å with that of obtained by the IUE, OAO—2, ANS, S2/68, as well as with the ground—based observations is carried out. The agreement between the «Orion-2» data and those of the mentioned experiments is within 10—15% for the 80% of the considered stars. An increase of deviations of «Orion-2» fluxes at 3500 Å is noticed for a small number of stars around α Aur. A linear dependence of the «Orion-2» ultraviolet flux deviations from the wavelength is noticed for a group of stars in two regions of sky— α Aur and ϵ Ori. The corrected data for long—wavelength path (3500—3800 Å) of the reduction curve of «Orion-2» telescope is presented.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Гурздян, Сообщ. Бюраканской обс., 48, 5, 1976.
2. G. A. Gurzadjan, A. L. Jarykyan, M. N. Krmoyan, A. L. Kashin, G. M. Loretsyan, J. B. Ohanessian, Astrophys. Space Sci., 40, 14, 1976.
3. Г. А. Гурздян, Дж. Б. Оганесян, С. С. Рустамбекова, Р. А. Епремян, Каталог УФ-спектров 900 слабых звезд. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1, 1985.
4. C. C. Wu, T. B. Ake, A. Boggess, R. C. Bohlin, C. L. Imhoff, A. V. Holm, Z. C. Levay, R. J. Punck, F. H. Schlyfer, III and B. E. Turnrose, The IUE Ultraviolet Spectral Atlas, NASA Newsletter № 22, 1983.
5. A. D. Code, M. R. Meade, Astrophys. J. Suppl. ser., 39, 195, 1979.

6. A. D. Code, A. V. Holm, R. L. Bottemiller, *Astrophys. J. Suppl. ser.*, 43, 50, 1980.
7. P. R. Wesselius, R. J. van Duinen, A. R. W. de Jonge, J. W. G. Aalders, J. Lange, K. J. Wildeman, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.* 49, 427, 1982.
8. C. Jamar, D. Macau-Hercot, A. Monfils, G. I. Thompson, L. Houziaux, R. Wils, *Ultraviolet bright-star spectrophotometric catalogue*. ESA SR-27, 1976.
9. D. Macau-Hercot, C. Jamar, A. Monfils, G. I. Thompson, L. Houziaux, R. Wilson, *Supplement to the ultraviolet bright-star spectrophotometric catalogue*. ESA SR-2, 1978.
10. G. I. Thompson, K. Nandy, C. Jamar, A. Monfils, L. Houziaux, D. J. Carnahan, R. Wilson, *Catalogue of stellar ultraviolet fluxes*, The science research council, 1978.
11. И. Б. Волошина, И. Н. Глушинева, В. Т. Дорошенко, Е. А. Колотилова, Л. Л. Моссаковская, С. Л. Овчинников, Т. С. Фегусова, *Спектрофотометрия ярких звезд: Справочник*. /Под редакцией И. Н. Глушевой/, М., Наука: 1982.
12. K. G. Heintze, J. D. Wray, S. B. Parsons, G. F. Benedict, *Catalog of far-ultraviolet objective-prism spectrophotometry*: NASA Reference Publ., 103, 1979.
13. R. C. Bohlin, A. V. Holm, B. D. Savage, M. A. J. Sniders, W. W. Sparks, *Astron. Astrophys.*, 85, 1, 1980.
14. F. Beekmans, *Astron. Astrophys.*, 60, 1, 1977.
15. Г. А. Гурздян, Р. А. Епремян, Дж. Б. Оганесян, С. С. Рустамбекова, *Астрофизика*, 18, 398, 1982.
16. J. Sahade, E. Brandt, J. M Fontela, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 56, 17, 1980.
17. P. Kjxrgaard, H. U. Nrgaard-Nielsen, C. Cacciari, W. Wamsteker, *Astron. Astrophys.*, 133, 363, 1984.
18. В. Б. Никонов, Г. А. Терез, *Изв. Крымской астрофиз. обс.*, 54, 35, 1976.
19. P. R. Wesselius, R. J. van Duinen, J. W. G. Aalders, D. Kester, *Astron. Astrophys.*, 85, 221, 1980.
20. J. Koorneef, M. R. Meade, P. R. Wesselius, A. D. Code, R. J. van Duinen, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 47, 341, 1982.
21. R. Faraggiana, M. L. Malagnini, *Astron. Astrophys.*, 137, 149, 1984.
22. A. M. Heiser, C. L. Uckotter, D. G. Uckotter, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 90, 103, 1978.
23. B. Nicolet, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 34, 1, 1978.
24. R. L. Kurucz, *Astrophys. J., Suppl. ser.*, 40, 1, 1979.