

УДК: 524.3:520.8

НЕОБЫЧНАЯ ЗВЕЗДА Ae/Be ХЕРБИГА XY Per A

Я.Н.ЧХИКВАДЗЕ

Поступила 8 октября 2001

Принята к печати 25 января 2002

Представлены результаты исследования XY Per на основе фотоэлектрических наблюдений в системе Стрёмгрена. Показано, что в двойной системе XY Per AB переменной типа Ae/Be Хербига является более яркий компонент, ранее классифицированный как A2II. Между тем, наши оценки показали, что M_v (XY Per A) = +1.25. Анализ изменения индексов β и c показал, что XY Per A является типичной shell-звездой: наряду с интенсивными абсорбционными линиями водорода она обнаруживает ощутимый дефицит излучения и в бальмеровском континууме. Наиболее примечательными являются те результаты наблюдений, которые указывают на то, что в процессе падения блеска непрозрачность оболочки возрастает как в линиях, так и в бальмеровском континууме. Этот наблюдательный факт едва ли объясним в рамках модели изменения блеска, обусловленного вращающимися вокруг звезды пылевыми облаками.

1. *Введение.* XY Per в ОКПЗ [1] указана как переменная типа In ($m_{pk} = 9^m.8-11^m$) [1]. Видимая величина V меняется от $8^m.99$ до $10^m.05$ [2]. В 1985г. В.С.Шевченко [3] наблюдал алгоподобное падение блеска с амплитудой $0^m.4$ с явной тенденцией к покраснению звезды в минимуме. Падение блеска с такой же амплитудой было зафиксировано наблюдениями Hipparcos [4]. XY Per является двойной системой ADS 2788, состоящей из компонента A2II и менее яркой B6V звезды. XY Per связана с отражательной туманностью VdB 24. В каталог звезд типа Ae/Be Хербига (HBe-звезды) XY Per была включена Финкенцеллером и Мундтом в 1984г. [5]. Фотоэлектрические наблюдения XY Per проводились по программе исследования HBe-звезд, осуществляемой в Абастуманской астрофизической обсерватории [6-9].

2. *Наблюдения.* Фотоэлектрические наблюдения были проведены на 125-см телескопе Абастуманской астрофизической обсерватории в системе Стрёмгрена. Стандартом служила звезда №2 [10]. Точность измерения в ультрафиолете порядка $0^m.015 + 0^m.020$, в остальных полосах $0^m.005 + 0^m.010$. Результаты наблюдений (переменная минус стандарт) представлены в табл.1. На рис.1 и 2 представлены зависимости показателей цвета и индексов β и c от блеска. Амплитуды изменения блеска в $uvby$ -полосах равны соответственно, $0^m.55$, $0^m.48$, $0^m.43$, $0^m.39$.

С падением блеска на фоне общего покраснения звезды (рис.1). индексы β и c практически не менялись.

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ.
(N-ЧИСЛО НАБЛЮДЕНИЙ, $\Delta m_\lambda = m_\lambda(\text{var}) - m(\text{stand})$, $\Delta\beta_n$ И $\Delta\beta_{IV}$ -
ОЦЕНКИ В УЗКОМ И ШИРОКОМ H_β -ФИЛЬТРАХ)

JD2440000+	N	Δm_y	Δm_b	Δm_V	Δm_u	$\Delta\beta_n$	$\Delta\beta_{IV}$
6714.3973	3	-0.755	-0.754	-0.738	-0.578	-0.685	-0.739
6728.4083	5	-0.726	-0.732	-0.730	-0.560	-0.690	-0.730
6748.3386	4	-0.532	-0.521	-0.503	-0.231	-0.473	-0.512
6773.1846	5	-0.737	-0.755	-0.754	-0.606	-0.701	-0.744
6774.1887	4	-0.768	-0.766	-0.767	-0.548	-0.713	-0.745
7450.3791	2	-0.383	-0.336	-0.281	-0.013	-0.315	-0.334
7451.4000	2	-0.376	-0.328	-0.291	-0.050	-0.291	-0.350
7452.3973	2	-0.417	-0.386	-0.330	-0.140	-0.338	-0.391
7457.3324	4	-0.528	-0.519	-0.501	-0.344	-0.466	-0.505
7550.1901	2	-0.380	-0.360	-0.290	-0.050	-0.290	-0.400
7562.1948	2	-0.559	-0.545	-0.519	-0.302	-0.504	-0.540
7563.2134	2	-0.487	-0.470	-0.447	-0.232	-0.437	-0.490
7564.1823	2	-0.525	-0.510	-0.464	-0.245	-0.490	-0.500
7565.1890	2	-0.53	-0.51	-0.46	-0.29	-0.47	-0.50
7756.4363	3	-0.657	-0.642	-0.636	-0.461	-0.610	-0.646
7774.4804	5	-0.491	-0.483	-0.450	-0.231	-0.430	-0.471
7775.5220	5	-0.549	-0.531	-0.519	-0.333	-0.520	-0.536
7778.4946	6	-0.635	-0.629	-0.620	-0.438	-0.600	-0.625
7780.4982	3	-0.626	-0.626	-0.604	-0.425	-0.583	-0.634
7785.4709	3	-0.592	-0.584	-0.568	-0.397	-0.561	-0.575
7791.4956	5	-0.551	-0.551	-0.530	-0.350	-0.515	-0.522
7793.4958	6	-0.508	-0.498	-0.472	-0.245	-0.457	-0.433
7794.4958	6	-0.534	-0.508	-0.476	-0.260	-0.483	-0.498
7795.4194	1	-0.52	-0.52	-0.50	-0.30	-0.45	-0.52
7797.4195	2	-0.54	-0.53	-0.53	-0.36	-0.51	-0.55
7874.4237	4	-0.517	-0.482	-0.468	-0.264	-0.462	-0.505
7875.3478	3	-0.504	-0.485	-0.458	-0.270	-0.438	-0.490
7877.2120	5	-0.545	-0.548	-0.499	-0.302	-0.484	-0.516
7879.2292	6	-0.480	-0.441	-0.420	-0.227	-0.443	-0.427
7880.3309	4	-0.388	-0.353	-0.300	-0.071	-0.345	-0.368
7885.2636	3	-0.461	-0.443	-0.402	-0.201	-0.439	-0.438
7886.2738	3	-0.485	-0.473	-0.430	-0.240	-0.450	-0.467
7888.2719	3	-0.499	-0.470	-0.435	-0.250	-0.413	-0.459
7917.2209	3	-0.457	-0.422	-0.382	-0.132	-0.383	-0.447
7918.2341	3	-0.460	-0.446	-0.396	-0.170	-0.407	-0.436
7921.2279	3	-0.409	-0.395	-0.336	-0.093	-0.340	-0.396
7931.2636	4	-0.550	-0.505	-0.464	-0.260	-0.448	-0.525
7957.2211	3	-0.531	-0.513	-0.478	-0.250	-0.502	-0.527
7958.2309	3	-0.466	-0.426	-0.408	-0.210	-0.399	-0.434
7960.2253	3	-0.481	-0.457	-0.429	-0.202	-0.414	-0.469
7961.2636	3	-0.521	-0.504	-0.465	-0.295	-0.478	-0.499

3. Обсуждение. 3.1. Какой из двух компонентов XY Per (AB) нужно считать переменной, т.е. звездой типа HBe? Допустим, что таким

является компонент B6V. Так как расстояние между компонентами мало ($\rho = 1''.3$ [11]), то при фотометрии мы измеряем полное излучение обеих звезд и поэтому

$$10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^x} = \alpha_{\lambda} + (1 - \alpha_{\lambda})10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^B}, \quad (1)$$

где Δm_{λ}^x - наблюдаемое значение падения суммарного блеска, Δm_{λ}^B - истинное значение изменения блеска звезды B6V и α_{λ} - доля излучения A-компонента в максимуме суммарной яркости. По данным Hipparcos [11], компонент

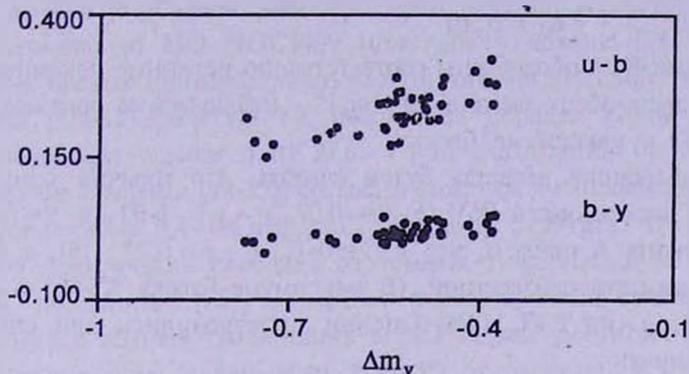


Рис.1. Зависимости $u-b$ и $b-y$ от блеска.

B6V на $0^m.88$ слабее, чем A2II, и, следовательно, $\alpha_y = \alpha(\text{Hip}) = 0.69$. Тогда из соотношения (1) следует, что амплитуда падения блеска системы XY Per (AB) не должна превышать $0^m.4$, тогда как переменная показывала падения блеска с амплитудой больше чем 1^m [1.2]. Следовательно, переменной типа HVe следует считать компонент A2II. В пользу такого заключения говорят результаты исследований HVe-звезд: согласно [4,12] максимальная амплитуда падения блеска HVe-звезд, более ранних, чем B8-A0, не превышает $0^m.5$, в то время как HVe-звезды с более поздними подклассами характеризуются амплитудой падения блеска до $V=4^m$.

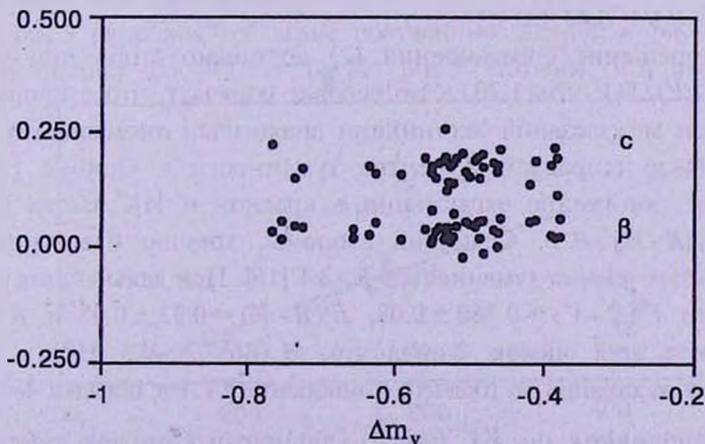


Рис.2. Зависимости индексов β и c от блеска.

3.2. *Оценка поглощения.* При допущении, что переменной является компонент А2II, соотношение (1) принимает вид

$$10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^x} = (1 - \alpha_{\lambda}) + \alpha_{\lambda} 10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^A}, \quad (2)$$

где Δm_{λ}^A - истинное значение изменения блеска компонента А2II. Из соотношения (2) следует, что

$$\left. \begin{aligned} 10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^x} > 1 - \alpha_{\lambda} &= (1 - \alpha_y) 10^{-0.4[(m_{\lambda} - m_y)^B + E^B(m_{\lambda} - m_y) - (m_{\lambda} - m_y)F]} \\ 1 - 10^{-0.4\Delta m_{\lambda}^x} < \alpha_{\lambda} &= \alpha_y 10^{-0.4[(m_{\lambda} - m_y)^A + E^A(m_{\lambda} - m_y) - (m_{\lambda} - m_y)F]} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где индексами В, А обозначены соответственно истинные показатели цвета и избытки цвета обеих звезд, а $(m_{\lambda} - m_y)^{\Sigma}$ - наблюдаемые показатели цвета XY Per (AB) в максимуме блеска.

При дальнейших расчетах будем считать, что горячий компонент - нормальная звезда класса В6V ($b - y = -0.07$, $v - y = -0.02$, $u - y = 0.48$ [13]). Для компонента А примем, что $b - y = 0.02$, $v - y = 0.22$ [13], а величину $u - y$ будем считать неизвестной. (В максимуме блеска XY Per $b - y = 0.33$, $v - y = 0.78$, $u - y = 2.47$ [14]). Оценки производились при следующих предположениях:

1) истинные значения амплитуд Δm_{λ}^A растут с уменьшением длины волны;

$$2) E(u - y)/E(b - y) = 2.50, E(v - y)/E(b - y) = 1.7. [15]$$

В конечном счете были получены следующие оценки: $E^B(b - y) = 0.24 \pm 0.02$, $E^B(b - y) = 0.56 \pm 0.06$ и $(u - y)^A = 2.30 \pm 0.16$.

Аналогичные расчеты были проведены по данным UBVR-наблюдений [12]. Был выбран один конкретный участок между JD2448440 и JD2448500, в котором четко прослеживается алгоподобное изменение блеска: $V(\max) = 9.04$, $U - V = 0.908$, $B - V = 0.475$, $V - R = 0.457$, $\Delta U = 0.748$, $\Delta B = 0.621$, $\Delta V = 0.533$ и $\Delta R = 0.427$.

Были получены следующие оценки: $E^A(B - V) = 0.37 \pm 0.07$, $E^B(B - V) = 0.76 \pm 0.15$, $(U - V)^A = 0.43 \pm 0.1$.

Точное решение соотношения (2) возможно лишь при условии $1.246 > E(B - V)/E(V - R) > 1.207$. Это условие означает, что в направлении XY Per закон межзвездной экстинкции аналогичен аномальному закону поглощения в направлении центра туманности в Орионе [15], где наблюдается понижение экстинкции в красной и ИК частях спектра, а $R = A_v/E(B - V) > 3.1$. С другой стороны, хорошо известно, что в областях густых темных туманностей $R > 3.1$ [16]. При дальнейших расчетах примем, что $E^B(B - V) = 0.760 \pm 0.08$, $E^A(B - V) = 0.33 \pm 0.03$ и $R = 3.3$.

На основе этих оценок, считая что $M_v(B6V) = -0.5$ [17], а $R = 3.3$, находим, что расстояние до горячего компонента XY Per порядка 450 ± 50 пк.

3.3. *Расстояние до XY Per А.* Обширный комплекс туманностей в Perseus, Taurus и Auriga наиболее близкое к нам скопление молекулярных

облаков (МО), в которых наблюдается процесс звездообразования. XY Per генетически связана с МО на северо-западном конце III-области NGC1499 (МО NGC1499) [18], расположенной в центре плотной темной туманности L1442 [19].

Наиболее полный обзор работ по оценкам расстояний до отдельных частей МО в указанных созвездиях произвели Унгерхтс и Таддеуш [20]: по их мнению расстояние до МО NGC1499 порядка 350 пк с пределами от 200 до 800 пк. Однако имеются исследования, из которых следует, что расстояние до МО NGC1499 может быть меньше [21-23]. В свете указанных оценок примечательно, что тригонометрический параллакс XY Per равен $0''00833 \pm 0''00349$ т.е. расстояние порядка 120 пк [11].

Исследование зависимости $E(B-V)$ от расстояния было проведено несколькими авторами [24-27], согласно которым в направлении NGC1499 $E(B-V)/d$ порядка 0.4 - 0.6 mag/кпк, хотя надо отметить, что III-область NGC1499 практически свободна от темных туманностей [20]. С другой стороны, по данным [28], на основе подсчета звезд, среднее значение поглощения в темных туманностях в МО Perseus достигает 2^m .

Для построения зависимости $E(B-V)$ от расстояния воспользуемся двумя звездами около XY Per, №1 и №2, для которых имеются точные $UBVR$ -наблюдения [10]. Для определения спектрального класса и избытка цвета мы применили Q-метод и стандартную зависимость между $U-B$ и $B-V$ при допущении, что $E(U-B)/E(B-V) = 0.72$ и $R = 3.3$.

По нашим оценкам оказалось, что звезда №1 имеет спектральный класс F8V ($E(B-V) = 0.1$, $d = 150$ пк) или B6V ($E(B-V) = 0.74$, $d = 423$ пк). А звезда №2 или является звездой A1V ($E(B-V) = 0.435$, $d = 277$ пк) или же A3V ($E(B-V) = 0.335$, $d = 269$ пк) В расчетах было сделано одно вынужденное допущение, что рассмотренные звезды являются объектами главной последовательности. В рассмотренных случаях оказалось, что $E(B-V)/E(V-R)$ порядка 1.3.

На рис.3 нанесены все выше полученные оценки, а также соответствующие оценки для XY Per B. Из рис.3 находим, что расстояние до

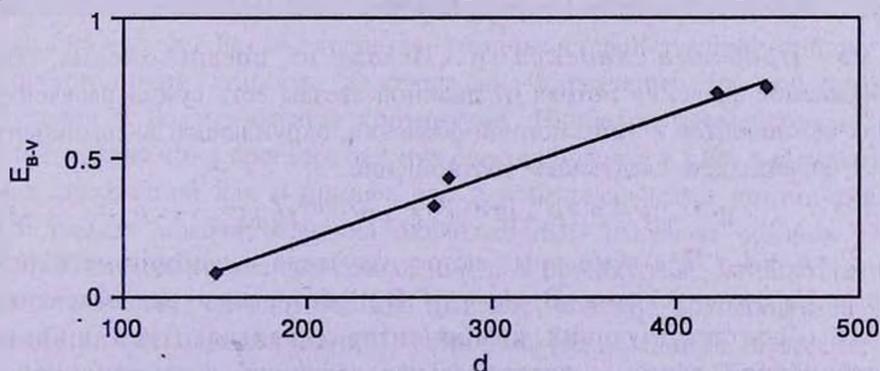


Рис.3. Зависимость $E(B-V)$ от расстояния d (пк) около XY Per.

ХУ Per A порядка 250 пк, т.е. абсолютное значение M_v (ХУ Per A) = 1.25. Последняя оценка исключает возможность того что, ХУ Per A является ярким гигантом. Дело в том, что в спектре ХУ Per A хорошо видны узкие абсорбционные линии оболочки (shell) [18], которые инициируют спектроскопически видимую повышенную светимость звезды. Аналогичная ситуация наблюдается у некоторых HBe-звезд: RR Tau (A2II-III), BF Ori (A5II-III) и V 380 Ori (A2II-III) [3], хотя по светимостям, оцененным при разумных допущениях об ошибках в определении расстояния и поглощения, перечисленные объекты находятся около ГП [3].

3.4. *Проблема бальмеровского скачка.* Из рис.2 видно, что разность индексов бальмеровского скачка (БС) ХУ Per АВ и звезды сравнения №2 (SpA1-A3) в максимуме блеска порядка 0.15. Рассмотрим следующее соотношение:

$$10^{D^{\Sigma}} = (1 - \alpha_{3650}) 10^{D^B} + \alpha_{3650} 10^{D^A}, \quad (4)$$

где индексом Σ обозначен БС ХУ Per АВ, индексами В и А БС обоих компонентов, а α_{3650} - есть доля излучения А-компонента непосредственно за БС. Для расчетов примем, что $D^{\Sigma}(\max) = D(A1-3) = 0.52$, $D^B = 0.3$ [29] и $\alpha_{3650} = \alpha(U)$. $\alpha(U)$ по нашим оценкам порядка 0.60. При указанных условиях из соотношения [4] находим, что в максимуме блеска $D^A(\max) = 0.62 \pm 0.03$, что на 0.1 больше, чем БС звезды класса А1-А3. Выше были получены следующие оценки $(u-y)^A = 2.30$ и $(U-V)^A = 0.43$. Сравнивая со звездой класса А2V находим, что ХУ Per A характеризуется дефицитом излучения $0^m.80$ и $0^m.30$ в полосах $u(3500 \text{ \AA})$ и $U(3600 \text{ \AA})$, соответственно.

Мы уже говорили о том, что ХУ Per A является shell-звездой. В работах [30,31] нами было показано, что shell-звезды, как правило, характеризуются дефицитом излучения в бальмеровском континууме. Вновь обратимся к рис.2, из которого следует, что в минимуме блеска $\Delta c = 0.18$. Из соотношения (4) записанного для минимума блеска находим, что величина $D^A(\min) = 0.94!$ (Заметим, что у известной shell-звезды HD190073 $D = 0.84$ [32]). Из вышесказанного следует, что в процессе падения блеска оболочка становится менее прозрачной в бальмеровском континууме.

3.5. *Проблема индекса β .* Исходя из предположения, что наблюдаемое значение потока от двойной звезды есть сумма излучений обоих компонентов и эмиссионной оболочки, окружающей А-компонент, будет справедливо следующее соотношение:

$$W^{\Sigma} = W^B B_c / E_c + W^A A_c / E_c + W^{(\Gamma.O)} H_c / E_c, \quad (5)$$

где $E_c = B_c + A_c + H_c$ - суммарный поток излучения в континууме вблизи линии H_{β} , а индексами В, А и (Г.О.) обозначены эквивалентные ширины соответствующих компонентов (эквивалентная ширина абсорбционной линии - положительная величина, а эмиссионной -

отрицательная). Из рис.2 следует, что в процессе падения блеска значение индекса β не менялось и оно порядка β -индекса звезды сравнения №2. Принимая, что $W^{\Sigma}(\max) = W^{\Sigma}(\min) = W(A1 - A3) = 12.5\text{\AA}$ и $W^B = 7\text{\AA}$ [33] и A_c/E_c равен 0.74, а H_c/E_c порядка 0.1-0.01, то из соотношения (5) находим, что $W^A(\max) > 14.5 - 15.5\text{\AA}$ и $W^A(\min) > 16 - 18\text{\AA}$. Таким образом выясняется, что в процессе падения блеска, наряду с увеличением непрозрачности в континууме, оболочка становится менее прозрачной также в линиях, что и следовало ожидать.

3.6. *Истинные изменения блеска XY Per A.* Из соотношения (2) можно получить оценки истинных значений амплитуд XY Per A: Δm_R , Δm_V , Δm_B и Δm_U равны, соответственно, $0^m.76$, $0^m.90$, 1^m и $1^m.93$. Однако, учитывая, что $D^A(\min) - D^A(\max) = 0.30$, реальное изменение блеска в ультрафиолете будет порядка $1^m.2$.

Обращает внимание низкий уровень селективности при падении блеска. Малая селективность изменения блеска XY Per A может быть обусловлена двумя причинами: или околозвездное пылевое облако состоит из более мелких частиц, чем межзвездная среда, или же размер затмевающего облака меньше, чем размер звезды, предполагая, что падение блеска обусловлено околозвездными пылевыми облаками [34]. Из рассмотрения затмения XY Per A (JD2448440-JD2448500) [12] следует, что падение блеска от максимума до минимума и, наоборот, подъем от минимума до максимума продолжались в течение 20-22 дней, а продолжительность самого минимума была порядка 3-х дней. Следовательно, можно заключить, что при прохождении пылевого облака затмевается 75% поверхности звезды. С учетом этого реальные амплитуды падения блеска XY Per A будут иметь следующие значения: 2.33, 1.76, 1.50, 1.21 в *UBVR*-фильтрах соответственно.

4. *Заключение.* Переменной звездой типа Ae/Be Хербига в двойной системе XY Per AB следует считать компонент A2II, однако он не является ярким гигантом, так как по нашим оценкам $M_V(XY Per A) = 1.25$.

Наши наблюдения показали, что в процессе падения блеска как индекс бальмеровского скачка, так и индекс β практически не меняются. Показано, что XY Per A является типичной shell-звездой: наряду с абсорбционными линиями водорода она характеризуется дефицитом излучения в бальмеровском континууме. Наиболее примечательно то обстоятельство, что в процессе падения блеска оболочка XY Per A становится менее прозрачной как в линиях, так и в бальмеровском континууме.

В рамках модели затмения околозвездным пылевым облаком [34] кажется более чем странным совпадение двух процессов. С одной стороны, звезду затмевает околозвездное пылевое облако, вращающееся на расстоянии нескольких (десятков) астрономических единиц от звезды. И почему-то именно в этот промежуток времени происходит заметное

усиление непрозрачности оболочки, локализуемой на расстоянии всего нескольких радиусов звезды от переменной. Трудно или почти невозможно понять, как первый процесс (прохождение облака) может инициировать усиление непрозрачности оболочки.

Следует обратить внимание на необычный характер зависимости показателя цвета от блеска на рис.1, из которой следует, что по мере падения блеска показатели цвета растут нелинейно. Анализ многолетних *UBVR*-наблюдений [12] показал, что между величинами "показатель цвета" и "звездная величина" наблюдается подобная функциональная зависимость.

Предварительные расчеты показали, что на диаграмме "показатель цвета-блеск" для истинных значениях *XY Per A* не обнаруживается присутствия так называемого эффекта поглубления в минимуме яркости. Эта проблема требует дальнейшего исследования.

В заключение еще раз о расстоянии до *XY Per A*. Надо иметь в виду, что полученная нами оценка поглощения для *XY Per A*, по сути дела, является суммой чисто межзвездной и околозвездной составляющих. Поэтому мы вправе думать, что расстояние 250 пк является верхней границей для *XY Per A*.

Абастуманская астрофизическая обсерватория,
Грузия, e-mail: abao@www2.kheta.ge

THE UNUSUAL Ae/Be HERBIG STAR *XY Per A*

I.N.CHKHIKVADZE

Results of investigation of *XY Per* based on photoelectric observation in the Strömgren system are presented. It is shown that in the double system *XY Per AB* the brighter component classified earlier as A2II, is an Ae/Be Herbig type variable. Meanwhile, we have estimated that $M_v = +1.25$ for *XY Per A*. Analysis of variation of the indices, β and c reveals that *XY Per A* is a typical shell-star: along with the strong absorption hydrogen lines it shows an appreciable radiation deficiency in the Balmer continuum. The most significant result of our observation is that the shell opacity is enhanced both in the hydrogen lines and in the Balmer continuum as star fades. This observational fact can hardly be explained within the framework of the model of star fading due to rotating circumstellar dust clouds.

Key words: stars: peculiar-stars: individual: *XY Per A*

ЛИТЕРАТУРА

1. Обший Каталог Переменных Звезд, гл. ред. П.Н.Холопов, Наука, М., 1987.
2. *V.S.Shevchenko, K.N.Grankin, M.A.Ibragimov, S.Yu.Melnikov, S.D.Yakubov*, *Astrophys. Space Sci.*, **202**, 121, 1993.
3. *В.С.Шевченко*, Ae/Be звезды Хербига, ФАН, Ташкент, 1989.
4. *M.E. van der Ancker, D. de Winter, H.R.E.Tjin A Djie*, *Astron. Astrophys.*, **330**, 145, 1998.
5. *U.Finkenzeller, R.Mundt.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **55**, 109, 1984.
6. *Я.Н.Чхиквадзе, Э.Б.Джаниашвили*, Бюлл. Абастум. астрофиз. обсерв., **61**, 83, 1987.
7. *Я.Н.Чхиквадзе*, Бюлл. Абастум. астрофиз. обсерв., **63**, 24, 1988.
8. *Я.Н.Чхиквадзе*, Бюлл. Абастум. астрофиз. обсерв., **68**, 43, 1990.
9. *I.N.Chkhikvadze*, *Astron. Nachr.*, **3**, 253, 1994.
10. *А.Ф.Пугач, Г.У.Ковальчук*, Перемен. Звезды, **22**, 9, 1983.
11. *C.Bertout, N.Robichon, F.Aernou*, *Astron. Astrophys.*, **352**, 574, 1999.
12. *W.Herbst, V.S.Shevchenko*, *Astron. J.*, **118**, 1043, 1999.
13. *D.L.Crawford, J.V.Barnes*, *Astron. J.*, **75**, 978, 1970.
14. *W.Herbst, J.A.Maley, E.C.Williams*, *Astron. J.*, **120**, 349, 2000.
15. *В.Страйжис*, Многоцветная фотометрия звезд, Мокслас, Вильнюс, 1977.
16. *S.E.Strom, K.M.Strom, L.Carrasco*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **86**, 798, 1974.
17. *В.Страйжис*, Звезды с дефицитом металлов, Мокслас, Вильнюс, 1982.
18. *U.Finkenzeller, I.Jankovics*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **57**, 285, 1984.
19. *B.T.Lunds*, *Astrophys. J. Suppl. ser.*, **64**, 1, 1962.
20. *H.Ungerechts, P.Thaddeus*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **63**, 645, 1987.
21. *O.Eklof*, *Upsala Observ. Medd.*, 119 in *Ark. Astr.* 2, N21 (Stockholm; Almqvist and Wiksell) 213, 1958.
22. *D.S.Heecheen*, *Astrophys. J.*, **114**, 132, 1951.
23. *V.Ungerer, N.Mauron, J.Brillet, Nguen-Qung-Rieu*, *Astron. Astrophys.*, **146**, 123, 1985.
24. *Н.Б.Каландадзе, В.И.Ворошилов*, Астрометрия и Астрофизика, **47**, 10, 1982.
25. *M.P.FitzGerald*, *Astron. J.*, **73**, 983, 1968.
26. *P.B.Lucke*, *Astron. Astrophys.*, **64**, 367, 1978.
27. *D.M.Gottlieb, W.L.Upson II*, *Astrophys. J.*, **157**, 611, 1969.
28. *J.Gernicharo, R.Bachiller, G.Duvert*, *Astron. Astrophys.*, **149**, 273, 1985.
29. *В.М.Терещенко, А.В.Харитонов*, Зональные спектрофотометрические стандарты, Тр. Астрофиз. ин-та АН КазССР, Наука, Алма-Ата, **21**, 1972.
30. *Я.Н.Чхиквадзе*, Астрофизика, **16**, 715, 1980.
31. *Я.Н.Чхиквадзе*, Астрофизика, **17**, 317, 1981.
32. *O.Struve*, *Astrophys. J.*, **106**, 338, 1947.
33. *И.М.Копылов*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв. **22**, 123, 1960.
34. *W.Wenzell*, *Astron. Nachr.*, **292**, 221, 1969.