

УДК 524.33+524.352

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МНОГОЦВЕТНЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ БЫСТРЫХ НЕПРАВИЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ
ЗВЕЗД С НЕПЕРИОДИЧЕСКИМИ ОСЛАБЛЕНИЯМИ БЛЕСКА

А. Ф. ПУГАЧ

Поступила 8 февраля 1983

Принята к печати 4 августа 1983

Опубликованные в печати многоцветные наблюдения VX Cas, UX Ori и WW Vul интерпретированы в рамках предположения об экранировании фотосферного излучения звезды нестационарным пылевым слоем. Вычислены относительные интенсивности фотосферы и условной хромосферы в полосах системы *UBV* и определены оптические свойства пылевого слоя. Расчетные зависимости «величина—показатель цвета» показывают удовлетворительное согласие с наблюдениями.

Фотоэлектрические наблюдения быстрых неправильных переменных звезд с непериодическими ослаблениями блеска, называемых в дальнейшем антивспыхивающими звездами (АВЗ), позволили установить особый вид зависимости между блеском и цветом. При падении блеска от нормального к минимальному показатели цвета $B-V$ и $U-B$ сначала увеличиваются, затем их рост приостанавливается и, начиная с некоторого значения блеска, показатели начинают уменьшаться [1, 5, 6, 9]. Такое цветовое поведение АВЗ отличает их от большинства других эруптивных звезд. Частный случай такого поведения — уменьшение показателей цвета звезды UX Ori в минимуме блеска — Зайцева [2] объяснила увеличением доли водородной эмиссии, составляющей около 15% от общего излучения в полосе B . Не обсуждая природу этой эмиссии, укажем только, что, по-видимому, в случае с АВЗ мы имеем дело с дополнительным ультрафиолетовым континуумом, хорошо известным у звезд типа Т Тельца и UV Кита, общепринятое объяснение которому до сих пор отсутствует [7].

Антивспыхивающие звезды в нормальном блеске имеют цветовые особенности, так как их показатели цвета отличаются от нормальных звезд тех же спектральных классов [11]. В частности, в излучении звезд VO Ser, UX Ori, RZ Psc и WW Vul в состоянии нормального блеска обнаружено дополнительное ультрафиолетовое излучение [4, 10, 14]. Обнаружение в

спектрах АВЗ эмиссионной линии H_{α} [4, 3] и зависимости ее эквивалентной ширины от блеска звезды [5] в совокупности с фактом присутствия ультрафиолетовых избытков легли в основу предположения о существовании у АВЗ протяженных хромосфер или корон, чей вклад в оптическое излучение звезд необходимо учитывать. Об энергетике и геометрии хромосфер (корон) активспыхивающих звезд никаких определенных сведений нет и предположение о больших размерах хромосфер (корон) основано на том факте, что как у $A_0 - B_0$ звезд [13], так и у быстрой неправильной переменной RU Lup, у которой наблюдается ослабление фотосферного излучения сгустками околозвездной пыли [12], обнаружены огромные внешние атмосферы, простирающиеся на расстояние от 10^{10} до $5 \cdot 10^{11}$ см.

Исходя из предположения о том, что сложный характер зависимости «цвет—величина» определяется изменением соотношения долей фотосферного и хромосферного излучений при появлении в околозвездном пространстве поглощающего пылевого слоя (абсорбента), автором [10] был предложен метод расчета величин и цветов активспыхивающей звезды как функции оптической толщи τ абсорбента. Результаты расчетов показали хорошее согласие с наблюдениями звезды RZ Psc [9]. Предложенный метод дал возможность не только вычислить доли фотосферного и хромосферного излучений, но и определить зависимость коэффициента поглощения абсорбента от длины волны.

В данной работе кратко изложены результаты применения этого метода к опубликованным трехцветным фотоэлектрическим наблюдениям АВЗ VX Cas, UX Ori и WW Vul [1, 2, 5, 6, 8]: Их UBV -величины были предварительно исправлены за межзвездное поглощение, указанное в работах [1, 2] по закону:

$$\Delta V = 3.2 \Delta(B - V); \quad \Delta(U - B) \hat{=} 0.8 \Delta(B - V).$$

В табл. 1 для каждой переменной построено приведены: название и спектр; средние наблюдаемые величины для максимума и минимума; величины межзвездного поглощения A_U , A_B и A_V для каждой полосы системы UBV ; редуцированные за межзвездное поглощение величины блеска u , b и v , которые использовались при расчетах; а также нормальные колориндексы $(B - V)_0$ для звезд V класса светимости соответствующего спектрального класса.

Результаты вычислений представлены в табл. 2. Здесь приведены: относительные интенсивности фотосферы I_k и условной хромосферы i_k в каждой полосе системы UBV ; оптическая толщина абсорбента $\tau_{v \max}$, соответствующая в полосе V наблюдаемому минимуму блеска; цвета хромосферы; предельно возможная звездная величина объекта в минимуме блеска m_k при $\tau = \infty$; в нижней строке таблицы даны соотношения оптических толщ абсорбента для разных полос системы UBV .

Таблица 1

	VX Cas, Sp A0			UX Ori, Sp A2			WW Vul, Sp A3		
	<i>V</i>	<i>B</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>B</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>B</i>	<i>U</i>
max	11. ^m 00	11. ^m 25	11. ^m 47	10. ^m 00	10. ^m 32	10. ^m 77	10. ^m 40	10. ^m 70	10. ^m 90
min	12.60	12.90	13.24	12.30	12.55	12.70	11.90	12.52	13.05
	<i>A_V</i>	<i>A_B</i>	<i>A_U</i>	<i>A_V</i>	<i>A_B</i>	<i>A_U</i>	<i>A_V</i>	<i>A_B</i>	<i>A_U</i>
	0. ^m 80	1. ^m 05	1. ^m 25	1. ^m 00	1. ^m 31	1. ^m 56	0. ^m 70	0. ^m 92	1. ^m 10
	<i>v</i>	<i>b</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>b</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>b</i>	<i>u</i>
max	10. ^m 20	10. ^m 20	10. ^m 22	9. ^m 00	9. ^m 01	9. ^m 21	9. ^m 70	9. ^m 78	9. ^m 80
min	11.80	11.85	11.99	11.20	11.24	11.14	11.20	11.60	11.95
	$(B - V)_0 = 0.m00$			$(B - V)_0 = 0.m04$			$(B - V)_0 = 0.m08$		

По данным табл. 2 вычислены теоретические величины и показатели цвета переменных в зависимости от величины параметра τ . Результаты этих вычислений (пунктирные кривые) сопоставлены на рисунках 1—3 с наблюдениями (точки).

Таблица 2

Параметр	Объект		
	VX Cas	UX Ori	WW Vul
<i>I_V</i>	0.79781	0.91562	0.89360
<i>I_B</i>	.79664	.88148	.83030
<i>I_U</i>	.80843	.68816	.81698
<i>l_V</i>	.20219	.08438	.10640
<i>l_B</i>	.20336	.10935	.09867
<i>l_U</i>	.17332	.13598	.09503
τ_{max}	2.79	2.96	1.82
$(B - V)_{\text{xp}}$	-0. ^m 01	-0. ^m 28	+0. ^m 08
$(U - B)_{\text{xp}}$	+0.17	-0.24	+0.04
$m_V(\tau_V = \infty)$	12. ^m 74	12. ^m 69	12. ^m 84
$m_B(\tau_B = \infty)$	12.98	12.72	13.15
$m_U(\tau_U = \infty)$	13.36	12.74	13.35
Закон поглощения абсорбента	$\tau_B = 1.33\tau_V$	$\tau_B = 1.31\tau_V$	$\tau_B = 1.32\tau_V$
	$\tau_U = 1.80\tau_V$	$\tau_U = 1.80\tau_B$	$\tau_U = 1.80\tau_V$

Анализ полученных результатов приводит к следующим выводам.

1. Поскольку закон поглощения абсорбента априори не известен, то при расчетах данным методом взаимосвязь между τ_V , τ_B и τ_U , т. е. коэффициенты X и Y при соотношениях

$$\tau_B = X\tau_V, \quad \tau_a = Y\tau_U$$

приходится подбирать эмпирически, подгоняя теоретическую кривую под наблюдения. Следует отметить, что метод весьма чувствителен к выбору X и Y . Так, например, изменение коэффициента Y всего на 0.05 заметно сдвигает расчетную кривую в сторону от наблюдаемой зависимости. В свя-

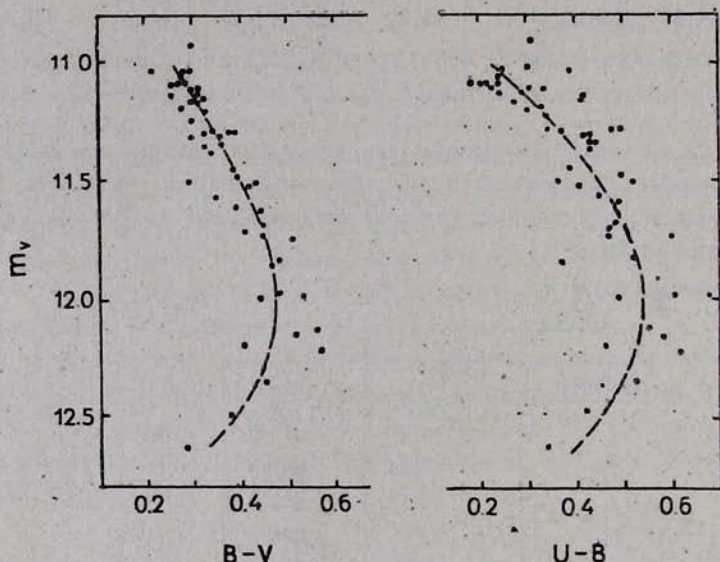


Рис. 1. Наблюдаемые (точки) и расчетные (пунктир) зависимости между величиной V и показателями цвета $B-V$ и $U-B$ для звезды VX Cas.

зи со сказанным особый интерес представляет тот факт, что у трех исследуемых переменных и у звезды RZ Psc [10] коэффициенты X и Y оказываются практически одинаковыми, что говорит о тождественности оптических свойств гипотетической пыли, вызывающей ослабления блеска АВЗ. Это обстоятельство оправдывает описание оптических свойств абсорбента разных звезд одним коэффициентом поглощения χ_λ , у которого, исходя из полученных средних значений

$$\bar{X} = 1.32, \quad \bar{Y} = 1.80,$$

зависимость от длины волны оказывается такой:

$$\chi_\lambda \propto \lambda^{-1.4}.$$

2. Сравнение полученных результатов с результатами, опубликованными в работе [10], показывает, что относительные доли хромосферного излучения у звезд ранних спектральных классов больше, чем у звезды спектрального класса K0. Более того, некоторое уменьшение i_k наблюдается внутри одного класса при переходе от подкласса A0 к подклассу A3 (см. табл. 2), что, по-видимому, является отражением общей тенденции уменьшения i_k при уменьшении температуры звезды.

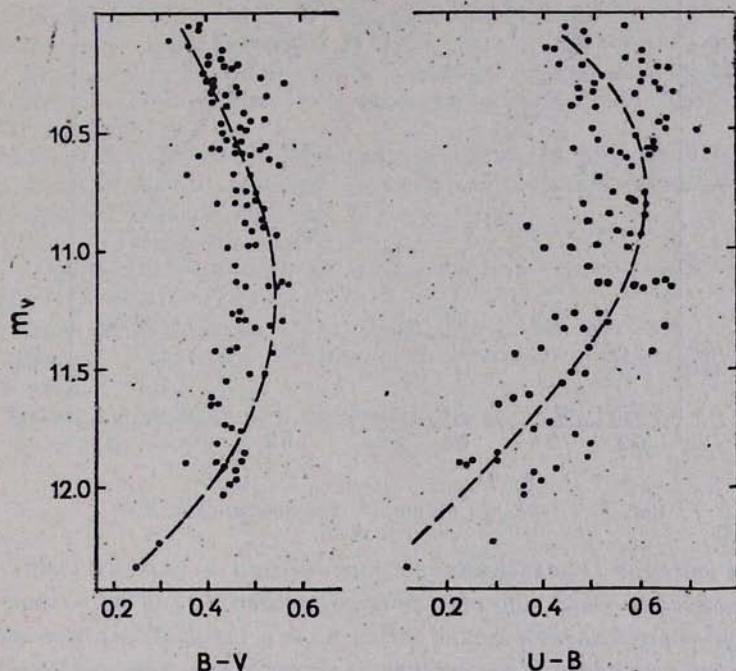


Рис. 2. То же, что на рис. 1, для звезды UX Ori.

3. Метод позволяет вычислить максимально возможную звездную величину объекта при $\tau = \infty$ (табл. 2), допуская, что абсорбент не экранирует излучение хромосферы. Тогда предельная звездная величина в минимуме определяется только светимостью хромосферы. Таким образом становится понятным, почему мы не наблюдаем очень больших амплитуд ослабления блеска АВЗ. Казалось бы, что амплитуда каждого ослабления блеска должна быть пропорциональна τ . На самом же деле излучение хромосферы ограничивает допустимые амплитуды в визуальной области спектра до 1^m74 у VX Cas, до 2^m69 у UX Ori и до 2^m44 у WW Vul.

4. Данный метод, по-видимому, можно использовать для независимого определения величины межзвездного поглощения. Теоретически это следует из того, что введение одного дополнительного неизвестного A_v в систему уравнений (1), (2) и (5) из работы [10] компенсируется возможностью увеличить число уравнений за счет привлечения наблюдений не только в максимуме и минимуме, но и в промежуточных точках.

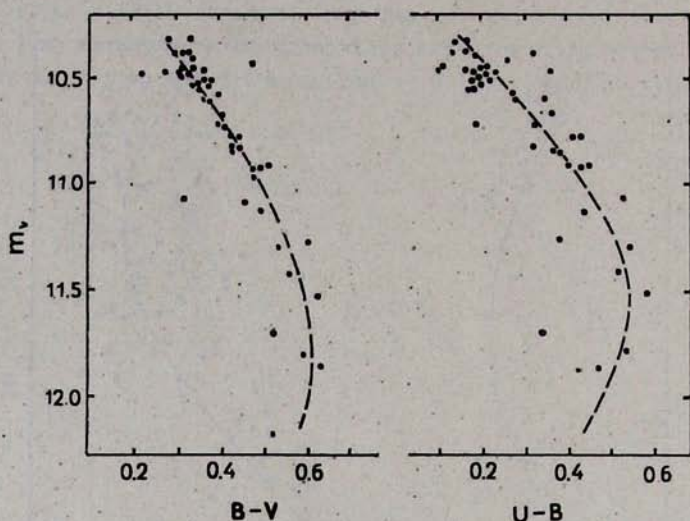


Рис. 3. То же, что на рис. 1, для звезды WW Vul.

Таким образом, предположение о появлении в нижних слоях протяженных хромосфер АВЗ диссипирующего пылевого слоя не только объясняет колориметрическое поведение АВЗ, но и в рамках предложенного метода позволяет определить оптические свойства пыли, которые оказываются практически тождественными у четырех исследованных нами звезд.

Главная астрономическая
обсерватория АН УССР

ON INTERPRETATION OF MULTICOLOUR OBSERVATIONS OF THE RAPID IRREGULAR VARIABLES WITH UNPERIODIC LIGHT FADINGS

A. F. PUGACH

Multicolour observations of VX Cas, UX Ori and WW Vul are interpreted on the ground of hypothesis of light veiling of the photospheric radiation by a variable dust-layer. Optical parameters of the layer

and relative intensities of photosphere and chromospheric radiation are obtained. Calculated "magnitude—colour-index" relations agree with the *UBV* observations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Зайцева, *Переменные звезды*, 17, 294, 1970.
2. Г. В. Зайцева, *Переменные звезды*, 19, 63, 1973.
3. Г. В. Зайцева, В. Ф. Есипов, *Астрон. цирку.*, № 712, 7, 1972.
4. Г. В. Зайцева, Е. А. Колотилов, *Астрофизика*, 9, 185, 1973.
5. Е. А. Колотилов, *Астрофизика*, 13, 33, 1977.
6. Е. А. Колотилов, Г. В. Зайцева, В. И. Шеназрин, *Астрофизика*, 13, 449, 1977.
7. Л. В. Мирзоян, *Нестационарность и эволюция звезд*, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1981, стр. 379.
8. А. Ф. Пугач, *Астрометрия и Астрофизика*, вып. 30, 8, 1979.
9. А. Ф. Пугач, в сб. «Вспыхивающие звезды, флуоры и объекты Хербига—Аро», Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1980, стр. 153.
10. А. Ф. Пугач, *Астрофизика*, 17, 87, 1981.
11. А. Ф. Пугач, *Антивспыхивающие звезды*, Препринт Ин-та теорет. физики АН УССР, ИТФ-81-128 Р, Киев, 1981.
12. L. E. Cram, M. S. Gimpapa, C. L. Imhoff, *Ap. J.*, 238, 905, 1980.
13. J. Köppen, U. Finkenzeller, R. Mundt, M. Beltrametti, *Astron. Astrophys.*, 112, 174, 1982.
14. W. Wenzel, V. Brückner, *Mitt. Veranderl. Sterne*, 8, 35, 1978.