

УДК: 524.336.7—355:520.84

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕПРАВИЛЬНЫХ
ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД SV Cep, UX Ori И DD Ser

Л. В. ТИМОШЕНКО

Поступила 4 мая 1984

Принята к печати 15 сентября 1984

По 19 спектрограммам для трех переменных с непериодическими ослаблениями блеска SV Cep, UX Ori, DD Ser, полученным на 2-метровом телескопе ШАО НПО КИ АН Азерб.ССР с дисперсией 94 Å/мм у H_γ , проведена двумерная количественная спектральная классификация этих переменных. По нескольким классификационным критериям, основанным на линиях металлов, определены средние спектральные классы для каждой звезды: A0 — для SV Cep, A3 — для UX Ori и A5 — для DD Ser. Обнаружено изменение спектрального класса звезды SV Cep от A0 до A3 от ночи к ночи; возможно, это связано с наличием холодных областей на поверхности звезды. Средние значения абсолютных звездных величин по спектрам SV Cep, UX Ori и DD Ser составляют, соответственно, $M_V = -0^m5$, $M_V = 0^m6$ и $M_V = 0^m2$, что соответствует гигантам III класса светимости. Глубины водородных линий и K Ca II заметно превышают глубины в спектрах стандартных звезд того же спектрального класса и класса светимости, что объясняется вкладом дополнительного поглощения в оболочке. Рассмотрение имеющихся в литературе фотографических наблюдений звезды DD Ser, охватывающих период в 25 лет, позволяет заподозрить цикличность ослаблений ~ 4 лет.

1. Введение. Среди всего многообразия неправильных переменных выделяется группа звезд, основной фотометрической особенностью которых являются непериодические ослабления блеска с разной амплитудой и продолжительностью. Природа таких ослаблений блеска до сих пор не выяснена, хотя фотометрические исследования этих переменных проводятся с начала века.

Спектральные наблюдения всей группы звезд весьма малочисленны и неоднородны. В основном наблюдалась эмиссионная линия H_α и в некоторых случаях H_β [1—3]. По одной спектрограмме с дисперсией 75 Å/мм у H_γ для каждой из 25 таких звезд Хербиг [4] оценил спектральный класс и в некоторых случаях класс светимости.

В 1978 г. в ШАО АН Азерб.ССР начато планомерное исследование спектров неправильных переменных с непериодическими ослаблениями блеска [5—7]. В плане этих исследований приводятся результаты изучения трех аналогичных переменных раннего спектрального класса.

2. *Наблюдения.* Спектральные наблюдения переменных SV Ser, UX Ori и DD Ser проводились в 1981, 1983 гг. на 2-метровом телескопе ШАО АН Азерб.ССР с помощью призменного спектрографа с дисперсией 94 А/мм у H_1 , установленного в фокусе Кассегрена. Все спектры исследуемых и стандартных звезд снимались на пластинках Kodak 103 а-О в фотографической области в интервале длин волн $\lambda\lambda$ 3650—5000 А и обрабатывались в стандартных условиях. Всего получено 19 спектрограмм для трех исследуемых звезд и 42 спектрограммы стандартных звезд. Данные спектральных наблюдений, моменты середины экспозиций и длительность экспозиций приведены в табл. 1.

Таблица 1

ДАННЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
SV Ser, UX Ori И DD Ser

№ спектра	Дата	UT (середина)	Время экспозиции
SV Ser			
1	29.09.1981	17 ^h 40 ^m	40 ^m
2		18 36	45
3		20 00	50
4	13.10.1981	19 35	40
5		20 30	60
6	14.10.1981	16 00	30
7		16 45	30
8	17.11.1982	15 52	15
9		16 18	25
10		16 40	20
11		17 17	25
12		18 00	30
UX Ori			
13	28.11.1983	16 30	20
14		17 00	30
15		17 35	40
16		18 22	30
17		18 52	30
DD Ser			
18	26.07.1983	18 40	20
19		19 05	20

3. *Обработка наблюдений. Спектральная классификация.* Полученные спектры были использованы для проведения двумерной классификации.

Методика проведения двумерной количественной классификации переменных звезд этого типа описана в [6] для WW Vul.

По всем полученным спектрограммам исследуемых звезд определены эквивалентные ширины линий для выбранных критериев двумерной спектральной классификации [8]. Результаты определений эквивалентных ширины линий металлов, входящих в критерии по спектральному классу S_p и абсолютной звездной величине M_V , представлены в табл. 2.

На рис. 1(a, b) на калибровочные кривые для определения S_p и M_V нанесены соответствующие значения эквивалентных ширины W_λ их сумм и отношений. Кроме этого, на рис. 1a показана ошибка определения спектрального класса в пределах 3τ . Эти ошибки указаны с двух сторон на каждом графике отдельно для спектральных классов A и F, т. к. в диапазоне F0—F8 подъем калибровочных кривых, как правило, более крутой, чем для интервала B9—A7. Все полученные по разным критериям спектральные классы S_p и абсолютные звездные величины M_V объединены в таблицу 3.

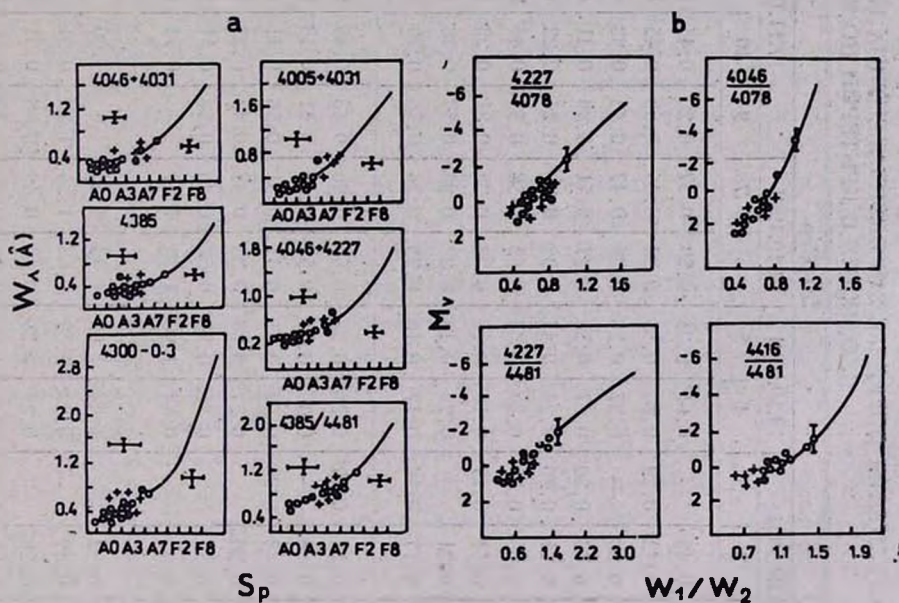


Рис. 1. Калибровочные кривые с нанесенными значениями W_λ для определения S_p (рис. 1a) и M_V (рис. 1b).

Отметим, что критерии спектральной классификации, отобранные для стационарных звезд, мы применяем к переменным звездам, считая, что в каждый момент их можно характеризовать как стационарные. Это предположение справедливо, если изменения в звезде происходят адиабатически. Поскольку справедливость этого условия не очевидна, то мы можем ожи-

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ШИРИН ЛИНИЙ МЕТАЛЛОВ,
ВХОДЯЩИХ В КРИТЕРИИ ПО S_p И M_V

λ (Å)	Элемент	SV Cep												UX Ori					DD Ser	
		29.09.1981			13.10.1981		14.10.1981		17.11.1982				28.11.1983					26.07.1983		
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
4481	Mg II	0.36	0.45	—	0.61	0.28	0.29	0.37	0.20	0.45	0.31	0.32	0.90	0.64	0.60	0.56	0.57	0.74	0.39	
4416	Fe II	0.37	0.42	0.29	0.88	0.30	0.30	0.46	0.53	0.45	0.37	0.42	0.45	0.34	0.40	0.39	0.45	0.53	0.53	
4385	Fe II	0.28	0.20	—	0.27	0.28	0.38	0.47	0.43	0.33	0.26	0.35	0.43	0.51	0.43	0.47	0.54	0.68	0.33	
4300	Fe II Ti II	0.25	0.43	0.20	0.37	0.31	0.47	0.51	0.38	0.41	0.37	0.37	0.26	0.44	0.32	0.42	0.69	0.73	0.34	
4227	Ca I	0.24	0.21	0.30	0.24	0.44	0.35	0.23	0.24	0.23	0.35	0.35	0.43	0.30	0.43	0.45	0.40	0.40	0.32	
4078	Sr II	0.29	0.39	0.39	0.39	0.44	0.53	0.58	0.31	0.45	0.29	0.42	0.64	0.61	0.60	0.65	0.80	0.54	0.32	
4046	Fe I	0.17	0.11	0.17	0.10	0.17	0.28	0.23	0.21	0.23	0.33	0.25	0.33	0.20	0.20	0.42	0.35	0.41	0.55	
4031	Mn I	0.12	0.21	—	0.21	0.15	0.22	0.23	0.33	0.28	0.26	0.20	0.30	0.25	0.31	0.40	0.40	0.35	0.30	
4005	Fe I	0.19	0.17	0.19	0.17	0.16	0.33	0.36	0.28	0.30	0.23	0.29	0.20	0.27	0.35	0.34	0.39	0.39	0.23	
4046+4227		0.37	0.31	0.37	0.29	0.39	0.63	0.46	0.45	0.46	0.68	0.60	0.76	0.50	0.89	0.87	0.84	0.81	0.87	
4005+4031		0.31	0.38	—	0.38	0.31	0.55	0.59	0.61	0.58	0.49	0.49	0.50	0.52	0.66	0.74	0.79	0.74	0.53	
Sp 4300—03		0.25	0.43	0.20	0.37	0.31	0.47	0.51	0.38	0.41	0.37	0.37	0.26	0.44	0.32	0.42	0.69	0.73	0.34	
4385		0.28	0.20	—	0.27	0.28	0.38	0.47	0.43	0.33	0.26	0.35	0.43	0.51	0.43	0.47	0.54	0.68	0.33	
4046+4031		0.29	0.32	—	0.31	0.32	0.50	0.46	0.54	0.51	0.59	0.45	0.63	0.45	0.51	0.82	0.75	0.76	0.83	
4385/4481		0.78	0.45	—	0.44	1.00	1.30	1.27	—	0.73	0.84	1.09	0.47	0.84	0.72	0.83	0.90	0.92	0.85	
4416/4481		1.02	0.92	—	1.44	1.09	1.03	1.26	—	1.00	1.19	1.31	0.50	0.53	0.66	0.69	0.78	0.72	1.30	
4227/4481		0.67	0.47	—	0.39	1.57	1.62	1.26	1.20	0.51	1.13	1.09	0.47	0.46	0.71	0.80	0.70	0.54	0.82	
M 4046/4078		0.59	0.28	—	0.26	0.39	0.53	0.40	0.68	0.51	1.10	0.60	0.52	0.33	0.33	0.64	0.44	0.76	1.70	
4227/4078		0.83	0.54	0.77	0.62	1.00	0.66	0.40	0.77	0.51	0.88	0.83	0.67	0.49	0.71	0.69	0.50	0.74	1.00	

дать различия в оценке параметров переменных звезд, определяемых по разным критериям спектральной классификации. Поэтому необходимо выявить те критерии из таблицы 3, которые вносят значительную неопределенность и большой разброс в оценках спектрального класса и абсолютной звездой величины.

С целью выяснения однородности критериев нами было проведено осреднение S_p и M_V по каждому критерию. Осреднение проводилось по горизонтали табл. 3, отдельно для каждой звезды. Эти данные также представлены в этой таблице. Таблица показывает, что есть критерии, дающие значительные отклонения в оценках S_p и M_V от средних оценок этих параметров. Так для SV Cer таким критерием является $\lambda 4385/\lambda 4481$, для DD Ser $\lambda 4046 + \lambda 4031$, а для UX Ori аномальных критериев не обнаружено, хотя разброс в S_p больше, чем у остальных двух звезд.

Для классификации по абсолютной звездной величине аномальным критерием, как выяснилось при усреднении M_V в табл. 3 по горизонтали, является $\lambda 4046/\lambda 4078$, вследствие чего получается очень большой разброс $\sim \pm 2^m$ в определении абсолютной звездной величины SV Cer.

Отметим, что для разных звезд критерии, выпадающие по однородности, различны. Для SV Cer наблюдается неплохое согласие между спектральными классами по разным критериям и отчетливое разбиение спектральных классов на две группы, чего нельзя сказать о UX Ori, хотя, как следует из табл. 3, ее спектральный класс меняется в пределах A3—A5, однако разброс по разным критериям в некоторых случаях составляет ~ 0.5 спектрального класса. Такой разброс спектральных классов по разным критериям замечен и по спектрам DD Ser. Напротив, по абсолютной звездной величине разброс незначителен для тех звезд, для которых он большой по S_p , а именно, для UX Ori и DD Ser. В то же время для этих двух звезд все критерии по абсолютной звездной величине хорошо согласуются друг с другом.

Теперь, когда выяснилось, какие из критериев выпадают по однородности, можно в табл. 3 более уверенно провести усреднение S_p и M_V по разным критериям, исключая аномальные. Поэтому в таблице указан средний спектральный класс $\bar{S}_p$ и средняя абсолютная звездная величина $\bar{M}_V$, определенные по каждому спектру.

Полученные данные по спектральному классу и абсолютной звездной величине нанесены на диаграмму $S_p - M_V$, которая представлена на рис. 2. Линии разных классов светимость проведены по данным [9] на основании того, что, как уже отмечалось в [8], полученная система спектральной классификации близка к системе МК.

Рис. 2 показывает, что для SV Cer изменение спектрального класса от A0 до A3 ($\sigma_{S_p} = 0.7$ спектрального подкласса) перемещает звезду по

ПОЛУЧЕННЫЕ ПО РАЗНЫМ КРИТЕРИЯМ СПЕКТРАЛЬНЫЕ

Критерии спектральной классификации		SV Cep									
		29.09.1981			13.10.1981		14.10.1981		17.11.1982		
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
1	λ 4046+ λ 4227	A0	B9	A0	B9	A1	A3	A2	A2	A2	
2	λ 4005+ λ 4031	B9	A0	—	A0	B9	A3	A4	A3	A2	
3	λ 4300	B9	A2	B9	A1	A0	A3	A4	A2	A2	
4	λ 4385	A1	B9	—	A0	A1	A3	A6	A5	A4	
5	λ 4046+ λ 4031	B9	B9	—	B9	B9	A2	A1	A4	A3	
6	λ 4385/4481	A1	B9	—	B9	A5*	A7*	A7*	—	A0	
	$\overline{Sp}$	A0	A0	A0	A1	A4	A4	A4	A3	A2	
1	λ 4416/ λ 4481	0. ^m 0	0.3	—	1.0	0.0	0.0	—1.0	—	0.0	
2	λ 4227/ λ 4481	0.0	0.5	—	1.0	—1.6	—2.0	—1.0	—1.0	0.8	
3	λ 4046/ λ 4078	1.0	2.0*	—	2.0*	2.0*	1.0	—1.5*	0.0	0.8	
4	λ 4227/ λ 4078	—1.5	0.0	—1.0	—0.2	—2.0	—0.5	1.0	—1.0	0.3	
	$\overline{M}_V$	—0. ^m 5	0.3	—1.0	0.6	—1.2	—0.8	—0.3	—1.0	0.4	

линии III класса светимости. Среднее значение абсолютной звездной величины для спектров SV Cep составляет $M_V \approx \sim 0^m.5 \pm 0^m.5$. Звезды

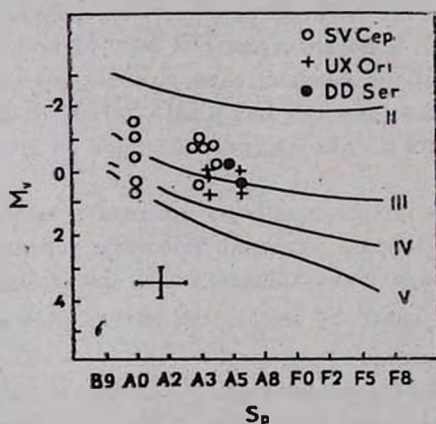


Рис. 2. Диаграмма $Sp-M_V$ для критериев классификации по линиям металлов.

UX Ori и DD Ser также располагаются в области гигантов III класса светимости спектральных классов A3 и A5 и с абсолютными звездными величинами, соответственно, $M_V \approx 0^m.6 \pm 0^m.5$ и $M_V \approx 0^m.2 \pm 0^m.5$.

Таблица 3

КЛАССЫ S_p И АБСОЛЮТНЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ M_V

SV Cep		Sp	UX Ori					Sp	DD Ser		Sp
17.11.1982			28.11.83						26.07.1983		
11	12		13	14	15	16	17		18	19	
A4	A3	A2	A3	A2	A2	A7	A5	A4	A5	A7	A6
A1	A1	A1	A5	A7	A5	A7	A7	A6	A5	A2	A4
A1	A1	A1	A0	A3	A2	A3	A5	A3	A5	A2	A4
A1	A4	A2	A2	A2	A3	A5	A5	A4	A9	A3	A6
A4	A2	A1	A5	A2	A7	A7	A7	A6	A5	A9	A7
A3	A5	A4	A0	A3	A3	A3	A5	A3	A5	A5	A5
A3	A3	A2	A3	A3	A3	A5	A5	A4	A5	A5	A5
-0.2	-0.8	-0.1	1 ^m 0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.0	0.4
-0.8	-0.4	-0.4	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	0.2	0.6
-3.0°	0.5°	0.5	1.0	1.5	1.5	0.2	1.5	1.2	0.5	-1.0	-0.3
-1.5	-1.2	-0.7	0.0	1.0	-0.9	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0
-0.8	-0.8	-0.3	0 ^m 7	1.0	0.4	0.3	0.8	0.6	0.6	-0.2	0.2

4. Эквивалентные ширины и профили линий. По всем спектрограммам SV Ser, UX Ori и DD Ser подсчитаны эквивалентные ширины и построены контуры линий водорода H_β , H_γ , H_δ и ионизованного кальция K Ca II.

Таблица 4

Линия	W _λ (Å)										W _λ ср.	A0 III	A3 III
	29.09.1981			13.10.1981		14.10.1981	17.11.1982						
	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12			
H _β	7.8	10.0	10.0	8.2	6.7	8.5	7.6	10.0	9.4	8.8	9.0	13.2	7.8
H _γ	14.2	15.0	13.6	12.3	11.7	13.6	12.6	14.4	13.6	16.2	14.0	14.7	10.6
H _δ	12.6	12.6	13.5	9.8	13.6	12.6	11.7	14.9	14.3	14.5	13.0	11.0	9.6
KCa II	0.8	0.8	0.8	0.4	0.7	0.6	0.1	0.1	0.2	e	0.5	0.5	1.3

Аналогично результатам, полученным по WW Vul, можно ожидать, что спектральный класс, формально определяемый по разным линиям водорода, будет разным для одного и того же спектра. Вследствии чего линии водорода не могут служить критериями спектральной классификации, т. к. они имеют, по-видимому, не чисто фотосферное происхождение.

В табл. 4 представлены данные по эквивалентным ширинам линий водорода и K Ca II в спектрах SV Ser. Здесь же для сравнения даны W_λ .

линий в спектрах стационарных звезд спектральных типов A0 III и A3 III.

Как отмечалось выше (табл. 3), за время наблюдений SV Cep ее спектральный класс по линиям металлов изменился от A0 до A3. В то же время, согласно табл. 4, с эквивалентными ширинами линий водорода такого изменения не произошло. Среднее значение $W_\lambda(H_\beta)$ значительно меньше, чем у стационарной звезды A0 III и соответствует приблизительно спектральному типу A3 III. В остальные даты, когда спектральный класс по линиям металлов определен как A3, значения W_λ близки к A3 III. По линии H_γ среднее значение эквивалентной ширины соответствует A0 III, а для H_δ превышает значение W_λ у A0 III.

В наблюдательном сезоне 1981 г., когда спектральный класс SV Cep по линиям металлов — A0, по линии K Ca II значения W_λ (Ca II) указывают на спектральный тип A0 III. Однако в 1982 г., как уже отмечалось в работе [10], абсорбционная линия K Ca II была практически не видна, а в некоторых случаях находилась в эмиссии.

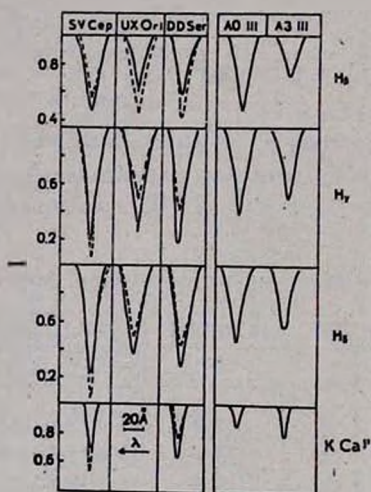


Рис. 3. Контуры линий водорода и K Ca II в спектрах SV Cep, UX Ori и DD Ser.

На рис. 3 представлены контуры линий водорода и K Ca II. Сплошными линиями показаны наиболее часто повторяющиеся контуры, а пунктиром — заметно отличающиеся от среднего. Для сравнения на рис. 3 представлены контуры линий нормальных звезд спектральных типов A0 III и A3 III. В нижней части рисунка указан масштаб в длинах волн, а стрелка указывает на направление возрастания λ . Как видно из рис. 3 контуры линий в спектрах исследуемых звезд имеют форму, близкую к треугольной, с неширокими крыльями и сравнимы по ширине на уровне

континуума с шириной линии в спектрах стационарной звезды III класса светимости. Однако глубины линий водорода и K Ca II в большинстве случаев превышают глубину линий в спектре стандартной звезды спектрального класса A0.

5. *Обсуждение.* Исследование трех переменных звезд с непериодическими ослаблениями блеска выявило, что все они расположены выше главной последовательности в области гигантов III класса светимости.

Одна из исследуемых звезд — SV Ser, как указывалось в работе [10], во время наших спектральных наблюдений была в относительно устойчивом состоянии с повышенным уровнем блеска. В то же время проведение двумерной количественной спектральной классификации выявило изменение спектрального класса SV Ser от ночи к ночи в диапазоне A0—A3; возможно это объясняется наличием температурных неоднородностей на поверхности звезды, аналогично звезде WW Vul для которой мы получили такой вывод на основании одновременных спектральных и фотометрических данных, относящихся к различным уровням блеска звезды. На общность исследуемых звезд со звездой WW Vul указывает и то, что линии водорода, по-видимому, имеют не чисто фотосферное происхождение, т. к. по разным линиям водорода Sp различен, а глубины заметно превышают глубины линий в спектрах стандартных звезд, это возможно объясняется вкладом дополнительного поглощения в оболочке.

Еще надо отметить, что для звезды DD Ser спектральный класс был ранее определен как A0 [11]. Наша классификация показала, что по линиям металлов спектральный класс этой звезды более поздний — A5, хотя в то же время контуры линий водорода и K Ca II можно вполне сравнить с линиями в спектре нормальной звезды A0 III, что сближает ее с быстрыми переменными с непериодическими ослаблениями блеска.

Рассмотрение имеющихся в литературе фотографических наблюдений [12], охватывающих период в 25 лет, свидетельствует, что DD Ser в основном находилась в ярком состоянии блеска вблизи $m_{pg} \approx 10^m7$ со значительными флуктуациями $\Delta m_{pg} = 10^m5 - 11^m0$ (рис. 4). Однако даже на таком фоне хорошо выделяются минимумы до $m_{pg} \approx 11^m5$ (JD 243 6024—6103 и JD 243 8502—8667). Каждая точка соответствует значению блеска, усредненному за 5 ночей наблюдений.

В каталоге ОКПЗ [11] DD Ser относят к долгопериодическим переменным, Пугач [13] определил ее в группу кандидатов в «антивспыхивающие звезды». На основании нашего анализа этот объект нельзя с уверенностью отнести к быстрым переменным с непериодическими ослаблениями блеска, т. к. в чередовании минимумов этой звезды намечается некоторая закономерность. Действительно, если снова обратиться к рис. 4, то можно видеть, что как раз в середине между двумя глубокими минимумами нахо-

дится менее заметный минимум (JD 243 7500). Предполагая, что характерное время между ослаблениями блеска составляет ~ 4 года (промежутки между тремя минимумами), на кривой можно обнаружить некоторые ослабления блеска, подтверждающие этот цикл (JD 243 4700 и JD 23 1700).

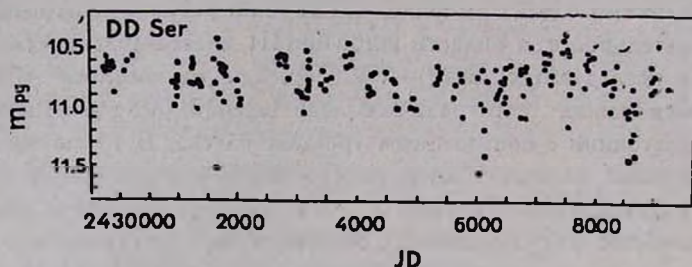


Рис. 4. Кривая фотографических наблюдений DD Ser за 25 лет.

В заключение хочу выразить глубокую признательность Р. Е. Гершбергу за постановку задачи и постоянное внимание к данной работе в ходе ее выполнения.

Шемахинская астрофизическая
обсерватория

SPECTRAL STUDY IRREGULAR VARIABLES SV Cep, UX Ori and DD Ser

L. V. TIMOSHENKO

Two-dimensional quantitative classification is carried out for three variables with nonperiodic light minimums SV Cep, UX Ori and DD Ser, using 19 spectrograms obtained on the two-meter telescope with 94 Å/mm dispersion for H_γ at the Shemakha Astrophysical observatory, Azerbaijan SSR. Mean spectral classes are determined for each star according to some classification criteria, based on metal lines: A0 — for SV Cep, A3 — for UX Ori and A5 — for DD Ser. The spectral class of SV Cep star is found to be changed from A0 to A3 from night to night; apparently due to the presence of cold regions on the star's surface. The mean absolute magnitudes over SV Cep, UX Ori and DD Ser spectra are $M_V = -0^m.5$, $M_V = 0^m.6$ and $M_V = 0^m.2$, respectively, which corresponds to the giants of the III luminosity class. The depths of hydrogen lines and K Ca II are well above the depths in the standard star spectra, belonging to the same spectral and luminosity

classes, which may be interpreted by the additional absorption contributed to the shell. The study of DD Ser photographic observations available in literature and covering the period of 25 years permits to suspect the minimum cycle of 4 years.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Колотилов, *Астрофизика*, 13, 33, 1977.
2. Е. А. Колотилов, Г. В. Зайцева, *Астрофизика*, 12, 31, 1976.
3. Г. В. Зайцева, Е. А. Колотилов, *Астрофизика*, 9, 185, 1973.
4. G. H. Herbig, *Ap. J.*, Lett., 131, 632, 1960.
5. Л. В. Тимошенко, Г. К. Филиппов, *Астрофизика*, 19, 513, 1983.
6. Л. В. Тимошенко, *Астрометрия и Астрофизика*, 55, 1984 (в печати).
7. Л. В. Тимошенко, *Астрофизика*, 17, 519, 1981.
8. Л. В. Тимошенко, *Астрометрия и Астрофизика*, 55, 1984 (в печати).
9. P. C. Keenan, *Contr. Perkins Obs.*, Ser., 1, 62, 1963.
10. В. И. Кардополов, Г. К. Филиппов, Л. В. Тимошенко, *Переменные звезды* (в печати).
11. Б. В. Кукаркин и др., *Общий каталог переменных звезд*, III изд., М., 1969.
12. В. П. Цесевич, Б. А. Драгомарецкая, *Звезды типа RW Всяничего*, Киев, 1973.
13. А. Ф. Пузач, *Антивспыхивающие звезды*, Препринт ИТФ, Киев, 1981.