

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

ФЕВРАЛЬ, 1974

ВЫПУСК 1

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ SS CYG\*

М. БРЕТЦ, А. В. МИРЗОЯН, В. С. ОСКАНЯН

Поступила 24 января 1974

Выполнена UVV-фотометрия SS Cyg на нисходящей ветви кривой блеска новоподобной вспышки вблизи минимума. Цвета определены на разных частях кривой блеска и в периоды четырех быстрых „вспышек“. Показано, что эти быстрые вспышки накладываются на сравнительно большие по амплитуде и продолжительности вспышки — средние между циклическими и быстрыми вспышками. Определенные по цветам быстрых вспышек истинные цвета избыточного излучения, накладывающегося на „нормальное“ излучение звезды в периоды быстрых вспышек, часто отклоняются от цветов излучений, порождаемых известными процессами излучения. Измеренные лучевые скорости по двум спектрограммам согласуются с кривой лучевых скоростей при использовании фазового соотношения Уокера и Кинкарни.

*Введение.* Появление за последние десятилетия большого числа исследований, посвященных переменным звездам типа U Gem, значительно обогатило наши сведения об этих звездах. Выяснены многие закономерности излучения звезд типа U Gem. Изучены общие характеристики, спектральные особенности и их изменения во времени. Установлено, что почти все звезды этого типа являются двойными [1].

Во всех этих исследованиях основное внимание уделялось изменениям, связанным с циклическими, новоподобными вспышками звезд типа U Gem. Следует отметить, однако, что более или менее успешного истолкования этих крупномасштабных изменений интенсивности излучения переменных звезд этого типа пока не имеется. †

Львиная доля исследований по звездам типа U Gem посвящена звезде SS Cyg — ярчайшему представителю этого класса звезд.

\* Фотоэлектрические наблюдения SS Cyg, лежащие в основе настоящей работы, были выполнены в 1966 г. Однако вследствие тяжелой болезни и последующей смерти М. Бретц записи этих наблюдений были затеряны, что надолго задержало их опубликование.

Промежуток времени между двумя последовательными вспышками (цикл) для SS Cyg составляет около 50 *суток*, а амплитуда вспышек равна  $\sim 4^m$ .

С точки зрения возможной необычной природы нестационарных физических процессов, происходящих в атмосферах или во внешних слоях звезд типа U Gem, значительный научный интерес представляют быстрые неправильные изменения их излучения, во много раз уступающие по масштабам (амплитуда порядка десятых долей звездной величины, а продолжительность не более 10 *минут*) циклическим изменениям. Такие быстрые неправильные изменения излучения SS Cyg были наблюдаемы, например, Г. Грантом [2] и М. Ф. Уокером [3].

Как показано в работе [4], отношения амплитуд быстрых изменений в различных областях спектра по данным М. К. Цукерман [5] свидетельствуют о необычном цвете и нетепловой природе наблюдаемых быстрых изменений излучения SS Cyg.

Этот вывод подтверждается более поздними спектральными наблюдениями М. Ф. Уокера и Г. Кинкарини [6] быстрых изменений спектра SS Cyg, указывающих на необычно резкое усиление коротковолнового излучения звезды при быстром возрастании ее яркости, необъяснимое при допущении о тепловой природе наблюдаемых изменений возникающего избыточного излучения в указанные периоды.

В настоящей статье излагаются результаты трехцветных фотоэлектрических наблюдений SS Cyg на нисходящей ветви и вблизи минимума кривой блеска очередной новоподобной вспышки. Результаты, относящиеся к быстрым изменениям излучения SS Cyg, поддерживают заключение о нетепловой природе этих изменений.

**Наблюдения.** Фотоэлектрические наблюдения SS Cyg в фотометрической системе, практически совпадающей с системой UBV, были выполнены в период 7—17 сентября 1966 г. на Обсерватории Верхнего Прованса (Франция) в касегреновском фокусе 80 см телескопа.

Эти наблюдения покрывают нисходящую ветвь 506-й зарегистрированной новоподобной вспышки, продолжительность которой была короче соседних, в особенности следующей, вспышек SS Cyg [7]. Период между моментами, когда звезда имела визуальную яркость  $10^m$ , соответственно на восходящей и нисходящей ветвях кривой блеска, для рассматриваемой новоподобной вспышки был равен 7 *суткам*, между тем как для предыдущей и последующей вспышек этот период был равен 9 и 16 *суткам*, соответственно [7]. Максимальная визуальная яркость SS Cyg во время рассматриваемой вспышки была равна  $8^m.7$  [7].

Имея в виду, что амплитуда изменений яркости SS Cyg обычно возрастает в сторону коротких длин волн, ее яркость записывалась преимущественно в ультрафиолетовых лучах. Эти наблюдения прерывались только для измерений яркости звезды в других лучах, когда подозревалось достаточно большое ее возрастание, или для измерений звезд сравнения и стандартных звезд.

В качестве звезд сравнения служили звезды  $\alpha$  ( $V = 9.80$ ,  $B - V = 0.38$ ,  $U - B = 0.27$ ) и  $d$  ( $V = 10.88$ ,  $B - V = 0.52$ ,  $U - B = 0.08$ ) из работы Г. Гранта и Г. А. Абта [8].

Общая продолжительность наших фотоэлектрических наблюдений, охватывающих промежутки времени представленные в табл. 1,

Таблица 1

ПЕРИОДЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ SS Cyg

Дата (1966)	Время (UT)	Вид наблюдений
7 сентября	21 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> — 23 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	Непрерывная запись в U-лучах, измерение яркости и цветов B-V, U-B
8—9	21 20 — 01 49	" "
9—10	19 30 — 02 04	" "
12	20 00 — 22 41	" "
14—15	20 34 — 02 17	Непрерывная запись в U-лучах, измерение цветов B-V, U-B быстрых "вспышек"
15	22 23 — 23 53	Непрерывная запись в U-лучах

составляет 22 часа 59 минут. Однако мы рассмотрим лишь часть из них, относящуюся к средним цветам SS Cyg, определенным по несколько раз в каждую ночь и в периоды быстрых и достаточно больших для регистрации изменений излучения ночью 14—15 сентября.

*Цвета SS Cyg на нисходящей ветви кривой новоподобной вспышки.* В период наших наблюдений цвет SS Cyg менялся очень медленно. Об этом свидетельствуют данные, собранные в табл. 2. Исключение составляют периоды быстрых неправильных изменений ее излучения, которые будут рассмотрены отдельно.

Данные табл. 2 показывают медленное и регулярное изменение показателей цветов U-B и B-V SS Cyg с ослаблением излучения звезды. Эти изменения указывают на покраснение звезды по показателю цвета B-V и на посинение по U-B с приближением звезды к

Таблица 2

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ  
SS CYG

JD 2439000+	V	B-V	U-B
376.404	9.46	0.02	-0.84
410	9.49	0.01	-0.84
424	9.56	0.01	-0.89
430	9.52	0.00	-0.81
439	9.51	0.01	-0.83
451	9.49	0.01	-0.80
456	9.54	0.01	-0.87
459	9.55	0.00	-0.80
462	9.56	0.00	-0.80
376.481	9.53	0.01	-0.81
377.392	9.85	0.02	-0.84
394	9.78	0.02	-0.84
426	9.93	0.01	-0.84
481	9.89	0.02	-0.85
377.569	9.88	0.04	-0.88
378.324	10.24	0.07	-0.89
339	10.17	0.04	-0.80
427	10.30	0.05	-0.89
496	10.29	0.09	-0.85
533	10.29	0.05	-0.87
378.556	10.29	0.10	-0.82
380.468	10.94	0.27	-0.90
381.345	11.39	0.43	-0.95
374	11.37	0.45	-1.02
380	11.44	0.42	-0.90
381.392	11.35	0.42	-0.94
383.370	11.41	0.36	-0.97
372	11.28	0.31	-0.96
419	11.52	0.48	-0.92
435	11.36	0.31	-0.95
454	11.52	0.44	-1.00
456	11.65	0.46	-0.99
480	11.43	0.39	-0.95
383.499	11.17	0.27	-0.98

минимуму блеска. Это наглядно видно на рис. 1, где представлены зависимости цветов от блеска в V-лучах.

Этот результат находится в согласии с наблюдениями других авторов. В частности, на такой ход показателей цветов B—V и U—B

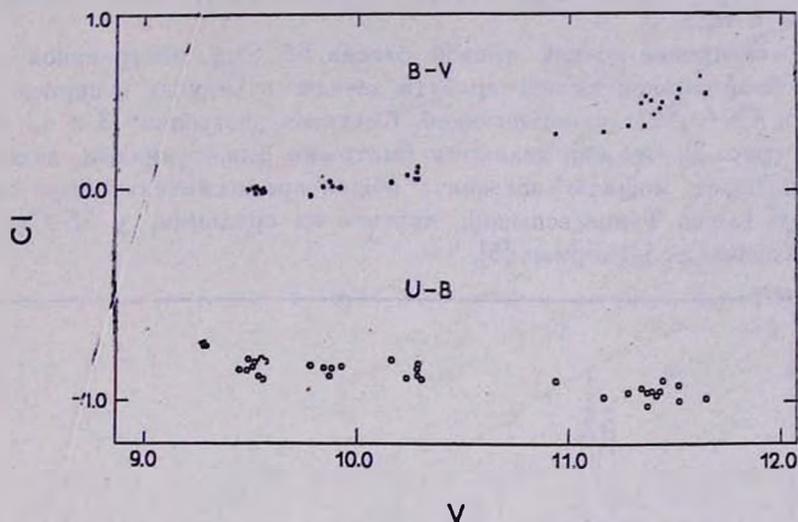


Рис. 1. Зависимость показателей цвета B—V и U—B от величины V на нисходящей ветви кривой блеска 506-й новоподобной вспышки SS Cyg.

на нисходящей ветви кривой блеска указывают более ранние фотоэлектрические наблюдения четырех новоподобных вспышек, выполненные К. К. Чуваевым [9].

*Быстрые неправильные изменения яркости и средние вспышки.* Наши фотометрические наблюдения подтверждают, что яркость SS Cyg изменяется почти непрерывно. На нисходящей ветви кривой блеска новоподобной вспышки наблюдались весьма частые быстрые неправильные изменения, в некоторых случаях напоминающие небольшие вспышки, наложенные на регулярно убывающее излучение звезды. Продолжительность этих вспышечноподобных изменений обычно не превышала 10 минут. Во всех наблюдаемых случаях амплитуда изменений или быстрых „вспышек“ возрастала при переходе к коротковолновой области спектра. Ночью 14—15 октября нами были выполнены трехцветные наблюдения нескольких наиболее ярких таких „вспышек“. На рис. 2 представлены результаты обработки этих наблюдений. Кривые изменения яркости SS Cyg между моментами измерений во всех случаях интерполированы прямолинейными отрезками. По

полученным ломаным линиям и определены показатели цвета В—V и U—В звезды для одинаковых моментов времени.

Полученные таким образом данные о ходе изменения яркости в V-лучах и показателей цвета В—V и U—В в охваченных наблюдениями частях четырех быстрых „вспышек“, отмеченных на рис. 2 цифрами, собраны в табл. 3.

Рассмотрение полной кривой блеска SS Cyg, построенной с помощью непрерывной записи яркости звезды в U-лучах в период  $JD_{\odot}$  2439383.476—542, охватывающей быстрые „вспышки“ 3 и 4, показывает (рис. 3), что они являются быстрыми флюктуациями, наложенными на более мощную вспышку, общей продолжительностью около полутора часов. Такие вспышки, назовем их средними, у SS Cyg ранее наблюдались Цукерман [5].

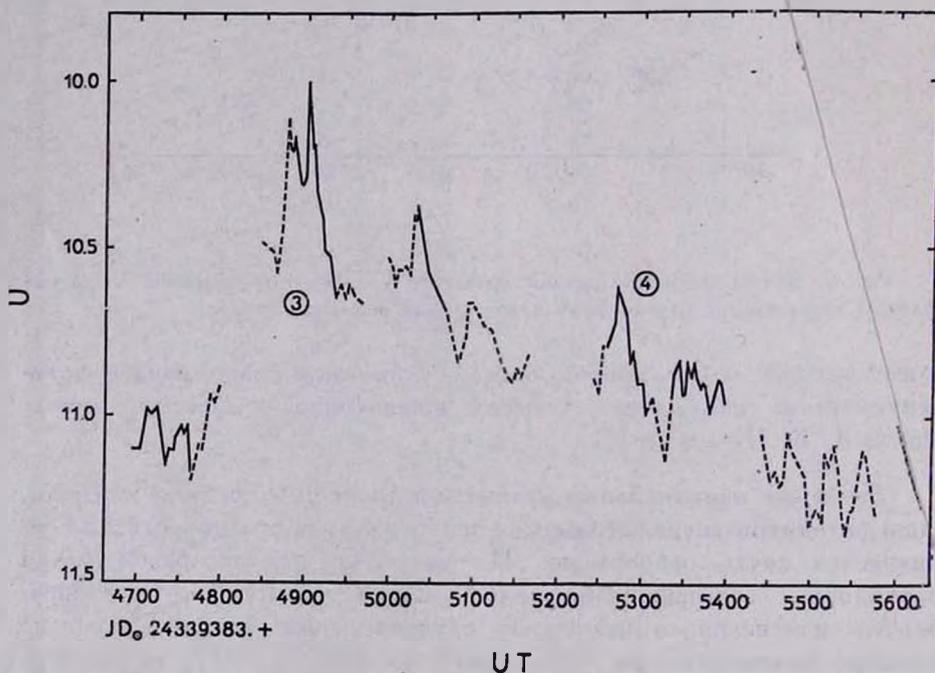
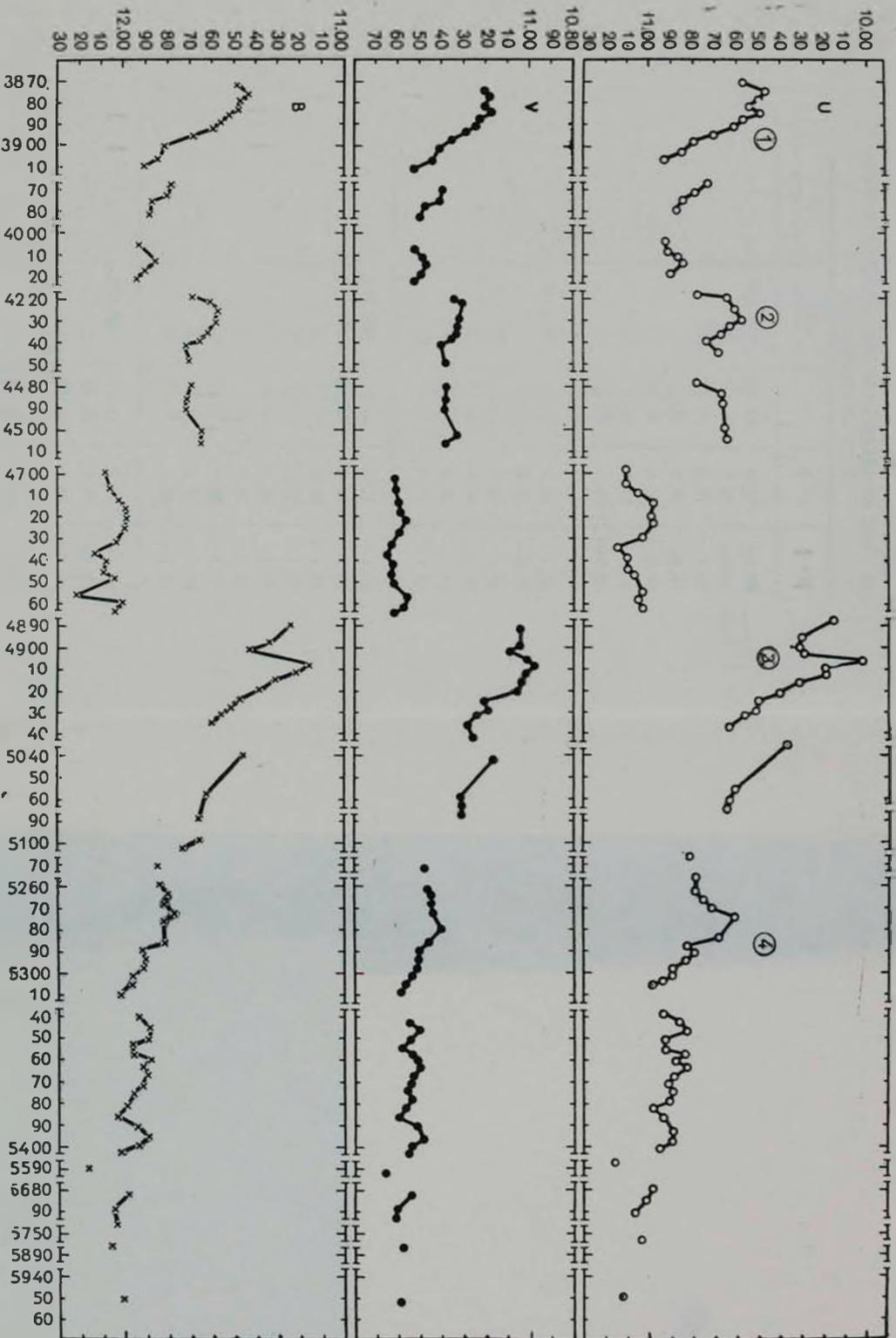


Рис. 3. Кривая блеска „средней“ вспышки SS Cyg, наблюдаемой ночью 14—15 сентября 1966 г. в лучах U. Сплошной линией отмечены отрезки, где одновременно выполнены наблюдения в лучах U, В и V. Цифры соответствуют „быстрым“ вспышкам (см. рис. 2).

Судя по непрерывной записи яркости SS Cyg, ночью 14—15 сентября 1966 г. имела место еще одна средняя вспышка с амплитудой, равной  $\sim 1^m$  (в U-лучах). Она зарегистрирована незадолго до вышеупо-



JD<sub>0</sub> 24339383 +

Рис. 2. UVV-наблюдения SS Cyg ночью 14-15 сентября 1966 г. Цифрами 1-4 отмечены "быстрые" всплески, рассмотренные в статье.

К. ст. М. Ветца и др.

Таблица 3  
 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЫСТРЫХ  
 „ВСПЫШЕК“ SS CYG

№ вспышки	JD <sub>2439000</sub>	V	B-V	U-B
1	383.3875	11.19	0.25	-0.98
	80	11.19	0.27	-0.96
	85	11.19	0.31	-1.03
	90	11.24	0.32	-0.97
	95	11.32	0.37	-1.00
	3900	11.40	0.42	-1.01
	05	11.44	0.40	-0.95
2	383.4220	11.35	0.31	-1.02
	25	11.30	0.28	-0.98
	30	11.31	0.27	-1.01
	35	11.33	0.29	-0.98
	40	11.37	0.32	-0.95
	45	11.39	0.31	-1.02
3	383.4895	11.04	0.21	-1.03
	4900	11.06	0.34	-1.09
	05	11.03	0.25	-1.11
	10	10.99	0.21	-1.00
	15	11.03	0.29	-1.05
	20	11.06	0.34	-1.02
	25	11.21	0.28	-1.00
	30	11.21	0.32	-1.03
35	11.27	0.33	-1.00	
4	383.5260	11.47	0.36	-1.04
	65	11.45	0.37	-1.05
	70	11.44	0.34	-1.06
	75	11.43	0.39	-1.20
	80	11.40	0.43	-1.16
	85	11.45	0.37	-1.07
	90	11.50	0.42	-1.10
	95	11.51	0.40	-1.06
	5300	11.53	0.42	-1.06
	05	11.57	0.42	-1.01

мянutoй средней вспышки. Быстрая „вспышка“ 1 находится на нисходящей ветви этой средней вспышки. Одна небольшая средняя вспышка с амплитудой  $0^m.5$  была зарегистрирована ночью 15—16 сентября.

Данные о всех трех средних вспышках, зарегистрированных нами, приведены в табл. 4. Возгорание всех указанных вспышек продолжалось более 10 минут.

Таблица 4

ДАННЫЕ О СРЕДНИХ ВСПЫШКАХ SS Cyg

Время	Момент максимума	$U_{\max}$	Амплитуда $\Delta U$
JD $\odot$ 2439000+			
383.376—.400	383.385	9. <sup>m</sup> 9	1. <sup>m</sup> 2
383.476—.542	383.491	10.0	1.1
384.475—.494	384.487	11.1	0.6

Как уже было отмечено, на средние вспышки SS Cyg обычно накладываются быстрые „вспышки“.

Преследуя основную цель [определения цветов SS Cyg, в частности в периоды быстрых изменений ее излучения, мы не смогли уделить должного внимания средним вспышкам.

К сожалению, до сих пор на них вообще не было обращено внимания. Между тем, средние вспышки, промежуточные по масштабам между новоподобными вспышками и быстрыми „вспышками“ (быстрыми неправильными изменениями яркости), заслуживают самого серьезного внимания для выяснения природы процессов, происходящих в поверхностных слоях звезд типа U Gem и вызывающих наблюдаемые изменения их излучения.

Следует добавить, что фотоэлектрические наблюдения SS Cyg, выполненные нами в тот же период, в системе, предложенной А. Крушевским [10], с помощью узкополосных фильтров, указывают на доминирующую роль изменений континуума во всех доступных для рассмотрения с этой целью случаях наблюдаемых нами быстрых изменений SS Cyg. Этот результат находится в согласии с выводом Цукерман [5] о том, что роль спектральных линий в быстрых изменениях яркости SS Cyg неощутима.

Это дает нам основание считать, что изменения цветов быстрых „вспышек“ SS Cyg обусловлены, преимущественно, изменениями распределения энергии в ее непрерывном спектре. Сами наблюдаемые

цвета характеризуют непрерывное излучение, в целом. Такой же вывод следует и из разрешенных по времени спектральных наблюдений SS Cyg [6], свидетельствующих о том, что при быстрых неправильных изменениях звезды эмиссионные линии в ее спектре не изменяются.

*О спектре SS Cyg.* В период наших фотоелектрических наблюдений, 7-го и 9-го сентября, одним из авторов (Л. В. М.) были получены две спектрограммы SS Cyg на куде-спектрографе 193 см телескопа Обсерватории Верхнего Прованса [11]. Использованы фотопластины Kodak IIaO Baked.

На этих спектрограммах наблюдаются широкие эмиссионные линии, главным образом линии водорода. Линий поглощения не видно.

Отсутствие заметных линий поглощения и большая ширина эмиссионных линий значительно затрудняли измерения лучевых скоростей SS Cyg. Лучевые скорости нами были измерены по эмиссионным линиям водорода. Результаты измерений лучевых скоростей ( $V_r$ ) представлены в табл. 5.

Таблица 5  
ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ SS CYG

$\text{D}_{\odot}$ 2439000+	Фаза	$V_r$ (км/сек)	Дисперсия (А/мм)
376.337	0.528	$+26.5 \pm 15.4$	39
378.389	0.957	$-68.7 \pm 11.5$	19.5

Эти лучевые скорости находятся в удовлетворительном согласии с кривой лучевых скоростей SS Cyg при использовании для вычисления фаз, соответствующих средним моментам наших наблюдений, формулы, предложенной Уокером и Кинкарини [6], допустившими, что период обращения в двойной системе SS Cyg равномерно возрастает со временем. В табл. 5 приведены фазы, вычисленные по их формуле. Поэтому согласие определенных нами лучевых скоростей с кривой лучевых скоростей Уокера и Кинкарини можно рассматривать как некоторое подтверждение их исходного допущения об изменении периода обращения в системе SS Cyg.

*Цвета быстрых „вспышек“ SS Cyg.* Для выяснения природы быстрых „вспышек“ удобно рассмотреть двухцветную (U—B, B—V) диаграмму для цветов избыточного излучения, накладывающегося на „нормальное“ излучение SS Cyg в периоды быстрых неправильных изменений ее яркости.

Эти цвета определяются нижеследующими формулами, связывающими цвета и приращение яркости в В-лучах составной системы — „нормальное“ излучение плюс „избыточное“ излучение — с цветами отдельных составляющих [12]:

$$(U-B)_+ = (U-B)_* - 2.5 \lg \left\{ (1 + x_B) 10^{-0.4[(U-B)_\Sigma - (U-B)_*]} - x_B \right\}, \quad (1)$$

$$(B-V)_+ = (B-V)_* + 2.5 \lg \left\{ (1 + x_B) 10^{0.4[(B-V)_\Sigma - (B-V)_*]} - x_B \right\}, \quad (2)$$

$$x_B = \left[ 10^{-0.4(B_\Sigma - B_*)} - 1 \right]^{-1}, \quad (3)$$

где индексы  $\Sigma$ , \* и + относятся, соответственно, к составному излучению и компонентам этого излучения: „нормальному“ излучению звезды и дополнительному излучению „вспышек“, соответственно, а

$$x_B = \left( \frac{I_*}{I_+} \right)_B \quad (4)$$

отношение интенсивностей излучения компонентов в В-лучах.

Цвета дополнительного излучения, появляющегося в спектре SS Cyg в периоды быстрых изменений, нами вычислены для четырех „вспышек“, наблюдавшихся ночью 14—15 сентября 1966 г. Используются данные, приведенные в табл. 3. Цвета соответствующего „нормального“ излучения звезды взяты по данным, лежащим в основе рис. 2.

Было принято, что параметры, характеризующие „нормальное“ излучение SS Cyg за рассматриваемый период, соответствуют минимальной яркости звезды в V-лучах за этот период. Эти параметры равны  $V = 11.60$ ,  $B - V = 0.47$  и  $U - B = -1.02$  и значительно отличаются от соответствующих параметров в минимуме яркости. Например, согласно наблюдениям Уокера [3], они равны:  $V = 11.90$ ,  $B - V = 0.62$  и  $U - B = -0.62$ . Это означает, что яркость SS Cyg ночью 14—15 сентября 1966 г. была выше минимальной. Однако для наших целей использование этих последних значений  $V$ ,  $B - V$ ,  $U - B$  может лишь усилить полученный ниже вывод.

На рис. 4 приведены результаты вычислений. На диаграмму нанесены также кривые, представляющие цвета излучения газа при различных мыслимых предположениях относительно его температуры и оптической толщины (сплошные кривые) по работе У. Кункеля [13], равновесного излучения (штрих-пунктир) и синхротронного излучения (пунктирная линия).

Рис. 4 показывает, что цвета избыточного излучения, появляющегося в периоды быстрых изменений яркости SS Cyg, на двухцвет-

ной диаграмме ( $U-B$ ,  $B-V$ ) занимают область, недостижимую в целом для обычных процессов излучения.

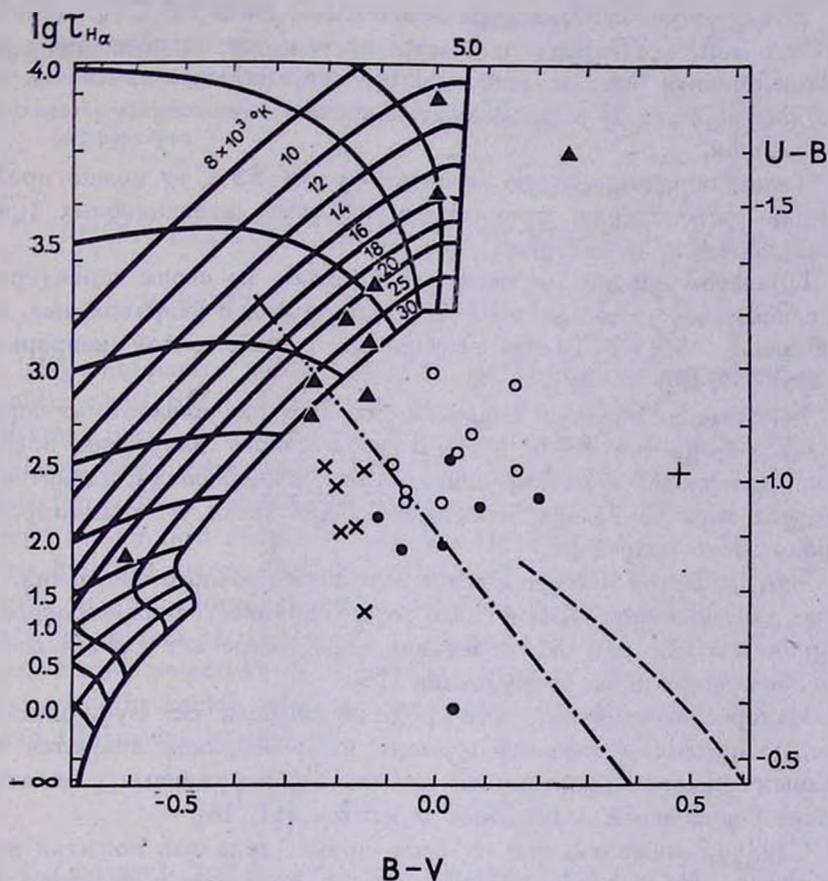


Рис. 4. Диаграмма ( $U-B$ ,  $B-V$ ) для избыточного излучения, появляющегося во время „быстрых“ вспышек SS Cyg. Цвета вспышек 1—4 отмечены, соответственно, точками, крестиками, кружками и треугольниками. Большой прямой крест соответствует цветам принятого за минимум излучения. На диаграмме отмечены также цвета излучений: газа различных параметров (сплошные кривые), равновесного (штрихпунктир) и синхротронного (пунктирная линия).

Как видно из рис. 4, и принятое нами „нормальное“ излучение (на рис. 4 его положение отмечено знаком „+“) не является простым звездным излучением, но содержит нетепловую составляющую.

Однако в периоды быстрых изменений яркости эта составляющая проявляется в чистом виде и непосредственно ответственна за них.

*Заключение.* Фотовольтрические наблюдения SS Cyg свидетельствуют о том, что наряду с быстрыми и почти непрерывными изменениями яркости звезды наблюдаются неправильные изменения с амплитудой порядка  $1^m$  и продолжительностью около одного часа (средние вспышки).

Таким образом, общую кривую блеска SS Cyg можно представить как суперпозицию трех видов вспышек: новоподобных (циклических), средних и быстрых.

При этом средние и быстрые вспышки по своим характеристикам напоминают вспышки вспыхивающих звезд и неправильные изменения звезд типа Т Тельца, связанные с избыточной непрерывной эмиссией [14, 15].

Быстрые и средние вспышки SS Cyg, как следует из анализа показателей цветов В—V и U—B избыточного излучения, появляющегося в периоды этих изменений, близки к изменениям, характерным для звезд типа Т Тельца и вспыхивающих звезд, по-видимому, и по природе этого излучения.

Что касается интерпретации этого избыточного излучения, то в рамках обычных механизмов излучения (тепловое, синхротронное, небулярное и т. д.) или их сочетания, она встречает серьезные, возможно непреодолимые затруднения [16].

Интересно отметить, что средние вспышки SS Cyg, описанные выше, по продолжительности времени их возгорания являются своеобразным аналогом „медленных“ вспышек, обнаруженных у некоторых вспыхивающих звезд в звездных агрегатах [17, 18].

Следует добавить, что в свое время делались попытки интерпретировать необычные цвета SS Cyg с помощью возможного влияния межзвездного или околосвездного покраснения.

Однако очевидно, что в рассматриваемом нами случае наблюдаемые необычные цвета избыточного излучения в периоды быстрых изменений яркости SS Cyg не допускают такого истолкования.

Поэтому следует допустить, что необычные цвета избыточного излучения в спектре SS Cyg обусловлены ультрафиолетовым избытком.

Один из авторов (Л. В. М.) благодарит проф. Ш. Ференбака за предоставление возможности использовать телескопы Обсерватории Верхнего Прованса и д-ра А. М. Делплас за помощь в получении спектрограмм SS Cyg.

Обсерватория Верхнего Прованса  
Марсельская обсерватория  
Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## PHOTOELECTRIC OBSERVATIONS OF SS CYGNI

M. BRETZ, L. V. MIRZOYAN, V. S. OSKANIAN

UBV-photometry was obtained on the decreasing branch of a nova-like outburst of SS Cyg near minimum. The colours were determined at different parts of the light curve and during four rapid „flares“. It was shown that these rapid flares are superimposed on the flares of comparatively large amplitudes and duration which are of middle scale between the cyclical outbursts and the rapid flares. Determined by the colours of rapid flares, the real colours of the excess radiation, superimposed on the „normal“ stellar radiation during rapid flares, deviate often from colours of radiations produced by known processes of radiation. Radial velocities of SS Cyg measured on two spectrograms agreed with the radial velocity curve when the phase-function of Walker and Chincarini is used.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Горбачкий, Эруптивные звезды, под ред. А. А. Боярчука и Р. Е. Гершберга, Наука, М., 1970, стр. 63.
2. G. Grant, Ap. J., 122, 566, 1955.
3. M. F. Walker, Non-Stable Stars, IAU Symposium No. 3, ed. G. H. Herbig, University Press, Cambridge, 1957, p. 57.
4. Л. В. Мирзоян, Н. А. Каллоляян, Астрофизика, 1, 385, 1965.
5. М.-С. Zuckermann, Ann. Astrophys., 24, 231, 1958.
6. M. F. Walker, G. Chincarini, Ap. J., 154, 157, 1968.
7. M. W. Mayall, J. Roy. Astr. Soc. Canada, 61, 155, 1967.
8. G. Grant, H. A. Abt, Ap. J., 129, 323, 1959.
9. К. К. Чуваев, Изв. КрАО, 28, 141, 1962.
10. А. Крушевски, Частное сообщение.
11. Ch. Fehrenbach, Publ. Obs. Haute-Provence, 5, No. 1, 1960.
12. Л. В. Мирзоян, Астрофизика, 2, 121, 1966.

13. *W. E. Kunkel*, An Optical Study of Stellar Flares, University of Texas, Austin, 1967.
14. *В. А. Амбарцумян*, Сообщ. Бюраканской обс., 13, 1954.
15. *V. A. Ambartsumian*, Non-Stable Stars, IAU Symposium No. 3, ed. G. H. Herbig, University Press, Cambridge, 1957, p. 177.
16. *Л. В. Мирзоян*, Некоторые вопросы кинематики и физики нестационарных звезд, Диссертация, ГАО АН СССР, Ленинград, 1967.
17. *G. Haro*, Stars and Stellar Systems, Vol. 7, ed. B. M. Middlehurst and L. H. Aller, University Press, Chicago, 1968, p. 141.
18. *V. A. Ambartsumian, L. V. Mirzoyan*, Colloquium on Variable Stars, Veroff. Bamberg, 9, No. 100, 98, 1971.