

УДК: 524.338.6:520.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ФУОРА V1057 Cyg ОТ МОМЕНТА ВСПЫШКИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Е.Н.КОПАЦКАЯ¹, В.П.ГРИНИН^{2,3}, Д.Н.ШАХОВСКОЙ³,
О.С.ШУЛОВ¹

Поступила 10 ноября 2001

Представлены и кратко обсуждаются наблюдения блеска, цвета и поляризации фуора V1057 Cyg на интервале более 30 лет. Обнаружена переменность линейной поляризации.

1. *Введение.* V1057 Cyg выделяется в немногочисленной группе фуоров сравнительно быстрым падением блеска с момента максимума вспышки в 1970 году. Это позволяет исследовать поведение различных характеристик фуора на разных фазах кривой блеска, что делает V1057 Cyg наиболее перспективным объектом для изучения природы вспышек фуоров и их эволюционных последствий.

В данном сообщении использованы результаты многополосных фотометрических и поляриметрических наблюдений фуора V1057 Cyg, выполненных авторами в обсерватории Ленинградского университета в период с 1974г. по 1989г. [1,2] и в Крымской астрофизической обсерватории в течение лета и осени 2001 года. Эти наблюдения, дополненные фотоэлектрической *UBVR* - фотометрией из каталога Хербста [3] (наблюдения выполнены в Астрономическом институте АН Узбекистана), охватывают интервал времени около 30 лет.

2. *Наблюдения.* Основная часть наблюдательных данных, использованных в данной статье, была получена на Бюраканской станции Ленинградского университета. Наблюдения проводились с 1974г. по 1989г. на 0.5-м телескопе АЗТ-14 с помощью одноканального фотометра-поляриметра. Результаты этих наблюдений суммированы в работах [1,2]. Усредненные за каждый год параметры поляризации в полосе *V* приведены в табл.1, а также на рис.3 и 4. В табл.1 приведены также усредненные за год результаты фотометрических наблюдений в полосах *UBVR*, полученные на основе наших наблюдений [1,2], дополненных наблюдениями из базы данных Хербста [3]. Из рис.1 видно, что наблюдения поляризации в [1,2] пришлось на фазу начального спада блеска фуора после вспышки.

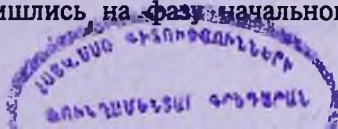


Таблица 1

СРЕДНЕГОДОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ БЛЕСКА, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА
И ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ V1057 Cyg

Год	V	$U-B$	$B-V$	$V-R$	$P\%$	σ_p	Θ	σ_θ
До всп.	14 ^m .26		1 ^m .42					
всп.	9 .21		1 .13					
1970	9 .23		1 .15					
1971	9 .49	0 ^m .72	1 .16	1 ^m .26	2.08	0.06	72°	1
1972	9 .79	0 .83	1 .35					
1973	10 .00	1 .04	1 .48					
1974	10 .35	0 .97	1 .47	1 .35	1.92	0.08	71	1
1975	10 .46	1 .03	1 .55	1 .40	1.82	0.09	71	1
1976	10 .62	1 .14	1 .59	1 .46	1.75	0.10	73	1
1977	10 .74	1 .10	1 .64	1 .42	1.96	0.07	72	1
1978	10 .89	1 .11	1 .62	1 .47	1.82	0.07	70	1
1979	11 .02	1 .11	1 .65	1 .46	1.72	0.07	66	1
1980	11 .20	1 .20	1 .70	1 .50	1.68	0.06	67	1
1981	11 .35	1 .10	1 .75	1 .55	1.74	0.09	67	1
1982	11 .46	1 .27	1 .76	1 .52				
1983	11 .46	1 .11	1 .68	1 .51				
1984	11 .55	1 .18	1 .70	1 .51				
1985	11 .63	1 .18	1 .70	1 .51				
1986	11 .64	1 .15	1 .71	1 .52				
1987	11 .60	1 .09	1 .71	1 .51				
1988	11 .59	1 .05	1 .72	1 .50				
1989	11 .60	1 .01	1 .72	1 .56				
1990	11 .63	1 .01	1 .71	1 .50				
1991	11 .72	1 .06	1 .70	1 .51				
1992	11 .63	1 .12	1 .77	1 .67				
1995	12 .27	1 .58	1 .99	1 .77				
1998	12 .75		1 .97	1 .72				
2001	12 .45	1 .54	2 .24	1 .88	1.70	0.05	83	1

Примечание. Значения блеска и цвета до вспышки получены по данным за несколько лет, а в максимуме вспышки - за интервал менее года.

Наблюдения фуора в Крымской астрофизической обсерватории были начаты в июне 2001г., когда его блеск упал по сравнению с максимальным уже примерно на 3 звездных величины (рис.1,2). Наблюдения проводились на 1.25-м телескопе АЗТ-11 с помощью пятиканального фотометра-поляриметра конструкции Пиирола [4]. Использовалась стандартная методика наблюдений, включающая ежемесячный контроль инструментальных ошибок по звездам - стандартам для исправления наблюдаемой поляризации за инструментальную. Результаты наблюдений приведены в табл.2. Средние значения поляризации за 2001г. показаны на рис.3,4.

Ошибки фотометрических наблюдений составили 0^m.20 в полосе U , 0^m.04 в полосе B и 0^m.01-0.^m02 в полосах VRI . Результаты фотометрии

редуцированы в стандартную систему *UBVRI* и даны в табл.2.

3. Результаты наблюдений. 3.1. Фотометрия. На рис.1 приведена кривая блеска фуора с момента вспышки и до наших дней,

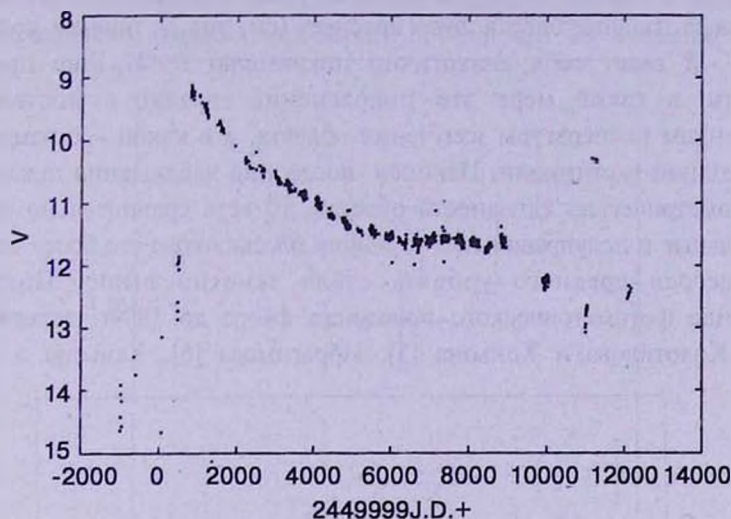


Рис.1. Кривая блеска V1057 Cyg в полосе *V* по данным [1-3] и данным настоящей статьи.

построенная по имеющимся у нас наблюдательным данным. Видно, что после сравнительно быстрого падения блеска в течение первых 13-и лет на кривой блеска появилось "плато", длившееся около 10 лет. После этой задержки падение блеска фуора возобновилось, и примерно за 6 лет он ослабел до $V \approx 13^m$. Начиная с этого момента падение блеска прекратилось, и он начал постепенно ярчать так, что за последние три года яркость V1057 Cyg увеличилась примерно на 0.5 звездные величины.

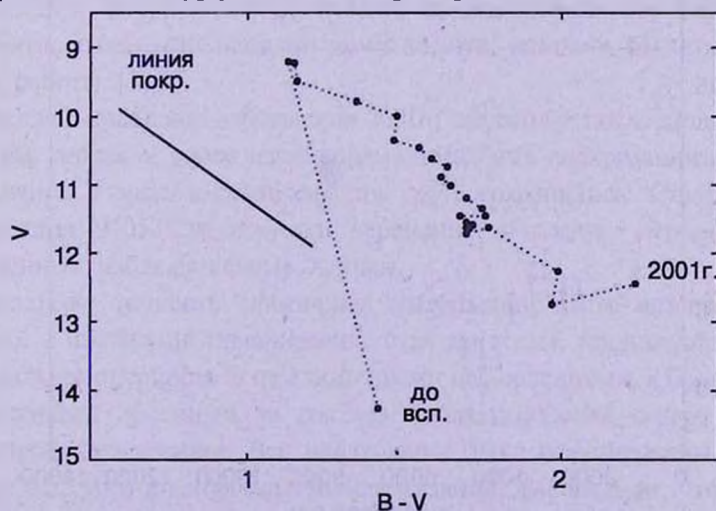


Рис.2. Диаграмма $V - (B - V)$ фуора. Точки соответствуют средним за год значениям показателя цвета и звездной величины объекта.

Пока трудно сказать, завершилась ли полностью фаза вспышки. Можно лишь констатировать, что видимый блеск фуора за 30 лет после вспышки упал приблизительно на 3 звездные величины в полосе V и что он все еще остается намного ярче своего довыспышечного уровня светимости.

По мере падения блеска фуор краснеет (см. рис.2), причем показатель цвета $V-R$ ведет себя аналогично показателю $B-V$. Еще предстоит выяснить, в какой мере это покраснение связано с постепенным уменьшением температуры излучения объекта, а в какой - с изменением околосветной экстинкции. Наконец, последние наблюдения показывают, что фотометрическая активность объекта, то есть сравнительно быстрые неправильные и полуправильные вариации блеска около его более медленно меняющегося среднего уровня, стала заметно выше. Подробное обсуждение фотометрического поведения фуора до 1999г. содержится в статьях Колотилова и Кеньона [5], Ибрагимова [6], Кеньона и др. [7].

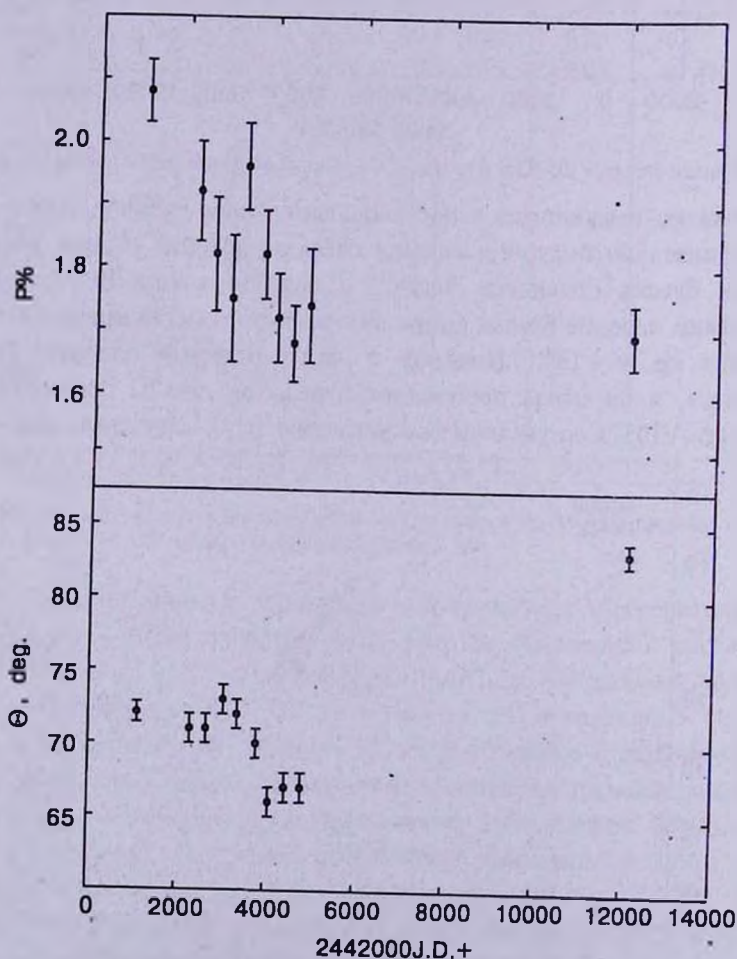


Рис.3. Поведение степени и позиционного угла линейной поляризации фуора в полосе V .

3.2. *Поляриметрия.* Первое наблюдение линейной поляризации V1057 Cyg было сделано в 1971г. Рике, Ли, Койном [8], которые измерив $p(\lambda)$, обнаружили ее межзвездный характер. Авторы пришли к заключению, что наблюдаемая у этого фуора поляризация чисто межзвездная и, следовательно, должна оставаться постоянной во времени.

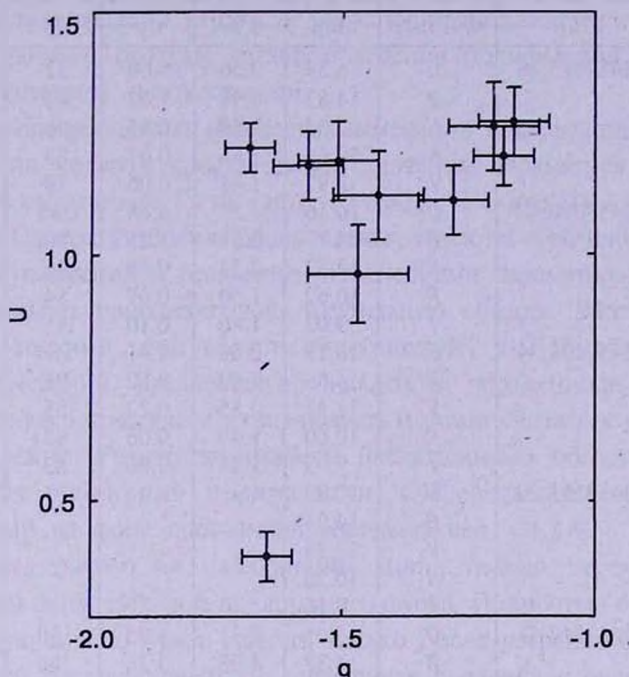


Рис.4. Поведение параметров Стокса фуора в полосе V на плоскости (q , u).

В 1974-1981гг. Копацкая выполнила длинный ряд наблюдений поляризации фуора с целью поиска ее возможной переменности, но очевидных изменений найдено не было, что, казалось бы, подтверждало вывод работы [3].

Наконец, крымские наблюдения 2001г., сделанные после двадцатилетнего перерыва, показали явное изменение направления поляризации фуора, хотя ее величина и межзвездный характер $p(\lambda)$ сохранились. Стало ясно, что поляризация V1057 Cyg все-таки переменна, и следует пересмотреть все накопленные наблюдательные данные.

Поскольку точность единичных наблюдений часто оставляет желать лучшего, а изменения поляризации, судя по всему, происходят медленно, рациональнее оперировать не единичными наблюдениями, а более точными и надежными средними за год (за наблюдательный сезон) оценками параметров поляризации. Все наблюдения были редуцированы на полосу V с $\lambda = 0.55$ мкм по нормальной межзвездной зависимости, что позволяет использовать и наблюдения в других полосах. Допустимость такой редукции обоснована тем, что дважды (в 1971 и 2001гг.) измеренная $p(\lambda)$ имела

Таблица 2

**ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ
НАБЛЮДЕНИЯ V1057 Cyg, ВЫПОЛНЕННЫЕ В КРЫМСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ В 2001г.**

Дата	J.D.	Фильтр	mag.	P%	σ_p	Θ '	σ_θ
14.06.01	2452075.46	U	16.53	2.56	6.00	52	33
		B	14.83	0.98	1.03	63	23
		V	12.54	2.50	0.45	96	5
		R	10.63	1.65	0.07	83	1
		I	8.97	1.48	0.06	79	1
29.06.01	2452090.48	U	16.16	7.21	6.68	168	21
		B	14.79	2.68	1.25	90	13
		V	12.52	2.33	0.39	79	5
		R	10.62	1.50	0.09	84	2
		I	9.02	1.40	0.10	85	2
14.07.01	2452105.34	U	16.19	2.55	4.41	176	30
		B	14.69	1.40	0.82	91	15
		V	12.47	2.55	0.22	85	2
		R	10.60	1.49	0.06	83	1
		I	9.03	1.34	0.06	83	1
20.07.01	2452111.50	U	17.82				
		B	14.94				
		V	12.33				
		R	10.50				
		I	9.16				
26.07.01	2452117.53	U	15.05	7.31	4.95	130	17
		B	14.32	4.28	3.26	166	19
		V	12.48	3.49	0.97	67	8
		R	10.65	1.59	0.27	86	5
		I	9.13	1.60	0.26	80	5
30.07.01	2452121.50	U		9.95	4.65	60	13
		B		1.74	1.11	70	16
		V		2.02	0.40	84	6
		R		1.46	0.10	83	2
		I		1.46	0.09	80	2
17.08.01	2452139.47	U	15.97	12.77	5.62	109	12
		B	14.62	3.57	0.54	82	4
		V	12.44	1.52	0.33	79	6
		R	10.51	1.70	0.06	86	1
		I	8.93	1.55	0.05	85	1
18.09.01	2452171.42	U	15.90	1.53	4.36	49	35
		B	14.62	2.59	0.72	78	8
		V	12.38	1.83	0.45	82	7
		R	10.54	1.42	0.25	89	5
		I	8.98	1.36	0.17	83	3

межзвездный характер, и нет никаких свидетельств того, что она когда-либо резко отличалась от межзвездной.

Рис.3 показывает, как усредненные по годам параметры поляризации в полосе V изменялись со временем. В первые годы после вспышки

степень поляризации сравнительно быстро уменьшалась на 0.4% - от 2.1% в 1971г. до 1.7% к 1978г., и в дальнейшем оставалась практически неизменной. Угол Θ , наоборот, сначала уменьшался мало, на 5° - 6° к 1978г., а далее возрос довольно значительно - на 16° - 17° к 2001г. К сожалению, нам не удалось найти в литературе промежуточных по времени измерений поляризации V1057 Cyg для заполнения двадцатилетнего пробела в наших данных, поэтому детали поведения поляризации между 1981г. и 2001г. остаются неизвестными.

Еще лучше реальность найденных изменений поляризации фуора видна на рис.4, на котором среднегодовые значения параметров поляризации нанесены в координатах (q, u) , где $q = p \cos 2\Theta$; $u = p \sin 2\Theta$ - относительные параметры Стокса. Разброс наблюдательных точек на этой плоскости вызван ошибками измерений и реальными изменениями параметров поляризации. Точки занимают приблизительно треугольную область. Расстояния между крайними точками этой области многократно, в 2-18 раз, превышают ошибки измерений. Следовательно, найденная переменность поляризации имеет высокую статистическую значимость и может считаться установленной весьма надежно. Размер занимаемой наблюдениями области показывает нам размах изменений поляризации. Он составляет $\approx 0.5\% - 1.0\%$, наблюдаемый на фоне постоянной составляющей $\approx 1.8\%$.

Непосредственно из наблюдений видна только переменная часть собственной околозвездной поляризации фуора. Полностью околозвездную поляризацию можно будет увидеть только после устранения постоянной межзвездной составляющей. Но определить последнюю очень не просто, поскольку звезды из окрестности фуора показывают очень сложную картину межзвездной поляризации без четко выделенного преимущественного направления и разной для разных направлений поляризации поляризующей способностью межзвездной среды. Степени их поляризации того же порядка величины, что и у фуора, откуда следует, что вклад межзвездной поляризации в наблюдаемую у V1057 Cyg может быть велик. Задача выделения межзвездного компонента еще предстоит решить.

4. Обсуждение. Таким образом, падение блеска фуора на три звездные величины сопровождалось довольно скромными изменениями линейной поляризации.

Этот результат представляется довольно странным в свете современных представлений о природе фуоров, согласно которым вспышка фуора вызвана резким увеличением темпа аккреции на молодую звезду типа Т Тельца до значений порядка $10^{-4} M_\odot$ в год (Хартманн и Кеньон [9,10]). Получается, что образование столь мощного аккреционного диска вокруг звезды и последовавшая затем его диссипация почти не отразились на собственной поляризации объекта. Такой результат был бы понятен, если бы аккреционный диск фуора наблюдался с полюса, поскольку в

этом случае поляризация рассеянного излучения должна быть равна нулю. Но интерпретация спектра флуора, предложенная авторами цитированных выше работ, исключает такую ориентацию и требует, чтобы диск был ориентирован под небольшим углом (около 30-и градусов) к лучу зрения.

Авторы признательны П.П.Петрову и Е.А.Колотилову за полезные обсуждения. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №99-02-18520 и гранта федеральной программы "Астрономия".

¹ Астрономический институт им. В.В.Соболева при СПбГУ, Россия

² Главная Астрономическая обсерватория РАН Пулково, Россия, e-mail: grinin@VG1723.spb.edu

³ Крымская астрофизическая обсерватория, Украина

THE RESULTS OF PHOTOMETRIC AND POLARIMETRIC OBSERVATIONS OF FU Ori-TYPE STAR V1057 Cyg AT TIME INTERVAL FROM THE OUTBURST TO PRESENT DAYS

E.N.KOPATSKAYA¹, V.P.GRININ^{2,3}, D.N.SHAKHOVSKOY³,
O.S.SHULOV¹

Observations of brightness, color-index and polarization of V1057 Cyg are presented and discussed briefly. The polarization is revealed to be variable.

Key words: *stars: photometry-stars: polarimetry-stars: individual: V1057 Cyg*

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Н.Копецкая, Астрофизика, 20, 263, 1984.
2. Е.Н.Копецкая, Канд. диссертация, ЛГУ, 1986.
3. W.Herbst et al, Astron. J., 108, 1906, 1994.
4. V.Pirola, Ann. Acad. Sci., A, N 418, 1975, p.61.
5. E.A.Kolotilov, S.J.Kenyon, IBVS, N 4497, 1997.
6. M.A.Ibragimov, IBVS, N 4479, 1997.
7. S.J.Kenyon et al, Astrophys. J., 531, 1028, 2000.
8. G.Rieke, T.Lee, G.Coyne, Publ. Astron. Soc. Pacif., 84, 37, 1972.
9. L.Hartmann, S.J.Kenyon, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 34, 207, 1996.
10. S.J.Kenyon, L.Hartmann, Astrophys. J., 323, 714, 1987.