

УДК: 524.3.13

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СУБФУОРОВ (EXORS). II. V 1143 Ori

ЭЛЬМА С.ПАРСАМЯН¹, РАУЛ МУХИКА²

Поступила 1 марта 2004

Приведены результаты спектральных наблюдений субфуора (Exor) V 1143 Ori во время выброса 1992-93гг. Впервые приведены данные о поведении инфракрасного триплета CaII до и во время выброса. Величины амплитуд выбросов за период 1982-94гг. показывают, что в среднем их максимальные значения не сильно изменяются. В период между выбросами, когда звезда находится в минимуме активного периода, спектр V 1143 Ori характерен для WTTS, а в период выброса - CTTS.

1. *Введение.* К группе звезд, выделенных впервые Хербигом [1] и именуемых субфуорами или эксорсами (Exors) [2,3], относится и звезда V1143 Ori. Активная фаза у звезды V1143 Ori, когда наблюдались выбросы (outbursts), началась в 1982г. [4,5], почти одновременно с активностью V 1118 Ori [4,6]. За период 1982-93гг. у звезды произошли 5 выбросов. По наблюдательным данным, полученным в разных обсерваториях за период 1982-90гг. была построена сводная кривая блеска звезды V 1143 Ori [7,8].

Данные о характере переменности V1143 Ori, вне известного периода активности до 1982г., приведены в [7]; откуда следует, что кроме колебаний порядка нескольких десятых звездной величины, у звезды наблюдались кратковременные повышения блеска - вспышки в 1963г. и 1970г. Данные о повышении блеска в 1939, 1967, 1969 и 1972гг. по пластинкам Зоннебергской обсерватории приведены в [9]. Для одной даты 6.02.1967г., ($m_{pg} = 14.2$) есть наблюдения, проведенные в лучах U в Мексике 7.02.1967, но ни на одном из изображений звезды не наблюдалось повышение блеска, что свидетельствует о том, что в Зоннеберге наблюдалась кратковременная вспышка, характерная для карликовых звезд в звездных ассоциациях и скоплениях, а не выброс.

Первые же спектральные наблюдения V1143 Ori показали, что во время выброса и после него спектр звезды похож на спектр звезд типа Т Тельца [10-12]. Результаты первых детальных спектральных наблюдений, когда звезда находилась в минимуме блеска или около него после очередного выброса, приведены в работе [13].

Настоящие спектральные наблюдения были начаты в конце 1992г.,

когда звезда была в минимуме блеска или в самом начале повышения блеска и охватили период, когда у V1143 Ori произошел пятый выброс.

2. *Наблюдательный материал.* Настоящие спектральные наблюдения проводились одним из авторов (Э.С.П.) на 2.12-м телескопе обсерватории G.Haro в Кананеа (Мексика) со спектрографом LFOSC (The Landessternwarte Faint Object Spectrograph and Camera) в фокусе Кассегрена, в спектральных областях $\lambda\lambda 4000 - 7000\text{\AA}$, с дисперсией примерно $5.5\text{\AA}/\text{pixel}$ и $\lambda\lambda 4250 - 9000\text{\AA}$ с дисперсией около $7.5\text{\AA}/\text{pixel}$. Разрешающая сила системы около 15\AA . Использовался детектор Tompson 376×584 CCD. Ширина использованной щели равнялась $3''$, а высота - $360''$. Наблюдательный материал был обработан с использованием пакета программ IRAF. В некоторых случаях спектр неба и туманности Ориона сохранился.

В табл.1 приведены даты наблюдений, спектральная область, длительность экспозиций и количество использованных спектров.

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Дата	Спектр. обл. (\AA)	Эксп. (мин)	Колич. спектров
27.11.1992	4000-9000	60	1
31.01.1993	4000-9000	25	1
18.02.1993	4000-7000	30	1
18.02.1993	4000-9000	30	1
22.02.1993	4000-7000	30	1
27.12.1994	4000-7000	30	1

3. *Результаты наблюдений и обсуждение.* Многолетние наблюдения звезды V1143 Ori в Бюраканской астрофизической обсерватории, а также просмотр архивного материала Института Астрофизики, Оптики и Электроники (INAOE, Мексика), позволили определить пределы изменения блеска звезды в минимуме [7]:

U	$B(pg)$	V	R
17.6-18.6	17.5-18.2	16.3-17.1	15.0-16.0

Наблюдения V1143 Ori во время вспышек 1982-86гг. показали, что у звезды появляется непрерывная эмиссия в коротковолновой части спектра, а показатели цвета изменяются в следующих пределах: $U - B \approx -0.3 + -0.9$, $B - V \approx 0.3 + 0.9$ [7]. На двухцветной диаграмме $U - B$, $B - V$, приведенной в [2], где нанесены значения V1143 Ori до и во время выброса, видно, что до выброса звезда находилась под главной последова-

тельностью, а во время выброса - над Главной последовательностью.

Инфракрасные величины V1143 Ori после выброса 1993-94гг. приведены в [8], согласно которым $J = 12.5$, $J - H = 0.72$, $H - K = 0.38$.

Согласно 2MASS, $J = 12.6$, $J - H = 0.67$, $H - K = 0.38$, т.е. заметных изменений в инфракрасном диапазоне после выброса 1993-94гг. нет.

Фотометрические наблюдения звезды V1143 Ori в период выброса 1992-93гг. были начаты в январе 1993г. на 26" телескопе системы Шмидта (INAOE) в Мексике. Фотометрические данные об этом выбросе приведены в работе [8]. На рис.1 приводится кривая блеска звезды из [8]. Первые два наблюдения были проведены 15 января 1993г. без фильтра, когда $m_V = 13.5$, т.е. когда блеск звезды достиг максимума.

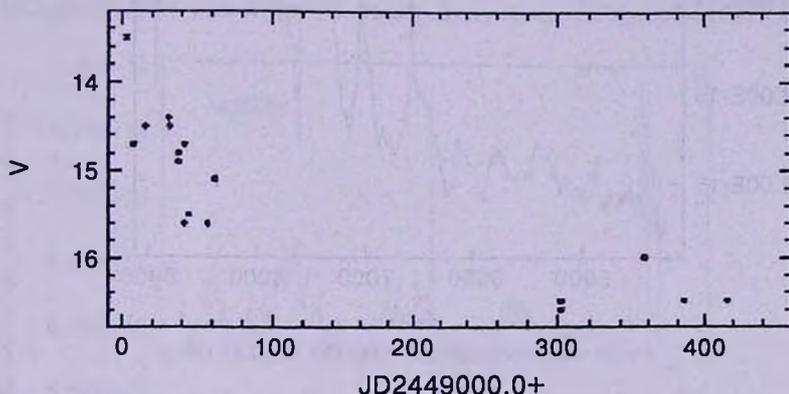


Рис.1. Кривая блеска звезды V 1143 Ori во время выброса 1993г. [8], x - rv .

В табл.2 приводятся амплитуды известных нам выбросов V1143 Ori, происшедших за период 1982-1993гг. [7,8].

Таблица 2

АМПЛИТУДЫ ВЫБРОСОВ

Дата	ΔU	ΔB	ΔV
19.10.82	≥ 4.3	≥ 2.9	≥ 2.6
1984-85	(4.2)	≥ 2.7	(2.4)
1986-87	(4.2)	≥ 2.7	(2.4)
1989-90	(3.5)	≥ 2	(1.7)
1992-93	(4.8)	(3.3)	≥ 3.0

Приведенные величины амплитуд выбросов в трех цветах 19.10.1982г. являются результатом наблюдений в течение одной ночи, когда звезда находилась в максимуме или около него, что длилось месяц и более [2]. Эти наблюдения позволяют определить величины $\Delta U - \Delta B = 1^m.4$ и $\Delta B - \Delta V = 0^m.3$ и восстановить с некоторым приближением неизвестные значения амплитуд при выбросах в другие годы. Вычисленные этим

способом амплитуды в табл.2 взяты в скобки. Из табл.2 также следует, что в среднем амплитуды выбросов не превышают некоторую предельную величину в разных цветах, что, в свою очередь, по-видимому, определяется массой звезды.

Спектральные наблюдения, относящиеся к выбросу 1992-93гг., были начаты 27 ноября 1992г. (рис.2), когда выброс, скорее всего, еще не начался. Спектр демонстрирует, в основном, эмиссионные бальмеровские

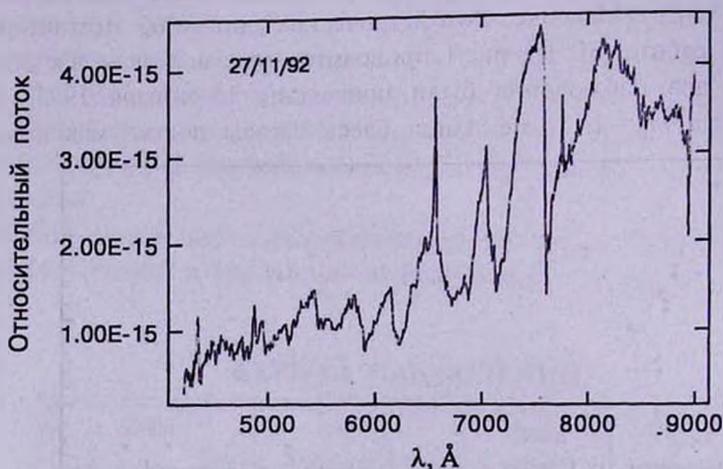


Рис.2. Спектрограмма V 1143 Ori за 27.11.1992г.

линии, слабый инфракрасный триплет (ИК) CaII ($\lambda\lambda 8498, 8542, 8662 \text{ \AA}$) и характерные для звезд типа M полосы поглощения TiO. Спектр свидетельствует о том, что звезда в это время находилась в минимуме или около него. Согласно кривой блеска (рис.1), уже 15 января 1993г., т.е. спустя почти полтора месяца после первого спектрального наблюдения,

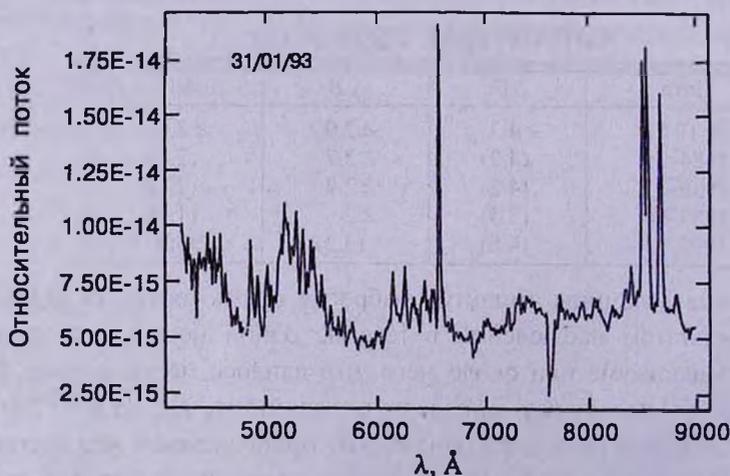


Рис.3. Спектрограмма V 1143 Ori за 31.01.1993г.

блеск звезды в визуальных лучах без фильтра достиг значения $V \sim 13.5$, что свидетельствует о том, что звезда достигла максимума блеска или была около него. Таким образом, за этот промежуток времени в полтора месяца произошло возгорание выброса, и звезда достигла максимального блеска. Звезда может оставаться в этом состоянии около двух месяцев.

Следующий спектр был получен 31 января 1993г., когда блеск звезды был $V \sim 14.5$. Как видно из рис.3, вид спектра за этот промежуток сильно изменился, появились эмиссионные линии низковозбужденных металлов, резко усилились линии ИК триплета CaII, исчезли полосы поглощения TiO. Спектр стал походить на спектр классических звезд типа Т Тельца (CTTS).

Последующие два спектра были получены 18 февраля 1993 г., когда

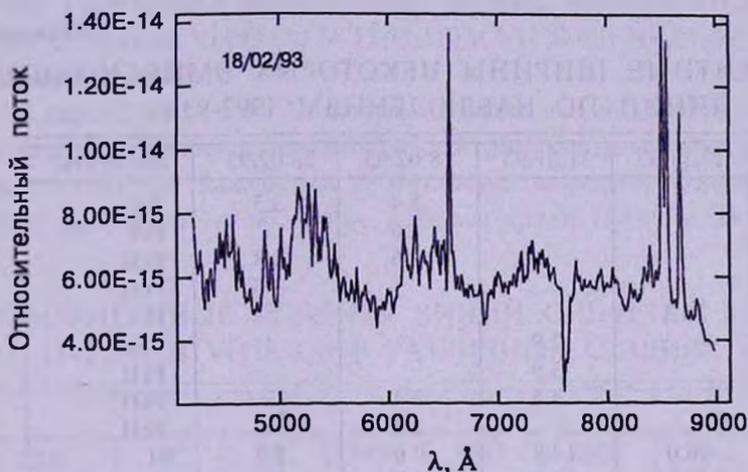


Рис.4. Спектрограмма V 1143 Ori за 18.02.1993г.

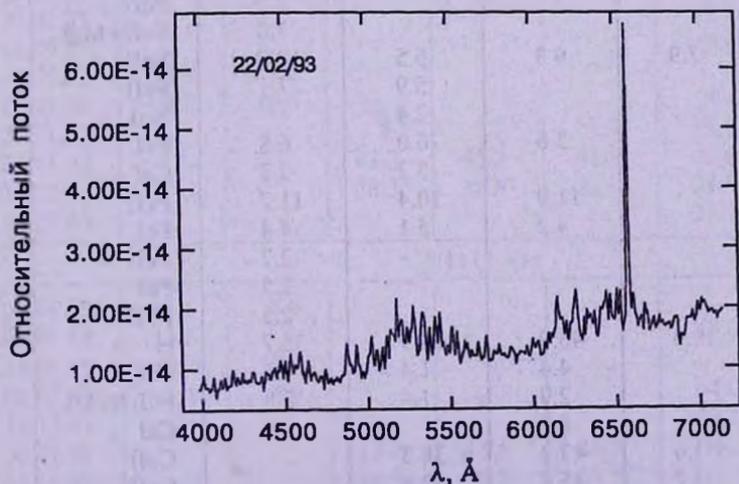


Рис.5. Спектрограмма V 1143 Ori за 22.02.1993г.

блеск звезды $V \sim 14.8$. Спектры были получены в двух диапазонах: $\lambda\lambda 4000 - 7000 \text{ \AA}$ и $\lambda\lambda 5000 - 9000 \text{ \AA}$ (рис.4). Последний спектр был получен 22 февраля 1993г. (рис.5).

Спектр, полученный 27 декабря 1994г., представляет спектр звезды уже в минимуме блеска, с еле заметными эмиссионными линиями $H\alpha$, $H\beta$ и полос поглощения TiO . Как было показано ранее, спектральный класс звезды в минимуме блеска - $M2$ [13].

В табл.3 приведены длины волн некоторых отождествленных элементов, наблюдаемых в звезде $V 1143 Ogi$ и величины их эквивалентных ширин в разные дни наблюдений. Величины эквивалентных ширин от 18 февраля 1993г. усреднены.

Для определения длин волн были использованы таблицы из работ [14-16].

Таблица 3

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ НЕКОТОРЫХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ 1992-93гг.

λ	27.11.92	31.01.93	18.02.93	22.02.93	Элементы
4063			5.4	3.3	FeI
4132			2.6		FeI
4181			2.6	3.8	FeII
4308				3.5	FeII
4340	26.3				H
4456		2.9			CaI
4522		3.9			FeII
4576		4.5	3.4		FeII
4620			2.2		FeII
4861	16.0	19.8	9.0	7.9	H
4924	19.3	11.0	5.2	5.4	FeII
5007		2.9	8.6		FeII
5018				7.2	FeII
5169				3.0	FeII+MgI
5326	7.9	9.3	6.5	12.9	FeII
5532			5.9	7.1	FeII
5890			2.4		NaI
6142		3.6	6.0	6.8	FeI
6162			3.2	2.7	CaI
6244		11.0	10.4	11.7	FeI?
6429		4.2	5.1	4.4	FeI
6455				2.2	FeII
6493				2.5	FeI
6514				2.5	FeII
6562	18.6	46.9	24.9	35.7	H
6593		4.4	1.4	1.6	FeI
6678		2.9	1.4	2.8	FeI(Hel?)
6717		1.5			CaI
8498	1.6	43.2	38.3		CaII
8542	1.2	45.8	37.9		CaII
8662	1.9	41.8	32.7		CaII

В табл.4 приведены относительные потоки бальмеровских линий водорода у звезды V1143 Ori.

Таблица 4

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПОТОКИ $H\alpha/H\beta$ ВО ВРЕМЯ ВЫБРОСА

Дата	27.11.92	31.01.93	18.02.93	22.02.93
$H\alpha/H\beta$	2.9	2.5	3.0	8.9

В спектрах субфуоров, как и у звезд типа Т Тау, наиболее интенсивные эмиссионные линии после $H\alpha$ являются линии CaII. Во время выброса наблюдаются интенсивные линии ИК триплета CaII, которые по интенсивности становились одного порядка с линией $H\alpha$. В табл.5 приводятся эквивалентные ширины эмиссионных линий $H\alpha$ и CaII у субфуоров V1143 Ori [8,13,17,18] и V1118 Ori [17,19-21] в различных стадиях выбросов.

В первой части табл.4, которая относится к наблюдениям V1143 Ori, приведены наблюдения инфракрасного триплета до выброса (27.11.1992г.), когда V1143 Ori находилась в минимуме активной стадии, т.е. между двумя выбросами и во время выброса (31.01.1993г. и 18.02.1993г.). В

Таблица 5

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ CaII И $H\alpha$ В СПЕКТРАХ V 1143 Ori И V1118 Ori В РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ВЫБРОСА

V1143 Ori							
Дата	K	H	8498	8542	8662	$H\alpha$	$m_{H\alpha}$
21.03.85	64.0	39.5				72.5	≈ 17.2
21.02.87						23.7	≈ 17.4
25.03.87						19.3	≈ 17.5
18.09.87						9.4	≈ 17.5
14.12.87	6.0	45.0					≈ 18
10.01.88	9.1	15.6				7.4	≈ 17.8
27.11.92			1.7	1.2	1.9	18.7	≈ 17.2
31.01.93			43.2	45.2	41.5	46.9	≈ 14.5
18.02.93			38.3	37.8	32.7	24.9	≈ 14.8
22.02.93						35.7	≈ 14.8
V1118 Ori							
06.01.89	11.6	6.6					≈ 14.8
07.01.89	13.5	-				47.0	≈ 14.5
11.01.89	9.7	15.1					≈ 14.0
01.02.89	6.1	6.6				64.0	≈ 13.7
19.12.89						40.5	≈ 14.0
30.11.92			12.8	13.5	10.8	218.8	выбр.
02.12.92			16.5	16.5	14.0	212.7	"
22.02.93						97.5	≈ 14.7

этот период значения эквивалентных ширин CaII достигли величин, характерных для классических T Tau звезд (CTTS) [22]. Согласно Хербигу и Содерблomu отношение интенсивностей инфракрасного триплета CaII соответствует оптически толстой плазме и их изменения могут зависеть от величин площадей активных областей на поверхности звезды [23].

Изменения интенсивностей линий $H\alpha$, CaII указывают на появление во время выброса у звезды оболочки или околзвездного диска, и тогда у звезды появляется спектр, характерный для CTTS. У субфуоров VY Tau, DR Tau, EX Lup, V1118 Ori в активный период наблюдалось истечение вещества [14,19,24-27].

Когда через год и более оболочка рассеивается, спектр звезды становится характерным для WTTS. В этот период у звезды могут наблюдаться и быстрые вспышки [7].

Как известно, все или почти все карликовые звезды, члены звездных ассоциаций и скоплений проходят через стадию вспыхивающей активности [28]. Кривые блеска при медленных вспышках напоминают кривые блеска при выбросах субфуоров и фуоров, но при других масштабах [2]. Если при выбросах образуется околзвездная оболочка (диск), выполняющая роль фотосферы при медленных вспышках, то можно построить зависимость между абсолютной звездной величиной вспышки у медленных вспыхивающих звезд, выбросов у субфуоров и фуоров - M_f , от абсолютной звездной величины звезды - M_{ps} . Величина $M_f = M_{ps} - A$, где A - амплитуда вспышки или выброса. Такая попытка была сделана ранее [2], однако новые данные позволяют построить более точную зависимость.

Как видно из рис.6, такая зависимость существует и ее можно описать уравнением вида:

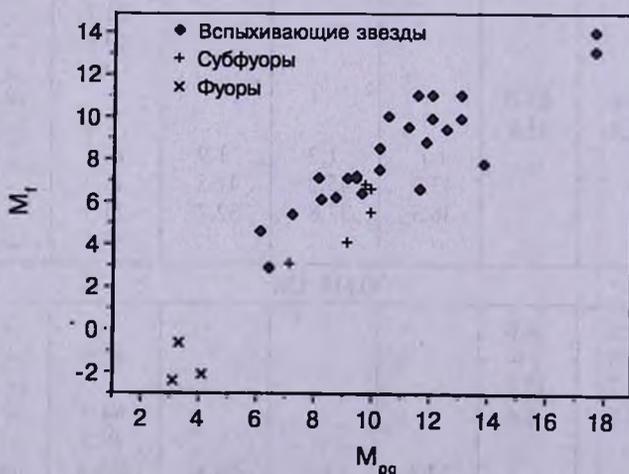


Рис.6. Зависимость абсолютной величины вспышки (выброса), M_f , от абсолютной величины звезды - M_{ps} .

$$M_f = -4.4 + 1.1 M_{pg} . \quad (1)$$

Согласно (1), абсолютная звездная величина M_f слабо зависит от M_{pg} и в первом приближении является величиной постоянной. Решающей в наблюдаемых процессах, по-видимому, является начальная масса звезды.

4. *Заключение.* Обнаружение субфуоров в ассоциациях (Ori, Tau, Lup) свидетельствует о том, что явление субфуоров связано с самыми ранними стадиями эволюции звезд типа Т Тельца. До вступления в активный период выброса у звезды V 1143 Ori на спектрах, полученных с объективной призмой (INAOE, Мексика), охватывающих период наблюдений 1955-81г., линия H α отсутствовала или, как и в случае VY Tau была очень слабой и потому не была замечена [14,18]. Следовательно, заметный эмиссионный спектр у субфуоров наблюдается в период выбросов и сохраняется в промежутке между ними. Между двумя выбросами у звезды V1143 Ori наблюдается слабый эмиссионный спектр H I, Ca II, Fe II, полосы поглощения TiO и т.д. Спектральный класс согласно полосам TiO - M2. Оценка радиуса звезды приводит к значению $R \sim 1/4 R_{\odot}$ [10].

Величины амплитуд выбросов, как свидетельствуют данные табл.2, охватывающие период 1982-94гг. показывают, что в среднем их максимальные значения остаются постоянными. Такое же явление наблюдается и у субфуора V 1118 Ori [6]. Согласно данным табл.2, в активный период частота выбросов в среднем была порядка одного выброса каждые 1.5-2 года. За последующее десятилетие данных о новых выбросах нет, если это так, то, возможно, у звезды V1143 Ori наступил длительный промежуток минимума до следующих выбросов. В такой же ситуации сейчас находится и звезда V1118 Ori, которая вступила в свой активный период почти одновременно с V1143 Ori и проходит одинаковый цикл эволюции.

Примечательно у этих звезд поведение линии Ca II. Согласно спектральным наблюдениям V1143 Ori от 20.03.1985г. ($m_{pg} \sim 17.2$) и 14.12.1987г. ($m_{pg} \sim 18.2$), у звезды, наряду с другими эмиссионными линиями, наиболее интенсивными после H α были линии коротковолнового дублета Ca II. Согласно нашим наблюдениям 27.11. 1992г., в диапазоне частот $\lambda\lambda 4500 - 9000 \text{ \AA}$, когда звезда была в минимуме или около него до выброса, наблюдались очень слабые линии инфракрасного триплета, а уже 31.01.1994г. наблюдались сильные линии Ca II, характерные для CTTS [22]. Таким образом в период между выбросами, когда звезда находится в минимуме активного периода, спектр звезды характерен для WTTS, а в период выброса - CTTS.

Как связаны между собой три процесса различных масштабов по количеству выделяемой энергии - вспышечная активность, явление выбросов

у субфуоров и у фуоров, имеющих место у звезд типа Т Тельца - вопрос, требующий дальнейших исследований. Открытие новой кометарной туманности и, возможно, нового субфуора LMZ 12 [29-31] в ее апексе подтверждает вышесказанное.

Один из авторов (Э.С.П.) приносит благодарность всем ночным ассистентам обсерватории Г.Аро в Кананеа за помощь при наблюдениях.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: elma@sci.am, eparsam@bao.sci.am

² Национальный институт астрофизики, оптики и электроники (INAOE), Мексика, e-mail: gmujica@inaoep.mx

SPECTRAL OBSERVATIONS OF SUBFUORS (EXORS).

II. V 1143 Ori

ELMA S.PARSAMIAN¹, RAUL MUJICA²

Results of spectral observations of subfuor (Exor) V 1143 Ori during the outburst in 1992-93 are given. For the first time data on behaviour of infrared triplet of CaII before and after the outburst are given. The average values of amplitudes of outbursts during 1982-94 are not changed significantly. Between outbursts, when star is in the minimum of active period the spectra are similar to spectra of WTTS and to CTTS during the outburst.

Key words: *stars: flare - individual: V1143 Ori*

ЛИТЕРАТУРА

1. G.H.Herbig, *Astrophys. J.*, **217**, 693, 1977.
2. Э.С.Парсамян, К.Г.Гаспарян, *Астрофизика*, **27**, 447, 1987.
3. G.H.Herbig, *Low Mass Star Formation and Pre-Main Sequence Rejects*, ed. B.Reipurth, München, 233, 1989.
4. B.G.Marsden, *Intern. Astronomical Union Circular*, 3763, 1983.
5. R.S.Natsvlishvili, *IBVS*, 2565, 1984.
6. Эльма С.Парсамян, Раул Мухика, Луис Коррал, *Астрофизика*, **45**, 481, 2002.
7. Э.С.Парсамян, К.Г.Гаспарян, Г.Б.Оганян, Э.Чавира, *Астрофизика*, **34**, 175, 1991.

8. *Antonio Mampaso, Elma S.Parsamian*. IBVS, 4269, 1995.
9. *C.Paul, P.Kroll, T.Lehmann*, Flares and Flashes, Proc. of IAU Colloquium №151, Sonneberg, Germany, eds. Greiner et al., 229, 1995.
10. *B.G.Marsden*, Intern. Astronomical Union Circular, N3771, 1983.
11. *B.G.Marsden*, Intern. Astronomical Union Circular, N3778, 1983.
12. *L.G.Gasparian, A.S.Melkonian, G.H.Ohanian, E.S.Parsamian*, Flare Stars in Star Clusters, Associations and Solar Vicinity, 253, eds. L.V.Mirzoyan et al., 1990.
13. *М.Пе́ймберт, Э.С.Парсамян, К.Г.Гаспарян и др.*, *Астрофизика*, **35**, 181, 1991.
14. *G.H.Herbig*, *Astrophys. J.*, **360**, 639, 1990.
15. *I.Appenzeller, I.Jankovich, R.Letter*, *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, **64**, 65, 1986.
16. *C.E.Moore*, A Multiplet Table of Astrophysical Interest, Princeton Univ. Observ., 1995.
17. Настоящая статья.
18. *Э.С.Парсамян, К.Г.Гаспарян*, *Письма в Астрон. ж.*, **18**, N7, 615, 1992.
19. *Э.С.Парсамян, К.Г.Гаспарян, Г.Б.Оганян, А.С.Мелконян*, *Астрофизика*, **39**, 365, 1996.
20. *Э.С.Парсамян, М.А.Ибрагимов, Г.Б.Оганян, К.Г.Гаспарян*, *Астрофизика*, **36**, 23, 1993.
21. Jose Garcia Garcia, Antonio Mampaso, Elma S.Parsamian, *Inf. Bull. Var. Stars*, 4268, Konkoly, 1995.
22. *Fred Hamann, S.E.Persson*, *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, **82**, 247, 1992.
23. *G.H.Herbig, D.R.Soderblom*, *Astrophys. J.*, **242**, 628, 1980.
24. *G.H.Herbig*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **62**, 211, 1950.
25. *R.Mundt*, *Astrophys. J.*, **280**, 749, 1984.
26. *G.H.Herbig*, *Astrophys. J.*, **214**, 747, 1977.
27. *T.Lehmann, B.Reipurth, W.Bradner*, *Astron. Astrophys.*, **300**, L9, 1995.
28. *В.А.Амбарцумян, Л.В.Мирзоян, Э.С.Парсамян и др.*, *Астрофизика*, **6**, 7, 1970.
29. *J.W.McNail*, *IAUC*, 8284, 2004.
30. *D.C.Lis, K.M.Menten, R.Zylka*, *Astrophys. J.*, **527**, 856, 1999.
31. Bo Reipurth, Colin Aspin, IRAS 05436-0007 and the Emergence of McNeil's Nebula, submit. to *Ap. J. Letters*, 2004.