

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՈՒ ՀԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏՈՐԻԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Պ Ր Ա Կ Л И В Ы П У С К

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН (главный редактор), М. А. АРАКЕЛЯН, Л. В. МИРЗОЯН,
М. А. МНАЦАҚАՆՅԱՆ (ответственный секретарь), Г. М. ТОВМАСЯՆ (зам. главного редактора)

С. $\frac{1705000000}{703(02)-80}$ 06—79

© Издательство АН Арм. ССР. 1980.

Р. А. ВАРДАНЯН, А. Н. ТОМОВ

НАБЛЮДЕНИЯ ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК ТИПА Е

В Астрономической обсерватории г. Белоградчик (Болгария) проведены электрофотометрические наблюдения на 60 см телескопе в системе U, B, V 105 двойных галактик. Наблюдаемые галактики были распределены по морфологическим характеристикам пар в три группы: EE (30 пар), E—S (30 пар) и S—S (45 пар). В настоящей работе представлены зависимости между тремя наблюдаемыми величинами: V, B—V, U—B (для пар типа EE). Рассмотрена также и их связь с другими, известными к настоящему моменту, характеристиками рассматриваемых галактик.

1. Аппаратура и метод наблюдений

На 60 см телескопе системы Кассегрена с эквивалентным фокусным расстоянием 7500 мм установлен однокапальный электрофотометр, работающий в системе U, B, V по методу счета фотонов [3]. Фотометр выполнен на базе ФЭУ типа ЕМ16256. Питание всей электрической части фотометра производится через стабилизатор St 2000. Температура, при которой работает аппаратура, поддерживается ниже $+15^{\circ}\text{C}$. Цветовая система фотометра приведена к стандартной U, B, V системе [4].

Объекты для наблюдения выбраны по [1] и [2], их селекция произведена в соответствии с проникающей силой телескопа (аппаратуры). Интегральные звездные величины объектов заключены в пределах $11^{\text{m}}—15^{\text{m}}$. Они покрывают всю северную полусферу и это позволяет производить наблюдения круглый год.

Наблюдения двойных галактик проводились с конца 1974 г. до середины 1977 г. В табл. 1 приведены данные о наблюдениях только пар типа EE (обе компоненты—эллиптические галактики). Использован дифференциальный метод наблюдений в системе близкой к стандартной U, B, V. Каждая пара галактик наблюдалась не менее трех раз в разные ночи с диафрагмой, подобранной в соответствии с диаметром объектов. По этим наблюдениям установлены параметры V, B—V и U—B для исследованных пар. Для окончательного приведения цветовой системы к стандартной выполнены наблюдения 15 двойных галактик различного морфологического типа, которые наблюдались и другими авторами [5] и [6]. Различие в результатах не превышает для величины $V \pm 0.035$; $B—V \pm 0.038$; $U—B \pm 0.045$. Это различие можно принять вполне удовлетворительным, учитывая в принципе более низкую точность измерений поверхностных объектов. U, B, V измерения проведены с использованием стандартных звезд, которые выбраны из [6] по следующим критериям:

- а) яркость звезды сравнения должна превышать яркость галактики;
- б) спектральный класс звезды—G;

в) небольшое расстояние от измеряемых объектов. Данные наблюдения двойных галактик типа ЕЕ представлены в табл. 1. Столбцы содержат следующие сведения:

1. Порядковый номер.
2. Номер по каталогу [1].
3. Номер по каталогу [2].
4. Номер по NGC или Ic.
5. Экваториальные координаты для эпохи 1950,0.
6. Диаметр примененной диафрагмы.
7. Диаметр галактики в минутах дуги.
8. Расстояние между компонентами в минутах дуги.
9. Морфологический тип.
10. Лучевая скорость.
11. Порядковый номер.
12. Номер по NGC.
13. Интегральная величина V.
14. Показатель цвета B—V.
15. Показатель цвета U—B.
16. Дата наблюдения (год, месяц, день).
17. Величина V, скорректированная за галактическое поглощение и красное смещение.
18. Показатель цвета B—V, скорректированный за галактическое поглощение и красное смещение.
19. Показатель цвета U—B, скорректированный за (дифференциальное) галактическое поглощение и красное смещение.
20. Расстояние до галактики, выраженное в Мпс ($H=75 \frac{\text{км}}{\text{сек. мпс}}$).
21. Абсолютная величина.

II. Обработка наблюдательных данных

1. Сравнение показателей цвета.

Произведено сравнение показателей цвета галактик Е, входящих в пары (ЕЕ), и одиночных галактик Е. Из каждой группы взято по 60 представителей. Для двойных галактик ЕЕ получены средние показатели цвета $(\overline{B-V})=0.88$ и $(\overline{U-B})=0.36$, в то время как для одиночных галактик Е $(\overline{B-V})=0.87$ и $(\overline{U-B})=0.40$. Применяя статистический критерий Фишера [7] для дисперсионного отношения $F=$

$$= \frac{s_x^2}{s_y^2} \text{ и отношения средних величин } t = \frac{\bar{x}-\bar{y}}{s\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \text{ можно отме-}$$

тить, что существует некоторое различие в средней величине и дисперсии показателей цвета, однако нельзя с уверенностью утверждать, что эти совокупности составляют разные группы. Произведено сравнение и средних показателей цвета для Е галактик, входящих в пары ЕЕ и Е—S. Для Е галактик из пар ЕЕ получаются средние величины $\overline{B-V}=0.88$ и $\overline{U-B}=0.36$, а для Е галактик из пар Е—S $\overline{B-V}=0.83$ и $\overline{U-B}=0.33$. И в этом случае нельзя с уверенностью делать вывод о реальном различии галактик этих двух групп.

2. Корреляция между показателями цвета двойных галактик ЕЕ. Холмберг в [8], используя фотографические данные только для цвета B—V 32 двойных галактик различного морфологического типа показал, что существует корреляция между цветами компонент двой-

ных галактик. По его вычислениям коэффициент корреляции равен

$$R = 0,80 \pm 0,06 \text{ (т. е.)}$$

Для двойных галактик типа ЕЕ по нашим данным получены коэффициенты корреляции между показателями цвета отдельных компонент пары:

$$R_{(B-V)_a} = \begin{matrix} 0,72 \pm 0,087 \\ 0,87 \pm 0,05 \text{ (т. е.)} \end{matrix}$$

$$R_{(U-B)_a} = \begin{matrix} 0,72 \pm 0,095 \\ 0,84 \pm 0,06 \text{ (т. е.)} \end{matrix}$$

Из рис. 1 видно, что все точки (а—соответствует более яркой компоненте) расположены в узкой полосе вокруг прямой с наклоном 45° . Далеко отстоят от этой зависимости пары № 2, 8, 12, 20, 22, 24 из табл. 1. У этих пар велика также и разность лучевых скоростей компонент, так что с большой степенью вероятности их можно считать оп-

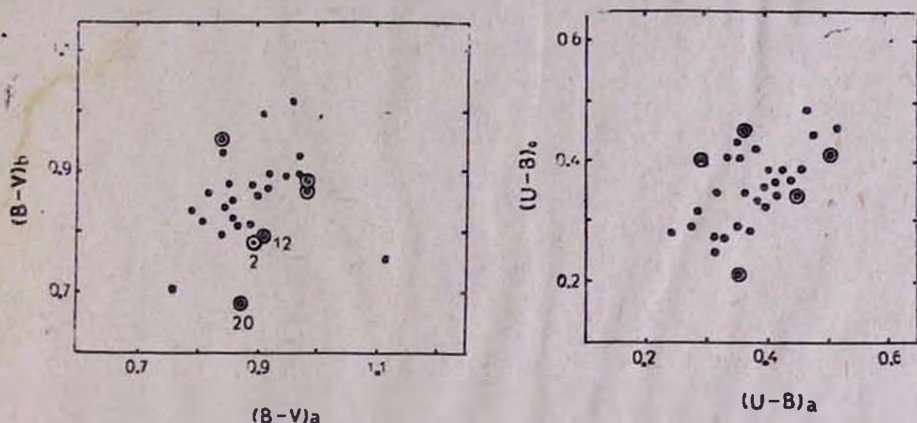


Рис. 1

тическими парами. В табл. 1 содержатся также и три пары (№ 8, 19, 20), которые имеют большие разности лучевых скоростей компонент, хотя различия их показателей цвета невелики. Эти три пары также можно считать оптическими, хотя не исключена их физическая связь. Все остальные пары табл. 1 можно считать физическими—разница лучевых скоростей компонент не превышает 300 км/сек, а показателей цвета $0,^m10$. Тот факт, что показатели цвета компонент физических пар различаются очень мало, имеет большое космологическое значение.

Чтобы проверить надежность наблюденной закономерности, было произведено сравнение со степенью корреляции показателей цвета пар 30 произвольно взятых галактик того же морфологического типа—Е. Величины коэффициентов корреляции цвета произвольно взятых галактик равны:

$$R_{(B-V)} = \begin{matrix} 0,31 \pm 0,165 \\ 0,62 \pm 0,07 \text{ (т. е.)} \end{matrix}$$

$$R_{(U-B)} = \begin{matrix} 0,12 \pm 0,180 \\ 0,53 \pm 0,07 \text{ (т. е.)} \end{matrix}$$

Очевидно, что коэффициенты корреляции цветов в физических парах значительно выше.

В табл. 2 приведены следующие величины:

1. Порядковый номер, совпадающий с номером по табл. 1.
2. Номера по CPG, NGC.
3. Разница величин компонент пары.
4. Разница показателей цвета $B-V$ компонент.
5. Разница показателей цвета $U-B$ компонент.
6. Разница лучевых скоростей ΔV_r компонент.
7. Логарифм лучевых скоростей.
8. Расстояние между компонентами в кпс.
9. Разница в абсолютных величинах.

Зависимость между величинами ΔV , показателями цвета $\Delta(B-V)$ и $\Delta(U-B)$ приведена на рис. 2. Различие величин компонент достигает 1.5, в то время как показатели цвета не различаются больше чем на 0,1. Это указывает на сходство звездного состава компонент. Пока нет наблюдений, позволяющих определить различие показателей цвета у компонент, отличающихся более чем на 1.5 по яркости.

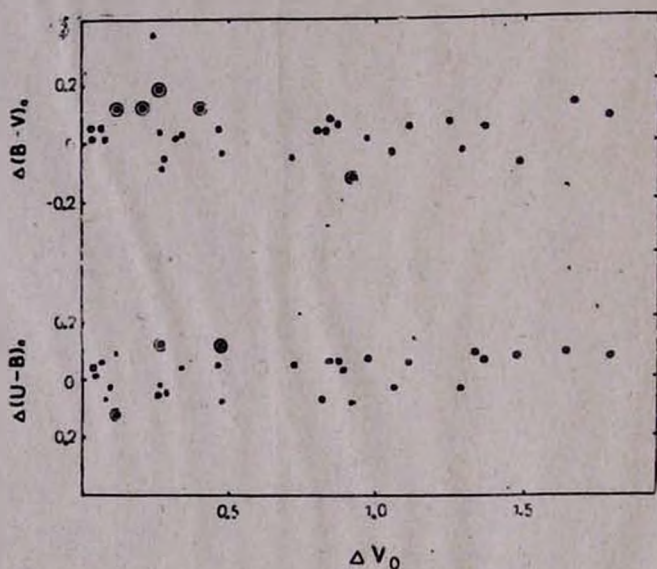


Рис. 2

На рис. 3 приведена зависимость между абсолютной величиной компонент и их показателями цвета. Можно прийти к выводу о небольшом покраснении больших галактик в цвете $B-V$, однако для показателя цвета $U-B$ наблюдается обратная зависимость.

Рассмотрена также зависимость между различием лучевых скоростей и показателями цвета отдельных компонент. Из рис. 4 видно, что нет четкой зависимости между этими величинами.

Для пар, имеющих измеренные лучевые скорости (21 шт.), вычислены удаления от наблюдателя. На рис. 5 заметны два максимума около расстояний 10 мпс и 70 мпс. На том же рисунке даны расстояния между компонентами.

Вычислены линейные размеры пар галактик ЕЕ и полученные величины сравнены с размерами случайной выборки единичных галак-

тик типа Е. Для сохранения однородности в определении размеров все они взяты по каталогу UCG [9]. Полученные результаты показывают, что галактики типа Е, входящие в пары, не различаются по размерам от единичных галактик того же морфологического типа.

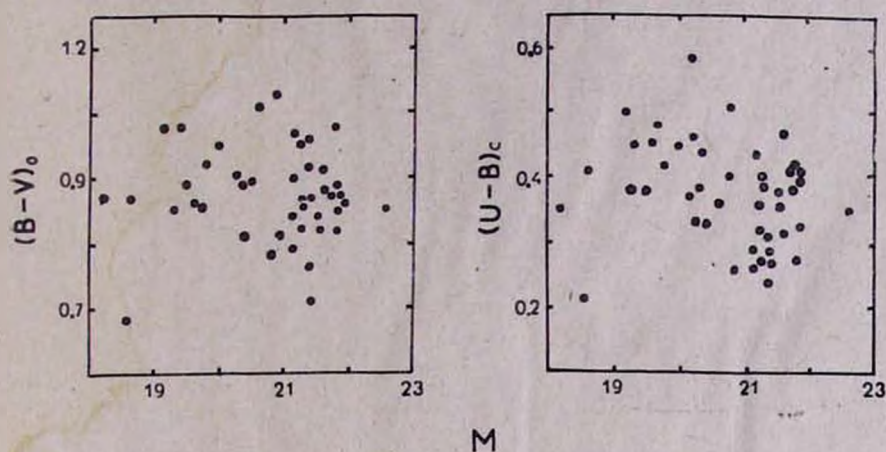


Рис. 3.

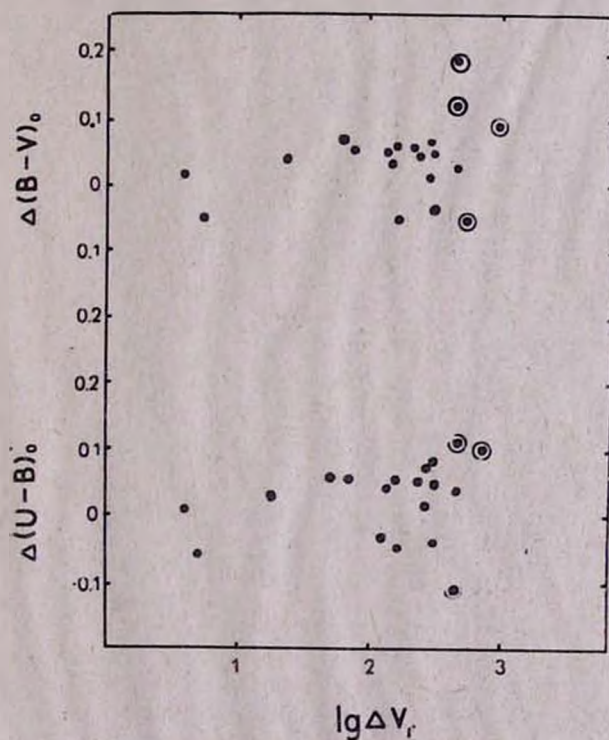


Рис. 4

№	CPG	MKG	NGC	Коорд. 1950.0		A	D	X	Тип	Vr
				α	δ					
1	23	5-03-52	382	01 04.7	32 08	0.90	0.8	0.54	E	5354
		5-03-53	383	01 04.7	32 09	0.90	2.0		E	5086
2	—	5-03-55	384	01 04.6	32 00	0.90	1.1	1.90	SO	4401
		5-03-56	385	01 04.7	32 02	0.90	1.4		E	4845
3	—	5-4-35	495	01 20.2	33 13	0.90	1.1	2.80	SO	4565
		5-4-38	499	01 20.5	33 12	0.90	1.5		SO	4304
4	—	5-04-44	507	01 20.9	33 00	0.90	2.0	1.60	E	5118
		5-04-45	508	01 21.0	33 02	0.90	1.3		E	
5	32	0-04-142	545	01 23.4	— 1 35	0.90	2.4	0.50	SO	5575
		0-04-143	547	01 25.5	— 1 36	0.90	1.6		E	5437
6	44	1-5-37	—	01 48.9	08 00	0.90	1.8	2.76	E	5246
		1-5-38	—	01 49.0	08 03	0.90	1.1		E	5092
7	46	5-05-34	750	01 54.6	32 58	0.90	1.4	0.45	E	5295
		5-05-35	751	01 54.6	32 57	0.90	1.3		E	5291
8	99	0-12-35	1587	04 28.1	00 33	0.90	1.9	0.97	SO	3812
		0-12-37	1588	04 28.2	00 33	0.90	1.0		E	3275
9	145	—	—	07 47.6	50 21	0.90	0.6	0.36	E	6691
		—	—	07 47.6	50 21	0.90	0.6		E	6998
10	147	9-13-96	2474	07 54.1	53 00	0.90	0.6	0.40	E	—
		9-13-97	2475	07 54.1	53 00	0.90	0.8		E	5076
11	175	3-23-10	2672	08 46.5	19 16	0.90	1.8	0.56	E	4100
		3-23-11	2673	08 46.6	19 16	0.90	0.9		E	3669
12	184	2-23-26	—	09 01.8	13 45	0.90	1.0	3.24	SO	—
		2-23-27	—	09 02.1	13 46	0.90	1.0		E	—
13	194	3-24-26	2802	09 13.9	19 11	0.90	0.7	0.80	E	8519
		3-24-27	2803	09 14.0	19 10	0.90	0.9		E	8718
14	—	6-21-14	2831	09 16.6	33 57	0.90	1.0	1.00	SO	—
		6-21-15	2832	09 16.6	33 57	0.90	0.5		E	6897
15	—	4-14-25	3190	10 15.5	22 06	0.90	3.0	5.10	SO	1354
		4-14-27	3193	10 15.8	22 10	0.90	2.1		E	1371
16	—	2-28-11	3379	10 45.2	12 51	2.25	4.0	7.50	E	877
		2-28-12	3384	10 45.7	12 54	2.25	3.8		SO	767
17	276	1-29-11	3567 ^a	11 08.7	06 06	0.90	0.7	0.59	E	—
		—	3567 ^b	11 08.8	06 05	0.90	0.5		E	—
18	278	3-29-20	3607	11 14.3	18 19	2.25	4.8	5.96	E	840
		3-29-22	3408	11 14.4	14 25	2.25	3.0		E	1117
19	300	3-30-106	3873	11 43.1	20 03	0.90	1.3	0.34	E	—
		3-30-105	3875	11 43.2	20 02	0.90	1.3		SO	—
20	—	4-29-06	4061	12 01.4	20 30	0.90	0.8	1.00	E	1545
		4-29-07	4065	12 01.5	20 30	0.90	1.0		E	1122
21	327	5-29-42	4211 ^a	12 13.1	28 27	0.90	1.0	0.56	E	6556
		—	4211 ^b	12 13.1	28 76	0.90	0.6		E	6603
22	—	5-29-62	4278	12 17.4	29 34	0.90	2.4	3.80	E	651
		5-29-63	4283	12 17.6	29 36	0.90	1.4		E	1085
23	331	1-32-17	4296	12 18.9	06 55	0.90	0.6	1.10	SO	—
		1-32-18	4297	12 18.9	06 56	0.90	1.4		E	—
24	361	5-31-26	4841 ^a	12 55.1	28 45	0.90	1.5	0.53	E	6892
		5-31-27	4841 ^b	12 55.2	28 46	0.90	1.1		E	6224
25	373	6-30-4	5141	13 22.6	36 38	0.90	1.7	2.34	SO	5280
		6-30-6	5142	13 22.8	36 40	0.90	1.5		SO	5350
26	—	0-38-25	5846 ^a	15 04.0	01 46	0.90	2.5	1.00	E	1937
		0-38-26	5846 ^b	15 04.0	01 47	0.90	1.2		E	1796
27	456	0-39-7	5868	15 07.3	00 43	0.90	0.9	3.61	SO	—
		0-39-6	5869	15 07.3	00 39	0.90	2.5		SO	—
28	501	—	—	16 45.3	68 01	0.90	1.1	1.23	E	—
		—	—	16 45.4	68 02	0.90	1.1		E	—
29	564	2-56-23	7236	22 12.3	13 35	0.90	0.9	0.59	SO	8098
		2-56-24	7237	22 12.3	13 35	0.90	0.9		E	8093
30	595	0-60-58	7783 ^a	23 51.6	00 06	0.90	1.0	0.66	E	7165
		0-60-59	7783 ^b	23 21.7	00 06	0.90	0.7		E	6855

Таблица 1

№	NGC	V	(B-V)	(U-B)	Дата	V ₀	(B-V) ₀	(U-B) ₀	R _{мкс}	M
1	382	13.33	1.02	0.56	76-01-18	12.97	0.82	0.40	71.39	-21.30
	383	12.51	1.05	0.50		12.15	0.86	0.33	67.41	-21.93
2	384	13.45	0.97	0.54	77-02-18	13.09	0.78	0.40	58.68	-20.75
	385	13.28	1.08	0.45		12.92	0.90	0.29	64.60	-21.13
3	495	12.53	1.05	0.53	77-02-08	12.17	0.87	0.41	60.86	-21.75
	499	13.76	0.99	0.48		13.40	0.81	0.33	57.38	-20.39
4	507	12.54	1.09	0.48	77-01-19	12.18	0.97	0.39	68.24	-21.31
	508	13.64	1.04	0.43		13.28	0.92	0.35	—	—
5	545	12.76	1.01	0.56	77-02-19	12.56	0.87	0.41	74.33	-21.80
	547	12.68	1.03	0.52		12.48	0.89	0.38	72.49	-21.82
6	44	13.10	1.10	0.52	77-02-19	12.88	0.96	0.41	69.95	-21.34
	—	13.82	1.16	0.48		13.60	1.01	0.36	67.89	-20.55
7	750	12.77	1.05	0.57	76-01-18	12.39	0.85	0.40	70.50	-21.86
	751	13.09	1.04	0.54		12.70	0.84	0.38	70.55	-21.54
8	1587	12.67	1.02	0.51	76-12-27	12.31	0.84	0.36	50.83	-21.22
	1588	13.59	1.12	0.59		13.23	0.95	0.45	43.67	-19.97
9	145	13.73	0.95	0.46	77-02-23	13.37	0.76	0.31	89.21	-21.38
	—	13.97	0.89	0.39		13.43	0.71	0.24	93.30	-21.41
10	2474	13.52	0.94	0.39	77-02-08	13.16	0.82	0.31	—	—
	2475	13.86	0.93	0.34		13.20	0.81	0.26	67.68	-20.95
11	2672	12.40	1.06	0.56	77-02-19	12.09	0.91	0.47	54.67	-21.60
	2673	13.29	1.04	0.59		12.99	0.89	0.44	48.92	-20.46
12	184	14.04	0.90	0.42	78-03-13	13.73	0.79	0.34	—	—
	—	13.55	1.02	0.53		13.24	0.91	0.45	—	—
13	2802	14.18	1.12	0.44	77-02-20	13.90	0.92	0.27	113.58	-21.36
	2803	14.23	1.07	0.47		13.95	0.87	0.29	116.24	-21.38
14	2831	13.78	1.08	0.52	76-04-15	13.52	0.88	0.40	—	—
	2832	12.47	1.03	0.44		12.23	0.85	0.35	91.96	-22.59
15	3190	11.67	1.02	0.52	77-03-18	11.47	0.92	0.42	18.05	-19.82
	3193	12.03	0.98	0.45		11.81	0.89	0.38	18.28	-19.50
16	3379	10.22	0.98	0.53	77-03-18	10.11	0.96	0.46	11.69	-20.22
	3384	10.58	0.95	0.54		10.38	0.86	0.48	10.23	-19.67
17	3567 _a	13.71	0.87	0.36	78-03-29	13.49	0.79	0.31	—	—
	3567 _b	14.77	0.91	0.39		14.55	0.83	0.34	—	—
18	3607	10.80	0.94	0.50	76-04-15	10.61	0.86	0.45	11.00	-19.64
	3608	11.78	0.93	0.45		11.58	0.85	0.38	14.89	-19.28
19	3873	13.12	0.95	0.40	76-03-29	12.93	0.89	0.35	—	—
	3875	13.95	0.87	0.34		13.77	0.81	0.29	—	—
20	4061	13.21	0.75	0.28	78-04-12	13.03	0.68	0.21	20.60	-18.54
	4065	12.94	0.94	0.41		12.76	0.87	0.35	14.96	-18.11
21	4211 _a	13.63	1.09	0.51	78-03-13	13.15	0.95	0.38	87.41	-21.26
	4211 _b	14.50	1.03	0.46		14.32	0.89	0.33	88.04	-20.40
22	4278	10.72	1.07	0.55	75-05-08	10.55	0.98	0.50	8.68	-19.15
	4283	12.36	0.96	0.45		12.18	0.87	0.41	14.47	-18.62
23	4293	14.54	0.98	0.46	78-03-28	14.35	0.89	0.37	—	—
	4297	12.75	1.05	0.51		12.56	0.97	0.44	—	—
24	4841 _a	13.24	1.12	0.48	77-04-21	13.08	0.98	0.37	91.89	-21.74
	4841 _b	13.48	1.02	0.39		13.29	0.87	0.27	82.98	-21.30
25	5141	13.07	0.98	0.43	76-05-05	12.89	0.84	0.32	70.40	-21.35
	5142	13.54	0.93	0.38		13.36	0.79	0.26	71.33	-21.19
26	5846 _a	11.47	1.13	0.59	78-03-29	11.23	1.03	0.51	25.83	-20.83
	5846 _b	12.83	1.08	0.53		12.59	0.98	0.45	23.95	-19.31
27	5868	13.82	1.10	0.40	77-07-14	13.78	0.99	0.32	—	—
	5869	12.55	0.99	0.46		12.31	0.91	0.39	—	—
28	501	13.42	1.03	0.35	76-07-20	13.11	0.93	0.28	—	—
	—	13.35	0.94	0.31		12.84	0.84	0.24	—	—
29	7236	13.67	1.04	0.50	76-08-02	13.33	0.82	0.28	107.97	-21.83
	7237	13.86	1.08	0.48		13.62	0.88	0.31	107.91	-21.54
30	7783 _a	13.97	1.04	0.52	76-09-03	13.77	0.86	0.43	95.53	-21.13
	7783 _b	13.50	0.99	0.46		13.29	0.82	0.35	91.40	-21.51

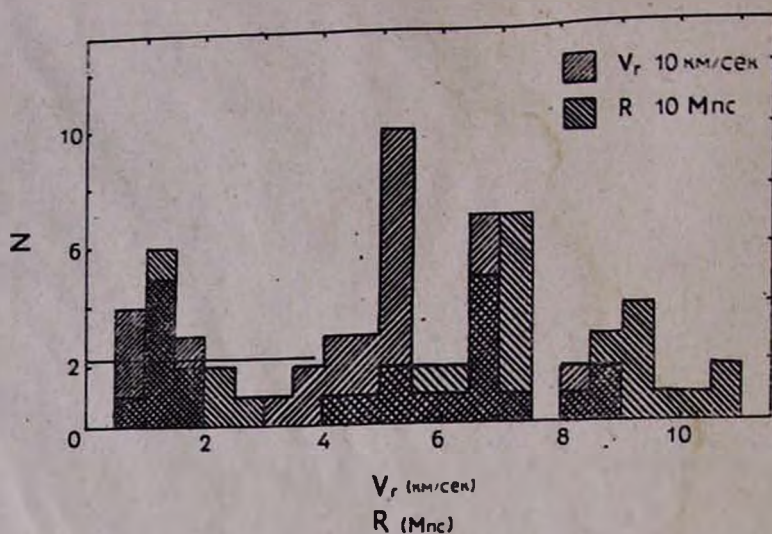


Рис. 5

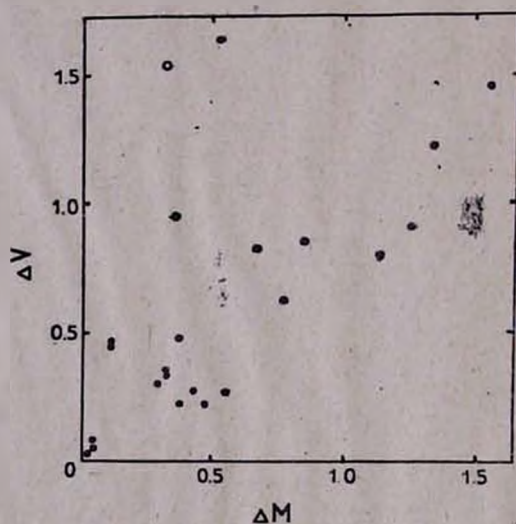


Рис. 6

Пары галактик типов E—S и S—S будут рассмотрены дополнительно.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Э. А. Дибая за указание направления исследований и академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение полученных результатов.

Таблица 2

№	CPG NGC	ΔV_0	$\Delta(B-V)_0$	$\Delta(U-B)$	ΔV_r	$\lg \Delta V_r$	X кпс	ΔM
1	23	0.82	+0.04	-0.07	268	2.43	10.79	0.68
2	384	0.12	+0.12	-0.11	444	2.65	33.73	0.38
3	495	1.23	+0.06	-0.08	261	2.42	47.67	1.36
4	507	1.10	+0.05	+0.04	—	—	—	—
5	32	0.08	+0.02	-0.03	138	2.14	10.57	0.02
6	44	0.72	+0.05	+0.05	154	2.19	54.78	0.79
7	46	0.31	+0.01	-0.02	4	0.60	9.15	0.32
8	99	0.92	-0.11	-0.09	537	2.73	13.20	1.25
9	145	0.06	+0.05	-0.07	307	2.49	9.46	0.03
10	147	0.04	-0.01	+0.05	—	—	—	—
11	175	0.90	+0.02	+0.03	431	2.63	8.35	1.14
12	184	0.49	-0.12	-0.11	—	—	—	—
13	194	0.05	+0.05	-0.02	199	2.30	26.48	0
14	2831	1.29	-0.03	-0.05	—	—	—	—
15	3190	0.34	+0.03	+0.04	17	1.23	26.67	0.32
16	3379	0.27	+0.04	-0.02	110	2.04	23.67	0.55
17	276	1.06	-0.04	-0.03	—	—	—	—
18	278	0.97	+0.01	+0.07	277	2.44	22.22	0.36
19	300	0.84	+0.08	+0.06	—	—	—	—
20	4061	0.27	+0.19	-0.14	423	2.63	5.12	0.43
21	327	0.87	+0.06	+0.05	47	1.67	14.15	0.86
22	4278	1.63	-0.11	+0.09	434	2.64	12.67	0.53
23	331	1.79	+0.08	+0.07	—	—	—	—
24	361	0.21	-0.11	+0.10	658	2.82	13.35	0.44
25	373	0.47	+0.05	+0.06	70	1.85	47.76	0.16
26	5846a	1.36	+0.05	+0.06	141	2.15	7.17	1.52
27	456	1.47	-0.08	-0.07	—	—	—	—
28	501	0.27	-0.09	-0.04	—	—	—	—
29	564	0.29	-0.06	-0.03	5	0.70	18.34	0.29
30	595	0.48	-0.04	-0.08	310	2.49	17.77	0.38

20 февраля 1978 г.

Ռ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ա. Ն. ՏՈՄՈՎ

E ՏԻՊԻ ԿՐԿՆԱԿԻ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բերվում են կրկնակի գալակտիկաների (EE տիպի) լուսա-
չափական դիտումների արդյունքները UBV սխեմանում:

R. A. VARDANIAN, A. N. TOMOV

THE OBSERVATIONS OF E TYPE DOUBLE GALAXIES

Summary

The results of UBV observations of double (EE) galaxies are pre-
sented

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Караченцев, Сообщ. САО, 7, 1972.
2. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Морфологический каталог галактик 1962—68.
3. А. Н. Томов, Бюлл. Астрономической обс., Варна (Болгария) 1973.
4. А. Н. Томов, Астрофизические исследования, т. 4, София, 1977.
5. G. & A. Vaucouleurs, Mem. RAS, part 1, 1972.
6. G. & A. Vaucouleurs, Sec. Ref. cat. of Bright Galaxies, 1975.
7. Д. Ходсон, Статистика для физиков, 1970.
8. E. Holmberg, Medd. lunds Astr. observ. ser II, № 136, 1958.
9. P. Hilson, Uppsala General Catalogue of Galaxies, 1965.

Г. В. АБРАМЯН

НОВЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ СВЕРХГИГАНТЫ СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА М

С целью выявления новых звезд с переменной линейной поляризацией и с переменным блеском среди М сверхгигантов в Бюраканской астрофизической обсерватории в течение 1973—1977 гг. выполнено свыше 5000 поляриметрических и 2000 электрофотометрических наблюдений 78 звезд. В программу наблюдений, кроме известных переменных М сверхгигантов, вошли 22 звезды, которые не были известны как переменные. В данной работе приведены результаты электрофотометрических наблюдений этих 22 М сверхгигантов. Результаты наших наблюдений показывают, что 13 из них являются переменными с малой амплитудой изменения блеска. Предварительное сообщение об этом опубликовано в [1, 2].

Наблюдения велись одноканальным электрофотометром [3] на полуметровом телескопе АЗТ—14 А в системе UVB. Для осуществления цветовой системы близкой к UVB в комбинации с фотоумножителем ЕМІ—9502А были выбраны следующие светофильтры: U—UG1—1 мм+СЗС 21—1 мм, В—СС 5—2 мм, V—OG 515—2 мм. Коэффициенты перехода A_V , A_{B-V} , A_{U-V} из пиструментальной цветовой системы к UVB, определенные из наблюдений стандартных звезд скопления NGC 6882/5 [4], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Время набл.	A_V	A_{B-V}	A_{U-V}
1973—74	0.006	0.932	1.126
1974—75	0.000	0.948	1.098
1975—76	0.000	0.943	1.138
1976—77	0.000	0.929	1.097

Оценки блеска и цветов программных звезд проводились относительно звезд сравнений. Для каждой звезды была выбрана одна звезда сравнения и одна контрольная. UVB фотометрия звезд сравнений и контрольных проводились нами по методике Харди [5].

Список наблюдаемых звезд приведен в табл. 2. В последних четырех столбцах таблицы даны номера звезд сравнений и контрольных по каталогу BD, а также их звездные величины и цвета в системе UVB.

Результаты наших электрофотометрических наблюдений приведены в табл. 3 и 4. В табл. 3 собраны данные о звездах, переменность блеска которых установлена по нашим наблюдениям. Часть результатов наблюдений звезд BD +35° 4077, +60° 335 и Case 23 опубликована в работе [1].

В табл. 4 приведены средние фотометрические характеристики тех звезд, у которых переменность блеска не обнаружена. Номера звезд

Звезда BD или Case	Спектр	Звезда сравнения и контроль- ная BD	v	$B-V$	$U-B$
			^m	^m	^m
		+60° 321	8.25	+1.46	+1.39
+16° 3936	M0 lab	+60° 317	9.60	+0.45	+0.21
		+36° 4036	9.17	+1.14	+1.03
+35° 4077	M3 lab	+36° 4046	8.78	+0.25	+0.15
		+59° 2327	7.55	+1.29	+1.23
+58° 2249	M1 ep1b-B2	+59° 2316	9.51	+0.45	+0.02
		+59° 2524	9.31	+1.80	+1.86
Case 75	M3.5 la	+53° 2453	9.19	+1.57	+1.40
		+58° 2495	9.04	+1.61	+1.80
Case 78	M2 1b	+59° 2583	9.20	+1.58	+1.17
		+59° 2675	10.24	+1.25	+1.00
Case 81	M2 1b	+59° 2661	8.84	+1.46	+1.43
		+63° 2073	8.97	+1.16	+1.44
+63° 2073	M0 1b	+63° 2076	8.68	+1.23	+0.89
		+63° 75	9.08	+1.68	+1.41
Case 23	M1 lab	+63° 71	9.43	+1.43	+1.09
		+56° 340	8.33	+1.73	+1.99
+55° 388	M2 la	+56° 402	8.27	+1.15	+0.93
		+60° 321	8.25	+1.46	+1.39
+60° 335	M3 lab	+60° 317	9.60	+0.45	+0.21
		+58° 434	9.82	+0.35	+0.17
+58° 373	M2 lab	+57° 537	9.16	+0.40	+0.16
		+58° 443	9.82	+0.35	+0.17
+57° 524	M1 lab	+57° 537	9.16	+0.40	+0.16
		+58° 434	9.82	+0.35	+0.37
+58° 445	M2 lab	+57° 534	9.16	+0.40	+0.16
		+55° 531	8.80	+0.44	+0.02
+56° 595	M0 lab	+55° 526	9.49	+0.15	+0.12
		+55° 531	8.80	+0.44	+0.02
+56° 597	M0 lab	+55° 526	9.49	+0.15	+0.12
		+55° 531	8.80	+0.44	+0.02
+56° 609	M2 lab	+55° 526	9.49	+0.15	+0.12
		+56° 773	8.19	+1.23	+1.00
Case 31	M1 1b	+57° 681	8.86	+0.60	+0.40
		+60° 624	9.50	+1.83	+2.03
Case 32	M0 la	+60° 615	9.47	+1.61	+1.76
		+59° 572	8.43	+1.45	+1.41
+59° 580	M1 1b	+59° 575	9.88	+1.29	+1.06
		+54° 649	9.05	+1.55	+1.39
+54° 651	M0 lab	+54° 647	8.23	+1.53	+1.44
		+30° 897	8.04	+1.70	+1.96
+29° 897	M1 1b	+30° 876	8.55	+1.36	+1.28
		+05° 1212	7.90	+1.42	+1.66
+05° 1198	M2 lab	+05° 1190	8.05	+1.12	+0.97

указаны в первом столбце, в следующих трех столбцах даны средние значения блеска $\bar{V}$, средние цвета $B-V$ и $U-B$, в пятом столбце — среднее квадратичное отклонение результатов измерений блеска s_v , в шестом — число наблюдений n за 1973—1977 гг.

По результатам табл. 3 для каждой звезды вычислены средние квадратичные отклонения блеска s_v и цветов s_{B-V} и s_{U-B} . (s_{U-B} вычислено только для 7 звезд, остальные из-за слабости в полосе U не наблюдались). Значения s_v , s_{B-V} и s_{U-B} приведены в табл. 5. В той же таблице даны средний блеск, средние цвета и число наблюдений за период 1974—1977 гг. Для сравнения в последних трех столбцах табл. 5 приведены среднеквадратичные ошибки одного измерения блеска s_v и цветов s_{B-V} , s_{U-B} , вычисленные по наблюдениям за

Таблица 3

JD 244...	V	B-V	U-B
1	2	3	4

 BD $\pm 35^\circ$ 4077

2934.52	9.74	± 3.00
2965.56	9.76	± 3.04
2985.36	9.76	± 3.07
2989.51	9.78	± 3.03
3011.41	9.80	± 2.97
3014.46	9.80	± 3.04
3017.48	9.80	± 2.94
3052.43	9.83	± 3.10
3095.32	9.94	± 3.00

Case 75

2244.52	11.02	± 3.17
2250.50	11.02	± 3.16
2254.50	11.02	± 3.17
2273.47	11.01	± 3.25
2276.45	11.02	± 3.34
2311.44	10.95	± 3.23
2335.44	10.95	± 2.96
2340.44	10.95	± 2.99
2368.38	10.97	± 3.26
2397.28	10.95	± 3.22
2427.32	11.02	± 3.10
2607.52	10.85	± 3.24
2628.49	10.83	± 3.26
2631.48	10.82	± 3.29
2638.53	10.90	± 3.18
2667.47	10.88	± 3.24
2691.45	10.85	± 3.26
2746.38	11.00	± 3.20
2981.53	11.23	± 3.11
2987.55	11.22	± 3.16
2990.58	11.24	± 3.05
2992.50	11.29	± 3.23
3018.50	11.35	± 3.21
3050.42	11.25	± 3.23
3092.30	11.25	± 3.15

Case 78

2245.55	11.10	± 2.89
2250.57	11.07	± 2.93
2254.51	11.05	± 2.97
2273.49	10.94	± 3.00
2276.47	10.94	± 2.98
2310.42	10.79	± 2.96
2333.53	10.70	± 3.01
2338.52	10.68	± 2.98
2344.47	10.73	± 3.01
2368.40	10.74	± 2.97
2397.38	10.85	± 2.92
2425.30	10.99	± 2.89
2607.57	11.02	± 2.87
2628.51	10.88	± 2.92
2631.50	10.88	± 2.93
2638.54	10.88	± 2.93
2662.46	10.84	± 2.90
2692.44	10.84	± 2.91
2714.43	10.98	± 2.89
2754.33	10.86	± 2.95
2986.50	10.80	± 2.92

1	2	3	4
2988.56	10.81	± 2.80	
2995.55	10.89	± 2.83	
3013.50	10.74	± 2.89	
3018.52	10.69	± 2.92	
3050.43	10.70	± 2.85	
3099.32	10.68	± 2.91	

Case 81

2221.55	9.96	± 2.80
2244.55	9.97	± 2.82
2250.52	9.97	± 2.78
2254.53	9.97	± 2.85
2273.50	9.97	± 2.84
2276.48	9.97	± 2.83
2309.53	10.06	± 2.76
2331.44	10.10	± 2.76
2337.44	10.13	± 2.73
2343.43	10.13	± 2.72
2398.35	9.96	± 2.77
2427.33	9.99	± 2.78
2607.61	10.05	± 2.77
2628.53	10.05	± 2.80
2631.52	10.04	± 2.72
2638.57	9.99	± 2.80
2662.55	9.95	± 2.80
2698.52	9.95	± 2.80
2721.37	9.94	± 2.74
2772.33	9.92	± 2.78
2986.53	9.86	± 2.76
2989.58	9.87	± 2.76
3011.49	9.95	± 2.71
3014.54	9.97	± 2.74
3017.56	9.91	± 2.73
3024.58	9.97	± 2.74
3052.56	9.95	± 2.70
3098.36	9.88	± 2.76

Case 23

2986.63	10.76	± 2.80
2989.60	10.74	± 2.74
3011.55	10.75	± 2.79
3014.56	10.77	± 2.74
3017.58	10.78	± 2.78
3024.60	10.78	± 2.72
3052.58	10.71	± 2.76
3095.38	10.69	± 2.70

 BD $\pm 55^\circ$ 388

2255.61	8.88	± 2.10	± 1.88
2273.60	8.91	± 2.11	± 1.84
2309.58	8.87	± 2.11	± 1.97
2315.64	8.92	± 2.09	± 1.92
2331.58	8.91	± 2.09	± 2.00
2337.62	8.92	± 2.11	± 1.96
2343.52	8.92	± 2.11	± 2.02
2425.35	8.96	± 2.02	± 1.89
2629.63	8.79	± 2.05	± 1.89
2634.58	8.79	± 2.05	± 1.85
2667.58	8.75	± 1.99	± 1.73
2691.57	8.84	± 1.99	± 1.69
2720.40	8.75	± 2.00	± 1.72

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
2989-65	8.84	-2.02	-1.94
3013-59	8.86	-2.06	-1.89
3017-62	8.86	-2.04	-2.02
3024-64	8.86	-2.07	-1.87
3052-62	9.03	-2.01	-1.81
3095-40	8.82	+2.03	-2.01

BD -60° 335

3002-62	9.08	+2.38	—
3018-58	9.07	-2.40	—
3050-51	8.91	+2.37	+2.15
3095-54	9.04	+2.39	+2.18

BD $+58^{\circ}$ 445

2276-59	8.28	+2.52	+2.76
2310-62	8.22	+2.48	+2.54
2333-68	8.30	+2.48	+2.75
2340-50	8.30	+2.46	+2.87
2345-63	8.30	+2.46	+2.80
2425-49	8.30	+2.46	+2.54
2476-39	8.29	+2.45	+2.48
2631-65	8.23	+2.47	+2.68
2662-68	8.33	+2.49	+2.42
2598-63	8.36	+2.44	+2.60
2720-52	8.27	+2.43	+2.52
3013-65	8.26	+2.49	+2.38
3018-64	8.25	+2.39	+2.51
3050-59	8.48	+2.43	+2.52
3095-49	8.38	+2.45	+2.29

BD $+56^{\circ}$ 595

2278-63	8.49	+2.28	+2.50
2311-60	8.22	+2.23	+2.23
2335-59	8.15	+2.20	+2.36
2340-63	8.17	+2.23	+2.36
2346-62	8.15	+2.19	+2.30
2427-44	8.12	+2.23	+2.29
2634-66	8.11	+2.27	+2.35
2635-62	8.13	+2.22	+2.26
2668-54	8.16	+2.24	+2.26
2697-59	8.12	+2.22	+2.28
2721-60	8.15	+2.23	+2.26
2772-41	8.03	+2.23	+2.32
3014-62	8.11	+2.27	+2.28
3023-66	8.13	+2.25	+2.35
3051-67	8.20	+2.19	+2.21
3082-53	8.19	+2.19	+2.05
3100-43	8.13	+2.21	+2.31

BD $+55^{\circ}$ 509

2635-65	8.23	+2.38	+2.41
2668-56	8.32	+2.36	+2.31
2697-65	8.25	+2.35	+2.23
2721-63	8.21	+2.34	+2.31
2799-32	8.19	+2.30	+2.34
3014-60	8.40	+2.44	+2.06
3019-60	8.41	+2.39	+2.14
3051-63	8.52	+2.34	+2.19
3082-51	8.53	+2.34	+2.13
3100-45	8.46	+2.36	+2.27

1	2	3	4
---	---	---	---

Case 31

2311-62	9.89	+2.77	—
2335-63	9.93	+2.77	—
2340-54	9.96	+2.77	—
2345-52	9.96	+2.78	—
2397-58	9.90	+2.80	—
2427-49	9.84	+2.84	—
2479-39	9.91	+2.81	—
2668-64	9.87	+2.82	—
2691-65	9.90	+2.73	—
2697-61	9.96	+2.75	—
2714-49	9.85	+2.78	—
2720-55	9.86	+2.78	—
2745-55	9.84	+2.74	—
2835-32	10.01	+2.74	—
3017-66	10.08	+2.86	—
3082-60	9.99	+2.67	—
3100-48	10.01	+2.68	—

BD -29° 897

2340-68	7.49	+2.29	+2.50
2345-55	7.47	+2.28	+2.47
2426-49	7.37	+2.31	+2.49
2430-34	7.36	+2.32	+2.45
2476-39	7.34	+2.29	+2.46
2480-45	7.35	+2.33	+2.23
2488-38	7.36	+2.26	+2.29
2502-34	7.35	+2.28	+2.33
2507-35	7.37	+2.28	+2.39
2745-56	7.29	+2.29	+2.79
2755-57	7.32	+2.30	+2.51
2779-50	7.31	+2.29	+2.50
2830-38	7.37	+2.30	+2.49
2859-33	7.37	+2.31	+2.46
2860-31	7.35	+2.32	+2.50
2866-32	7.37	+2.34	+2.51
3051-69	7.32	+2.31	+2.45
3082-62	7.29	+2.32	+2.41
3098-54	7.33	+2.29	+2.47
3168-45	7.73	+2.10	+2.39
3189-39	7.51	+2.27	+2.28

BD $+05^{\circ}$ 1198

2426-51	8.03	+1.93	+1.96
2479-43	8.07	+1.94	+1.87
2488-35	8.01	+1.97	+1.88
2503-39	7.93	+1.95	+1.81
2507-34	7.95	+1.95	+1.90
2745-64	7.96	+2.00	+1.95
2779-58	8.04	+2.01	+1.95
2830-46	8.16	+2.03	+1.96
2860-34	8.14	+1.99	+2.02
3098-65	7.94	+1.99	+1.95
3168-54	8.02	+1.97	+1.97
3189-48	8.06	+2.03	+1.90



сравнения, проводившимся совместно с программными. Как видно из последних столбцов табл. 5, точность одного измерения блеска V и цвета $B-V$ не ниже $\pm 0^m.03$, а цвета $U-B$ — $\pm 0^m.03$.

Таблица 4

Звезда BD или Case	$\bar{V}$	$\overline{B-V}$	$\overline{U-B}$	s_V	n
$+16^\circ$ 3936	6.29^m	$+2.05^m$	$+2.16^m$	0.03^m	31
$+58^\circ$ 2249	5.58	$+1.34$	$+0.02$	0.03	26
$+63^\circ$ 2073	10.20	$+2.44$	—	0.03	25
$+58^\circ$ 373	8.68	$+2.25$	$+2.36$	0.03	14
$+57^\circ$ 524	8.68	$+2.39$	$+2.40$	0.03	16
$+56^\circ$ 597	8.48	$+2.28$	$+2.43$	0.03	10
Case 32	9.77	$+2.13$	—	0.02	7
$+59^\circ$ 580	9.93	$+2.35$	—	0.01	13
$+54^\circ$ 651	9.32	$+2.57$	—	0.03	13

Таблица 5

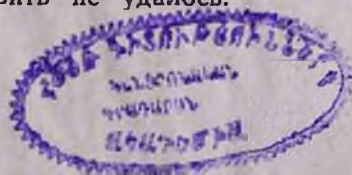
Звезда BD или Case	$\bar{V}$	s_V	$\overline{B-V}$	s_{B-V}	$\overline{U-B}$	s_{U-B}	n	σ_V	σ_{B-V}	σ_{U-B}
$+35^\circ$ 4077	9.68^m	0.10^m	$+3.05^m$	0.10^m	—	—	29	0.02^m	0.03^m	—
Case 75	11.03	0.16	$+3.19$	0.09	—	—	25	0.03	0.02	—
Case 78	10.85	0.12	$+2.92$	0.05	—	—	27	0.01	0.01	—
Case 81	9.98	0.07	$+2.77$	0.04	—	—	28	0.02	0.02	—
Case 23	10.79	0.08	$+2.78$	0.05	—	—	25	0.02	0.03	—
$+55^\circ$ 388	8.87	0.07	$+2.06$	0.04	$+1.89$	0.10	19	0.02	0.02	0.08
$+60^\circ$ 335	8.96	0.13	$+2.41$	0.07	$+2.36$	0.15	18	0.02	0.02	0.06
$+58^\circ$ 445	8.30	0.07	$+2.47$	0.03	$+2.57$	0.17	15	0.03	0.03	0.04
$+56^\circ$ 595	8.16	0.09	$+2.23$	0.03	$+2.29$	0.09	17	0.03	0.02	0.02
$+56^\circ$ 609	8.35	0.13	$+2.36$	0.04	$+2.24$	0.11	10	0.02	0.02	0.03
Case 31	9.93	0.07	$+2.77$	0.05	—	—	17	0.03	0.03	—
$+29^\circ$ 897	7.38	0.10	$+2.29$	0.05	$+2.45$	0.11	21	0.02	0.03	0.05
$+05^\circ$ 1198	8.03	0.08	$+1.98$	0.03	$+1.93$	0.06	12	0.02	0.01	0.06

Величины σ_V , σ_{B-V} , σ_{U-B} были вычислены для всех звезд сравнения (включая и звезды сравнений известных переменных М сверхгигантов). По этим величинам построена зависимость σ_V , σ_{B-V} , σ_{U-B} от величин V , B , U соответственно (рис. 1 а, б, в, точки). На этих рисунках кружками показаны значения среднеквадратичных отклонений s_V , s_{B-V} , s_{U-B} для М сверхгигантов из табл. 5. Как видно из рис. 1 а, б, в, оценка точности наших наблюдений реальная и, кроме того, основывается на большом количестве наблюдений (около 2000 наблюдений звезд сравнения).

Из табл. 5 и из рис. 1 а, б, в видно, что среднеквадратичные отклонения блеска М сверхгигантов намного превышают ошибки измерения блеска. Исходя из этого факта, можно уверенно сказать, что все 13 М сверхгигантов, приведенные в табл. 5, являются переменными звездами.

По данным табл. 3 построены зависимости блеска и цветов от времени (рис. 2.1—2.13), из которых видно, что амплитуды изменения блеска и цветов не велики ($0.^m1$ — $0.^m5$). В большинстве случаев при увеличении яркости в полосе V звезды становятся более красными.

Из-за малочисленности наших наблюдений тип переменности найденных нами переменных установить не удалось.



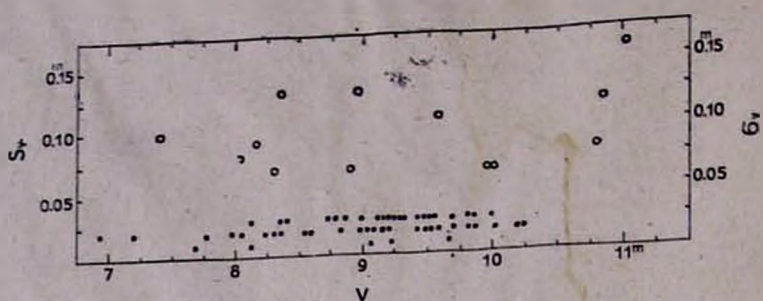


Рис. 1а. Зависимость среднеквадратичной ошибки одного измерения блеска V (●) и среднеквадратичного отклонения блеска переменных M сверхгигантов (○) от блеска в полосе V .

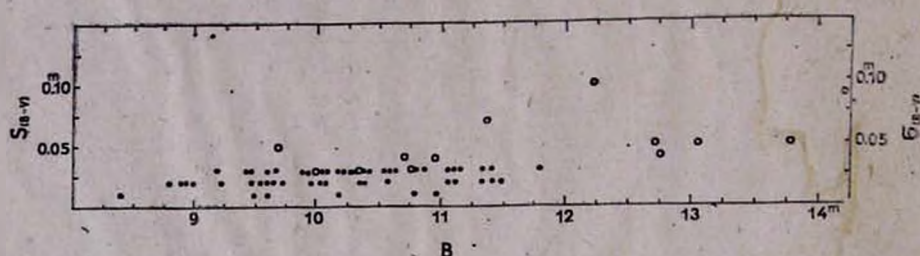


Рис. 1б. Зависимость среднеквадратичной ошибки одного измерения цвета $B-V$ (●) и среднеквадратичного отклонения цвета $B-V$ переменных M сверхгигантов (○) от блеска в полосе B .

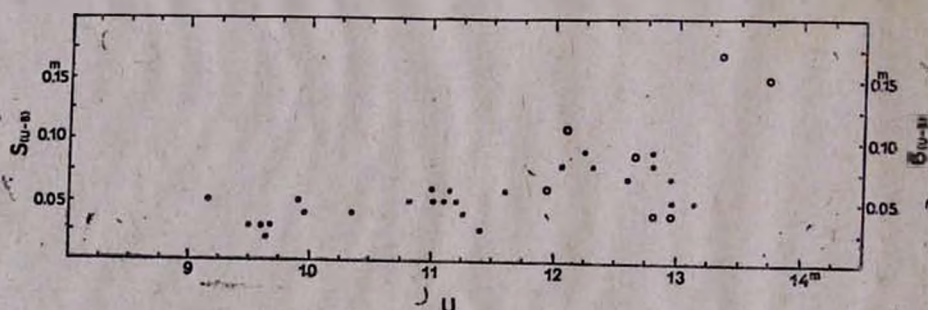


Рис. 1в. Зависимость среднеквадратичной ошибки одного измерения цвета $U-B$ (●) и среднеквадратичного отклонения цвета $U-B$ переменных M сверхгигантов (○) от блеска в полосе U .

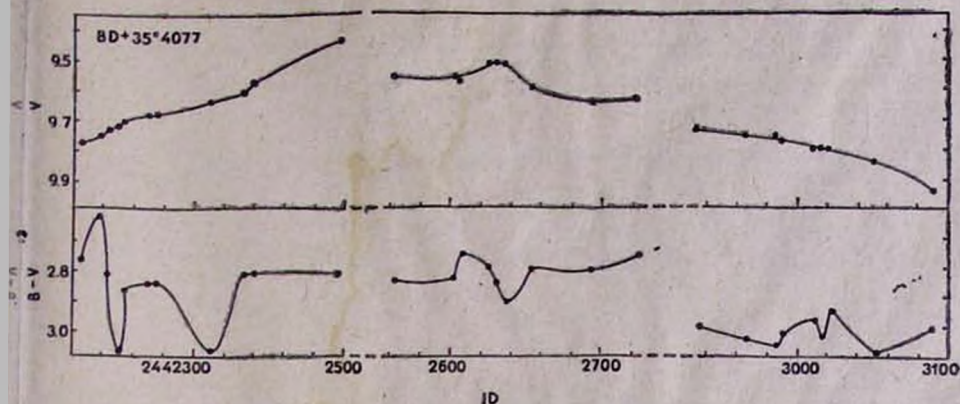
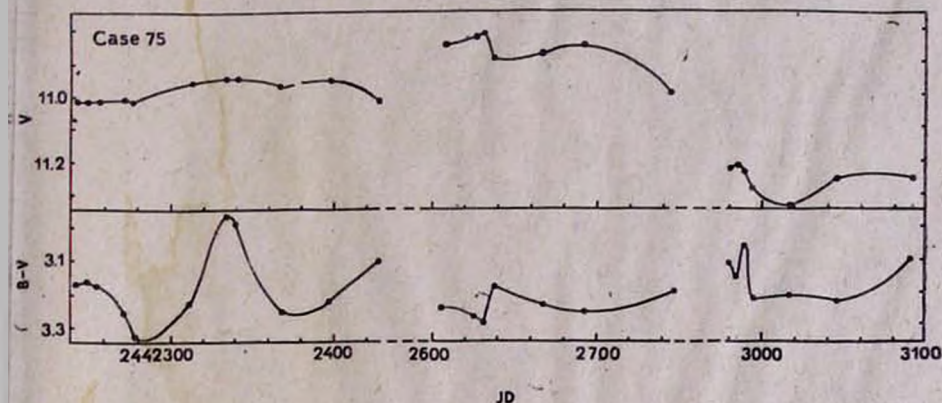
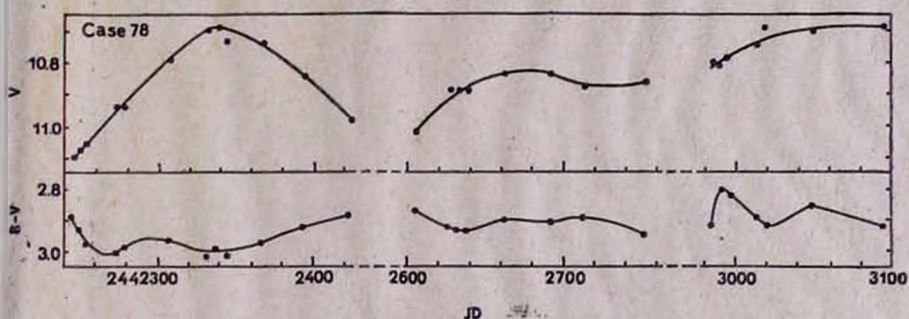


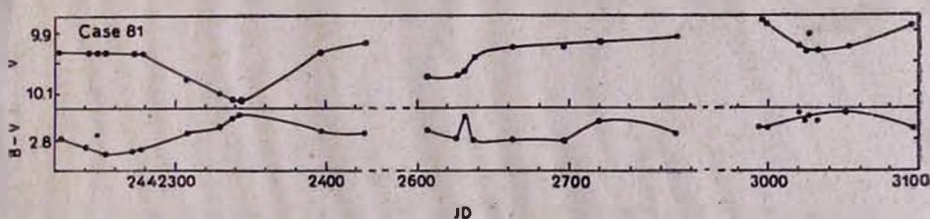
Рис. 2.1—2.13 Зависимость блеска V и цветов B-V, U-B от времени



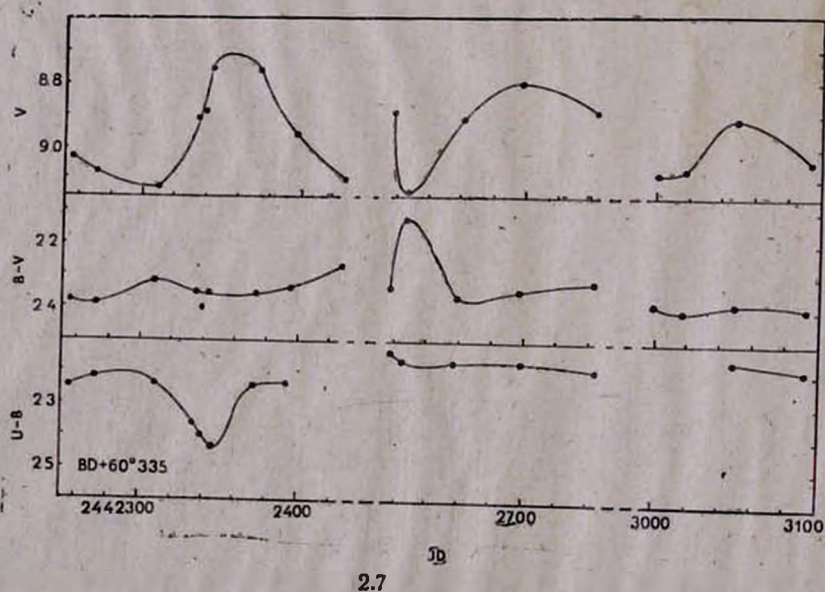
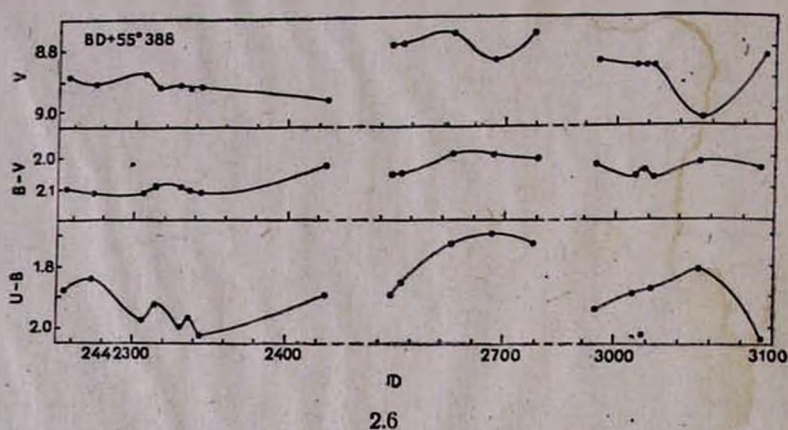
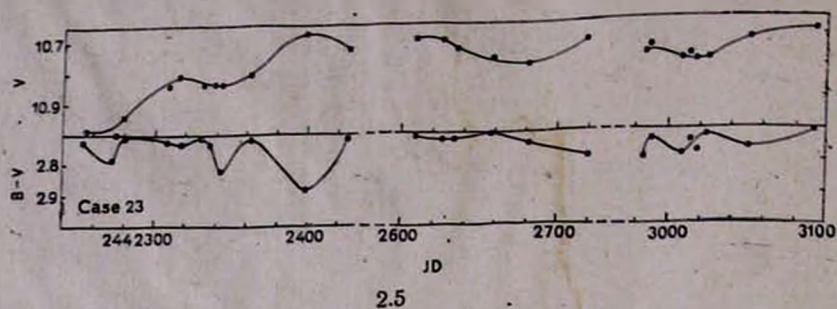
22.

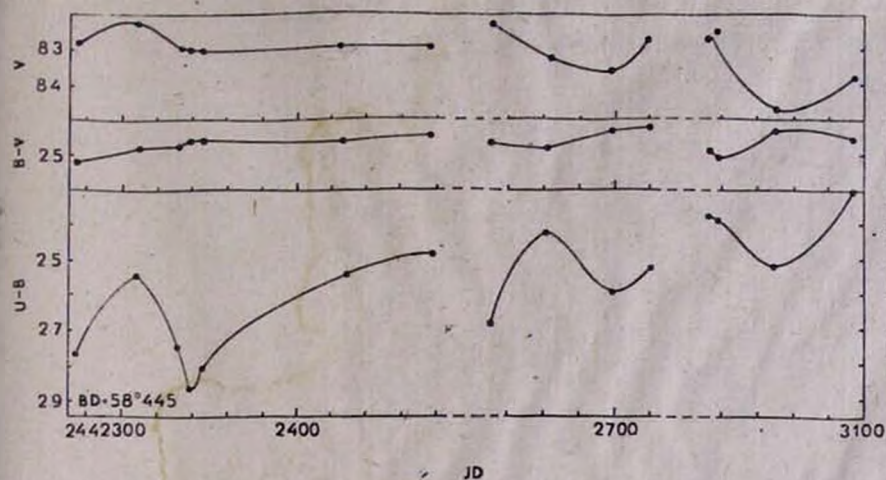


2.3

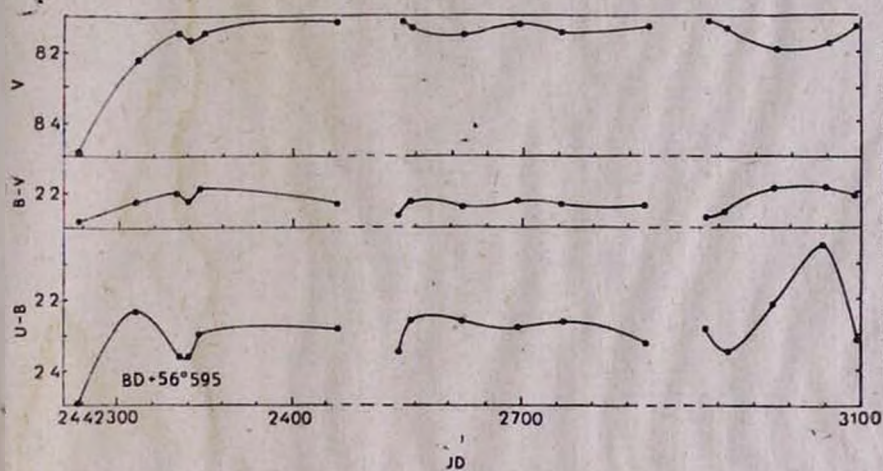


2.4

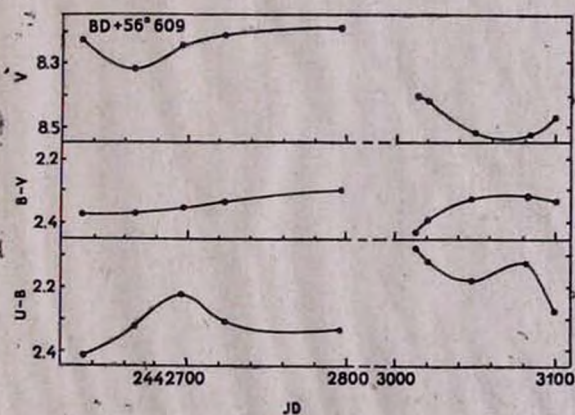




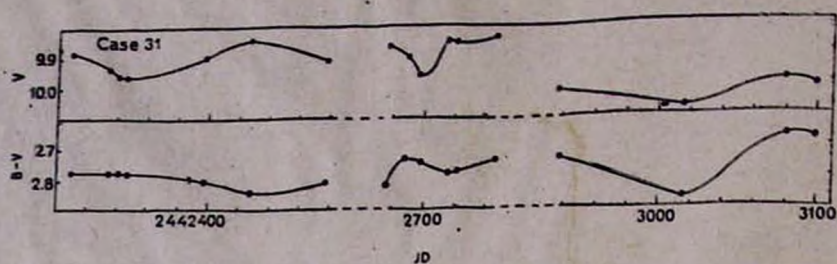
2.8



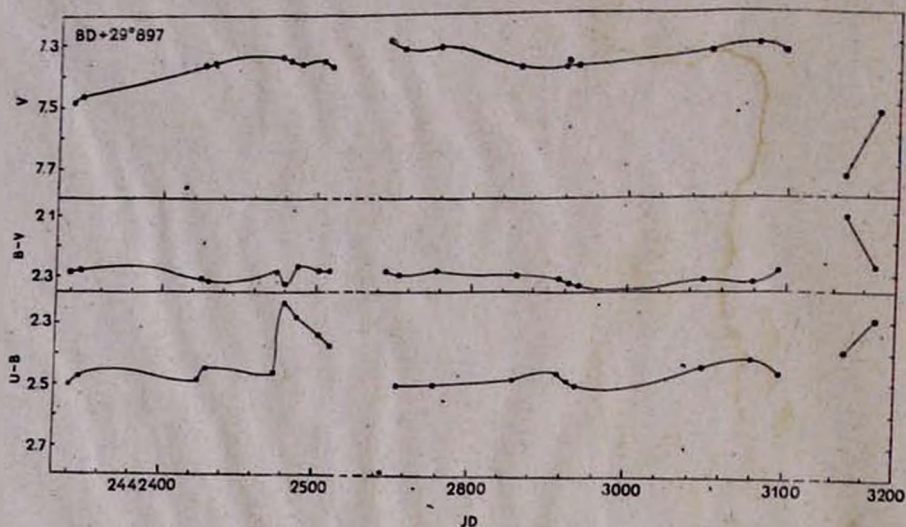
2.9



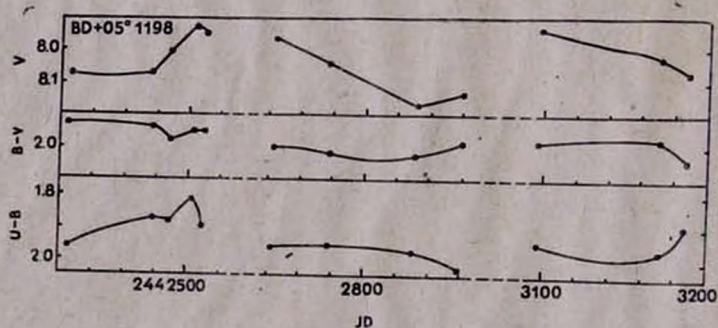
2.10



2. 11



2.12



2.13

28 сентября 1978 г.

Հ. Վ. ԱՐԱՂԱՄՅԱՆ

M ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԴԱՍԻ ՆՈՐ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ԳԵՐՀՍԿԱՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում հաղորդվում է M սպեկտրալ դասի 13 գերհսկանների պայծառության փոփոխության հայտնաբերման մասին: Բերված են այդ աստղերի 1974—77 թթ. ընթացքում կատարված UBV էլեկտրալուսաչափական դիտումների արդյունքները:

H. V. ABRAHAMIAN

NEW VARIABLE M SUPERGIANT STARS.

Summary

The discovery of light variation of 13 M spectral type supergiant stars is reported. The UBV data of photoelectric observations of these stars, accomplished in 1974—1977, are given.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Абрамян, АЦ, 920, 5, 1976.
2. Г. В. Абрамян, АЦ, 1025, 1, 1978.
3. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 27, 55, 1959.
4. A. A. Hoag, H. L. Johnson and oth., Naval obs. Publ., ser. 2, 17, 343.
5. К. Харди, «Методы астрономии», 157, М., «Мир», 1967.

Г. В. АБРАМЯН

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

1. Введение. Впервые переменность параметров линейной поляризации звездного излучения установлена К. А. Григоряном [1] в 1958 г. у М сверхгиганта μ Сер. В дальнейшем была найдена переменность линейной поляризации света различных типов переменных звезд [2—6]. Опубликованы работы [7—11], в которых сообщалось о наличии собственной поляризации у некоторых сравнительно ярких М сверхгигантов. До реализации нашей программы наличие собственной поляризации уверенно было установлено или заподозрено только у 21 М сверхгиганта. Для более детального исследования вопроса о присутствии собственной поляризации в излучении сверхгигантов спектрального класса М в 1973—1977 гг. нами проведена поисковая программа среди М сверхгигантов, основные результаты которой приведены в настоящей работе.

2. Техника и методика поляриметрических наблюдений. Сверхгиганты спектрального класса М находятся в галактической плоскости. Их излучение, доходя до Земли, рассеивается на частицах межзвездного поглощающего вещества и частично поляризуется. Поэтому собственную поляризацию у этих звезд можно выявить либо по переменности степени поляризации и позиционного угла со временем, либо по виду зависимости степени поляризации от длины волны. Первый из указанных способов является более надежным и простым. Преимущество первого способа заключается еще и в том, что по наблюдениям одной только исследуемой звезды уже можно получить однозначный ответ (меняются параметры линейной поляризации или нет). При втором способе, кроме наблюдений программной звезды, необходимо также провести дополнительные наблюдения для определения межзвездной поляризации в непосредственных окрестностях исследуемой звезды. Исходя из этих соображений, для выявления собственной поляризации у М сверхгигантов мы использовали первый из указанных способов.

Поляриметрические наблюдения велись в фокусе Кассегрена полуметрового телескопа АЗТ—14А Бюраканской астрофизической обсерватории с одноканальным электрополяриметром [12]. Поляризационным анализатором служил пленочный поляроид, поляризующее свойство которого близко к единице в диапазоне длин волн от 3200Å до 6500Å . Методика наших поляризационных измерений в основном не отличалась от принятой в Бюраканской обсерватории (метод непрерывно вращающегося анализатора с периодом вращения 2,3 мин). Результатом одного поляризационного измерения считалось среднее от результатов, полученных при трех полных поворотах анализатора. Используемый нами метод более детально изложен в работе К. А. Григоряна [12].

Во время первых пробных поляриметрических наблюдений звезд с нулевой поляризацией света из работы [13] выяснилось, что система телескоп—фотометр обладает незначительной инструментальной поляризацией (0.5—0.7%). Поэтому считалось целесообразным для выявления и исключения всяких инструментальных эффектов использовать методику редукции результатов поляризационных наблюдений, разработанную Н. М. Шаховским и Ю. С. Ефимовым [14]. С целью получения редукционных коэффициентов наблюдались стандартные звезды с большой поляризацией из работ [15—17] и с нулевой поляризацией из работы [13].

Определение редукционных коэффициентов проводилось два—три раза в год и в обязательном порядке после некоторых изменений в оптической части аппаратуры (мытьё зеркал телескопа, разборка и сборка отдельных узлов электрополяриметра и пр.).

Так как существенных изменений в оптической части системы телескоп—фотометр за время наших наблюдений не было, то естественно, что разброс редукционных коэффициентов в течение каждого сезона получился небольшой. Поэтому для каждого сезона бралось среднее из значений соответствующих редукционных коэффициентов, определенных в течение сезона. Средние значения редукционных коэффициентов приведены в табл. 1. Обозначения коэффициентов приведены в соответствии со следующими уравнениями перехода:

$$q' = A_1 q + B_1 u + C_1$$

$$u' = A_2 q + B_2 u + C_2,$$

где q' , u' — безразмерные параметры Стокса в инструментальной системе, а q , u — в международной.

Таблица 1

Сезон наблюдений	A_1	B_1	C_1	A_2	B_2	C_2
1973—74	1.0342	−0.2099	−0.4287	−0.1839	−1.0228	0.0114
1974—75	0.9647	−0.0413	−0.5249	−0.0222	−0.9806	−0.1760
1975—76	1.0451	0.0063	−0.4346	0.0089	−1.0718	−0.1236
1976—77	1.0542	−0.0682	−0.4836	−0.0811	−1.0305	−0.1771

Сравнение результатов, полученных нами для стандартных звезд после редукции ($\bar{P}'_V$, $\bar{u}'_V$), с каталожными значениями (P_V , u_V) приведено в табл. 2 и графически представлено на рис. 1 а, б. Как видно из табл. 2 и рис. 1 а, б, наши поляриметрические результаты находятся в хорошем соответствии с каталожными значениями (среднеквадратичный разброс по $P = \pm 0.18\%$ и по $u = \pm 3.5^\circ$).

Исходя из наших наблюдательных возможностей и из постановки задачи (выявление в существующих случаях собственной поляризации), большинство поляризационных наблюдений программных звезд проводилось в полосе V фотометрической системы UBV. Для воспроизведения полосы V использован фотоумножитель ЕМІ 9502А в комбинации со светофильтром OG 515—2 мм.

Сравнительно яркие звезды наблюдались и в полосах В, U, но не так часто, и результаты этих измерений в данной работе не обсуждаются.

С целью определения ошибок наблюдений совместно с программными регулярно наблюдались 12 звезд со стандартной поляризацией

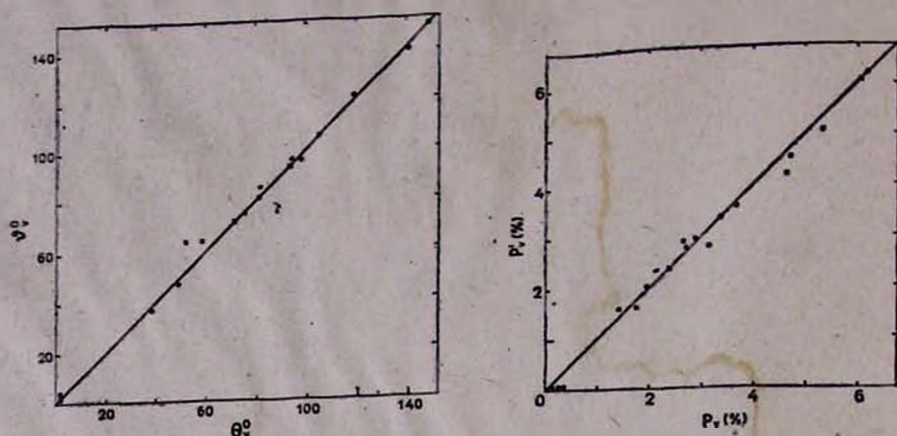


Рис. 1 а, б

Таблица 2

Звезда	V	P _v	θ _v	P'v	θ'v
BD +58° 119	7.57 ^m	2.39%	82° 5'	2.4%	85°
+60° 188	7.12	3.64	97.4	3.6	96
+57° 257*	6.93	3.32	95.0	3.4	96
+59° 260*	7.28	3.01	105.1	3.1	105
+57° 399	7.40	4.60	94.1	4.2	94
+60° 502*	7.81	5.30	120.2	5.1	121
+56° 884*	7.99	4.63	140.8	4.5	139
+53° 765*	9.32	6.0	149.0	6.1	149
γ Her	4.60	0.011	—	0.1	—
μ Her A	3.42	0.008	—	0.2	—
BD +08° 3866*	8.89	2.64	81.0	2.9	81
31 Aql	5.15	0.016	—	0.2	—
BD +18° 4085	6.87	6.08	1	6.2	1
P Cyg*	4.80	1.39	37.1	1.6	38
BD +37° 3879*	7.24	1.70	52	1.7	64
55 Cyg*	4.78	2.89	2.0	2.9	4
61 Cyg A	5.19	0.002	—	0.3	—
61 Cyg B	6.02	0.012	—	0.1	—
BD +59° 2420*	7.31	2.12	59	2.4	64
14 Cep*	5.60	1.95	72	2.0	72
BD +58° 2492*	7.20	2.67	49.0	2.8	48

из табл. 2 (эти звезды в таблице отмечены знаком *). На основании результатов этих наблюдений получена зависимость среднеквадратичной ошибки одного измерения степени поляризации σ_p от блеска звезды в полосе V, изображенная на рис. 2. Линия на рисунке проведена методом наименьших квадратов. Оценка среднеквадратичной ошибки одного измерения позиционного угла σ_θ получена из формулы

$$\sigma_\theta = \pm 0,5 \operatorname{arctg} \frac{|\sigma_p|}{P}.$$

Зависимость σ_θ от P для различных V приведена на рис. 3, на котором точками обозначены значения σ_θ , полученные непосредственно из результатов измерений указанных стандартных звезд. По-

лученные нами оценки ошибок находятся в хорошем соответствии с аналогичными величинами для данного поляриметра, приведенными другими авторами [8, 11].

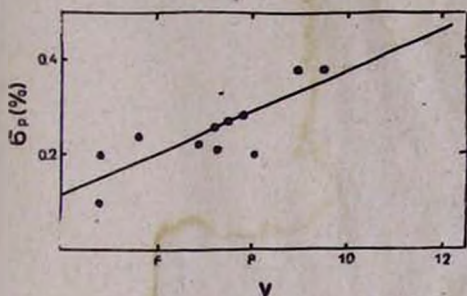


Рис. 2

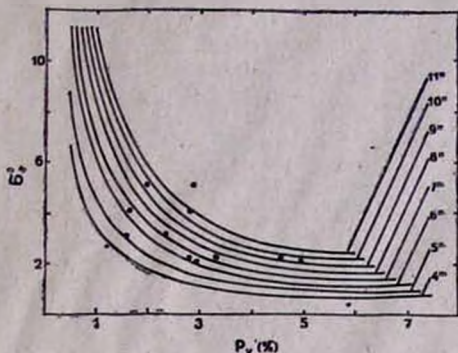


Рис. 3

3. Программа наблюдений. При отборе программных звезд учитывались только наблюдательные возможности. В программу наблюдений вошли 78 холодных сверхгигантов, 77 из которых по спектральным классификациям до 1973 г. считались типа М и звезда RW Сер (K5 Ia). По результатам узкополосной фотометрии спектральные классы М сверхгигантов были уточнены в 1978 г. [18]. Из наших программных звезд 10 оказались спектрального класса К. Таким образом, сверхгигантов класса М осталось всего 67. До 1973 г. для 22 из 78 программных звезд переменность линейной поляризации была установлена или заподозрена. Список этих звезд приведен в табл. 3. В табл. 4 приведены те звезды, переменность поляризации света которых установлена по результатам наших наблюдений. Список остальных программных звезд, которые в пределах точности наших измерений не показали переменности поляризации и ранее не были известны как объекты с переменной поляризацией света, приведен в табл. 5. Отметим, что 4 звезды из табл. 3 во время наших наблюдений не показали переменности поляризации. Эти звезды в табл. 3 отмечены знаком *. В столбцах табл. 3, 4 и 5 приведены следующие данные: номера звезд по BD или Case [19], название переменных или источник сведения о переменности, спектральный класс и класс светимости по [18] (если звезда отсутствовала в [18], то соответствующие данные даются по [20]), средний блеск $\bar{V}$ и цвета $(B-V)$, $(U-B)$ по нашим фотоэлектрическим наблюдениям, проводившимся совместно с поляризационными (часть из программных звезд из-за слабости в полосе U не наблюдалась), среднее значение $\bar{P}_V$ в процентах, среднеквадратичная ошибка одного измерения степени поляризации σ_P , полученная из рис. 2 для соответствующей средней яркости $\bar{V}$, среднеквадратичное отклонение степени поляризации σ_P , вычисленное по результатам, приведенным в табл. 11, среднее значение позиционного угла $\bar{\theta}_V$, среднеквадратичная ошибка одного измерения позиционного угла σ_{θ} , полученная из рис. 3 для соответствующих $\bar{P}_V$ и $\bar{V}$, среднеквадратичное отклонение σ_{θ} , вычисленное по результатам из табл. 11, число n поляризационных измерений во время наших наблюдений.

4. Результаты наблюдений. Результаты наших поляризационных

измерений приведены в табл. 11 для каждой звезды в отдельности. В первом столбце дана дата наблюдения в JD, во втором—степень линейной поляризации P в процентах, в третьем—позиционный угол ψ в градусах. Часть результатов поляриметрических наблюдений звезд BD $+35^\circ 4077$, $+60^\circ 335$ и Case 75 была опубликована в [21].

По данным табл. 11 для всех звезд были вычислены отклонения степени поляризации и позиционного угла от их средних значений. Поскольку количество отклонений степени поляризации и позиционного угла, превышающих $3\sigma_P$ и $3\sigma_\psi$ соответственно, оказалось больше

Таблица 3

Звезда BD или Case	Назв. пер. или свед. о пер.	Спектр	V	$\overline{B-V}$	$\overline{U-B}$	P_V	σ_P	σ_P	$\overline{\psi}_V$	σ_ψ	σ_ψ	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$+56^\circ 547$	AD Per*	M2.4 1ab	7.93	$+2.27$	$+2.33$	3.7%	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.3\%$	117°	$\pm 2^\circ$	$\pm 2^\circ$	18
$+55^\circ 597$	SU Per*	M3.3 1b	7.97	-2.18	-2.08	2.8	0.3	0.3	110	3	2	16
$+56^\circ 583$	RS Per*	M4.4 1b	8.25	-2.29	-2.08	3.6	0.3	0.4	116	3	3	16
$+57^\circ 552$	S Per	M4.5 1ab	9.62	-2.77	—	4.8	0.4	1.9	128	2	8	19
$+56^\circ 673$	YZ Per	M1.9 1a	8.16	-2.36	$+2.42$	2.9	0.3	0.5	118	3	6	18
$+18^\circ 875$	CE Tau*	M1.9 1a	8.16	-2.36	$+2.42$	2.9	0.1	0.4	11	3	8	21
$+21^\circ 1146$	TV Gem*	M0.6 1ab	6.48	-2.29	$+1.70$	2.8	0.2	0.2	167	2	2	20
$+22^\circ 1220$	BU Gem	M1.0 1a	6.34	-2.27	$+2.37$	2.2	0.2	0.6	167	3	6	18
$+49^\circ 1488$	J' Aur	M0.2 1ab	5.10	-2.02	-2.26	0.8	0.2	0.4	3	6	5	7
$+31^\circ 1046$	RS Cyg	M6 1b-11	5.62	$+1.69$	$+1.03$	0.5	0.2	0.3	35	11	21	13
$+35^\circ 4025$	BI Cyg	M3.1 1ab	9.27	-2.98	—	3.2	0.4	0.8	87	3	14	34
$+37^\circ 3903$	BC Cyg	M3.2 1ab	9.16	-3.31	—	5.3	0.4	0.8	81	2	6	30
$+39^\circ 4208$	RW Cyg	M2.9 1ab	8.62	-2.89	—	1.7	0.3	0.7	114	5	43	34
$+45^\circ 3349$	AZ Cyg	M3.1 1ab	8.22	-2.68	$+2.73$	3.5	0.3	0.7	36	3	5	41
$+61^\circ 2134$	SW Cep	M3.5 1a	8.37	-2.51	$+2.46$	1.6	0.3	0.5	62	6	23	36
$+58^\circ 2316$	Ц Cep	M2.2 1a	3.75	-2.46	$+2.57$	1.3	0.1	0.8	57	2	41	46
$+62^\circ 2007$	VV Cep	M2.2 1ab	5.11	-1.85	$+0.56$	1.6	0.2	0.3	40	3	4	40
$+58^\circ 2396$	AZ Cep	M1.6 1a	9.53	$+2.86$	—	4.3	0.4	1.3	50	3	6	36
$+55^\circ 2737$	RW Cep	K5 1a	6.61	-2.31	$+2.30$	3.2	0.2	0.6	38	2	5	36
$+56^\circ 2793$	ST Cep	M2.6 1a	8.07	-2.43	$+2.43$	2.5	0.4	0.6	47	5	13	35
$+60^\circ 2613$	PZ Cas	M2.8 1a	8.93	-2.61	$+0.91$	3.1	0.3	0.7	100	3	8	32
$+60^\circ 2634$	TZ Cas	M2.6 1ab	9.23	-2.59	$+2.47$	3.7	0.4	0.8	91	3	6	32

Таблица 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Case 23	[21]	M1.9 1ab	10.79	$+2.78$	—	8.4	0.4	1.0	112	2	11	25
$+60^\circ 207$	HS Cas	M3.1 1b	9.63	$+2.59$	—	4.8	0.4	0.6	95	2	10	20
$+60^\circ 310$	AZ Cas	M4.0 1ab	9.27	$+1.80$	-0.56	4.2	0.4	0.8	109	2	6	22
$+60^\circ 335$	[21]	M3.5 1b	8.96	$+2.41$	-2.36	4.1	0.3	0.6	108	2	9	18
$+60^\circ 375$	WX Cas	K5.5 1ab	10.02	$+2.60$	—	4.0	0.4	0.6	97	3	10	18
$+54^\circ 444$	XX Per	M3.6 1b	8.13	$+2.13$	$+1.31$	2.9	0.3	0.6	97	3	8	21
$+58^\circ 501$	GP Cas	M2.8 1ab	9.63	$+2.73$	—	6.4	0.4	0.7	109	2	10	17
$+56^\circ 724$	W Per	M3.6 1ab	9.87	$+2.66$	—	4.3	0.4	0.7	106	3	7	16
$+57^\circ 647$	V500Cas	M2.9 1ab	9.57	$+2.79$	—	5.3	0.4	0.7	107	2	10	16
$+59^\circ 594$	100256	K5.6 1b	8.98	$+2.81$	—	4.5	0.3	0.7	116	2	9	14
Case 33	IO Per	M3.9 1ab	11.12	$+3.21$	—	7.9	0.4	1.7	109	2	11	17
$+24^\circ 3902$	101897	M1.1 1a	9.26	$+3.12$	—	2.9	0.4	1.0	28	3	13	28
Case 61	V717 Cyg	M2.8 1ab	10.14	$+2.75$	—	2.5	0.4	0.7	47	5	13	32
$+35^\circ 4077$	[21]	M2.6 1ab	9.68	$+3.05$	—	2.6	0.4	0.6	34	5	10	27
Case 66	KY Cyg	M3.9 1ab	11.05	$+3.66$	—	5.5	0.4	0.9	109	2	11	27
Case 75	[25]	M2.7 1ab	11.03	$+3.19$	—	5.2	0.4	0.8	36	2	11	23
$+54^\circ 2863$	U Lac	M2.5 1a	8.89	$+2.61$	$+1.29$	2.7	0.3	0.6	51	4	9	30
Case 78	[25]	M1.1 1ab	10.85	$+2.92$	—	4.6	0.4	1.2	56	3	11	26
Case 80	GU Cep	M2.7 1b	9.56	$+2.56$	—	3.6	0.4	0.6	93	3	10	24
Case 81	[25]	M0.8 1b	9.98	$+2.77$	—	5.2	0.4	0.6	55	2	26	28
$+57^\circ 2750$	V358Cas	M4.0 1ab	9.51	$+2.77$	—	1.7	0.4	1.6	1	6	26	26

Таблица 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
+63° 2073	—	M0-1 lb	10-20	+2.44	—	5.8	0.4	0.5	72	2	3	25
+61° 8	KN Cas	M0-7 lb	9.53	+1.75	+0.50	3.3	0.4	0.5	83	3	4	23
+59° 38	MZ Cas	M1-3 lab	9.53	+2.57	—	2.9	0.4	0.4	40	4	4	19
+57° 258	V 466 Cas	M1-1 lp	8.66	+2.16	+2.29	2.9	0.3	0.4	97	3	4	23
+59° 274	102353	M0-4 lb	8.52	+2.11	+2.00	3.8	0.3	0.4	102	2	3	23
+55° 388	[25]	M3-7 lb	8.87	+2.06	+1.89	2.5	0.3	0.3	49	4	4	19
+58° 373	—	M0-6 lb	8.67	+2.25	+2.36	4.3	0.3	0.3	95	2	4	14
+55° 529	KK Per	M1-9 lb	7.78	+2.28	+2.39	3.5	0.3	0.3	110	2	2	19
+57° 524	—	K5-4 lab	8.86	+2.39	+2.40	4.2	0.3	0.4	106	2	3	16
+58° 445	[25]	K5-7 lab	8.30	+2.47	+2.57	4.3	0.3	0.3	108	2	2	15
+56° 512	BU Per	M3-7 lb	9.01	+2.58	+2.57	3.8	0.3	0.5	112	3	3	15
+57° 530A	PP Per	M1-4 lb	9.18	+2.43	—	4.5	0.3	0.3	106	2	2	11
+56° 597	—	K5-6 lab	8.48	+2.28	+2.43	4.2	0.3	0.2	112	2	2	10
+58° 439	T Per	M2-1 lab	8.61	+2.36	+2.41	4.5	0.3	0.3	110	2	4	19
+56° 551	PZ Per	M0-3 lab	7.95	+2.28	+2.44	4.1	0.3	0.2	112	2	2	17
+57° 550	PR Per	M0-7 lab	7.94	+2.35	+2.50	3.1	0.3	0.4	113	3	4	18
+56° 595	[25]	K5-8 lab	8.16	+2.23	+2.29	3.5	0.3	0.3	112	3	2	17
+56° 609	[25]	M3-1 lb	8.35	+2.36	+2.24	4.0	0.3	0.3	113	2	2	10
+59° 580	—	K5-5 lb	9.93	+2.35	—	3.7	0.4	0.3	105	3	5	13
Case 32	—	M0 lb	9.77	+2.15	—	4.4	0.4	0.3	122	2	2	7
Case 31	[25]	M2-2 lab	9.93	+2.77	—	6.5	0.4	0.5	125	2	2	17
+54° 651	—	K5-1 lb	9.32	+2.57	—	4.4	0.4	0.4	113	2	3	13
Case 34	6015	M3-4 la	9.71	+2.85	—	4.4	0.4	0.3	115	3	3	14
+29° 897	[25]	M1-7 lab	7.38	+2.29	+2.45	1.4	0.3	0.3	92	6	4	17
+31° 1049	NO Aur	M1-8 lab	6.27	+2.10	+2.18	1.0	0.2	0.2	136	6	6	16
+23° 1243	WY Gem	M2-1 lb	7.29	+1.67	+0.19	1.8	0.3	0.2	15	4	6	16
+05° 1198	[25]	M3-4 ll	8.03	+1.98	+1.93	1.3	0.3	0.1	166	6	7	6
+46° 1271	Y Lyn	M5 1b-11	7.43	+1.81	+0.89	0.6	0.3	0.3	27	13	9	11
+14° 3207	α Her	M5 1b-11	2.93	+1.42	+0.85	0.3	0.1	0.2	110	17	9	28
+39° 3476	XY Lyr	M4-51b-11	6.05	+1.70	+1.34	0.3	0.2	0.2	51	17	15	32
+0° 4064	UW Aql	M2-2 lab	8.77	+2.63	+2.08	1.5	0.3	0.2	94	6	8	22
Case 55	V492 Aql	M1-1 lab	10.34	+3.29	—	4.8	0.4	0.5	35	3	5	25
+16° 3936	—	K5-5 lab	6.29	+2.05	+2.16	2.1	0.2	0.2	40	3	4	31
+59° 2342	102073	M3 lb	6.69	+2.48	+2.64	1.0	0.3	0.2	47	7	8	26
+58° 2249	—	M1-1 lb	5.58	+1.34	+0.02	0.8	0.2	0.2	84	7	6	19

ше статистически ожидаемого, было принято, что соответствующие звезды имеют собственную поляризацию. Отобранные таким способом звезды с собственной поляризацией приведены в табл. 3 (кроме звезд, отмеченных знаком *) и в табл. 4. Таким образом, по результатам наших наблюдений установлено наличие собственной поляризации у 21 красного сверхгиганта (табл. 4) и в настоящее время число красных сверхгигантов с собственной поляризацией света составляет 39.

Процентное содержание красных сверхгигантов с собственной поляризацией в каждом спектральном подклассе приведено в табл. 6. Из таблицы видно, что относительное число звезд, имеющих собственную поляризацию, возрастает в направлении поздних подклассов. Возрастающее процентное содержание звезд с собственной поляризацией у более поздних подклассов, по-видимому, указывает на определяющую роль температуры фотосферы в механизме происхождения собственной поляризации света красных сверхгигантов.

Рассмотрение распределения М сверхгигантов, имеющих собственную поляризацию по классам светимостей (табл. 7), показывает, что собственная поляризация более чем в три раза чаще встречается у М сверхгигантов класса светимости Ia по сравнению со звездами класса Ib. Из 10 сверхгигантов класса Ia только одна звезда не имеет собственной поляризации (Case 34), тогда как из 26 Ib сверхгигантов

Таблица

Спектральный класс	K4-5-K6-5	K6-6-M1-5	M1-6-M3-5	M3-6-M5-5
Общее число звезд	11	18	36	13
Число звезд с собственной поляризацией	4	5	23	7
Процентное содержание звезд с собственной поляризацией	19	28	64	54

только 6 звезд имеют собственную поляризацию. Звезды класса светимости Iab занимают промежуточное положение.

Как хорошо известно, появление в излучении звезд собственной поляризации тесно связано с переменностью блеска. Поэтому особый интерес представляет рассмотрение относительного содержания холодных сверхгигантов, имеющих собственную поляризацию в зависимости от амплитуды изменения блеска. В общем каталоге переменных звезд (ОКПЗ) приведены амплитуды изменения блеска 51 звезд из наших программных. Эти амплитуды в ОКПЗ даны в различных фотометрических системах (в фотографической, в визуальной и в V полосе системы UBV). По нашим неопубликованным данным в полосах В и V системы UBV изменения блеска красных сверхгигантов почти одинаковы. Если учесть, что амплитуды этих изменений в фо-

Таблица 7

Класс светимости	Число М сверхгигантов	Число М сверхгигантов с собственной поляризацией	Процентное содержание звезд с собственной поляризацией
Ia	10	9	90
Iab	31	20	64
Ib	26	6	23
Общее число	67	35	52

тографических лучах и в полосе В почти равны, то с большой надежностью можно считать эту информацию однородной. Приведенные в ОКПЗ амплитуды колебаний блеска красных сверхгигантов находятся в интервале 0^m2-3^m2 . Распределение процентного содержания звезд с собственной поляризацией по амплитудам колебаний блеска приведено в табл. 8. Из таблицы видно, что собственная поляризация чаще встречается у красных сверхгигантов со сравнительно большими амплитудами ($>1^m$) по сравнению со звездами, амплитуды которых меньше или равны 1^m .

Таблица 8

Интервал амплитуд в звездных величинах	$0.1-1.0^m$	$1.1-2.0^m$	$2.1-3.0^m$	$3.1-4.0^m$
Общее число звезд	21	23	5	2
Число звезд с собственной поляризацией	10	16	4	2
Процентное содержание звезд с собственной поляризацией	48	70	80	100

Как впервые отметил В. А. Амбарцумян [22], что в дальнейшем было подтверждено другими авторами [23, 24], многие из М сверхгигантов являются членами молодых звездных систем—ассоциаций. Поэтому определенный интерес представляет рассмотрение вопроса наличия у М сверхгигантов собственной поляризации в связи с принадлежностью их к ассоциациям. Список ассоциаций, в которые входят звезды из числа наших программных, приведен в табл. 9 (по данным [24]). В первом столбце таблицы дано название ассоциации, во втором—число М сверхгигантов в каждой ассоциации, в третьем—число наблюдаемых нами М сверхгигантов, в четвертом—число М сверхгигантов с собственной поляризацией и в пятом—процентное содержание М сверхгигантов с собственной поляризацией в каждой ассоциации. Из последнего столбца таблицы видно, что относительное число звезд с собственной поляризацией в ассоциациях Per OB1, Aur OB1 и Gem OB1 меньше по сравнению с остальными. Так как в ассоциацию Aur OB1 входят всего два, а в Gem OB1—три М сверхгиганта, то факт пониженного содержания звезд с собственной поляризацией в этих двух случаях можно объяснить случайными флуктуациями, связанными с малочисленностью М сверхгигантов в этих ассоциациях. Однако этого нельзя утверждать относительно ассоциации Per OB1, где число наблюдавшихся звезд гораздо больше.

Таблица 9

Ассоциация	N _{общ.}	N _{набл.}	N _{соб.пол.}	$\frac{N_{\text{соб.пол.}}}{N_{\text{набл.}}}, \%$
Vul OB1	1	1	1	100
Cyg OB1	4	4	4	100
Cyg OB9	1	1	1	100
Cep OB2	4	4	3	75
Cep OB1	3	3	3	100
Cas OB2	2	2	2	100
Cas OB5	3	3	2	67
Cas OB7	3	3	2	67
Cas OB8	3	2	1	50
Per OB1	18	17	6	35
Aur OB1	2	2	0	0
Gem OB1	3	3	1	33
Всего	47	45	26	58

Чтобы исключить возможное влияние малочисленности М сверхгигантов в каждой ассоциации на данную статистику, все М сверхгиганты, входящие в ассоциации, кроме звезд Per OB1, были объединены в одной группе. Сравнение процентного содержания М сверхгигантов с собственной поляризацией, объединенной в группу с анало-

Таблица 10

	Общее число наблюдаемых М сверхгигантов	Число М сверхгигантов с собственной поляризацией	Относительное число М сверхгигантов с собственной поляризацией, %
Во всех ассоциациях	45	26	58
Во всех ассоциациях кроме Per OB1	28	20	77
В ассоциации Per OB1	17	6	35
Не являющиеся членами ассоциаций	22	8	36

Таблица 11

JD 244...	P _v %	θ _v
1	2	3

AD Per

1983.62	4.3	115
2276.64	3.4	117
2310.65	3.4	118
2335.56	3.5	119
2340.60	3.7	118
2346.59	3.7	119
2426.44	4.1	118
2634.64	4.2	114
2668.51	3.8	119
2694.56	4.1	112
2721.61	3.9	117
2772.38	3.5	120
3015.66	3.7	118
3019.61	4.0	116
3052.64	3.6	118
3082.56	3.5	118
3099.41	3.3	118
3100.38	3.2	118

SU Per

2276.63	2.5	111
2310.64	2.7	108
2335.55	2.3	108
2340.59	3.0	106
2346.58	3.0	108
2426.45	3.3	109
2634.62	2.6	110
2668.49	2.8	109
2697.55	3.1	110
2721.56	3.3	110
2772.36	2.7	109
3015.65	3.0	110
3019.60	3.6	114
3052.64	2.8	110
3082.57	2.8	110
3099.40	3.3	114

RS Per

2278.62	3.0	114
2310.68	3.5	116
2335.57	4.0	116
2340.61	3.7	112
2346.60	3.7	115
2426.47	3.3	116
2634.64	3.6	116
2668.52	3.7	118
2697.61	3.0	116
2721.58	3.3	118
2772.38	3.2	109
3014.65	4.1	118
3023.68	4.2	114
3051.68	3.8	118
3082.53	4.0	118
3100.40	3.7	120

S Per

1950.60	7.3	134
1978.62	6.9	134
1990.60	9.8	141

1	2	3
---	---	---

2275.66	5.0	121
2310.61	3.6	117
2333.66	5.1	127
2340.49	3.2	119
2345.67	3.6	127
2425.47	2.1	143
2476.35	3.3	140
2631.64	3.9	125
2662.67	6.0	124
2698.64	5.7	132
2720.50	5.1	122
2830.34	2.8	118
3013.61	3.9	132
3018.60	5.8	128
3050.55	5.0	123
3098.44	2.7	126

YZ Per

1951.65	2.6	127
1978.66	2.5	134
2312.49	3.4	122
2335.53	3.1	120
2340.56	2.8	112
2346.55	3.8	115
2426.40	2.5	118
2631.59	2.5	116
2638.63	2.7	117
2667.61	3.1	116
2692.61	3.2	119
2720.43	3.8	119
2755.46	3.4	118
2799.37	2.9	122
3015.63	2.7	120
3018.67	3.3	112
3050.62	2.7	116
3095.46	1.8	102

CE Tau

2339.70	1.2	1
2344.67	1.4	2
2397.62	0.7	23
2427.51	1.3	1
2430.47	1.5	1
2476.41	0.8	5
2488.40	1.3	16
2502.35	1.1	9
2691.69	1.9	8
2745.58	1.2	16
2755.58	2.3	12
2779.47	1.3	16
2826.38	1.9	19
2830.37	1.3	14
2859.31	1.5	13
2866.34	1.3	14
3051.71	1.0	17
3082.64	1.3	23
3098.56	0.9	21
3168.46	1.5	6
3189.41	1.7	1

TV Gem

2345.57	3.0	166
2397.67	2.8	162

1	2	3
---	---	---

2427.54	2.8	166
2430.51	2.7	168
2476.45	2.8	166
2488.47	2.7	169
2502.41	2.8	168
2505.37	3.0	168
2513.38	2.5	167
2697.70	2.9	169
2745.60	3.2	167
2755.65	2.6	168
2779.54	2.7	165
2830.43	2.6	159
2860.38	2.4	167
2873.40	2.7	165
3082.66	2.9	168
3098.60	2.9	169
3168.51	3.1	168
3189.47	3.1	166

BU Gem

2345.57	2.2	170
2397.65	2.0	174
2427.55	2.8	176
2430.52	2.6	174
2476.48	2.3	174
2488.47	2.1	169
2502.41	2.7	176
2505.38	3.0	172
2513.39	3.0	167
2698.71	2.2	8
2745.61	1.3	4
2755.62	1.0	1
2779.55	2.6	177
2830.45	2.8	178
3082.71	1.8	2
3098.62	2.0	178
3168.53	1.7	0
3189.46	2.4	179

ψ Aur

2345.60	0.4	9
2426.53	0.4	10
2476.50	0.6	1
2503.41	0.6	171
2505.41	0.7	178
3098.58	1.4	3
3168.56	1.3	6

RS Cnc

2345.71	0.3	29
2426.58	0.3	4
2476.53	0.1	3
2503.44	0.1	6
2505.45	0.2	34
2519.37	0.2	31
2717.61	0.6	63
2720.72	1.0	48
2755.69	0.3	62
2779.62	0.4	41
2830.51	0.7	39
3098.70	0.7	59
3191.39	1.0	37

1	2	3
B1 Cyg		
1931.55	3.7	87
1946.39	3.6	74
1949.40	4.0	77
1955.38	4.0	76
1978.34	3.8	80
2216.58	3.6	102
2240.47	1.7	152
2245.49	3.0	89
2251.42	4.4	89
2253.50	3.9	95
2272.50	3.8	90
2275.36	4.3	100
2311.38	3.7	86
2333.40	3.7	92
2339.41	3.5	91
2398.30	3.4	92
2567.58	2.8	87
2604.55	2.5	77
2607.44	2.2	81
2627.45	2.1	87
2630.49	2.2	85
2635.44	2.9	82
2656.43	3.0	80
2652.35	3.2	78
2721.34	2.4	91
2934.51	2.4	81
2965.54	2.5	91
2985.44	1.6	88
2989.50	3.4	93
3011.40	3.3	93
3014.45	2.8	85
3017.47	3.2	85
3052.42	4.1	78
3095.31	4.4	59

1	2	3
BC Cyg		
2216.57	5.5	83
2240.48	5.9	82
2245.52	5.7	76
2251.43	4.7	80
2253.56	5.3	82
2272.53	5.0	87
2275.38	5.0	83
2311.37	5.0	69
2333.39	4.5	71
2339.42	4.9	73
2398.32	6.0	84
2567.58	5.3	67
2604.56	5.6	77
2607.43	5.8	77
2627.45	5.3	77
2630.48	6.0	78
2635.45	5.8	82
2656.43	5.9	79
2692.36	6.3	79
2721.33	8.1	80
2934.51	4.1	79
2965.53	4.6	84
2985.44	4.2	82
2989.49	4.8	89
3010.40	5.0	87
3011.44	5.2	87
3014.44	4.0	91

1	2	3
3017.47	4.1	84
3052.42	4.7	87
3095.31	5.6	80

1	2	3
RW Cyg		
1926.49	2.5	118
1931.50	1.8	144
1946.47	1.8	146
1949.45	2.7	142
1955.42	2.3	136
1978.37	2.2	142
2212.53	1.2	173
2216.44	1.8	164
2245.47	2.2	174
2251.40	1.1	155
2254.44	2.1	168
2272.54	0.6	21
2276.39	0.8	11
2310.39	0.7	49
2333.42	1.8	47
2340.42	1.3	51
2570.54	0.9	122
2605.54	0.7	116
2608.50	1.2	106
2622.52	1.3	112
2629.44	1.1	100
2634.41	1.8	107
2653.41	1.5	109
2692.39	2.0	119
2720.31	1.4	132
2934.57	1.3	116
2965.57	2.1	123
2986.46	2.4	119
2987.44	2.4	116
2990.52	2.3	118
3012.44	2.9	121
3019.41	2.8	119
3051.36	3.0	130
3098.31	2.6	139

1	2	3
AZ Cyg		
1921.37	3.8	36
1922.42	4.8	32
1923.55	3.8	38
1947.35	4.8	33
1950.33	3.4	39
1973.33	4.8	42
1983.33	5.0	44
2216.61	3.5	38
2240.49	4.1	38
2246.46	2.7	34
2251.52	2.7	35
2254.46	3.5	44
2272.56	2.5	46
2276.41	3.0	27
2311.41	2.8	42
2333.44	2.3	38
2338.45	3.0	40
2570.56	4.0	24
2605.56	3.2	35
2608.47	3.3	31
2622.50	2.2	37
2629.42	2.9	42
2634.43	3.1	42

1	2	3
2653.43	2.8	33
2691.42	2.9	38
2721.35	3.4	41
2934.56	3.5	36
2954.54	4.3	35
2981.50	4.2	30
2987.46	3.9	34
2990.58	3.6	35
3012.45	4.1	44
3017.49	4.1	31
3018.48	3.7	34
3019.43	4.0	37
3020.46	4.1	36
3024.50	4.3	38
3050.39	4.1	36
3051.37	3.5	32
3052.44	3.6	36
3092.34	2.8	28

1	2	3
SW Cep		
1927.39	2.2	84
1932.63	1.6	109
1946.50	1.5	72
1949.49	1.5	93
1955.50	1.8	87
1975.44	2.0	106
2217.56	1.9	51
2240.54	1.9	35
2246.49	1.8	58
2251.56	2.1	52
2253.52	1.4	54
2270.46	1.9	49
2275.39	0.1	3
2310.40	1.0	46
2333.45	0.8	34
2338.46	1.5	38
2368.35	0.5	48
2399.31	1.1	63
2606.52	1.8	18
2612.57	1.1	78
2622.44	1.3	79
2628.46	1.1	77
2631.43	1.0	70
2638.47	1.7	60
2656.48	1.1	85
2692.40	1.8	74
2714.39	1.7	71
2772.28	1.0	95
2954.59	2.0	49
2981.51	2.3	49
2987.47	2.3	53
2990.55	2.0	53
3012.47	2.0	56
3018.49	2.5	54
3050.40	2.4	56
3092.29	1.8	55

1	2	3
μ Cep		
1919.40	0.4	139
1922.38	0.3	130
1923.43	0.4	139
1924.38	0.2	134
1930.44	0.3	133
1946.33	0.3	151

1	2	3
1949-41	0-1	134
1955-46	0-2	120
1978-40	0-1	123
1983-38	0-2	126
2217-58	1-3	35
2240-55	1-9	46
2246-50	1-8	35
2251-63	1-6	36
2254-49	1-7	33
2273-46	2-4	46
2276-44	1-2	30
2311-42	1-7	38
2333-46	2-1	34
2338-48	2-1	34
2346-44	2-2	30
2368-36	2-0	38
2399-32	2-2	24
2427-29	2-1	31
2567-64	3-2	19
2606-49	2-5	30
2612-56	2-1	30
2622-53	2-3	27
2629-46	1-9	30
2634-44	2-1	33
2655-50	2-1	34
2691-43	1-6	31
2720-32	1-8	35
2754-31	1-6	34
2799-28	1-9	36
2934-62	0-8	35
2954-61	1-0	36
2982-55	0-9	33
2988-54	0-7	41
2991-48	0-9	44
3013-46	0-7	59
3017-52	0-8	56
3024-53	0-8	53
3052-48	0-8	60
3082-42	1-1	32
3095-33	1-0	36

VV Cep

1919-45	1-3	40
1921-45	1-0	40
1922-53	1-4	42
1923-48	1-2	45
1924-60	1-4	44
1932-59	1-1	45
1947-40	1-4	34
1950-44	1-5	34
1955-56	1-9	40
1975-40	1-3	38
2217-59	1-8	42
2240-57	1-8	39
2246-51	2-3	42
2252-55	2-0	49
2270-38	1-8	35
2274-48	1-7	36
2278-56	0-9	40
2312-42	1-3	47
2335-38	1-6	43
2339-48	2-0	40
2346-46	1-7	39
2399-33	1-8	37

1	2	3
2429-29	1-9	34
2606-53	2-1	40
2612-58	1-9	41
2627-51	1-7	39
2631-44	1-8	38
2638-49	1-8	37
2656-49	1-7	43
2692-42	1-8	43
2772-30	1-8	38
2954-61	2-1	37
2965-50	1-6	42
2988-55	1-9	88
2995-49	1-5	37
3013-47	1-7	48
3019-42	1-7	39
3051-42	2-2	38
3082-43	1-6	39
3095-34	2-0	36

AZ Cep

1929-42	4-8	47
1947-53	4-6	55
1950-47	4-5	49
1955-61	4-6	48
1975-46	4-5	55
2217-61	4-3	43
2240-58	4-8	39
2246-52	6-0	52
2256-56	5-1	48
2270-39	4-2	47
2275-39	3-7	47
2310-42	3-8	53
2333-47	4-0	51
2338-49	4-7	52
2344-43	4-0	53
2399-34	3-1	53
2430-33	4-5	54
2606-60	3-3	43
2612-59	3-6	45
2627-52	3-0	50
2630-53	3-8	54
2635-50	4-4	49
2656-50	4-2	50
2691-44	4-4	39
2720-34	4-7	40
2754-32	3-4	43
2799-29	6-1	46
2965-58	4-3	51
2986-47	3-9	56
2987-53	4-2	54
2990-56	3-7	50
3012-48	3-6	69
3017-53	3-5	53
3024-54	4-3	59
3052-49	2-6	49
3094-35	2-2	42

RW Cep

1920-50	1-7	47
1922-47	2-1	41
1924-42	2-2	42
1932-56	2-1	44
1947-39	2-7	40
1950-37	2-5	42
1955-56	2-4	44

1	2	3
1978-42	2-3	49
2244-47	3-5	41
2248-51	3-4	32
2252-58	3-0	34
2270-38	3-4	36
2275-41	3-7	41
2309-39	2-6	36
2330-48	2-9	31
2431-42	2-7	30
2337-41	3-3	28
2343-41	3-0	35
2399-36	2-8	33
2429-31	2-9	49
2607-48	3-8	34
2628-47	3-3	42
2631-45	3-2	40
2638-50	3-4	36
2667-44	3-5	39
2714-40	3-3	38
2746-36	3-3	37
2965-60	4-2	37
2985-53	3-4	38
2989-56	3-8	38
3011-45	3-8	43
3014-51	3-8	44
3017-54	3-9	41
3024-55	3-9	38
3052-53	4-0	40
3099-28	3-9	37

ST Cep

1920-41	2-2	74
1922-57	2-3	55
1924-50	2-0	61
1932-51	1-7	65
1947-49	2-1	58
1951-33	2-0	70
1974-35	2-3	66
1983-35	1-9	73
2218-53	3-9	60
2244-48	3-1	59
2248-53	3-0	58
2252-60	3-1	60
2270-48	2-9	58
2275-48	2-5	54
2310-43	1-2	48
2313-49	1-6	54
2338-49	1-2	51
2344-46	1-8	59
2399-40	2-5	61
2607-50	3-8	66
2627-53	3-1	59
2631-47	2-9	64
2638-51	2-4	59
2662-44	2-6	65
2692-43	3-0	61
2721-44	3-0	71
2965-61	2-6	55
2986-48	2-8	60
2989-57	3-4	55
3011-47	2-6	63
3014-52	2-7	55
3017-55	2-8	64
3024-56	2-8	60
3052-54	2-6	62
3099-30	2-7	65

1 2 3			1 2 3			1 2 3		
PZ Cas						BD +60° 335		
1930.52	3.6	109	3017.57	3.4	89			
1948.51	3.9	112	3024.59	4.7	81	3002.62	4.7	104
1951.40	3.0	112	3052.57	3.9	96	3018.58	4.7	103
1974.42	3.4	112	3098.37	3.8	90	3050.51	4.9	99
1983.43	3.2	112	Case Z3			3095.42	4.3	102
2227.53	4.0	102				WX Cas		
2245.59	3.1	104	2936.63	9.0	105			
2250.61	3.0	100	2989.60	9.4	104	2310.49	4.8	96
2253.60	3.9	104	3011.55	10.0	111	2333.59	4.1	93
2272.49	3.2	110	3014.56	9.3	103	2338.60	4.6	98
2275.60	3.2	103	3017.58	9.3	106	2343.56	4.0	94
2312.49	3.3	95	3024.60	9.5	115	2374.47	3.8	96
2335.46	4.0	95	3052.58	7.0	111	2425.37	3.8	92
2339.56	3.0	99	3095.38	7.6	111	2480.34	4.0	96
2344.52	3.4	95	HS Cas			2630.60	3.7	97
2398.39	3.2	92				2635.60	3.5	96
2429.35	3.9	77				2662.62	4.9	97
2608.60	2.2	104				2691.60	4.4	104
2627.60	1.4	105	2255.56	5.3	94	2714.58	3.3	105
2631.55	1.6	96	2274.59	4.8	96	2753.44	3.5	96
2638.60	3.1	96	2309.56	5.0	93	3012.66	3.9	101
2667.51	2.4	89	2331.55	5.0	93	3019.58	5.6	93
2691.46	2.7	95	2337.58	4.9	94	3051.59	3.5	98
2714.44	2.7	95	2343.50	5.8	91	3098.42	3.7	105
2746.41	2.3	89	2364.46	4.7	96	3189.31	3.7	95
2986.58	3.0	102	2429.39	4.3	96	XX Per		
2987.60	3.8	96	2476.32	4.3	104	1949.56	3.3	107
3011.56	3.8	95	2629.59	4.7	97	1978.54	3.5	110
3013.53	4.3	100	2634.52	5.1	94	1990.51	2.3	115
3019.48	3.8	103	2658.63	4.6	97	2310.48	3.0	88
3051.45	2.8	102	2691.56	4.5	91	2333.57	2.9	85
3092.33	2.5	115	2745.42	4.6	94	2338.59	2.7	95
TZ Cas			2826.33	3.7	98	2343.54	2.3	92
			2988.61	4.8	93	2374.45	2.6	96
1930.57	6.0	102	3092.57	5.4	89	2397.49	2.0	101
1948.58	4.1	98	3018.57	5.6	95	2429.44	3.2	99
1951.54	3.6	104	3050.49	4.8	98	2479.35	3.6	97
1975.33	5.2	91	3095.88	3.2	91	2629.65	2.3	103
1983.47	4.4	96	AZ Cas			2634.60	2.8	99
2227.57	3.1	105				2667.60	3.4	88
2245.61	3.3	94	1931.59	3.1	115	2692.58	4.3	92
2251.60	3.3	93	1948.63	3.1	119	2721.53	4.0	94
2254.55	4.0	95	1978.50	3.3	115	2755.42	3.3	91
2273.52	3.4	97	1983.52	5.0	121	3012.65	2.0	102
2276.50	3.2	96	2255.62	5.8	117	3019.56	2.4	97
2309.44	3.8	88	2273.60	5.9	108	3051.58	3.0	103
2331.47	3.3	94	2311.51	4.2	104	3094.39	2.4	105
2338.55	3.6	96	2334.51	4.3	105	GP Cas		
2345.46	4.4	95	2339.65	3.7	111			
2398.42	4.0	89	2344.56	3.5	113	2312.52	6.2	115
2430.44	2.8	89	2374.43	4.4	106	2335.48	5.1	118
2609.56	2.5	89	2397.46	3.5	108	2340.53	6.4	108
2628.55	2.0	86	2427.40	4.2	104	2346.53	7.5	119
2631.53	2.4	89	2630.59	3.4	106	2426.42	5.5	114
2638.58	4.1	85	2635.57	4.2	110	2488.32	6.0	107
2662.56	3.8	85	2662.60	5.0	106	2631.58	6.5	119
2698.53	4.4	85	2698.58	5.1	106	2638.62	6.1	121
2745.34	4.3	87	2745.44	4.1	102	2667.63	6.6	120
2936.60	3.0	87	3002.64	4.0	108	2692.59	7.7	115
2989.60	3.2	83	3018.59	4.1	110	2720.42	7.5	121
3011.50	4.1	82	3050.52	4.5	100	2755.44	6.9	112
3014.54	2.9	87	3095.42	3.8	109	2799.36	6.5	113

1	2	2
3013.67	6.4	115
3018.65	6.3	115
3050.61	5.8	117
3098.46	5.3	114

W Per

2311.55	4.4	103
2335.60	4.8	104
2339.68	5.4	103
2344.55	4.5	106
2374.49	3.9	109
2397.51	4.2	112
2425.40	4.1	112
2480.37	3.9	117
2667.68	4.0	115
2692.62	5.2	113
2745.45	4.5	104
3017.67	4.7	99
3052.66	3.5	102
3098.51	2.5	112
3156.60	4.5	104
3189.34	4.1	87

V500 Cas

2311.53	5.6	108
2335.48	6.5	108
2339.68	5.5	121
2344.55	5.8	108
2374.49	6.2	111
2397.52	6.2	106
2425.40	4.7	101
2480.38	4.6	108
2667.68	4.8	109
2692.62	4.9	106
2745.46	5.4	112
3015.67	4.5	104
3052.67	4.1	105
3098.52	5.4	99
3156.60	5.3	111
3189.33	4.6	102

BD +59° 594

2310.54	5.2	115
2333.62	4.4	114
2338.69	4.7	116
2343.66	3.8	119
2374.53	4.5	115
2397.53	4.0	116
2429.43	3.9	118
2669.61	4.6	117
2698.69	3.7	108
2720.58	4.7	117
2755.51	3.4	118
3019.66	5.7	118
3050.65	5.4	120
3100.51	5.7	117

IO Per

2335.65	6.6	108
2340.54	7.6	112
2345.53	7.3	108

1	2	3
2374.55	7.7	107
2397.57	6.8	104
2427.49	6.4	105
2479.38	7.5	111
2668.64	13.0	113
2691.65	6.7	106
2697.61	8.7	104
2714.48	10.5	103
2720.54	8.7	106
2745.54	7.0	104
2835.32	8.4	117
3017.65	7.0	112
3082.60	6.6	117
3100.47	7.8	109

BD +24° 3902

2216.51	3.0	9
2240.41	3.3	17
2245.45	0.8	17
2250.46	2.3	21
2253.42	2.0	15
2269.41	1.8	24
2274.49	1.8	16
2310.37	1.2	19
2333.36	1.8	21
2338.43	1.9	29
2346.40	1.8	29
2513.68	3.2	15
2565.49	4.5	15
2570.48	4.4	21
2604.49	3.5	21
2608.40	4.6	27
2622.42	3.3	24
2629.39	4.0	21
2634.39	2.8	28
2653.36	3.9	23
2933.59	2.6	42
2954.47	2.5	51
2981.47	3.1	40
2987.42	3.3	49
2990.49	3.8	50
3012.41	3.2	56
3018.49	3.8	46
3050.35	3.6	39

V 717 Cyg

1929.36	3.0	40
1978.44	3.9	26
2219.51	2.8	45
2241.40	2.6	43
2246.56	1.7	50
2253.43	1.6	28
2269.42	2.5	23
2274.50	0.9	40
2282.47	2.0	55
2311.35	2.9	61
2333.38	2.3	41
2339.39	2.4	45
2398.29	1.2	41
2567.56	3.0	26
2571.52	2.5	39
2604.51	3.2	49
2606.47	3.5	27
2622.42	3.7	33

1	2	3
2628.42	1.7	37
2631.41	3.3	37
2638.45	1.8	74
2667.41	2.7	70
2720.29	2.0	43
2933.61	2.6	48
2965.51	3.0	38
2986.45	2.8	64
2988.51	2.4	65
2991.47	2.2	47
3013.44	1.7	61
3019.40	3.1	58
3051.35	1.4	65
3095.29	2.5	62

BD +35° 4077

2934.52	2.4	40
2965.56	2.6	38
2985.36	3.3	37
2989.51	1.7	46
3011.41	3.1	34
3014.46	2.0	29
3017.48	2.1	54
3052.43	2.2	39

KY Cyg

2221.48	6.7	106
2241.43	5.2	115
2244.42	7.3	102
2246.58	5.7	111
2252.53	5.6	109
2255.53	4.7	106
2274.54	4.9	116
2278.55	5.9	112
2309.37	4.6	118
2313.48	6.5	108
2331.40	5.4	107
2340.45	5.1	114
2570.52	3.7	117
2605.52	5.5	99
2608.45	6.0	108
2622.44	4.4	105
2629.41	5.9	104
2634.40	5.5	100
2653.38	7.9	106
2934.55	4.2	110
2954.49	5.6	109
2981.48	5.9	107
2987.43	6.2	115
2990.51	4.6	105
3012.42	6.2	115
3018.47	5.4	104
3050.37	5.0	110

Case 75

2244.52	4.8	35
2250.50	3.7	14
2254.50	4.5	52
2273.47	5.1	34
2276.45	4.7	38
2311.44	3.8	45
2335.44	5.1	36
2340.44	5.0	41
2368.38	4.7	33

1	2	3
2397.28	5.2	42
2427.32	4.3	44
2628.49	6.2	44
2631.48	4.8	39
2638.53	5.7	37
2667.47	5.7	35
2691.45	5.7	32
2981.53	5.7	32
2987.55	5.4	38
2990.58	5.7	34
2992.50	4.9	33
3018.50	7.1	35
3050.42	5.4	33
3092.30	5.6	26

U Lac

1929.52	2.8	47
1948.47	2.5	58
1951.44	2.8	41
1974.39	3.5	52
1983.40	2.6	53
2219.57	3.1	40
2244.51	3.0	71
2250.55	2.2	45
2252.61	2.3	45
2270.45	2.5	54
2275.49	2.7	60
2309.41	2.3	55
2331.43	2.0	50
2337.43	2.5	52
2343.42	2.1	49
2397.40	2.8	46
2492.34	3.9	47
2607.55	4.4	42
2627.55	2.8	45
2630.55	3.2	45
2635.52	3.8	42
2658.59	3.2	51
2721.46	3.7	43
2772.31	2.7	35
2987.57	2.3	62
2990.59	2.6	75
3012.51	2.1	67
3019.45	2.2	65
3051.42	2.6	53
3092.32	2.0	52

Case 78

2245.55	5.3	60
2250.57	5.4	55
2273.49	6.6	68
2276.47	3.5	52
2310.42	3.4	60
2333.53	4.3	56
2338.52	4.8	51
2344.47	3.8	71
2368.40	2.9	47
2397.38	3.3	53
2425.30	5.4	55
2607.57	5.5	73
2628.51	4.7	54
2731.50	5.6	57
2638.54	4.8	59
2662.46	4.8	65

1	2	3
2692.44	4.6	52
2714.43	5.4	52
2754.33	4.6	58
2986.50	5.3	57
2988.56	5.0	70
2995.55	6.5	58
3013.50	4.9	64
3018.52	5.3	58
3050.43	5.3	45
3099.32	4.5	59

Case 80

2245.57	3.6	89
2250.60	4.6	96
2253.58	3.7	99
2272.46	3.4	95
2275.50	2.3	94
2311.46	3.9	91
2334.46	3.0	95
2339.54	4.3	81
2344.49	3.3	96
2398.33	3.4	89
2607.60	3.5	98
2627.40	2.9	102
2631.51	4.1	90
2638.56	3.9	90
2667.49	3.2	99
2691.47	3.8	94
2720.35	4.5	90
2986.51	3.6	90
2986.58	3.9	97
2990.60	3.9	90
3012.53	3.7	96
3019.46	4.1	90
3051.44	3.4	90
3094.36	2.5	109

Case 81

2221.55	4.9	56
2244.55	5.2	52
2250.52	5.1	57
2254.53	5.5	58
2273.50	5.6	57
2276.48	5.2	52
2309.53	5.1	51
2331.44	4.2	53
2337.44	4.9	52
2343.43	4.6	51
2398.35	4.2	55
2427.33	4.3	52
2607.61	4.3	52
2628.53	5.4	55
2631.52	5.5	60
2638.57	5.5	58
2662.55	5.5	53
2698.52	7.0	55
2721.37	6.1	54
2772.33	5.3	54
2986.53	5.0	53
2989.58	5.0	55
3011.49	5.2	59
3014.54	5.1	55
3017.56	5.4	57
3024.58	5.5	54
3052.56	5.1	58
3098.36	4.8	53

1	2	3
V358 Cas		
1948.55	1.9	31
1951.51	3.9	174
1975.31	4.9	170
2244.53	0.8	179
2250.53	1.4	179
2252.63	1.1	152
2272.56	0.8	23
2275.51	1.7	13
2307.42	0.9	14
2331.46	1.3	42
2338.53	1.1	12
2344.50	1.1	24
2398.36	2.1	178
2425.32	2.1	162
2608.59	3.1	18
2627.59	2.7	23
2630.56	3.4	23
2635.53	3.3	27
2658.60	2.9	23
2692.45	2.5	21
2721.47	1.8	13
2988.58	2.8	136
2995.56	2.2	156
3013.52	2.4	137
3018.53	2.7	133
3050.45	1.9	118

BD +63° 2073

2227.55	5.8	72
2245.67	6.2	78
2251.62	3.2	75
2254.56	5.3	78
2273.54	6.2	76
2276.51	5.5	69
2309.55	5.4	68
2331.49	5.1	73
2338.56	6.1	71
2343.45	6.1	72
2398.40	5.4	72
2427.35	4.9	72
2608.62	5.2	71
2628.58	5.2	75
2631.47	5.9	74
2655.51	6.3	68
2697.52	5.3	67
2745.40	6.8	72
2986.61	5.0	76
2988.59	6.2	68
3011.58	6.1	71
3013.54	5.7	73
3018.55	6.2	77
3050.46	5.6	70
3095.35	6.3	70

KN Cas

1951.58	3.5	80
1978.46	3.1	81
1983.49	2.6	80
2254.57	3.8	84
2273.56	3.3	82
2276.52	2.9	81
2311.47	3.1	83

1	2	3
2334.47	3.1	91
2339.61	3.6	87
2345.48	2.8	88
2429.38	3.2	78
2609.58	2.3	88
2628.59	2.9	82
2634.48	3.3	88
2655.55	3.5	84
2691.52	3.2	80
2721.48	3.6	84
2957.62	4.0	84
2990.62	2.9	80
3012.54	2.9	83
3019.49	4.0	88
3051.50	3.1	82
3098.39	2.4	75

MZ Cas

2254.59	2.6	39
2274.55	3.8	36
2278.57	3.2	37
2309.46	2.6	36
2331.51	2.5	39
2338.58	2.3	36
2343.47	2.4	42
2430.36	2.9	38
2628.63	3.3	38
2634.49	3.3	41
2655.56	3.4	38
2698.54	3.0	37
2714.46	2.9	42
2987.64	3.3	39
2990.63	2.8	38
3012.56	3.1	38
3018.56	2.8	44
3050.48	2.7	49
3098.40	2.5	48

V466 Cas

2255.58	2.5	98
2274.61	3.3	103
2311.53	2.4	94
2334.48	3.3	95
2339.62	2.8	95
2345.49	3.1	95
2374.42	2.6	96
2425.34	2.5	94
2480.33	2.6	95
2629.60	2.9	95
2634.53	3.4	97
2667.56	3.0	96
2698.56	3.0	89
2721.50	3.2	96
2754.39	3.1	91
2988.62	3.1	96
3013.56	3.6	98
3017.59	3.4	102
3024.61	3.5	99
3052.59	2.8	94
3082.44	2.2	102
3094.41	2.5	103
3094.41	2.5	103
3099.34	2.4	98

1	2	3
BD +59° 274		
2255.59	3.2	103
2273.58	3.4	102
2276.57	3.9	100
2309.53	3.9	99
2315.62	3.6	97
2331.57	3.3	98
2337.60	4.1	104
2343.51	4.0	99
2364.49	3.6	100
2397.44	3.8	102
2430.38	4.5	95
2629.62	3.9	107
2634.55	3.9	108
2662.58	3.5	103
2692.57	4.6	103
2714.51	3.4	102
2989.62	4.2	100
3013.57	4.0	100
3017.61	3.6	103
3024.62	3.8	104
3052.60	3.5	102
3094.38	3.4	107
3099.36	3.5	99

BD +55° 388

2255.61	2.5	98
2273.50	2.4	96
2309.58	2.4	99
2315.64	2.4	100
2331.58	2.6	103
2337.62	2.9	103
2343.52	2.0	98
2425.35	2.5	94
2629.64	2.6	103
2634.58	2.5	100
2667.58	2.4	96
2691.57	2.5	100
2720.40	2.1	92
2989.65	2.9	94
3013.59	2.3	101
3017.62	3.0	102
3024.64	2.9	107
3052.62	2.8	99
3095.40	2.2	95

BD +58° 373

2311.58	4.1	95
2335.50	4.4	97
2340.51	3.9	94
2345.70	4.5	89
2425.44	3.9	91
2638.67	4.5	97
2667.65	4.7	92
2698.65	4.3	98
2720.47	4.6	96
2826.34	4.0	95
3013.66	4.7	96
3018.65	4.6	97
3050.60	3.9	88
3095.51	3.8	98

1	2	3
KK Per		
1949.61	3.7	112
1978.56	3.6	112
1990.53	4.1	110
2276.61	3.2	107
2310.57	3.4	109
2334.53	3.6	108
2340.58	3.5	111
2346.57	3.7	108
2426.38	3.3	108
2634.62	3.6	112
2668.49	3.3	110
2697.54	3.8	113
2721.55	3.5	110
2772.35	3.7	105
3014.61	3.5	115
3019.59	4.3	108
3051.61	3.0	112
3082.58	3.3	108
3099.39	3.2	110

BD +57° 524

2275.65	4.3	112
2310.60	4.0	103
2333.64	4.3	99
2340.47	4.9	104
2345.65	4.3	108
2425.48	3.9	102
2476.38	4.1	109
2631.61	3.8	106
2662.64	4.9	109
2698.60	4.3	105
2720.48	4.2	103
2830.31	3.9	110
3013.64	4.1	108
3018.63	4.2	105
3050.57	3.3	109
3098.45	4.1	107

BD +58° 445

2276.59	4.1	108
2310.62	4.7	107
2333.68	4.0	106
2340.50	4.6	109
2345.68	4.7	112
2425.49	3.9	110
2476.37	3.7	111
2631.65	4.3	112
2662.68	4.0	107
2698.63	4.5	108
2720.52	4.3	104
3013.65	4.4	106
3018.64	4.2	106
3050.59	4.5	108
3095.49	4.3	109

BU Per

2278.65	4.9	110
2311.57	3.9	114
2335.61	4.4	108
2340.65	4.2	114
2346.64	3.8	109
2427.46	3.7	108

1	2	3
2635.65	3.0	116
2668.59	3.6	110
2697.67	3.7	118
2799.34	4.0	113
3014.67	3.6	112
3019.62	3.4	109
3051.64	3.2	114
3082.47	3.6	110
3100.41	3.5	112

PP Per

1949.65	4.6	109
1978.59	4.3	104
2631.62	4.5	104
2662.65	4.1	104
2698.61	4.4	104
2720.49	4.9	104
2830.32	4.5	108
3013.63	4.6	106
3018.62	4.7	108
3050.56	4.1	106
3095.51	4.7	108

BD $\pm 56^\circ 59'$

2635.64	4.0	113
2668.55	3.9	112
2697.64	3.9	114
2721.63	4.1	109
2799.31	4.5	113
3014.63	4.0	115
3023.67	4.2	112
3051.66	4.5	114
3082.51	4.5	109
3100.44	4.2	111

T Per

1950.58	4.9	116
1978.61	4.4	112
1990.58	4.7	117
2275.65	5.1	115
2310.59	5.0	109
2333.66	4.0	110
2340.48	4.7	110
2345.66	4.4	108
2325.45	4.3	104
2476.35	4.3	111
2631.64	4.8	107
2662.67	4.4	109
2698.62	4.2	106
2720.51	4.6	105
2830.34	4.2	106
3013.62	4.3	110
3018.61	5.0	113
3050.55	4.4	112
3095.49	4.1	111

FZ Per

1983.60	4.1	115
2278.60	4.1	112
2310.67	4.5	110
2335.59	4.4	109
2340.64	4.0	108
2346.62	4.2	114

1	2	3
2427.45	3.9	115
2635.62	4.0	113
2668.53	4.3	112
2697.58	4.1	112
2721.60	3.8	113
2772.40	4.0	108
3014.65	3.8	109
3023.68	4.6	112
3051.65	4.1	112
3082.55	3.8	115
3100.38	3.7	109

PR Per

1963.55	3.6	115
1990.64	3.7	116
2278.66	3.0	118
2311.57	3.1	118
2335.61	2.9	109
2340.65	3.5	108
2346.65	2.6	108
2427.47	3.2	109
2638.65	2.6	115
2668.59	2.8	114
2697.67	3.5	116
2721.65	2.8	117
2799.35	2.8	114
3014.67	3.9	117
3019.59	3.0	109
3051.62	3.1	112
3082.46	3.2	116
3100.42	3.2	110

BD $\pm 56^\circ 59'$

2278.63	3.5	112
2311.60	3.7	109
2335.59	3.6	113
2340.63	3.5	112
2346.62	3.5	109
2427.44	3.3	112
2634.66	3.5	116
2635.62	2.6	112
2668.54	3.9	112
2697.59	3.7	112
2721.60	3.3	109
2772.41	3.7	108
3014.62	3.2	116
3023.66	3.6	112
3051.67	3.2	109
3082.53	3.5	112
3100.43	3.5	112

BD $\pm 56^\circ 60'$

2635.65	3.8	113
2668.56	3.9	112
2697.65	4.1	108
2721.63	4.2	114
2799.32	4.3	116
3014.60	4.3	112
3019.60	4.4	113
3051.63	4.3	116
3062.51	3.5	114
3100.45	3.7	111

1	2	3
BD $\pm 59^\circ 58'$		
2310.52	4.1	110
2333.60	3.8	101
2338.64	3.8	103
2343.58	3.8	114
2374.51	3.5	101
2425.42	3.3	103
2668.61	3.6	105
2698.66	4.0	108
2720.59	3.8	100
2755.49	3.9	104
3017.63	3.2	107
3052.68	3.8	98
3098.52	3.9	110

Case 32

2669.61	4.2	123
2698.68	4.5	123
2720.57	4.1	122
2755.50	4.3	120
3019.65	5.1	125
3050.65	4.3	123
3100.50	4.3	121

Case 31

2311.62	6.2	118
2335.62	6.9	124
2340.54	7.0	127
2345.52	5.8	122
2397.58	6.2	124
2427.49	5.9	126
2479.39	6.8	123
2668.64	6.2	128
2691.65	6.0	126
2697.61	6.8	124
2714.49	7.0	126
2720.55	6.8	124
2745.55	6.2	124
2835.32	6.2	127
3017.66	7.4	126
3082.60	6.8	128
3100.48	5.6	123

BD $\pm 54^\circ 65'$

2309.63	4.6	109
2315.68	4.3	109
2331.60	4.0	114
2338.72	4.2	116
2343.60	4.1	116
2397.61	3.9	113
2429.46	3.8	116
2479.41	4.6	108
2668.67	4.2	114
2691.68	5.1	115
2745.49	5.4	112
3023.64	4.4	113
3100.53	4.5	114

Case 34

2305.60	4.3	113
2315.66	4.2	114
2331.61	3.8	117

1	2	3
2338.70	4.1	116
2343.62	4.9	109
2397.60	4.6	114
2429.46	3.7	115
2479.41	4.3	119
2668.67	4.6	118
2691.67	4.7	114
2745.49	4.8	111
3019.67	4.3	114
3023.64	4.5	114
3100.52	4.3	118

BD +29° 897

2340.63	1.4	93
2345.55	1.2	94
2430.34	2.0	90
2476.39	1.2	92
2488.38	1.9	91
2502.34	1.6	89
2507.35	1.8	88
2749.56	0.8	99
2755.57	1.0	91
2779.50	1.2	96
2830.38	1.4	95
2860.31	1.1	95
2866.32	1.5	88
2051.59	1.4	50
3082.62	1.1	98
3168.45	1.0	86
3189.39	1.4	91

NO Aur

2344.69	0.8	114
2426.49	1.2	133
2430.49	1.1	142
2476.43	0.9	146
2488.42	0.9	141
2502.38	0.7	142
2697.68	0.8	136
2720.68	1.0	122
2755.60	1.1	134
2779.51	1.0	132
2830.40	0.8	121
2860.32	1.1	138
3052.69	1.2	143
3098.58	1.1	137
3168.48	1.1	140
3189.42	1.1	155

WY Gem

2345.59	2.0	14
2397.65	1.5	15
2427.46	1.6	15
2430.54	1.4	5
2476.47	1.6	15
2503.38	1.9	8
2505.40	1.5	20
2698.70	1.9	29
2745.62	2.1	15
2755.64	1.8	16
2779.56	2.0	18
2830.44	2.1	16
2864.33	1.9	17

1	2	3
3082.65	1.9	15
3098.61	1.6	20
3168.52	1.8	5

BD +05° 1198

2344.70	1.2	165
2426.51	1.2	162
2479.43	1.3	167
2488.35	1.5	156
2503.39	1.4	175
2507.34	1.2	170

Y Lyn

2345.62	1.2	20
2426.55	0.6	25
2476.51	0.6	31
2489.46	0.9	7
2503.43	0.4	20
2519.35	0.7	23
2717.60	0.2	36
2755.67	0.5	32
2779.61	0.4	35
2830.50	0.7	37
3098.68	0.4	32

 α' Her

2227.59	0.6	125
2245.38	0.3	110
2250.39	0.5	115
2252.44	0.6	128
2255.47	0.3	105
2273.39	0.3	109
2276.36	0.7	120
2309.34	0.1	122
2331.35	0.2	106
2338.33	0.5	129
2491.62	0.1	100
2505.69	0.1	100
2507.62	0.2	100
2552.46	0.1	100
2565.42	0.4	100
2570.44	0.1	107
2604.40	0.2	112
2622.39	0.3	110
2628.39	0.3	103
2631.38	0.5	109
2638.42	0.4	105
2662.40	0.2	108
2933.47	0.3	113
2954.43	0.5	103
2982.39	0.5	124
2988.47	0.3	101
2991.42	0.3	102
3013.38	0.2	127

XY Lyr

2212.45	0.1	30
2227.61	0.6	40
2245.40	0.7	23
2250.41	0.4	32
2252.45	0.2	40
2255.49	0.7	27
2273.41	0.6	62

1	2	3
2276.38	0.3	44
2309.35	0.2	62
2331.36	0.1	68
2338.35	0.4	42
2346.36	0.6	66
2491.65	0.5	63
2507.64	0.2	56
2513.65	0.2	78
2552.48	0.2	74
2565.45	0.3	76
2570.46	0.2	44
2604.42	0.3	46
2607.39	0.5	46
2627.40	0.3	23
2630.43	0.5	41
2635.38	0.4	41
2656.37	0.3	44
2714.32	0.3	40
2933.49	0.3	41
2954.51	0.3	48
2982.41	0.1	57
2988.48	0.3	43
2991.44	0.3	64
3013.42	0.6	60
3019.37	0.2	62

UW Aql

2212.49	1.6	88
2237.39	1.4	87
2245.41	1.4	86
2250.42	1.4	88
2252.47	1.6	86
2255.45	1.7	89
2274.41	1.7	89
2312.41	1.8	85
2338.37	1.8	88
2570.50	1.4	101
2604.44	1.4	101
2608.41	0.9	107
2622.41	1.3	98
2629.38	1.4	105
2634.38	1.8	88
2653.35	1.5	104
2933.51	1.4	105
2982.46	1.5	99
2988.50	1.5	87
2991.44	1.4	87
3013.40	1.5	87
3018.42	1.8	103

V492 Aql

2221.50	4.8	28
2244.44	4.5	32
2248.55	4.5	40
2252.49	4.7	27
2255.51	4.5	38
2274.44	5.4	41
2310.34	4.9	35
2330.35	4.2	28
2331.38	5.6	29
2338.39	5.8	32
2507.66	3.7	29
2567.54	4.9	37

1	2	3	1	2	3	1	2	3
2604-46	4-8	34	2604-48	2-1	38	2934-61	0-7	43
2606-45	5-6	30	2607-40	2-0	42	2954-58	0-9	53
2622-40	3-9	32	2627-42	1-8	33	2985-49	1-5	52
2628-40	4-6	40	2630-46	2-1	40	2989-54	0-9	39
2631-40	5-2	35	2635-41	2-2	38	3011-44	1-1	57
2638-44	4-6	42	2656-40	2-3	39	3014-49	1-0	48
2933-56	4-9	35	2714-34	2-4	39	3017-51	1-2	45
2954-45	4-6	32	2933-58	2-0	42	30-4-52	0-8	65
2982-48	4-4	41	2965-50	2-5	39	3052-47	1-0	51
2989-45	4-9	29	2985-42	2-1	41	3098-34	0-8	41
3011-36	5-2	38	2989-47	2-5	36			
3014-41	5-2	39	3011-38	1-9	39			
3019-38	4-6	42	3014-42	2-2	38			
			3018-43	2-4	40			
BD +16° 3936			BD +59° 2342			BD +58° 2249		
2216-48	2-1	36	2217-52	0-8	51	2217-53	0-4	78
2218-43	2-1	38	2240-51	1-2	56	2251-53	0-5	79
2240-37	2-0	43	2246-47	0-8	48	2254-47	0-6	79
2245-43	1-9	37	2251-55	1-5	52	2273-46	0-7	77
2250-44	2-2	49	2254-47	1-3	47	2605-59	0-4	85
2253-40	2-1	36	2273-44	1-1	44	2627-49	0-6	91
2269-39	1-9	33	2276-43	0-9	26	2630-52	0-9	95
2274-46	2-0	45	2312-40	0-8	47	2635-48	0-9	88
2282-45	1-8	49	2335-39	0-9	48	2662-43	0-9	98
2310-35	1-9	43	2339-45	1-2	51	2934-61	0-9	84
2333-34	2-1	39	2346-42	1-1	46	2954-56	1-1	79
2338-40	1-9	36	2605-59	1-5	28	2985-47	0-9	87
2346-38	2-1	39	2627-50	1-1	53	2989-53	0-8	78
2368-32	1-9	47	2630-52	0-7	33	3011-44	0-9	86
2513-66	1-9	46	2635-49	1-7	43	3014-50	1-1	85
2565-53	2-3	38	2662-43	0-9	50	3017-51	0-9	82
2571-45	2-0	34				3024-52	1-1	82
						3052-47	0-7	79
						3098-34	0-5	82

гичной величиной ассоциации Per OBI, также показывает, что в этой ассоциации наблюдается пониженное число M сверхгигантов с собственной поляризацией по сравнению со средним содержанием в других ассоциациях (табл. 10, последний столбец). Для сверхгигантов, не входящих в состав ассоциаций, также наблюдается пониженное число звезд с собственной поляризацией по сравнению с членами ассоциаций (табл. 10, последний столбец).

По-видимому, собственная поляризация в излучении красных сверхгигантов появляется на определенной стадии эволюции этих звезд. Но так как достоверных данных о различиях эволюционных стадий M сверхгигантов, входящих в разные ассоциации и не являющихся членами ассоциаций, в настоящее время не существует, то трудно дать определенный ответ на данный вопрос.

5. **Заключение.** 1. По результатам наших поляриметрических наблюдений 78 красных сверхгигантов выявлена собственная поляризация света у 21 звезды (табл. 4).

2. Появление в излучении M сверхгигантов собственной поляризации определенным образом связано со светимостью, со спектральным подклассом и с амплитудой изменения блеска. Собственная поляризация более часто встречается у Ia сверхгигантов, чем у Ib. Процентное содержание звезд с собственной поляризацией выше в поздних подклассах по сравнению с ранними. Звезды с большой амплитудой изменения блеска ($> 1^m$) более часто имеют собственную поляризацию по сравнению со звездами с меньшими амплитудами.

3. По относительному содержанию звезд с собственной поляриза-

цпей М сверхгиганты ассоциации Per OB1 отличаются от сверхгигантов, входящих в другие ассоциации. По этому поводу отметим, что М сверхгигантов, не являющихся членами ассоциаций, наблюдается такое же относительное содержание звезд с собственной поляризацией, что и у М сверхгигантов ассоциации Per OB1.

8 июня 1979 г.

2. Վ. ԱՅՐԱՆԱՄՅԱՆ

ԿԱՐՄԻՐ ԳԵՐՀՍԿԱՆՆԵՐԻ ԲԵՎԵՌԱԶԱՓԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված են 78 կարմիր գերհսկանների 1973—77 թթ. ընթացքում կատարած բևեռաչափական դիտումների արդյունքները:

Հաղորդվում է 21 կարմիր (ուշ K և M դասի) գերհսկանների լույսի հարթ բևեռացման փոփոխականության հայտնաբերման մասին: Յույց է տրված, որ Ia լուսատվության դասի M գերհսկանների ղեպքում լույսի սեփական բևեռացում ունեցող աստղերի հարաբերական քանակությունը գրեթե երեք անգամ բարձր է Ib լուսատվության դասի աստղերի համեմատությամբ: Լույսի սեփական բևեռացման երևույթը ավելի հաճախ հանդիպում է ուշ սպեկտրա դասերի կարմիր գերհսկանների մոտ վաղ դասերի համեմատությամբ: Per OB աստղասփյուռի անդամ M սպեկտրալ դասի աստղերի ղեպքում դիտվում լույսի սեփական բևեռացում ունեցող աստղերի հարաբերական քանակության պակաս մյուս աստղասփյուռների համեմատությամբ:

H. V. ABRAHAMIAN

THE POLARIMETRIC INVESTIGATION OF RED SUPERGIANTS

Summary

The results of polarimetric observations of red supergiants accomplished in the period 1973—1977 are presented.

The variations of linear light-polarization parameters of 21 red supergiants (late K and M spectral types) are discovered. It is shown, that the percentad of stars with intrinsic light—polarization is 3 time greate among the M type stars of luminosity class Ia, than that of luminosity class Ib. Intrinsic light—polarization more frequently is observed in the case of late type supergiants, than in the case of erly type ones. Among the M spectral type members of the Per OB1 association the presence of stars with intrinsic light—polarization is less than among the members of the other assoftations.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 25, 45, 1958.
2. Н. М. Шаховской, АЖ., 39, 755, 1962.
3. О. С. Шулов, Труды АО ЛГУ, 19, 155, 1962.
4. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 35, 3, 1964.
5. Р. А. Варданян, Астрофизика, 6, вып. 1, 77, 1970.
6. B. Zelner, Astron. J., 76, 645, 1971.
7. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 27, 55, 1959.
8. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 37, 23, 1966.
9. K. Serkovsky, Ap. J., 141, 857, 1966.
10. Н. М. Dyk, M. G. Jennings, Astron. J., 76, 431, 1971.
11. Е. Д. Арсенович, Сообщ. Бюраканской обс., 44, 91, 1972.
12. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 27, 55, 1959.
13. N. R. Walborn, PASP, 80, 162, 1968.
14. Н. М. Шаховской, Ю. С. Ефимов, Изв. КрАО, 45, 90, 1972.
15. G. V. Coyne, T. Gehrels, Astron. J., 71, 355, 1966.
16. G. V. Coyne, T. Gehrels, Astron. J., 72, 887, 1967.
17. J. S. Hall, Publ. US Naval Obs., 17, VI, 1958.
18. N. M. White, R. F. Wing, Ap. J., 222, 209, 1978.
19. J. J. Nassau, V. M. Blanco, W. W. Morgan, Ap. J., 120, 478, 1954.
20. R. M. Humphreys, Astron. J., 75, 602, 1970.
21. Г. Б. Абрамян, АЦ, 920, 5, 1976.
22. В. А. Амбарцумян, ДАН АрмССР, 16, 73, 1953.
23. P. Stothers, PASP, 84, 373, 1972.
24. R. M. Humphreys, Ap. J., Suppl. ser., 38, N 4, 1978.
25. Г. Б. Абрамян, АЦ, 1025, 1, 1978.

Н. Л. ИВАНОВА

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЗЕТА ТЕЛЬЦА

1. Введение.

Исследованиями спектра ξ Тельца (НД 37202) обнаружены интересные изменения интенсивностей спектральных линий и их смещений. Лучевые скорости, измеренные О. Струве и Ж. Хайнеком [1] по линиям HeI и OII, показали изменения с периодом 135^d 9, а в лучевых скоростях водородных линий поглощения, согласно Дельплейс [2], кроме орбитального движения проявляются еще и периодические пульсации со средним значением скорости +22 км/сек и периодом 6.8 лет. ξ Тельца—быстровращающаяся звезда типа В2 с протяженной оболочкой, спектр второго компонента не прослежен.

В статье приведены результаты исследования спектров, полученных А. Терзяном на 1.5-метровом телескопе Верхнего Прованса (Франция) и автором на 2-метровом телескопе ШАО (Азербайджанская ССР). В табл. 1 приведены данные о наблюдательном материале.

Таблица 1

Номер пластинки	Дата (1973 г.)	Время наблюдений	Телескоп, дисперсия	Сорт пластинок (Kodak)
1.	3.1	23 01 ^{h m}	2м ШАО, 10 Å/мм	II OaO
2.	3.1	23 07	"	"
5.	4.1	22 46	"	"
6.	4.1	22 51	"	"
5673	22.1	22 00	1.5м Прованса, 12 Å/мм	II aOch
5674	22.1	22 15	"	"
5677	23.1	22 17	"	II OaO
5678	23.1	22 38	"	103 aF
5723	26.1	19 26	"	"
5724	26.1	19 39	"	II aOch

Все спектрограммы измерены в БАО на микрофотометре Цейсса.

2. Спектр звезды.

В 1973 г. ξ Тельца имела спектр, типичный для звезды с оболочкой: широкие водородные линии атмосферы, прослеживающиеся до p_m около H_{10} — H_{17} , резкие ядра линий оболочки, наблюдаемые до H_{24} — H_{27} , эмиссия в линиях H_{α} , H_{β} , H_{γ} , многочисленные линии ионизированных металлов FeII, SiII, CrII, MgII, NiI, OII и др. В красной области наблюдаются 5876 HeI, 5890 и 5896 NaI, 6347 и 6371 SiII и другие более слабые линии.

На рис. 1 приведены профили H_{α} по наблюдениям ван дер Вела в 1964 и 1966 гг. [3] и по результатам настоящей работы в 1973 г.

Как видно, интенсивность эмиссии, положение ядра поглощения и величина отношения V/R изменялись со временем.

В октябре 1964 г. эмиссия была достаточно интенсивной, а ядро

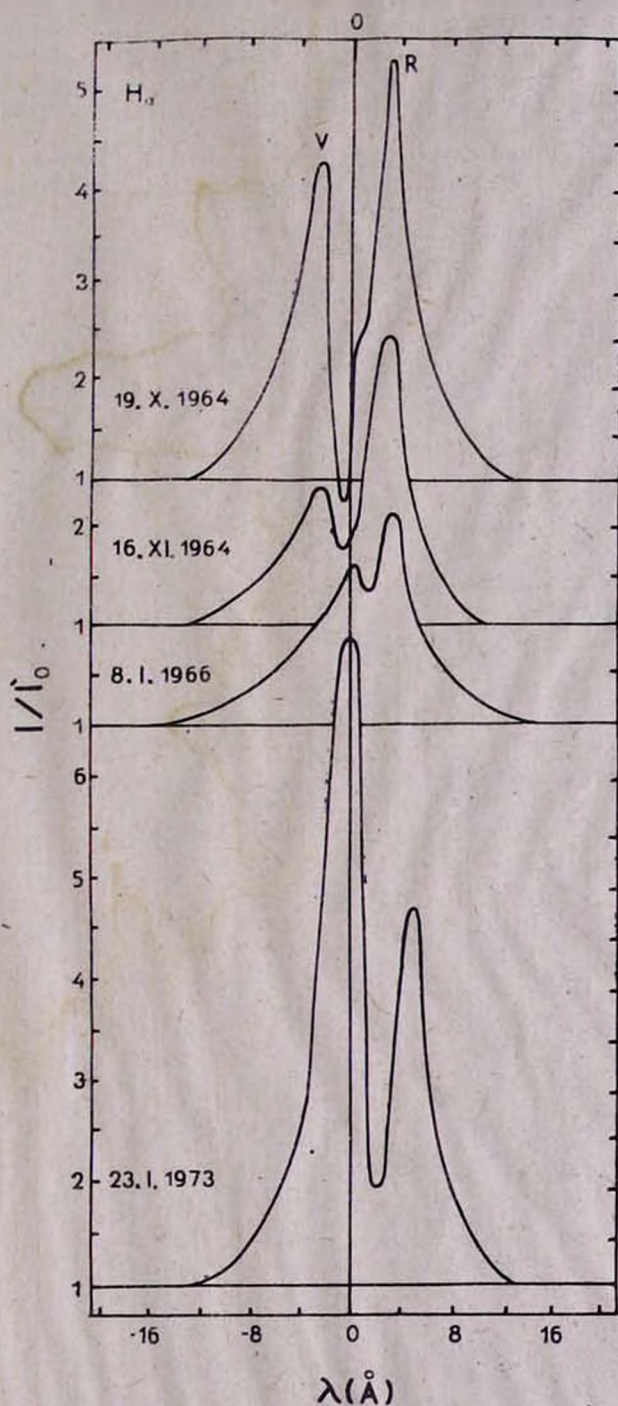


Рис. 1

поглощения наиболее глубоким и имело уступ со стороны длинноволнового компонента. В 1966 г. как эмиссия, так и поглощение были достаточно слабыми, а на коротковолновом крыле заметен выступ в том месте, где в 1964 г. наблюдался эмиссионный пик. В 1973 г. увеличились интенсивность эмиссии и поглощения, изменилась величина отношения V/R : в 1964—1966 гг. V/R было меньше единицы (движение поглощающей материи в направлении к наблюдателю), а в 1973 г. $V/R > 1$ (движение материи в направлении от наблюдателя).

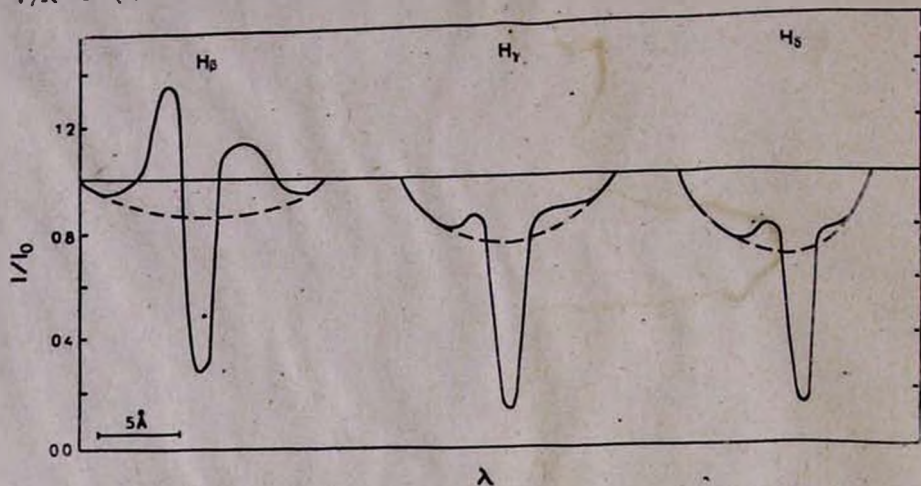


Рис. 2

На рис. 2 приведены контуры H_β , H_γ и H_δ , а в табл. 2 — средние из 6 наблюдений значения эквивалентных ширин W_λ , остаточных интенсивностей r_0 , полуширин $\Delta\lambda_{1/2}$ всех линий бальмеровской серии, образовавшихся в атмосфере звезды и в оболочке.

Центральные остаточные интенсивности линий поглощения оболочки H_γ и H_δ составляют всего 11% относительно непрерывного спектра.

Таблица 2

Линия	Звезда			Оболочка		
	W_λ	r_0	$\Delta\lambda_{1/2}(\text{\AA})$	W_λ	r_0	$\Delta\lambda_{1/2}(\text{\AA})$
H_β	1.10	0.90	11.5	0.69	0.28	1.32
H_γ	1.80	0.78	9.24	1.76	0.11	1.98
H_δ	2.00	0.78	11.50	1.80	0.11	1.65
H_ϵ	1.90	0.77	7.59	2.05	0.17	2.39
H_ζ	3.10	0.74	12.50	2.50	0.25	1.98
H_η	2.11	0.79	11.00	1.66	0.28	1.65
H_θ	2.14	0.81	8.30	1.64	0.38	2.31
H_{11}	0.89	0.83	6.30	1.79	0.32	2.31
H_{12}	0.55	0.87	5.10	0.79	0.40	1.32
H_{13}	0.46	0.90	4.50	0.86	0.42	1.20
H_{14}	0.30	0.92	4.90	0.59	0.55	1.00
H_{15}	0.15	0.96	2.70	0.62	0.55	0.90
H_{16}	—	—	—	0.89	0.55	1.20
H_{17}	—	—	—	0.56	0.59	0.90
H_{18}	—	—	—	0.77	0.50	0.90
H_{19}	—	—	—	0.52	0.58	0.90
H_{20}	—	—	—	0.59	0.60	0.90
H_{21}	—	—	—	0.20	0.72	0.60
H_{22}	—	—	—	0.23	0.66	0.40
H_{23}	—	—	—	0.11	0.69	0.30
H_{24}	—	—	—	—	—	—

Профили линий HeI, MgII и FeII в 1964, 1966 и 1973 гг. приведены на рис. 3, 4 и 5, а значения их эквивалентных ширин—в табл. 3. В 1973 г. наблюдается усиление поглощения в этих линиях, а в линиях FeII также и усиление эмиссии.

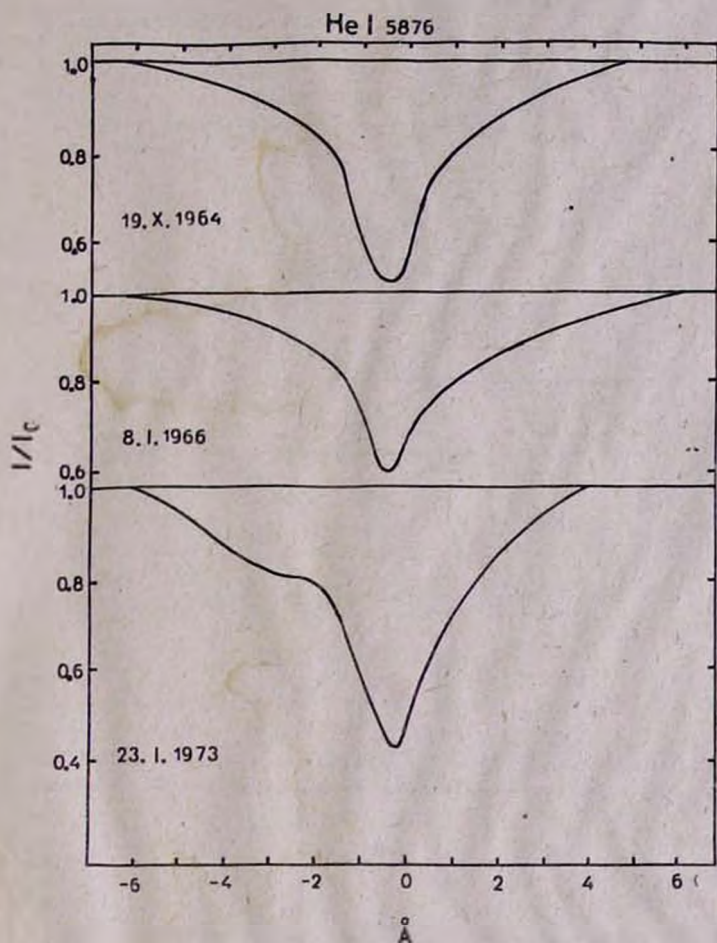


Рис. 3

Таблица 3

Линия	1964	1966	1973
4471 HeI	1.39	1.26	2.21
5876 HeI	1.79	1.41	2.97
4481 MgII	0.39	0.44	0.85
4233 FeII	0.33	0.18	0.69
4352 FeII	0.30	0.16	0.50

3. Физические условия в оболочке ζ Тельца

Скорость вращения звезды и оболочки были определены из зависимости

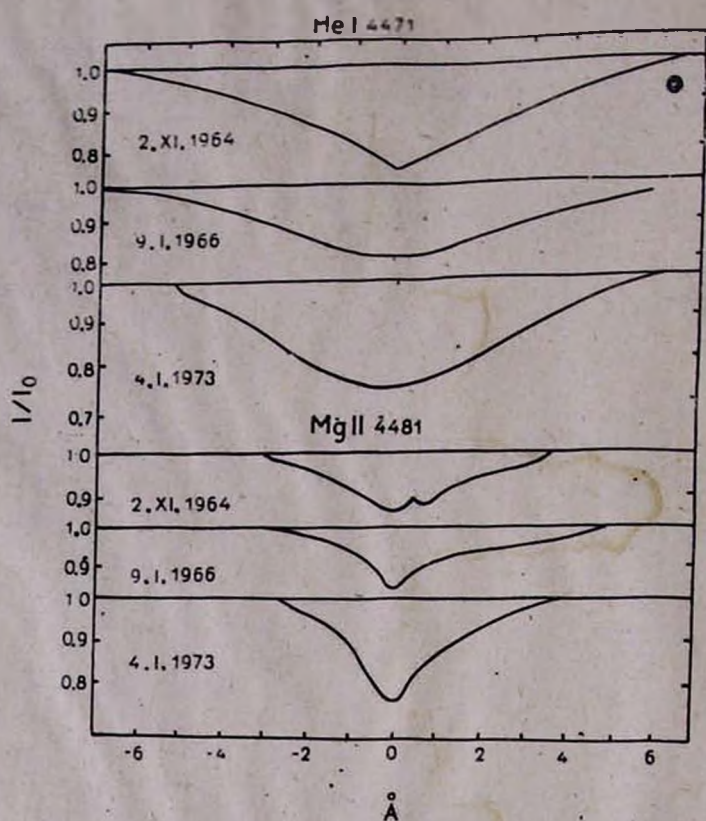


Рис. 4.

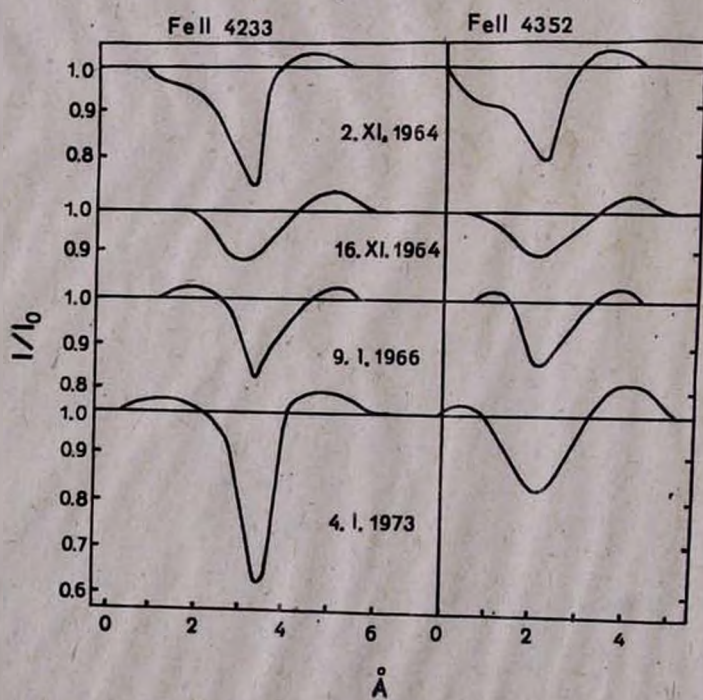


Рис. 5

$$\Delta\lambda_R = \lambda \frac{V_R \sin i}{c},$$

в которой $\Delta\lambda_R$ —ширина линии, обусловленная вращением, V_r —экваториальная скорость вращения звезды (или оболочки), i —угол между осью вращения и лучом зрения.

По линиям HeI $V_R \sin i$ равна 400 км/сек, а по линиям 4481 MgII и 4233 FeII соответственно 113 км/сек и 60 км/сек.

Размеры оболочки. Используя полученные скорости вращения и предполагая постоянство углового момента, можно использовать отношения

$$\frac{V_{\text{FeII}}}{V_{\text{HeI}}} = \left(\frac{R_{\text{зв.}}}{r_{\text{об.}}} \right)^2 \quad \text{и} \quad \frac{V_{\text{MgII}}}{V_{\text{HeI}}} = \left(\frac{R_{\text{зв.}}}{r_{\text{об.}}} \right)^2$$

для определения размеров оболочки звезды.

Результаты таковы:

$$\frac{r_{\text{об.}}}{R_{\text{зв.}}} = 2.6 \text{ по линиям FeII и}$$

$$\frac{r_{\text{об.}}}{R_{\text{зв.}}} = 1.9 \text{ по линиям MgII.}$$

Эти значения были использованы для определения коэффициента дилуции, оказавшегося равным 0.04 по FeII и 0.08 по MgII.

Электронная плотность в атмосфере звезды и оболочки была определена по известной формуле Инглисса-Телера

$$\lg n_e = 23.26 - 7.5 \lg n_m,$$

где m —номер последней, еще различимой, линии бальмеровской серии водорода. Применением этой формулы было получено $n_e \leq 10^{14}$ для атмосферы звезды и $n_e \leq 10^{13}$ для оболочки. Как известно, эти оценки величины n_e являются верхним пределом электронной плотности. В 1964 г. А. А. Боярчук [4] получил значение электронной плотности в оболочке ξ Тельца $n_e < 2 \cdot 10^{11}$.

Величина N_2 . Число атомов N_2 на втором уровне водорода над 1 см² поверхности звезды можно определить, согласно [5], по формуле:

$$N_2 = \frac{W_\lambda}{\frac{\pi e^2}{mc^2} f_{\lambda^2}}.$$

По известным значениям W_λ для линий H_0 и H_1 были получены соответственно следующие значения N_2 : $4.6 \cdot 10^{15}$ и $6.5 \cdot 10^{15}$.

4. Обсуждение результатов

Сравнение результатов, полученных в настоящей работе, с наблюдениями 1964 и 1966 гг. [3] показало, что в 1973 г. оболочка ξ Тельца была более массивной. Об этом свидетельствуют возрастание интенсивности эмиссии в H_α и H_β , а также усиление поглощения во всех наблюдаемых линиях.

В 1973 г. изменилось, по сравнению с 1964—1966 гг., направление движения материи в атмосфере звезды: отношение V/R стано-

вится больше единицы, чему соответствует движение материи от наблюдателя.

Полученные значения скоростей вращения на поверхности звезд порядка 400 км/сек, а в оболочке—60—113 км/сек находятся в пределах значений скоростей вращения звезд Ве.

Из многочисленных определений скоростей вращения Ве-звезд, выполненных А. А. Боярчуком и И. М. Копыловым [6], следует, что размеры оболочек Ве-звезд имеют небольшую дисперсию и, в основном, их радиусы превосходят радиусы фотосфер не более чем в 2—3

раза. Значения $\frac{r_{об.}}{R_{зв.}}$, равные для ϵ Тельца 2.6 по линиям FeII и 1.9

по линиям MgII, также заключены в вышеприведенных пределах.

Коэффициент дилуции W для звезд Ве обычно равен 0.01—0.10. Значения W для ϵ Тельца, согласно нашим наблюдениям, равны 0.04—0.08.

Таким образом, параметры атмосферы ϵ Тельца, полученные в настоящей работе, подтверждают выводы ряда исследователей о принадлежности этой звезды к типичным звездам Ве со всеми проявлениями нестационарности, присущими этой группе. Много общего у ϵ Тельца с классической shell-звездой 48 Весов [7].

В заключение выражаю благодарность доктору А. Терзяну за спектры ϵ Тельца и дирекции ШАО за предоставление возможности получить наблюдательный материал на 2-метровом телескопе.

10 марта 1978 г.

Ն. Լ. ԻՎԱՆՈՎԱ

Հ ՅՈՒԼԻ ՍՊԵԿՏՐԱԼՈՒԽԱԶԱՓԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում բերված են ϵ Յուլի 10 սպեկտրների սպեկտրալուսաչափական ուսումնասիրության արդյունքները: Ստացված են համարժեք լայնությունները W_λ , հարաբերական ինտենսիվությունները r_0 , ջրածնի գծերի $\Delta\lambda^{1/2}$ կիսալայնությունները, աստղի և թաղանթի շարժման արագությունները, թաղանթի շալկերը, աստղի և թաղանթի էլեկտրոնային խտությունները, աստղի 1 սմ² մակերեսի վրա ջրածնի ատոմների թիվը երկրորդ մակարդակում N_2 :

N. L. IVANOVA

SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF ϵ TAU

Summary

The results of spectrophotometric investigations of 10 spectrograms of the star ϵ Tau are given.

The equivalent widths W_λ , residual intensities r_0 , half-widths $\Delta\lambda^{1/2}$, of hydrogen lines, the velocities of radiation of the star and the shell, extent of the shell and the electron densities n_e in the atmosphere of

the star and in the shell, the number of atoms N_2 on the second level of hydrogen upon 1 cm^2 are obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. A. Hynek, O. Struve, Ap. J. 96, 425, 1942.
2. A. M. Delplace, Comptes Rendus Acad. Sci. Paris 262, 1562, 1966.
3. T. van der Wel, Astron. and Astr. 4, 341, 1970.
4. А. А. Боярчук, И. И. Проник, Изв. КрАО, 34, 118, 1965.
5. А. А. Боярчук, Вопросы космогонии, 7, 231, 1960.
6. А. А. Боярчук, Н. М. Копылов, Изв. КрАО, 31, 44, 1964.
7. H. G. Geuverink, Astron. and Astr. 5, 341, 1970.

Н. Л. ИВАНОВА, Т. Н. ХУДЯКОВА

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИ ЛЕБЕДЯ

СИ Лебедя—одна из известных симбиотических звезд. Считается, что объект состоит из холодного гиганта М5Ш [1] или М6Ш [2] и горячей звезды низкой светимости, окруженных плотной газовой туманностью. В спектре СИ Лебедя присутствуют характерные для звезд этого типа эмиссионные линии высокого возбуждения [3].

С 1890 г. у СИ Лебедя наблюдалось пять интенсивных вспышек горячего компонента, продолжительностью около 200 дней [3—7]. Три из них пришлось на последнее десятилетие (1971, 1973, 1975 гг.). Фотографические наблюдения вне вспышек показали периодические изменения блеска с периодом 855 дней и с амплитудой около 1^m [3].

Пучинкас [8] предположил, что эти изменения блеска связаны с затмением в двойной системе. В 1975 г. Белякина [2] наблюдала изменения блеска, явно свидетельствующие о затмении горячего компонента. По-видимому, затмение четко наблюдается только во время его вспышек.

СИ Лебедя является единственной симбиотической звездой, у которой наблюдается затмение. Поэтому детальное исследование этой системы представляет большой интерес.

Настоящая работа содержит результаты фотометрических и спектральных наблюдений этой звезды.

1. Фотометрические наблюдения

Наблюдения СИ Лебедя в спектральных полосах R, I ведутся в АО ЛГУ на телескопе с диаметром 60 см с октября 1973 г. В 1976 и 1978 гг. по нашей просьбе были сделаны оценки блеска в полосах U, B, V на телескопе АЗТ-14 АО ЛГУ. На рис. 1 приведены кривые блеска СИ Лебедя за 1974—1978 гг., построенные по результатам наших наблюдений, а также данных Темпести [7] и Белякиной [2] в цвете V. Фазы на рис. 1 вычислены по элементам Уитни [3]: $J.D = 241\,1902 + 855^d 25$.

По результатам многоцветной фотометрии можно попытаться получить характеристики компонентов системы. Предварительно необходимо наблюдаемые величины исправить за межзвездное поглощение, составляющее, согласно Боярчуку [1], $A_v = 1^m$. 2. Для получения величин межзвездного поглощения в других спектральных полосах принималась зависимость $A(\lambda)$ для Лебедя [9]. Потоки в полосах были вычислены с использованием абсолютной калибровки Джонсона [10]. Полученные распределения энергии для разных состояний звезды (вспышка, спокойное состояние, затмение) представлены на рис. 2 сплошными линиями.

Предполагая, что за время, прошедшее от максимума блеска до полной фазы затмения, суммарное излучение холодного компонен-

та и туманности существенно не изменилось, можно получить распределение энергии горячего компонента во вспышке (пунктирная линия 4 на рис. 2). Это распределение соответствует распределению энергии в излучении звезды раннего спектрального класса (B7—A3) [9].

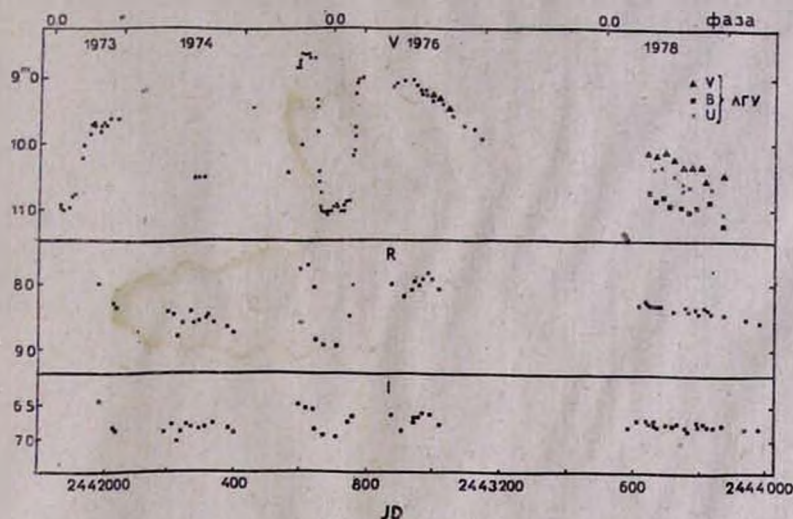


Рис. 1. Кривые блеска СИ Лебедя.

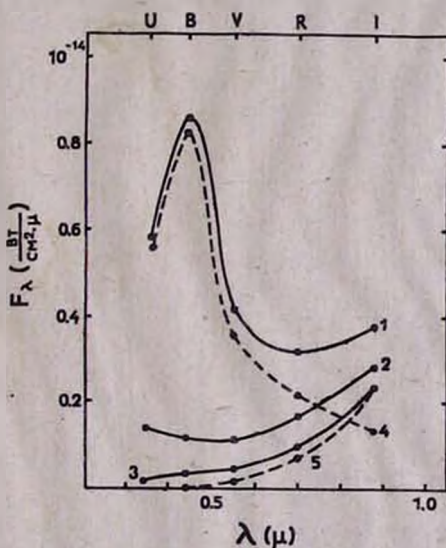


Рис. 2. Распределение энергии в излучении СИ Лебедя: 1—излучение звезды во время вспышки; 2—суммарное излучение системы вне вспышки (J.D 2443660—2443890, 1978 г.); 3—излучение холодного компонента и туманности (затмение); 4—излучение горячего компонента во время вспышки; 5—излучение звезды М61.

Рассмотрим затмение горячего компонента, когда наблюдается только суммарное излучение холодного гиганта и туманности. Пренебрегая вкладом излучения туманности в полосу I, получим, что более коротких длин волн присутствует дополнительное излучение, которое можно объяснить излучением туманности. Распределение энергии в излучении звезды М6Ш [11], нормированное к потоку в полосе I, приведено на рис. 2.

В предположении, что поток в полосе I равен потоку от звезды М6Ш, вклад излучения холодного компонента в полосу составлял 28%. Звездная величина горячего компонента во вспышке в полосе V на 2^м 4 меньше звездной величины суммарного излучения холодного гиганта и туманности. Тогда, принимая для М6Ш $M_V = -0.5$ [11] и учитывая вклад холодного компонента в полосу V, получим для горячего компонента во вспышке нижнюю границу абсолютной величины $M_V = -4.3$.

Вне вспышки блеск звезды в полосах R, I меняется мало, поэтому нет оснований для предположения о переменности холодного компонента.

2. Спектральные наблюдения

Спектры СИ Лебеда были получены на ЗТА 2.6 м Бюраканской обсерватории с оптическим многоканальным анализатором Института астрофизики и физики атмосфер АН Эстонской ССР (дисперсия 50 А/мм) и на телескопе МТМ-200 АО ЛГУ с объективной призмой (дисперсия 250 А/мм у H_T) в июне и августе 1978 г. Даты наблюдений, юлианские дни и использованный фотоматериал приведены в табл. 1. Записи спектров сделаны на микрофотометре Цейсса с увеличением в 100 раз.

Для описания распределения энергии в непрерывном спектре СИ Лебеда в области 3700—5000 А были вычислены абсолютные спектротометрические градиенты.

Таблица 1

№ пп	Дата (1978 г.)	J.D. 2440000+	Фото- материал	Ф1
1	1/2. VI	3661	Kodak 11a0	1.83
2	3/4. VI	3663	Kodak 11a0	2.05
3	6/7. III	3666	A-600	2.15
4	9/10. VI	3669	A-600	1.80
5	9/10. VI	3669	A-600	1.78
6	10/11. VI	3670	A-600	2.48
7	10/11. VI	3670	Kodak 11a0	2.53
8	12/13. VI	3672	A-600	2.50
9	13/14. VIII	3734	Запись с ОМА	—

Они были определены привязкой к двум близко расположенным к СИ Лебеда звездам: BD +35° 3831 и BD +35° 3815. Первая из них была классифицирована нами как B9, вторая—как АО. Для определения межзвездного поглощения звезды BD +35° 3831 были использованы U, B, V измерения этих звезд, произведенные, по нашей просьбе, на АЗТ-14 АО ЛГУ Т. А. Поляковой. Межзвездное поглощение А, для BD +35° 3831 оказалось равным 0^м 7. Наблюдения с объективной призмой показали, что обе звезды сравнения имеют одинаковое распределение энергии в непрерывном спектре. Абсолютные спектротометрические градиенты, вычисленные привязкой к этим звездам,

приведены в табл. 2. При этом градиент для звезд типа АО в соответствии с [12] был принят равным единице.

Таблица 2

λ в А	Элемент	$I/I_{H\beta}$	λ в А	Элемент	$I/I_{H\beta}$
6678	HeI	0.002	4490	FeII	0.06
6562	H α	3.08	4489	FeII	0.01
5017	FeII	0.19	4471	HeI	0.23
5008	[OIII]	0.26	4417	FeII	0.06
4959	[OIII]	0.07	4388	HeI	0.11
4924	FeII	0.06	4363	[OIII]	0.30
4861	H β	1.00	4340	H γ	0.45
4713	HeI	0.16	4179	FeII	0.03
4686	HeII	0.43	4173	FeII	0.03
4658	[FeIII]	0.01	4144	HeI	0.10
4650	CIII	0.02	4121	HeI	0.11
4640	NIII	0.27	4102	H δ	0.43
4634	FeII	0.09	4072	[FeV]	0.08
4620	FeII		4026	HeI	0.11
4576	FeII	0.05	4009	HeI	0.05
4549	FeII	0.03	3970	H δ	0.29
4515	FeII	0.05	3889	H δ	0.17
4508	FeII	0.04	3869	NeIII	0.22
4501	TiII	0.02	3835	H γ	0.04

На рис. 3 представлено относительное распределение энергии в СИ Лебеда, не исправленное за дифференциальное межзвездное поглощение, так как в данном случае нас интересует относительное изменение в течение периода наблюдений.

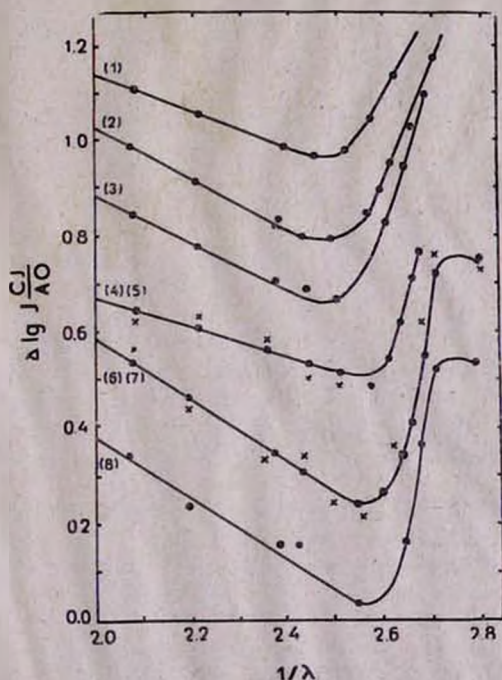


Рис. 3. Относительное распределение энергии в СИ Лебеда (нумерация в соответствии с табл. 1).

Суммарному свечению холодного, горячего компонентов и туманности соответствуют, согласно [12], спектрофотометрические температуры не ниже, чем температуры звезд спектрального класса F2—G0. Показатель цвета В—V системы, измеренный в период наших наблюдений, оказался равным $+0^m 5$, что согласуется с указанными выше спектральными классами.

Бальмеровский скачок $D = \lg \frac{I_{3647-}}{I_{3647+}}$ равен примерно -0.5 .

Как видно из рис. 3, распределение энергии в непрерывном спектре СИ Лебеда в рассматриваемом промежутке времени претерпело некоторые изменения.

Линейчатый спектр СИ Лебеда, наряду с полосами поглощения TiO, содержит как разрешенные, так и запрещенные эмиссионные линии.

Относительные интенсивности эмиссионных линий ($I_{H\beta} = 1$), полученные из наблюдений на ЗТА 2.6 м с ОМА, приведены в табл. 3. Поправки на межзвездное поглощение введены по данным работ [1, 9]. Из табл. 3 видно, что отношение интенсивностей запрещенных ли-

ний $\frac{I_{4353}}{I_{3008} + I_{4959}}$ — порядка единицы. Принимая, согласно [13], для

электронной температуры туманности СИ Лебеда 17000° , находим по стандартной методике [14] значение $\lg n_e$, равное 7.2.

В табл. 4 приводятся средние значения Бальмеровского декремента, измеренные, соответственно, по пяти спектрам, полученным с объективной призмой МТМ-200 и по спектру с ОМА на ЗТА.

Таблица 3

Линия	H ₃	H ₇	H ₈	H ₁	H ₇	H ₁	Телескоп
Бальмеровский декремент	1.00 1.00	0.39 0.45	0.37 0.43	0.26 0.29	0.15 0.17	0.04	МТМ-200 ЗТА

3. Заключение

Наблюдавшаяся в 1975 г. вспышка СИ Лебеда и последовавшее за ней затмение позволили получить некоторую новую информацию об этой звезде.

Согласно нашим данным оказалось, что горячий компонент во вспышечном состоянии имеет высокую светимость: $M_v = -4^m 3$.

Распределение энергии в суммарном свечении холодного гиганта и туманности, наблюдаемое во время затмения, показывает, при сравнении с результатами Боярчука [1], некоторый голубой избыток.

За время наблюдений, исключая вспышки 1973 и 1975 гг., блеск звезды в полосах R и I изменялся мало, а поскольку излучение в этих полосах определяется, в основном, холодным гигантом, можно предположить, что блеск холодного компонента не показывает переменности.

Спектрофотометрические градиенты в течение периода относительно спокойного состояния СИ Лебеда претерпевали небольшие изменения.

Величина Бальмеровского скачка D, равная -0.5 , и Бальмеров-

ский декремент туманности близки к значениям, характерным для планетарных туманностей [15].

Авторы выражают благодарность заведующему ЗТА 2.6 м Бюраканской обсерватории А. Амирханяну за предоставление дополнительного наблюдательного материала.

5 мая 1979 г.

Ն. Լ. ԻՎԱՆՈՎԱ, Տ. Ն. ԽՈՒԴՅԱԿՈՎԱ

ՏԻ ԿԱՐԱՊԻ ԼՈՒՍԱԶԱՓԱԿԱՆ ԵՎ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված են ՏԻ Կարապի սիմբիոտիկ աստղի լուսաչափական և սպեկտրալ ուսումնասիրության արդյունքները: Դիտողական նյութը ստացված է Բյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մ և Լենինգրադի համալսարանի աստղադիտարանի MTM-200 և AZT-14 դիտակներով:

ՏԻ Կարապի աստղի 1975 թ. բռնկման և նրան հաջորդած խավարման դիտումները հնարավորություն են տվել ստանալ նոր տեղեկություններ այդ աստղի մասին:

N. L. IVANOVA, T. N. KHUDYAKOVA

PHOTOMETRIC AND SPECTRAL OBSERVATIONS OF CI CYGNI

Summary

The results of photometric and spectral investigations of the symbiotic star CI Cyg are given. The observational material is obtained with the 2.6-meter telescope of the Byurakan Observatory and with the MTM-200 and AZT-14 telescopes of Leningrad University Observatory.

In 1975 an outburst and the eclipse of CI Cygni are observed and some new information about this star are obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Боярчук, Изв. КрАО, 39, 124, 1969.
2. Т. С. Белякина, Изв. КрАО, 59, 133, 1979.
3. L. H. Aller, Publ. Dominion Astrophys. Obs. 9, 343, 1954.
4. A. Cannon, Harv. O. B. N 778, 1922.
5. М. Н. Мялковский, ПЗ приложение, 3, № 14, 71, 1977.
6. Т. С. Белякина, IBVS N 1169, 1975.
7. P. Tempesti, IBVS N 1094, 1976.
8. А. Пучинкас, Бюлл. Вильнюсской АО, № 33, 50, 1972.
9. В. Страйжис, Многоцветная фотометрия звезд, Вильнюс, 1977.
10. H. L. Johnson, Con. LPL 3, N 53, 73, 1965.
11. J. Lee, Ap. J. 162, N 1, 217, 1970.
12. D. Barbier et D. Chalonge, Ann. d'Astrophys. 3, N 2, 1940.
13. А. А. Боярчук, АЖ, 43, 976, 1966; АЖ, 44, 12, 1967.
14. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, Н. В. Годовников, В. И. Проник, Изв. КрАО, 39, 147, 1969.
15. Г. А. Гурзян, Планетарные туманности М., Изд. физ.-мат. наук, 1962.

УТОЧНЕННЫЕ КООРДИНАТЫ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА № 701—1095

Радионаблюдения около 500 галактик Маркаряна [1] из первых пяти списков [2, 3] показали, что относительное количество радиоизлучающих галактик высоко, преимущественно, среди сейфертовских галактик II типа и объектов типа BL Lac. Эти радионаблюдения галактик Маркаряна позволили обнаружить среди них весьма интересные объекты с различными признаками активности.

Для радионаблюдений галактик Маркаряна с помощью современных радиотелескопов с высоким угловым разрешением необходимо знание координат этих галактик с высокой точностью.

Уточненные координаты галактик Маркаряна первых семи списков [2, 3] были опубликованы С. Питерсоном [4] и Г. Коджояном, Р. Эллиотом, Г. Товмасяном [5]. В этих работах было показано, что в оригинальных списках [2, 3] координаты большинства галактик даны с ошибками до $2'$, а в некоторых случаях и более. Такая точность координат не существенна для оптических наблюдений, так как в оригинальных списках приведены также карты отождествлений галактик. Однако для радионаблюдений, а также для инфракрасных наблюдений, которые можно проводить в сумерки и даже днем, необходимо иметь более точные координаты.

Координаты галактик Маркаряна были измерены с высокой точностью на Паломарских картах с помощью прозрачных накладок на карты с обозначением на них положений соответствующих галактик, согласно [6, 7], и положений звезд из AGK2 в области с размерами в 1° вокруг каждой галактики. Процедура измерений координат описана в работе [4]. Прозрачные накладки для приблизительно $1/3$ галактик были изготовлены в вычислительном центре Миннесотского университета (США) Г. Коджояном и Р. Эллиотом, а для остальных галактик—в вычислительном центре Института радиоастрономии им. Макса Планка (ФРГ).

Уточненные координаты 395 галактик Маркаряна из списков 8—11 [6, 7] приведены в таблице. В первом столбце таблицы дается номер галактики, во втором и в третьем—ее прямое восхождение и склонение, в четвертом—номера галактик по NGC, IC и ссылки на примечания, приведенные в конце таблицы.

Среднеквадратичная ошибка определения координат составляла примерно $6''.5$ по обеим координатам. Ошибки измерения координат могут быть обусловлены не точным положением прозрачной накладки на соответствующую карту Паломарского атласа и неопределенностью определения центра галактики. Эта неопределенность тем меньше, чем компактнее галактика.

Для оценки точности измерений координат наши результаты были сравнены с результатами Л. Дрессела и Дж. Кондона [8], измерив-

шими тем же методом координаты около 4000 галактик Уппсальского каталога [9]. На рис. 1 приведены разницы прямых восхождений и склонений 54 галактик, общих для обоих списков. Из рис. 1 видно, что для большинства галактик разница в координатах не превосходит $15''$. Среднеквадратичные дисперсии прямых восхождений и

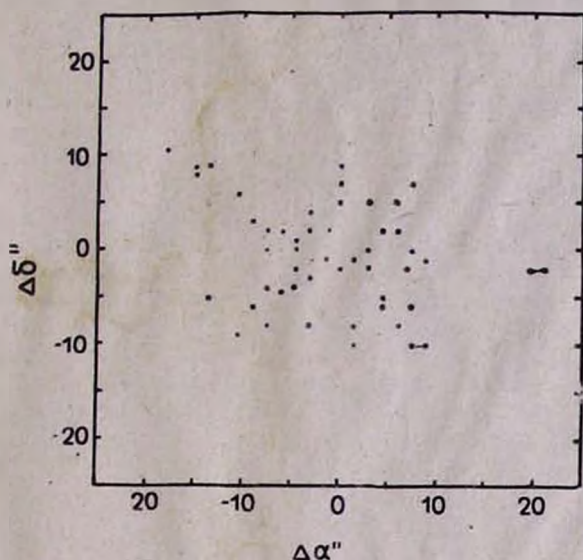


Рис. 1. Сравнение координат 54 галактик по данным настоящей работы и работы [8].

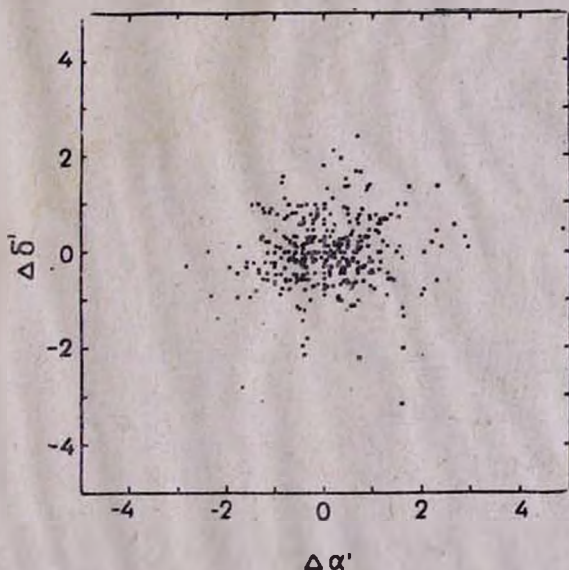


Рис. 2. Сравнение координат галактик по данным настоящей работы и оригинальных списков [6, 7].

склонений равны $7''.5$ и $5''.4$ соответственно, а систематические отклонения, обусловленные, вероятно, субъективными причинами, составляют $-0''.4$ и $-0''.6$ соответственно.

На рис. 2 представлены разницы прямых восхождений и склонений галактик по нашим измерениям и данным оригинальных списков [6, 7]. Как следует из рис. 2, в оригинальных списках ошибка измерения координат для большинства галактик составляет примерно $2'$ с дисперсией в $1'.0$ и $0'.5$ по прямому восхождению и склонению соответственно. При расчете дисперсии не были учтены некоторые галактики, координаты которых по разным причинам даны в оригинальных списках с очень большими ошибками.

Систематическая разница в определении координат составляет $+5''$ и $+6''$ по прямому восхождению и склонению соответственно. Сравнение приводимых в настоящей статье уточненных координат галактик списков [6, 7] с уточненными координатами первых пяти списков галактик Маркаряна, измеренными Питерсоном [4], показывает, что в последних четырех списках [6, 7] координаты галактик даны с несколько меньшими ошибками, чем в первых пяти списках.

В заключение авторы благодарят Г. Коджояна и Р. Эллнота за изготовление 120 прозрачных накладок в вычислительном центре Миннесотского университета (США) и дирекцию Института радиоастрономии им. Макса Планка (ФРГ) за предоставление возможности одному из нас (Г. М. Т.) изготовить 275 прозрачных накладок в вычислительном центре института.

28 мая 1979 г.

Հ. Մ. ԹՈՎՄԱՍՅԱՆ, Է. Մ. ՇԱԽԲԱՅԱՆ, Բ. Ա. ԿԱՆԴԱԼՅԱՆ

ՄԱՐԳԱՐՅԱՆԻ № 701—1095 ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՃՇԳՐԻՏ ԿՈՈՐԴԻՆԱՏՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված են Մարգարյանի գալակտիկաների 8—11 ցուցակների [6,7] 395 օբյեկտների ճշտված կոորդինատները մի քանի աղբյուրային վայրկյանի ճշտությամբ և քննարկված են ստացված արդյունքները:

H. M. TOVMASSIAN, E. TS. SHAHBASIAN, R. A. KANDALIAN

ACCURATE OPTICAL POSITIONS FOR MARKARIAN GALAXIES
701—1095

S u m m a r y

Optical positions of 395 Markarian objects, Markarian 701—1095, from lists 8 to 11 [6,7] are given with an accuracy of the order of a few seconds of arc. Corrections to the original Markarian lists are noted.

Таблица

Точные координаты галактик Маркаряна

Галактика	Координаты		Примечание, NGC, IC*	1	2	3	4
	α 1950	δ 1950					
1	2	3	4				
701	06 46 00.2	77°28'07"		760	12 08 29.5	12 22 54	767*
702	08 42 42.9	16 16 54		761	12 09 54.0	29 25 47	1; 4174
703	08 56 12.0	06 29 20	1; 2718	762	12 10 33.8	17 22 40	
704	09 15 36.9	16 30 53		763	12 11 30.0	27 15 00	
705	09 23 19.9	12 57 06	1.5	764	12 13 27.2	12 57 53	3078*
706	09 31 21.7	11 13 47		765	12 14 01.9	28 19 40	
707	09 34 26.5	01 19 15		766	12 15 55.7	30 05 27	1; 4253
708	09 39 34.2	04 54 00	1; 2966	767	12 15 51.8	20 25 16	
709	09 46 31.9	17 06 54		768	12 16 36.9	12 16 21	
710	09 52 10.2	09 30 34	1; 3049	769	12 22 53.8	16 44 53	1; 4383
711	09 52 28.6	13 39 33		770	12 26 58.4	31 43 26	
712	09 53 58.7	15 52 26	1	771	12 29 32.7	20 26 08	
713	09 58 03.7	04 58 42		772	12 30 01.6	09 26 57	
714	10 01 31.4	06 45 10		773	12 30 38.7	32 22 07	1; 4509
715	10 02 04.5	15 01 24		774	12 32 32.0	26 03 13	3533*
716	10 07 27.7	23 21 24		775	12 34 24.0	28 08 06	3592*
717	10 07 52.3	24 39 47	2551*	776	12 34 25.3	28 01 20	3593*
718	10 09 35.1	05 10 13	1	777	12 35 38.1	14 37 37	
719	10 13 23.3	05 12 20		778	12 36 26.9	00 38 23	1
720	10 15 00.0	07 13 20		779	12 37 04.6	12 42 47	
721	10 20 54.4	11 12 53	606*	780	12 39 00.0	26 21 54	4613
722	10 29 35.5	12 19 00		781	12 51 19.8	09 58 46	1; 4779
723	10 34 52.8	23 56 00		782	12 58 18.7	14 45 08	
724	10 36 27.2	21 37 26		783	13 00 30.0	16 40 58	3
725	10 39 05.8	21 34 26		784	13 04 34.2	13 20 26	
726	10 43 03.0	27 53 07		785	13 13 51.4	30 31 47	
727	10 45 57.3	26 19 17		786	13 14 21.7	12 48 50	5058
728	10 58 24.9	11 19 00		787	13 20 02.3	12 56 20	
729	11 07 11.1	13 02 40	1	788	13 22 21.3	16 24 21	
730	11 09 57.8	25 46 20		789	13 29 56.0	11 21 43	
731	11 10 03.7	09 19 33	1; 676*	790	13 29 49.8	14 26 13	
732	11 11 14.3	09 51 20	1; 2637*	791	13 30 12.2	10 45 50	
733	11 15 40.1	22 42 47		792	13 39 56.7	15 17 40	
734	11 19 09.5	12 00 50		793	13 40 43.5	22 25 40	
735	11 24 49.9	20 07 47		794	13 42 37.2	22 27 32	6, 10
736	11 25 20.8	29 47 13		795	13 43 49.1	23 20 13	
737	11 32 45.7	31 55 53	1; 3687	796	13 44 20.3	14 39 06	
738	11 33 20.4	28 28 33		797	13 53 13.9	12 26 20	
739	11 33 52.8	21 52 40	3758	798	13 58 02.7	09 08 33	
740	11 34 11.7	14 40 47		799	13 59 09.5	59 34 21	1; 5430
741	11 34 45.1	26 01 02	1	800	13 59 36.0	10 10 06	1; 5414
742	11 34 55.1	15 45 50		801	13 59 31.9	16 13 40	
743	11 35 37.9	12 23 21	1; 3773	802	14 01 20.8	15 06 40	
744	11 37 04.8	32 11 13	1; 3786	803	14 02 26.8	12 56 47	
745	11 37 20.3	17 13 50		804	14 03 34.6	13 01 40	
746	11 38 52.9	32 37 46		805	14 08 00.0	16 34 33	
747	11 39 14.8	16 15 03	1	806	14 08 22.3	48 46 53	1; 5500
748	11 45 13.6	31 37 23	2961*	807	14 13 39.9	59 11 40	3
749	11 46 30.0	15 57 40		808	14 16 42.6	17 59 00	
750	11 47 28.6	15 18 00		809	14 20 08.3	13 56 54	1.4; 5591
751	11 49 19.1	15 37 07			14 20 10.1	13 56 57	
752	11 50 09.8	02 01 07	1	810	14 21 10.2	60 09 26	
753	11 53 01.4	13 22 57		811	14 22 44.7	54 37 06	
754	11 54 49.8	04 49 31		812	14 22 57.9	57 21 50	
755	11 56 23.1	02 08 28		813	14 25 05.4	20 03 20	
756	11 58 53.5	14 18 50		814	14 28 32.0	29 24 07	1; 5657
757	12 02 42.5	31 08 00		815	14 30 20.2	52 58 09	
758	12 08 04.6	18 08 53		816	14 31 40.5	52 59 26	
759	12 08 04.4	16 18 44	1.8; 4152	817	14 34 57.9	59 00 37	1
				818	14 37 05.0	47 31 07	
				819	14 37 29.1	13 14 06	
				820	14 37 56.6	31 43 00	
				821	14 38 18.0	16 52 47	

1	2	3	4	1	2	3	4
822	14 43 50.3	16 18 27	3	884	16 29 32.7	20 31 20	3
823	14 45 46.2	15 46 27		885	16 29 43.2	67 29 03	
824	14 47 44.8	21 22 00		886	16 33 06.5	17 52 07	
825	14 48 06.4	50 54 59	1	887	16 38 45.7	39 25 07	6275
826	14 48 27.7	52 36 44		888	16 42 18.0	20 01 54	
827	14 48 43.7	42 56 54		889	16 52 09.3	57 25 41	
828	14 48 51.6	42 58 20	5807	890	16 55 08.0	63 19 06	1
829	14 48 54.7	35 46 33		891	16 57 36.3	57 35 50	
830	14 49 08.6	58 52 41		892	17 05 49.8	60 46 20	
831	14 53 19.3	55 44 13	2.3	893	17 14 22.6	60 16 10	7073
832	14 54 50.2	64 06 13		894	17 16 56.8	30 14 48	
833	14 55 54.0	35 24 21		895	17 48 38.9	23 06 46	
834	14 56 48.9	45 05 20	9.10	896	20 43 44.7	02 59 47	1
835	14 57 43.9	13 31 47		897	21 05 15.6	03 40 27	
836	14 57 52.7	61 25 54		898	21 09 45.4	11 27 17	
837	14 59 17.2	16 55 40	2.3	899	21 26 43.4	11 42 33	1: 7077
838	14 59 34.6	15 16 34		900	21 27 27.6	02 11 33	
839	15 00 32.7	83 43 06		901	21 43 40.4	16 24 03	
840	15 01 44.8	14 43 13	3	902	21 52 33.8	01 00 27	1
841	15 01 36.5	10 37 57		903	22 01 42.3	35 44 50	
842	15 03 31.4	12 56 13		904	22 01 38.4	00 16 27	7288
843	15 04 22.4	56 34 51	9.10	905	22 07 29.2	39 02 07	
844	15 04 34.6	43 54 34		906	22 15 06.3	35 19 16	
845	15 05 12.5	51 38 39		907	22 16 08.9	40 18 40	1: 7250
846	15 07 11.2	52 38 33	3	908	22 20 27.7	37 43 23	
847	15 12 16.4	58 41 40		909	22 21 17.4	40 55 44	
848	15 16 18.1	42 55 44	5926	910	22 21 23.3	04 19 33	7; 5231*
849	15 17 51.2	28 45 27		911	22 21 24.2	03 30 47	
850	15 20 12.6	31 39 14		912	22 25 40.2	03 08 27	1460*
851	15 19 36.7	06 01 57	3	913	22 31 37.5	23 04 53	
852	15 21 00.2	12 52 20		914	22 32 25.9	40 24 20	
853	15 21 03.0	12 53 41	1: 1141*	915	22 34 07.2	12 48 17	7440
854	15 24 32.9	43 34 17		916	22 37 04.6	35 42 20	
855	15 25 56.8	15 33 34		917	22 38 43.5	31 54 30	1
856	15 28 06.0	14 53 00	3	918	22 39 52.6	35 39 57	
857	15 29 43.2	41 57 03		919	22 41 58.4	24 51 00	
858	15 32 08.3	14 38 39	1: 6006	920	22 43 00.5	33 47 47	7592
859	15 34 33.2	49 45 00		921	22 46 09.6	31 31 00	
860	15 37 18.0	25 06 40		922	22 51 07.6	31 22 40	1
861	15 47 25.3	12 33 00	3	923	22 54 31.6	04 24 33	
862	15 50 40.1	12 09 13		924	22 56 11.5	35 32 00	
863	15 54 01.4	09 12 00	1198*	925	23 01 04.5	41 08 40	7813, 5384*
864	15 56 12.0	26 00 13		926	23 02 07.6	08 57 20	
865	15 56 55.3	58 18 13		927	23 10 03.1	30 51 40	17.34
866	15 58 48.0	59 37 00	1.4	928	23 15 47.1	04 41 13	
867	16 00 02.5	26 28 01		929	23 20 43.1	32 15 07	
868	16 02 13.6	10 05 17	3	930	23 29 29.0	28 40 20	1536*
869	16 03 48.0	65 40 24		931	23 30 41.3	02 59 48	
870	16 04 35.3	10 53 00		932	23 35 31.3	01 17 07	114
871	16 06 13.9	12 28 00	1.4	933	23 39 09.5	03 56 03	
872	12 06 45.3	19 57 26		934	23 58 52.2	12 50 07	
873	16 08 36.9	18 06 13	1.4	935	23 59 11.1	12 49 34	17.34
874	16 10 56.7	60 42 43		936	00 01 36.0	12 15 47	
875	16 10 59.5	60 42 26		937	00 07 36.7	04 59 20	1536*
876	16 11 16.2	58 01 47	3	938	00 08 33.7	12 23 13	
877	16 13 36.0	65 50 34		939	00 11 41.3	47 51 50	
878	16 17 50.5	17 31 53		940	00 11 45.8	33 55 26	114
879	16 19 19.7	36 11 21	1.4	941	00 12 25.0	34 31 47	
880	16 20 50.0	38 29 07		942	00 13 48.7	00 30 40	
881	16 21 11.4	40 36 44		943	00 14 08.7	10 49 57	114
882	16 24 07.3	40 27 26	1.4	944	00 21 55.4	04 08 00	
883	16 25 50.9	39 12 47		945	00 23 21.3	03 41 50	
	16 27 44.6	24 33 27		946	00 24 24.4	02 03 50	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	1	2	3	4
947	00 24 42.5	-02 03 27	118	1010	01 52 01.3	35 10 33	
948	00 25 39.7	06 51 10		1011	01 53 30.0	36 33 26	732
949	00 26 07.8	-11 55 10	19*	1012	01 54 27.3	-05 38 47	762
950	00 27 18.0	32 37 07		1013	01 57 09.0	-07 45 39	
951	00 27 36.7	-10 13 44		1014	01 57 16.0	00 09 00	3
952	00 28 38.2	-00 41 07	25*	1015	01 58 48.2	-01 32 33	
953	00 34 30.6	35 37 40		1016	01 59 17.4	-01 34 13	
954	00 34 38.7	-09 44 00		1017	02 00 18.6	-02 14 27	
955	00 35 02.0	00 00 27		1018	02 03 42.5	-00 31 40	
956	00 37 47.5	-07 43 40		1019	02 06 14.5	-08 04 00	
957	00 39 09.1	40 04 50		1020	02 06 29.7	-08 00 13	830
958	00 40 11.9	33 15 00		1021	02 06 57.3	-10 22 24	835
959	00 40 33.7	39 32 47		1022	02 07 10.9	-10 22 57	838
960	00 46 04.2	-12 59 20		1023	02 07 20.8	-08 01 00	
961	00 48 42.1	33 39 47		1024	02 07 32.8	-07 51 34	
962	00 52 06.0	05 30 17	1598*	1025	02 07 31.5	-09 04 13	
963	00 53 04.6	-10 21 47		1026	02 07 50.4	-10 33 27	848
964	00 53 35.5	-03 57 13		1027	02 11 29.2	04 56 26	1; 214*
965	00 54 55.2	-04 25 47		1028	02 14 08.8	31 28 07	
966	00 55 09.7	-05 13 10		1029	02 14 25.8	05 03 47	
967	00 56 38.8	35 15 34		1030	02 14 39.2	29 17 26	
968	00 58 14.4	-09 27 27	341	1031	02 16 19.5	-03 16 10	
969	01 00 10.6	-13 07 00		1032	02 17 53.2	32 28 57	
970	01 00 38.0	-03 52 39		1033	02 19 20.7	-10 15 00	
971	01 01 32.7	35 18 07		1034	02 20 20.8	31 57 40	
972	01 03 36.3	-06 45 11		1035	02 20 23.7	31 58 13	4
973	01 05 44.0	-04 50 27		1036	02 21 03.9	33 19 57	
974	01 07 00.7	-06 20 17		1037	02 21 33.1	-04 46 47	
975	01 11 12.7	13 00 27		1038	02 23 06.6	36 33 37	
976	01 13 24.8	32 47 53	451	1039	02 23 54.0	00 56 07	225*
977	01 13 34.8	38 47 20		1040	02 25 06.0	-10 23 20	
978	01 14 51.1	03 54 13		1041	02 25 16.7	31 05 13	1; 931
979	01 15 22.9	11 56 33		1042	02 25 55.6	35 09 00	
980	01 16 27.0	34 35 44		1043	02 25 37.7	-10 24 26	3
981	01 16 33.8	-01 31 34		1044	02 27 00.0	-03 26 00	
982	01 16 40.2	12 32 03		1045	02 27 38.7	-09 13 13	
983	01 16 43.9	12 08 23		1046	02 29 04.2	-00 21 34	234*
984	01 16 45.7	12 11 07		1047	02 29 4.0	30 36 47	
985	01 17 36.6	37 53 37		1048	02 30 12.9	00 27 34	
986	01 19 39.6	-10 08 53		1049	02 32 10.5	-09 00 23	985
987	01 19 49.4	34 10 33	1; 1683*	1050	02 33 45.7	-14 26 07	
988	01 20 40.4	34 18 30		1051	02 34 38.2	34 12 53	1
989	01 20 50.5	-07 04 07		1052	02 37 39.8	35 04 56	
990	01 21 10.1	34 30 34		1053	02 42 53.1	00 42 16	
991	01 21 56.6	31 54 23	1	1054	02 43 42.8	-08 26 43	
992	01 21 58.9	31 52 00		1055	02 44 20.3	15 43 17	
993	01 22 42.5	31 52 33	1	1056	02 45 51.7	-09 10 07	
994	01 24 20.2	-08 45 00		1057	02 46 07.6	35 07 37	
995	01 24 59.8	-08 48 53		1058	02 46 35.2	33 50 00	
996	01 25 04.4	-06 35 14		1059	02 46 46.9	34 46 53	
997	01 26 28.2	10 52 26	569	1060	02 47 07.0	-09 12 34	
998	01 30 03.6	-02 20 04	3	1061	02 49 02.8	43 51 37	
999	01 30 12.5	-12 18 20	589	1062	02 49 15.9	36 31 50	
1000	01 30 38.8	-12 27 53		1063	02 51 47.9	-08 40 57	
1001	01 31 02.7	11 26 24		1064	02 52 07.9	-10 13 47	1140
1002	01 34 41.1	05 37 27	1; 632	1065	02 55 48.0	-10 33 07	1155
1003	01 37 00.7	06 59 07	1; 638	1066	02 56 40.2	-04 40 07	
1004	01 37 24.8	-05 19 40		1067	02 56 50.2	36 37 23	3
1005	01 38 11.7	-04 54 20		1068	02 58 41.9	42 23 24	1
1006	01 43 33.3	34 40 43		1069	02 59 58.5	02 00 00	1
1007	01 46 04.4	10 15 37	1; 162*	1070	03 05 57.5	-14 05 39	
1008	01 47 46.7	33 30 27		1071	03 09 46.4	-00 21 47	
1009	01 47 48.8	35 02 13	1; 688			-10 42 07	

Продолжение таблицы

1	2	3	4
1072	03 10 51.0	41 06 20	1
1073	03 11 42.6	41 51 03	
1074	03 14 21.3	—00 13 34	
1075	03 16 57.5	—06 18 07	
1076	03 17 09.6	00 23 07	3
1077	03 25 50.2	39 36 47	
1078	03 38 18.7	—03 59 20	
1079	04 01 32.8	—11 18 53	
1080	04 01 55.8	—02 19 34	1; 1507
1081	04 02 52.2	04 16 43	
1082	04 27 51.1	00 21 54	
1083	04 36 10.5	00 05 34	

1	2	3	4
1084	04 41 25.6	08 44 53	1; 1691
1085	04 43 42.9	—12 31 53	
1086	04 45 57.5	—01 37 27	
1087	04 47 06.6	03 15 00	
1088	04 52 01.3	03 11 17	1741
1089	04 59 09.1	—04 19 47	
1090	04 59 15.6	—04 21 40	
1091	04 59 25.2	—14 19 57	
1092	05 01 57.4	—10 08 40	401
1093	05 05 20.7	—08 04 53	
1094	05 08 17.1	—02 44 43	
1095	05 13 37.3	—00 12 13	

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ

- 1—Галактика имеется в каталоге Л. Дрессела и Дж. Кондона [8] и включена в статистический анализ.
- 2—Галактика имеется в каталоге Л. Дрессела и Дж. Кондона [8], но не включена в статистический анализ, так как из-за высокого склонения ($\sim 84^\circ$) небольшие ошибки в процессе измерений могли бы привести к значительной ошибке в определении прямого восхождения.
- 3—Ошибки определения координат в оригинальном списке $> 5'$ и галактика не включена в статистический анализ.
- 4—Галактика двойная: первая координата соответствует западной компоненте, а вторая—восточной.
- 5—Опечатка в оригинальном списке: прямое восхождение должно быть $9^h 23^m 3$ вместо $6^h 23^m 3$.
- 6—Опечатка в оригинальном списке: склонение должно быть $22^\circ 27'$ вместо $25^\circ 27'$.
- 7—В оригинальном списке неверно указан номер IC 5431.
- 8—В оригинальном списке не указан NGC номер.
- 9—В оригинальном списке координаты даны с большими ошибками: $\Delta\alpha = 33' 2''$ и $\Delta\delta = -8' 8''$.
- 10—Координаты измерялись с помощью близлежащих звезд, расположенных от галактики в пределах до $15'$, а не с использованием прозрачных накладок. По этой причине ошибки измерения координат могут быть больше средних.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. A. Sramek, H. M. Tovmassian, Ap. J., 196, 339, 1975.
2. Б. Е. Маркарян, Астрофизика, 3, 55, 1967; 6, 443, 1969; 5, 581, 1969.
3. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Астрофизика, 7, 651, 1971; 8, 155, 1972; 9, 487, 1973; 10, 307, 1974.
4. S. D. Peterson, A. J., 78, 811, 1973.
5. G. Kojan, R. Elliott, H. M. Tovmassian, A. J., 83, 1545, 1978.
6. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Астрофизика, 12, 389, 1976; 12, 657, 1976.
7. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Дж. А. Степанян, Астрофизика, 13, 225, 1977; 13, 397, 1977.
8. R. R. Dressel, J. J. Condon, Ap. J., Suppl. Ser., 31, 187, 1976.
9. P. Nilson, Uppsala General Catalogue of Galaxies, Uppsala, 1973.

С. Г. ИСКУДАРЯН

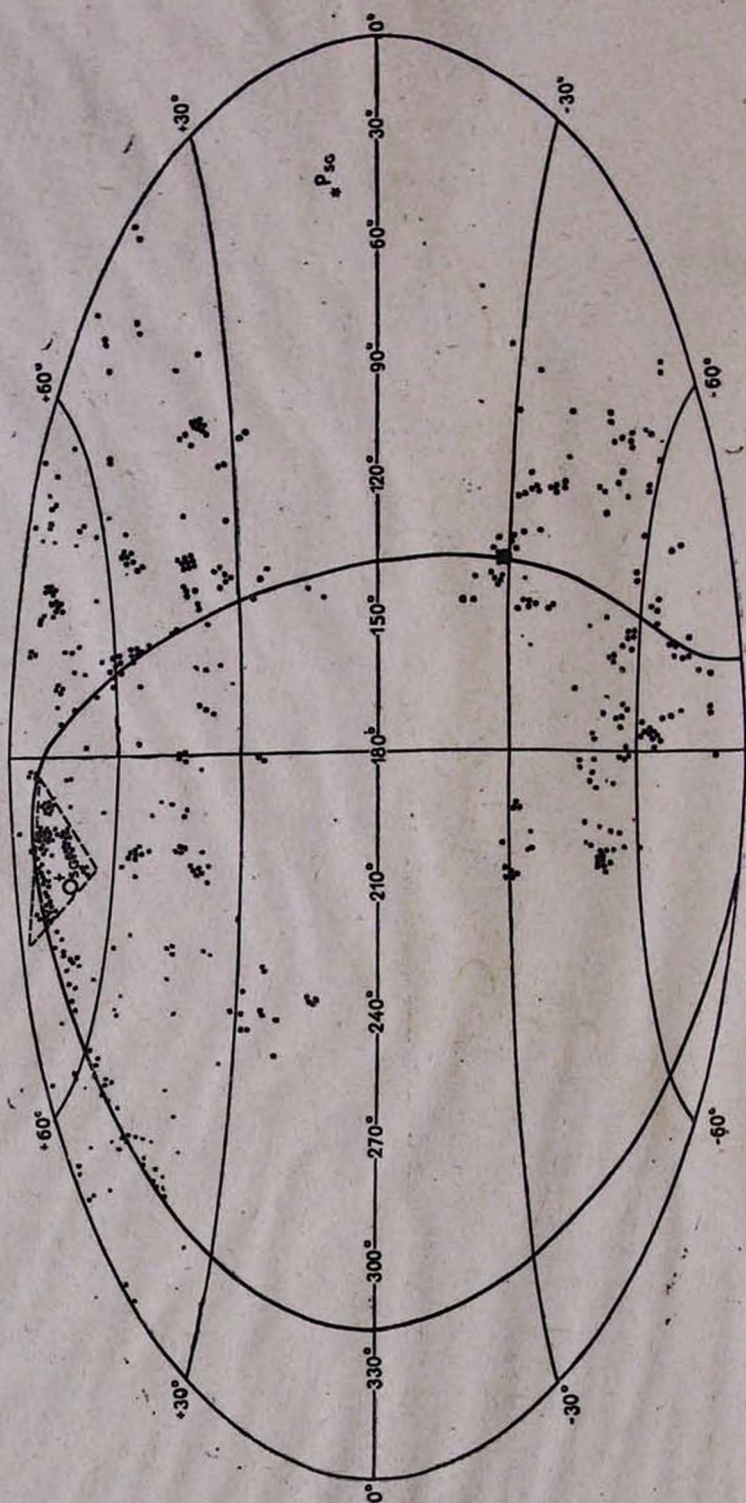
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ТИПА IrrII

Статистическое исследование объектов типа IrrII показало их низкую пространственную плотность (0.33×10^{-4} объекта до 17.0 фотографической величины в объеме один Мпс³) и низкую среднюю плотность на небе (0.025 объекта на одном кв. градусе). Поиски этих объектов на Паломарских картах показали, что они встречаются почти исключительно в группах, в цепочках и в широких ассоциациях с другими галактиками или сами составляют такие комплексы [1, 2].

Нам интересует вопрос, как распределены эти объекты по галактическим координатам. На рисунке приводится это распределение. Звездочкой отмечен полюс Супергалактики. Сплошная линия показывает экватор Супергалактики. Как видно из рисунка, богатые группировки в основном встречаются у экватора Супергалактики, так что независимо от того, является ли Супергалактика реальной или кажущейся системой [3], эти объекты показывают супергалактическое распределение. На рисунке крестиком отмечен центр О Супергалактики, который, как известно, находится в скоплении Девы [4]. При поисках объектов типа IrrII на Паломарских картах сложилось впечатление, что область скопления Девы богата подобными объектами. Действительно, из 73 ярких членов скопления Девы, для которых известны радиальные скорости [5], 17 вошли в наши списки кандидатов в IrrII галактики, причем NGC 4438 вошла в список первоочередных кандидатов [1], NGC 4866 вошла в список вероятных кандидатов в IrrII галактики, а остальные 15 галактик вошли в список менее вероятных кандидатов. На тех картах Паломарского атласа, которые содержат область скопления Девы, нами выделен еще 61 объект типа IrrII до 15.0 фотографической величины включительно, причем единственный объект, который имеет 15-ю величину, это NGC 4933B. Более слабых объектов этого типа в этой области не обнаружено, что дает нам основание предположить, что эти объекты являются членами скопления. Действительно, из рисунка видно, что в области Девы—около центра Супергалактики—видны четыре богатые группировки. Другой подобной концентрации богатых группировок во всей остальной области распределения не встречается. Случайное проектирование четырех богатых группировок именно на область скопления Девы—маловероятно. Скорее они входят в состав скопления, что представляет особый интерес.

Если допустить, что область скопления Девы на небе занимает приблизительно 400 кв. градусов площади, то получается, что средняя плотность этих объектов на небе в области скопления Девы равна примерно 0.2 объекту на одном кв. градусе неба, т. е. в восемь раз больше, чем средняя плотность этих объектов на небе вообще. На рисунке пунктирами намечена область, приблизительно занимаемая скоплением Девы.

Результаты статистического исследования IrrII галактик дали основание предположить, что этот тип галактик скорее представляет со-



бой определенное физическое состояние галактик других морфологических типов [2]. Каким механизмом обеспечивается такое богатое пылью состояние этих галактик, неизвестно, но вероятно оно является следствием одной из форм активности ядер этих галактик, согласно идее академика В. А. Амбарцумяна о том, что состояние галактик определяется всей историей активности их ядер [6]. Скопление Девы богато как галактиками, которые находятся в этом состоянии, так и, по-видимому, галактиками, которые входят в это состояние или же выходят из него. В пользу последнего предположения говорит хотя бы тот факт, что галактики—члены скопления Девы по своему интегральному цвету несколько краснее, чем галактики поля тех же морфологических типов [7].

Таким образом, целая популяция, находящаяся в определенном физическом состоянии, показывает супергалактическое распределение, причем неидентичное с распределением других объектов [8]. Плотность остальных галактик скопления Девы более чем в 100 раз больше плотности объектов типа Irr II, а последние распределены вокруг центра Супергалактики в виде полукольца, образованного очагами этих объектов. Не говорит ли этот факт в пользу реальности существования Супергалактики как цельной физической системы?

.9 июня 1979 г.

Ս. Գ. ԻՍԿՈՒԴԱՐՅԱՆ

Irr II ՏԻՊԻ ՕՐՅԵԿՏՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԲԱՇԽՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նկ. 1-ից երևում է, որ Irr II տիպի գալակտիկաները սուպերգալակտիկական բաշխում են ցույց տալիս: Ֆիզիկական որոշակի վիճակում գտնվող օբյեկտների նման վարքագիծը, որը սակայն նույնությամբ չի կրկնօրինակում այլ տիպի գալակտիկաներին, ըստ երևույթին, խոսում է Սուպերգալակտիկայի ռեալ գոյության մասին:

S. G. ISKUDARIAN

THE SPACE DISTRIBUTION OF THE Irr II TYPE OBJECTS

Summary

The Irr II type objects show supergalactic distribution (Fig. 1), which is not identical with the distribution of the other type galaxies. Such a behaviour of the objects, which are in the definite physical condition, may be, speaks about a real existence of Supergalaxy.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Искударян, ДАН Арм. ССР, 67, № 2, 93, 1978.
2. С. Г. Искударян, ДАН Арм. ССР, 68, № 3, 94, 1979.
3. J. N. Bahcall, P. C. Joss, Ap. J., 203, 23, 1976.
4. G. de Vaucouleurs, Nature, 182, 1478, 1958.
5. M. L. Humason, N. U. Mayall, A. R. Sandage, A. J., 61, 97, 1956.
6. V. A. Ambartsumian, Solvay Conference Report, Brussels, 1964.
7. E. Holmberg, Medd. Lund., 11, 136, 1958.
8. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin, 1964.

Р. Г. МНАЦАКАНЯН, А. В. ОСҚАНИЯН, М. ЛОВАШ

О ВЫЧИСЛЕНИИ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ВСПЫШЕК СВЕРХНОВЫХ

Недавно авторами [1] был предложен метод обработки наблюдательного материала службы сверхновых, позволяющий определить частоты вспышек сверхновых I и II типов в галактиках различной абсолютной яркости:

$$\nu = \nu_0 \cdot 10^{-0.4M_g}, \quad (1)$$

где M_g — абсолютная яркость галактики, а ν_0 — частота вспышек в гипотетической галактике нулевой абсолютной яркости, которая выражается формулой [1]:

$$\nu_0 = \frac{n_g(\tau)}{n_g(H)} \times \frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{n_i}}{c \cdot \sum_{i=1}^k S_i \cdot \int_{M_i}^{M_0} 10^{-0.4M_g} \psi(M_g) dM_g \int_{m_g}^{0.6m_g} 10^{\varphi(m_g - 0.25c \operatorname{sech} b_1 - m_g - M_g - \overline{M}_{\max})} dm_g} \quad (2)$$

Настоящая работа посвящена применению предложенного метода. Для этого нами был использован наблюдательный материал, полученный на Будапештской обсерватории в период с января 1964 г. по апрель 1973 г., содержащий 3100 снимков 125 патрулируемых областей, покрывающих на небе площадь в 1830 кв. градусов. Основная часть снимков была получена на пластинках Kodak 103a0 без фильтра с экспозицией 15 мин. Предельная звездная величина равна 20^m. На основе этого материала было открыто 13 сверхновых (табл. 1).

Период наблюдаемости сверхновой, являющийся функцией модуля расстояния, равен промежутку времени, за который максимальная абсолютная яркость сверхновой $\overline{M}_{\max}$ падает до предельной абсолютной яркости $M_0 = m_0 - \Delta$, где m_0 — видимая яркость самой слабой сверхновой, которая еще может быть обнаружена на снимках, полученных на данном инструменте (см. рис. 1 работы [1]). Следует отметить, что m_0 не есть предельная звездная величина пластинок.

$$\tau = \varphi(M_0 - \overline{M}_{\max}) = \varphi(m_0 - \Delta - \overline{M}_{\max}). \quad (3)$$

Член, учитывающий галактическое поглощение света здесь пропущен, т. к. для построения общего вида функции φ он не существен.

Средние максимальные абсолютные яркости сверхновых I и II типов, согласно [2], равны:

Таблица 1

№	SN	NGC	α_{1950}	δ_{1950}	Галактика		Сверхновая	
					тип	m_g	тип	m_{max}
1	1964e	анн	11 ^h 56 ^m 6	+52°59'	SBsp	14 ^m 5	I	12 ^m 3
2	1965o	анн	11 59. 8	+50 12	Sb	17. 5		17. 5
3	1966g	521	01 22. 0	+01 29	SBb	12. 9	I	14
4	1967c	3389	10 45. 8	+12 48	Sc	12. 0	I	12. 7
5	1968a	1275	03 16. 5	+41 20	Ep	13. 0	I	15. 5
6	1968i	4981	13 06. 1	-06 31	Sc	12. 3	I	13. 5
7	1968j	анн	14 04. 1	+53 22	SOq	15. 4	I?	16. 0
8	1968al	4975	13 05. 4	-04 45	SO	15. 5		15
9	1969b	3556	11 08. 5	+55 56	Sc	10. 7	II	13. 5
10	1969c	3811	11 38. 6	+47 58	Se	13. 0	I	11. 0
11	1970g	5457	14 01. 5	+54 35	Sc	8. 7	II	11. 0
12	1970m	анн	10 45. 6	+14 19	S	16. 5		16. 5
13	1972f	анн	12 04. 6	+53 57	SO	16. 0	I?	16. 0

$$\begin{aligned} \overline{M}_{max}(I) &= -18^m 6 + 5 \lg H / 100, \\ \overline{M}_{max}(II) &= -16^m 5 + 5 \lg H / 100. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь и далее, поправочный член, содержащий постоянную Хаббла, позволяет вычислить абсолютные яркости и другие величины для любого значения H . Для простоты в наших расчетах постоянная Хаббла принята равной 100 км/сек Мпс.

Подставляя в формулу (3) значения средних абсолютных максимумов из (4) и $m_0 = 18.0^*$, для периода наблюдаемости сверхновых получаем следующие выражения:

$$\begin{aligned} \tau(I) &= \varphi(36^m 6 - \Delta), \\ \tau(II) &= \varphi(34^m 5 - \Delta). \end{aligned}$$

Придавая Δ различные значения с шагом 0.5 и входя с соответствующими значениями аргументов $(36^m 6 - \Delta)$ и $(34^m 5 - \Delta)$ в кривые блеска [1], получим значения периода наблюдаемости τ в днях, представленные в табл. 2, где значения аргумента $(M_0 - \overline{M}_{max})$ ограничены сверху величиной 5.0, что обусловлено ограничением усредненных кривых блеска. Предполагая, что дальнейшее падение блеска сверхновых происходит по линейному закону, были вычислены периоды наблюдаемости для больших значений $(M_0 - \overline{M}_{max})$. Следует отметить, однако, что в значения интегралов выражения (2) большие значения τ не вносят существенного вклада из-за наличия множителей $10^{-0.4 M_g}$ и $10^{0.6 m_0}$.

Таблица 2

$(M_0 - \overline{M}_{max})$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$\tau(I)$	8	14	18	25	33	58	96	126	153	180
$\tau(II)$	13	18	41	73	85	95	100	108	115	123

Функция распределения галактик по абсолютным яркостям — $\psi(M_g)$ в единичном интервале видимых величин была построена для галактик, видимый блеск которых заключен в интервале $11^m 1 - 12^m 0$

* Самая слабая сверхновая, открытая на Будапештской обсерватории, имела яркость, равную $17^m 5$.

каталога де Вокулеров [3], так как большинство этих галактик имеет известные лучевые скорости. Как показали вычисления, вид получае-
м функции от выбора интервала блеска почти не изменяется.

Учитывая тот факт, что сверхновые I типа вспыхивают в галактиках любых морфологических типов, а сверхновые II типа предпочитают в галактиках Sb и Sc типов, функция $\psi(M_g)$ была построена отдельно для галактик всех морфологических типов — $\psi_1(M_g)$ и для галактик Sb и Sc типов — $\psi_2(M_g)$.

Таблица

$M_g(H=100)$	$-17^m.5$	$-18^m.5$	$-19^m.5$	$-20^m.5$	$-21^m.5$	$-22^m.$
$\psi_1(M_g)$	0.044	0.227	0.399	0.267	0.059	0.004
$\psi_2(M_g)$	0.048	0.229	0.386	0.253	0.084	0.0

Как видно из табл. 3, они практически не отличаются друг от друга и поэтому для вычисления частот вспышек сверхновых I и II типов можно пользоваться только одной функцией $\psi_1(M_g)$.

Постоянная «с» в выражении (2), пересчитанная для галактик всех морфологических типов, имеющих яркости в интервале $m-1/2$ до $m+1/2$, равна $10^{-8.98}$ [4].

Подсчеты показали, что для вычисления частоты вспышек в галактиках любого морфологического типа необходимо в выражении (2) перед постоянной «с» поставить коэффициент, показывающий какую долю всех галактик составляет данный морфологический тип.

Для вычисления выражения (3) интегрирование по M_g следует производить в пределах $-17^m.0 + 5 \lg H/100$, $-23^m.0 + 5 \lg H/100$ (табл. 3).

Нижний предел интегрирования по m был взят $+1^m.0$ (самая яркая галактика БМО имеет видимую яркость $+1^m.2$), а верхний предел определяется из условия, что функция φ больше нуля для положительных значений аргумента:

$$m_g \leq m_0 - 0.25 \operatorname{cosec} b_1 + M_g - \overline{M}_{\max}.$$

где член $0.25 \operatorname{cosec} b_1$ введен для учета галактического поглощения света.

Численное интегрирование приводит к следующим значениям интегралов, входящих в знаменатель формулы (2), выраженных в галактико-годах:

$$c \cdot \int_{-23.0+5 \lg H/100}^{-17.0+5 \lg H/100} 10^{-0.4 M_g} \psi(M_g) dM_g \int_{1.0}^{m_g} 10^{0.6 m} \varphi(m_0 - 0.25 \operatorname{cosec} b_1 - m_g + M_g - \overline{M}_{\max}) dm_g =$$

$$= 10^{-0.67} \cdot H^2 \cdot 10^{0.6(m_0 - 0.25 \operatorname{cosec} b_1)} \text{ гал. лет}$$

$$0.55 \cdot c \cdot \int_{-23.0+5 \lg H/100}^{-17.0+5 \lg H/100} 10^{-0.4 M_g} \psi(M_g) dM_g \int_{1.0}^{m_g} 10^{0.6 m} \varphi(m_0 - 0.25 \operatorname{cosec} b_1 - m_g + M_g - \overline{M}_{\max}) dm_g = 10^{0.62} \cdot H^2 \cdot 10^{0.6(m_0 - 0.25 \operatorname{cosec} b_1)} \text{ гал. лет.} \quad (3')$$

Здесь во второй формуле коэффициент 0.55 соответствует доле галактик Sb и Sc типов среди галактик всех морфологических типов [5]. Просуммировав выражение (3') по всем патрулируемым об-

ластям и подставив их значения в формулу (2) окончательно получаем искомые частоты вспышек сверхновых I и II типов:

$$\nu_0(I) = \frac{n_x(\tau)}{n_x(II)} \cdot H^2 \cdot \frac{10^{-0.67}}{10^{0.6m_0}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i}}{\sum_{i=1}^{125} S_i \cdot 10^{-0.15 \cos \epsilon b_i}} \text{ лет}^{-1}, \quad (4')$$

$$\nu_0(II) = \frac{n_x(\tau)}{n_x(II)} \cdot H^2 \cdot \frac{10^{0.62}}{10^{0.6m_0}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i}}{\sum_{i=1}^{125} S_i \cdot 10^{-0.15 \cos \epsilon b_i}} \text{ лет}^{-1}.$$

Обработка наблюдательного материала. Распределение наблюдений службы сверхновых во времени имеет случайный характер. Однако независимость двух следующих друг за другом событий в этом случае не всегда соблюдается, так как бывают случаи, когда одна и та же сверхновая наблюдается на нескольких снимках.

Как видно из табл. 2, периоды наблюдаемости сверхновых изменяются в широких пределах. Для обработки наблюдательного материала необходимо определить среднее значение периода наблюдаемости, определяемой формулой:

$$\bar{\tau} = \frac{\int_{-23.0+51gH/100}^{-17.0+51gH/100} \psi(M_g) dM_g \int_{1.0}^{m_g} 10^{0.6m_0} (m_0 - 0.25 \cos \epsilon b_i - m_g + M_g - \bar{M}_{\max}) dm_g}{\int_{-23.0+51gH/100}^{-17.0+51gH/100} \psi(M_g) dM_g \int_{1.0}^{m_g} 10^{0.6m_0} dm_g} \quad (5)$$

Вычисления по формуле (5) дают:

$$\bar{\tau}(I) = 12 \text{ дней}, \quad \bar{\tau}(II) = 21 \text{ день}, \quad (6)$$

независимо от предела обнаружения сверхновых m_0 .

Наблюдаемое различие значений $\bar{\tau}(I)$ и $\bar{\tau}(II)$, по-видимому, обусловлено различием хода убывания блеска сверхновых обоих типов.

Используя усредненные значения периода наблюдаемости $\bar{\tau}$ (6), можно сделать временной ряд наблюдений более равномерным. Для этой цели в ряду каждой патрулируемой области s_i исключаем все те наблюдения, которые отстоят от предыдущего на промежуток времени $t < \bar{\tau}$.

Если сверхновая вспыхнула в близкой галактике, то ее период наблюдаемости может быть довольно велик, и поэтому она будет присутствовать на нескольких снимках, которые по нашим критериям считаются независимыми наблюдениями. Тогда такую сверхновую приходится подсчитывать столько раз, сколько имеется независимых наблюдений (табл. 4).

Для подсчетов использовались только те сверхновые из табл. 1, обнаруженные на снимках с 15-минутной экспозицией, для которых известен тип. К ним были добавлены еще 3 сверхновые, которые, по всей вероятности, присутствуют на будапештских снимках, но впервые были открыты на других обсерваториях. В табл. 4 эти сверхновые отмечены звездочками. В этой таблице использовались яркости сверх-

№	СН	Тип	m	Число подсч. СН до m_0					n_i
				14	15	16	17	18	
1	1964e	I	14 ^m 5	—	—	1	1	2	60
2	1964*1	I	13 ^m 3	—	—	—	1	1	14
3	1966g	I	14 ^m 0	—	1	1	1	2	14
4	1967c	I	12 ^m 7	1	1	2	2	3	26
5	1958a	I	15 ^m 5	—	—	1	2	2	18
6	1968*g	I	17 ^m 4	—	—	—	—	1	12
7	19681	I	13 ^m 5	1	3	3	3	3	11
8	1968j	I?	16 ^m 7	—	—	1	2	2	39
9	1969b	I?	14 ^m 7	—	1	2	2	3	14
10	1969c	I	13 ^m 7	—	—	—	—	2	14
11	1970*b	I?	15 ^m 0	—	1	1	1	3	19
12	1970g	II	11 ^m 0	1	1	1	1	4	35
13	1972f	I?	16 ^m 0	—	—	—	1	3	63

новых в момент их обнаружения или в момент наблюдения, которое как независимое наблюдение вошло в наши подсчеты.

Используя данные табл. 4, нами вычислены математические ожидания (наблюденные) $\frac{N_i}{n_i}$ для различных значений m_0 , суммы которых по всем 125 областям представлены в табл. 5.

Таблица 5

m_0	14 ^m	15 ^m	16 ^m	17 ^m	18 ^m
$\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i} (I)$	0.13	0.44	0.57	0.74	1.23
$\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i} (II)$	0.03	0.10	0.17	0.17	0.33

Подставив полученные значения $\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i}$ в выражение (4'), вычислим частоты вспышек сверхновых I типа— $v_0(I)$ для различных значений m_0 .

Следует обратить внимание на то, что сверхновые в максимуме блеска слабее галактики-родительницы (СН I, в среднем, на 1^m 1, а СН II—на 2^m 4), поэтому, если сверхновые подсчитываются до m_0 , то галактики следует подсчитывать до $m_g = m_0 - 1^m 1$ (СН I) и $m_g = m_0 - 2^m 4$ (СН II).

Подсчеты показали, что частота убывает с увеличением m_0 . Например, частота вспышек сверхновых I типа, вычисленная для $m_0 = 14^m 0 - v_0(14)$, в 1.6 раза больше частоты $v_0(16)$ и в 11.7 раза больше частоты $v_0(18)$. Это вызвано тем, что с увеличением предела подсчета, число обнаруженных сверхновых увеличивается не пропорционально увеличению числа галактик, а гораздо медленнее. Поэтому чем больше предел подсчета, тем больше число пропущенных сверхновых.

Наглядным примером этому могут служить данные табл. 6, где

приведены данные, относящиеся к сверхновым, обнаруженным на Будапештской обсерватории и на других обсерваториях.

Таблица 6

$m_{\max}$	СНБуд	СНДр	СНВсе	Доля
11 ^m .0	1	0	1	1.00
12.0	1	0	1	1.00
13.0	3	0	3	1.00
14.0	5	6	11	0.45
15.0	6	15	21	0.28
16.0	9	24	33	0.27
17.0	11	30	41	0.26
18.0	13	38	51	0.25

Числа в последнем столбце показывают долю сверхновых, открытых на Будапештской обсерватории.

Из табл. 6 видно, что все яркие сверхновые $m_{\max} \leq 13.0$ были зарегистрированы в Будапеште, однако с увеличением $m_{\max}$ доля обнаруженных сверхновых сильно уменьшается. Например, для сверхновых ярче $m_{\max} \leq 18.0$ эта доля составляет всего 0.25. Сходный ре-

зультат получается по данным работы Розино и Туллио [6], где доля обнаруженных в Асиаго сверхновых ярче 15^m составила 0.39 часть от числа всех сверхновых.

Большей частью это является результатом принятой в настоящее время методики наблюдений и поисков сверхновых, хотя возможны и пропуски имеющихся на снимках сверхновых во время просмотра пластинок [7].

Если вычислить искомую частоту вспышек по всем сверхновым ($m_0 \leq 18^m 0$), то из-за большого числа утерянных сверхновых, она получится заниженной. Поэтому будет вернее вычислить эту частоту только по ярким сверхновым, для которых уверенно можно принять, что доля пропущенных сверхновых невелика.

Примем, что все сверхновые ярче 14^m были обнаружены. В этом случае в подсчетах используются только 2 сверхновые I типа (см. табл. 4) и всего одна сверхновая II типа. Из-за такой малой статистики частоты вспышек сверхновых определяются с большими относительными ошибками.

Величины s_i и $n_g(n)$, входящие в выражение (4'), были подсчитаны по картам отождествления, построенным на основе каталога Цвикки [8].

Окончательно в (4') мы использовали следующие числовые значения, представленные в табл. 7.

Таблица 7

Тип	m_0	$\frac{n_g(\tau)}{n_g(n)}$	$\sum_{i=1}^{125} \frac{N_i}{n_i}$	$\sum_{i=1}^{125} s_i 10^{-0.15 \cos \delta b_i} *$
I	14.0	0.18	0.13	1090
II	14.0	0.08	0.03	1090

* b_i — галактическая широта каждой патрулируемой области.

В результате, для гипотетической галактики нулевой абсолютной яркости имеем:

$$\nu_0(I) = 1.8 \cdot 10^{-14} \cdot H^2 \text{ лет}^{-1}, \quad \nu_0(II) = 3.6 \cdot 10^{-14} \cdot H^2 \text{ лет}^{-1}.$$

Подставляя значения ν_0 в выражение (1), находим:

$$\nu(I) = 1.8 \cdot 10^{-14} \cdot H^2 \cdot 10^{-0.4 M_g(n)} \text{ лет}^{-1},$$

$$\nu(II) = 3.6 \cdot 10^{-14} \cdot H^2 \cdot 10^{-0.4 M_g(n)} \text{ лет}^{-1},$$

(7)

где γ уже не зависит от постоянной Хаббла.

Таким образом, частота вспышек сверхновых II типа вдвое больше частоты вспышек сверхновых I типа. Это отношение не изменяется при других значениях m_0 (см. табл. 5).

В табл. 8 приведены вычисленные на основании формул (7) значения средних промежутков времени между двумя вспышками сверхновых $T = 1/\gamma$ в годах для галактик различной абсолютной яркости

Таблица

M_g	-15 ^m	-16 ^m	-17 ^m	-18 ^m	-19 ^m	-20 ^m	-21 ^m	-22 ^m
T(I)	5600	2200	880	350	140	55	20	10
T(II)	2800	1100	440	180	70	30	10	5

Обсуждение результатов. Вычислим ожидаемые числа сверхновых в некоторых галактиках и сравним их с наблюдательными данными.

В нашей Галактике, $M_{pg} = -19^m.7$ [9], с 1006 по 1604 гг. наблюдалось 4 сверхновых, которые, по-видимому, принадлежали к I типу. Между тем за 600 лет в ней следует ожидать 8 сверхновых I типа и 1 сверхновых II типа. Таким образом, ожидаемое число сверхновых типа мало отличается от наблюдаемого числа, чего нельзя сказать о сверхновых II типа. Следует отметить, что за последние 370 лет в Галактике яркие сверхновые не регистрировались, хотя считается, что образование радиоисточника Кассиопея—А было связано со вспышкой сверхновой II типа в начале XVIII столетия.

В ближайшей галактике M 31 $M_{pg} = -21^m.0$ [9] последняя сверхновая была зарегистрирована в 1895 г., в то время как за прошедшие после этого 90 лет в ней следовало бы ожидать 4 сверхновых I типа и 8 сверхновых II типа.

В других членах Местной группы M 33, NGC 6822 и др. сверхновых вообще не наблюдалось.

На 18^ю телескопе системы Шмидта Паломарской обсерватории ведутся систематические наблюдения за яркими галактиками $m_v \leq 12^m.5$ типа Sc [10] (всего 41 галактика). Используя данные каталога ван ден Берга [5], для 36 из них были вычислены математические ожидания появления сверхновых за 4 года (1971—1974). Оказалось, что в этой выборке галактик следовало ожидать за это время 5 сверхновых I типа и 10 сверхновых II типа. Между тем наблюдения дали только одну сверхновую [11]. Этот результат нельзя целиком отнести за счет пропусков сверхновых во время просмотра снимков, так как сверхновые в этих галактиках должны быть довольно яркими.

Таким образом, и здесь, как и в галактиках Местной группы, имеется расхождение наблюденных и ожидаемых чисел. Поэтому следует допустить, что либо для этих галактик наши оценки средней частоты вспышек сверхновых завышены, либо в своей эволюции эти галактики уже прошли стадию активности сверхновых.

С другой стороны, для 9 ярких галактик, видных анфас [12], абсолютные яркости которых были заимствованы из [13]; ожидаемое число вспышек сверхновых (12) оказывается вдвое меньше наблюдаемого числа (25).

Поэтому, возможно, что полученные нами средние значения частоты вспышек сверхновых, несмотря на большую относительную ошибку, довольно близки к средним истинным частотам вспышек сверхновых.

Рассмотрим галактики типа Sc, в которых сверхновые вспыхивают чаще, чем в галактиках других морфологических типов. Для них нами использованы данные ван ден Берга о классах светимостей галактик, лежащих севернее $\delta = -10^\circ$ [5].

Оказывается, что только в 30% галактик подтипов ScI и ScI—II наблюдались сверхновые, тогда как в других подтипах этот процент составляет только 10. Галактики ScI, кроме того, выделяются и тем, что в 60% галактик, в которых наблюдались сверхновые, открыты 2 и более сверхновые.

Для выяснения вопроса о том, обусловлено ли это повышенной частотой вспышек сверхновых в этих галактиках или их относительной близостью, мы их разделили на две группы по модулю расстояния: $\Delta \leq 31.0$ и $\Delta \geq 31.1$. Для этих групп отдельно в каждом подклассе светимости было подсчитано процентное содержание галактик, имевших вспышки сверхновых (табл. 9).

Из табл. 9 видно, что этот процент среди далеких галактик меньше, чем среди близких галактик. Следует отметить, что эти проценты не могут быть очень большими, так как не все галактики наблюдаются достаточно часто.

Следовательно, надо думать, что большое число сверхновых в этой выборке галактик обусловлено не повышенной частотой, а скорее всего, их относительной близостью.

Таблица 9

Тип	$\Delta \leq 31.0$			$\Delta \geq 31.1$		
	N_g	$N_g(\text{CH})$	%	N_g	$N_g(\text{CH})$	%
ScI	15	7	47	12	1	8
ScI—II	5	2	40	5	1	20
ScII	24	4	17	34	3	9
ScII—III	11	2	18	7	1	14
ScIII	26	3	11	6	0	0
ScII—IV	7	2	28	0	0	0
ScIV, SIV	27	2	8	0	0	0

Рассмотрим, наконец, близкую группу галактик Sc с $\Delta \leq 31.0$, которая наиболее однородна и лучше, по-видимому, патрулируется.

Чтобы облегчить сравнение данных различных подклассов светимостей, выразим число галактик данного подкласса через равнозначное число галактик с абсолютной яркостью $M_g = -20^m 0$, т. е. пересчитаем сколько галактикам с $M_g = -20^m 0$ соответствует суммарная светимость данного подкласса $\Sigma L = N'_g \cdot 10^{-0.4 M_g}$.

$$N_g(20) = \frac{N_g \cdot 10^{-0.4 M_g}}{10^{-0.4(-20^m 0)}} = 10^{-0.4 (M_g + 20^m 0)}$$

Подсчитанные таким образом эквивалентные числа галактик приведены в четвертом столбце табл. 10, где приведены также числа сверхновых, которые вспыхнули за 25 лет в соответствующих галактиках, число ожидаемых сверхновых за тот же период, средние числа сверхновых, вспыхнувших в одной галактике, и то же число для одной галактики с $M = -20^m 0$ и отношение числа наблюдаемых и ожидаемых сверхновых.

Данные предпоследнего столбца говорят за то, что удельная

частота вспышек сверхновых в ближайших галактиках Sc не зависит от класса светимости, т. е. число вспышек пропорционально средней светимости данного подкласса.

Интересно, что в этом случае, вычисленные нами ожидаемые числа сверхновых не так сильно завышены, как в предыдущих случаях.

Таблица 10

Класс светимости	$\bar{M}$	N_g	$N_g(20)$	CH_n	$CH_{ож}$	CH_n/N_g	$CH_n/N_g(20)$	$CH_n/CH_{ож}$
ScI	-20 ^m 4	15	22	11	29	0.73	0.50	0.37
ScI-II	-19. 6	5	3	2	4	0.40	0.70	0.52
ScII	-19. 4	24	14	4	18	0.17	0.28	0.21
ScII-III	-19. 0	11	4	2	5	0.18	0.50	0.37
ScIII	-18. 5	26	6	3	8	0.12	0.50	0.37
ScIII-IV	-18. 3	7	2	3	3	0.43	1.5	1.11
ScIV, SIV	-17. 4	24	2	2	3	0.08	1.00	0.74
Всего		112	53	28	70			
Среднее						0.24	0.51	0.38

Для более точного вывода средних частот вспышек сверхновых необходимо обработать предложенным методом более богатый наблюдательный материал, например, материал службы сверхновых Паломарской обсерватории, полученный в период с 1959 по 1975 гг., на основании которого было открыто 187 сверхновых [14].

Непродолжительные (5 лет) наблюдения за всеми галактиками типа ScI, возможно, позволят ответить на вопрос обладают ли некоторые из них повышенной частотой вспышек сверхновых или нет.

Авторы выражают благодарность дирекции Будапештской обсерватории за предоставленную возможность использовать наблюдательный материал службы сверхновых, сотруднику лаборатории электроники Бюраканской обсерватории Н. С. Варданян за помощь в вычислениях, академику В. А. Амбарцумяну, профессору Л. В. Мирзояну и М. А. Мнацаканяну за ценные советы и дискуссию.

3 июня 1979 г.

Ռ. Գ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ, Ա. Վ. ՕՍԿԱՆՅԱՆ, Մ. ԼՈՎԱՇ

ԳԵՐԵՈՐԵՐԻ ԲՈՆԿԻՄԱՆ ՄԻՋԻՆ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ ֆ ի ղ ի մ

Հեղինակների առաջարկված մեթոդով [1] հաշվված են I և II տիպի գերնոբերի բոնկման հաճախականությունները:

Ցույց է տրված, որ Sc տիպի գալակտիկաներում այդ հաճախականությունները ուղիղ համեմատական են ծնող գալակտիկաների միջին լուսատվությանը:

R. G. MNATSAKANIAN, A. V. OSKANIAN, M. LOWAS

ON THE CALCULATION OF THE MEAN FRECUANCY OF SUPERNOVAE.

Summary

The calculation of the mean frequency of supernovae I and II types were made with the method was suggested earlier by authores [1].

It is shown that in Sc galaxies the mean frequency of supernovae is proportional to the mean luminosity of the parent galaxy,

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Г. Мнацаканян, А. В. Осканян, М. Ловаш, *Астрофизике*, 15, 413, 1979.
2. С. Т. Kowal, A. J., 73, 1021, 1968.
3. G. de Vaucouleurs and A. de Vaucouleurs, RCBG, Texas, 1975.
4. W. Backer, *Sterne und Sternsysteme*, Dresden/Leipzig, DDR, 1950, p. 388.
5. S van den Bergh, Pub. D.D.O., vol 11, 6. 1960.
6. L. Rosino and G. D. Tullio, *Supernova and Supernova Remnants*, Dordrecht-Holland/Boston-USA, 1974, p. 19.
7. R. G. Mnutsakanian, IBVS, 785. 1973.
8. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, *Catalogue of Galaxies and Cluster of Galaxies*, Caltech., Pasadena, 1961.
9. К. У. Аллен, *Астрофизические величины*, М., 1977, стр. 402.
10. С. Т. Kowal, W. L. W. Sargent and J. Huchra, P.A.S.P., 87, 401, 1975.
11. R. Barbon, F. Clatti and L. Rosino, *Astron. Astrophys.*, 25, 241, 1973.
12. G. A. Tamman, *Supernova and Supernova Remnants*, Dordrecht-Holland/Boston-USA, 1974, p. 155.
13. A. Sandage and G. A. Tamman, *Ap. J.*, 194, 559, 1974.
14. С. Т. Kowal, W. L. W. Sargent and J. Huchra, P.A.S.P., 88, 521, 1976.

О. С. ЧАВУШАН, Л. К. ЕРАСТОВА, Н. Д. МЕЛИКЯН,
М. К. ЦВЕТКОВ, И. ЯНКОВИЧ

ДВУХЦВЕТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В АГРЕГАТЕ ПЛЕЯДЫ

В Бюраканской астрофизической обсерватории в течение последних десяти лет ведутся поиски и исследование вспыхивающих звезд в области агрегата Плеяды. В ходе этой работы проводились двухцветные, синхронные или параллельные наблюдения звездных вспышек на 40" и 21" телескопах системы Шмидта. В настоящей статье рассматриваются эти наблюдения.

Наблюдательный материал. Вспышки звезд в области Плеяд были зарегистрированы в двух участках спектра «параллельно» (когда начала экспозиций в двух лучах для каждой точки в цепочке разные) или «синхронно» (когда в двух лучах начала экспозиций точно совпадают) на двух телескопах. На 40" телескопе наблюдения были выполнены в ультрафиолетовых лучах (U) с применением светофильтра Schott UG-1, а на 21" телескопе — в фотографических лучах (P_g) без светофильтра. Были использованы фотопластинки Kodak 103aO и ORWOZU-2. Наблюдения проводились по методике многократных экспозиций.

Результаты первых двухцветных наблюдений, в частности предварительные данные двухцветных наблюдений 21 вспышки, включенных в табл. 1, были уже опубликованы [1—4].

Общее эффективное время всех рассматриваемых ниже наблюдений составляет 103 часа.

В табл. 1 приводятся общие сведения о вспышках, которые наблюдались в двух областях спектра. В ней в последовательных столбцах приведены: номер вспыхивающей звезды по единой нумерации [3], номер по каталогу Герцшпрунга и др. [5] или по каталогу ван Маанена [6], звездные величины в минимуме блеска звезды по [7], амплитуды вспышки Δm_u и Δm_{pg} , соответственно в лучах U и P_g , и дата наблюдений по UT .

Результаты наблюдений. Звезды № 467, 472, 475, 476, 478 и 481 как вспыхивающие были открыты во время двухцветных наблюдений. Для них, а также для звезд с известными U , B , V величинами, была дополнительно выполнена U , B , V фотометрия в минимуме блеска (табл. 2). Для звезд № 104, 478 и 481 не удалось определить U величины из-за их слабости.

В табл. 3 приводятся результаты фотометрии всех вспышек, включенных в табл. 1, для каждой измеримой точки в цепочке. Все фотометрические измерения были сделаны либо на микрофотометре

Таблица 1

Двухцветные наблюдения вспыхивающих звезд во время вспышек

№	НП	$m_u(\min)$	$m_{pg}(\min)$	Δm_u	Δm_{pg}	Дата (UT)
14	506	18.25 ^m	16.99 ^m	2.55 ^m	1.29 ^m	26. X.74
23		19.80	18.77	4.80	2.02	24. X.74
39		18.30	17.34	1.40	0.76	10. XII.72
47	vM6	18.61	17.64	2.61	0.90	03. I.73
55	2411	16.90	15.83	2.98	1.29	03. XII.72
				2.60	1.43	19. X.74
86		18.10	17.32	2.30	1.62	24. X.74
104		19.50	18.53	4.50	3.23	20. X.74
120		19.90	18.92	6.10	4.62	20. X.74
143		18.86	17.94	3.36	2.04	20. VII.72
145		20.60	19.60	6.20	4.90	18. X.74
160	347	16.58	15.41	1.68	0.91	03. XII.72
174		20.10	19.08	4.80	4.08	17. XI.74
179		19.29	18.29	2.84	1.81	10. XII.72
196		18.95	17.95	3.06	1.03	04. XII.72
289		17.18	15.81	1.32	0.20	17. X.74
298		17.40	16.53	2.60	0.83	18. X.74
306		15.90	14.79	1.20	0.49	20. X.74
324		20.53	19.53	5.69	4.43	04. XII.72
326		19.20	18.18	4.28	2.58	04. XII.72
				3.71	1.50	04. XII.72
				7.60	5.68	22. X.74
335	1321	18.13	16.94	2.13	1.04	18. X.74
351		19.99	18.99	5.49	5.15	11. IX.72
369		19.09	18.48	3.45	1.89	03. I.73
435		16.50	15.24	1.50	0.54	25. X.74
467		18.10	17.47	4.10	3.37	16. X.74
				3.00	0.87	17. XI.74
472		16.33	15.26	1.73	0.46	15. X.74
475		18.40	17.58	3.40	1.48	18. X.74
476		18.70	17.72	2.50	0.72	18. X.74
478		19.90	18.87	5.60	4.17	24. X.74
481		20.50	19.48	5.80	4.78	17. XI.74

Таблица 2

Величины некоторых вспыхивающих звезд в минимуме блеска

№	V	B—V	U—B
104	17.33 ^m	1.20 ^m	—
298	15.07	1.46	0.87 ^m
306	13.32	1.47	1.11
435	13.75	1.49	0.36
567	16.29	1.18	0.63
472	13.94	1.32	1.07
475	15.88	1.70	0.82
489	16.04	1.68	0.98
478	17.39	1.48	—
471	18.43	1.05	—

МФ-2, либо на присовом фотометре «Askania». В табл. 3 приведены следующие данные: средние моменты каждой экспозиции в цепочке по UT отдельно для каждого телескопа, если наблюдения были «параллельными», и единое, если они были «синхронными», и звездные величины (U) и (P_g) для каждого изображения в цепочке.

Для оценки амплитуд и вычисления собственных цветов ($U-P_g$) вспышек вместо величины « P_g » в минимуме блеска мы использовали величины «B» [7], что допустимо,

так как в минимуме блеска для

вспыхивающих звезд разность между этими величинами незначительна. При вычислении собственных цветов в случаях «параллельных» наблюдений была выполнена линейная интерполяция. В табл. 4 и 5 приведены собственные цвета вспышек соответственно для «синхронных» и «параллельных» наблюдений для изображения, включающе-

Результаты фотометрии в процессе протекания вспышки

14	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₃ ^m ₂₈	^m _(17.5)	^m _{17.0}
	^h ₂₃ ^m ₅₁	^m _{17.4}	^m _{17.0}
	^h ₀₀ ^m ₀₁	^m _{16.5}	^m _{16.8}
	^h ₀₀ ^m ₁₂	^m _{15.9}	^m _{15.7}
	^h ₀₀ ^m ₂₂	^m _{15.8}	^m _{16.4}
	^h ₀₀ ^m ₃₃	^m _{16.6}	^m _{16.5}
	^h ₀₀ ^m ₄₃	^m _(17.5)	^m _{16.6}
	^h ₀₁ ^m ₀₂	^m _{16.9}	^m _{16.9}

23	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₃ ^m ₀₆	^m _(17.5)	^m _(17.5)
	^h ₂₃ ^m ₁₇	^m _{15.0}	^m _{17.1}
	^h ₂₃ ^m ₂₇	^m _{16.6}	^m _{16.7}
	^h ₂₃ ^m ₃₈	^m _{16.8}	^m _(17.5)
	^h ₂₃ ^m ₄₈	^m _{17.0}	^m _(17.5)
	^h ₀₀ ^m ₀₅	^m _(17.5)	^m _(17.5)

39	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₁₇ ^m ₃₂	^m _(18.0)	^m _{17.5}
	^h ₁₇ ^m _{42.5}	^m _{16.9}	^m _{16.6}
	^h ₁₇ ^m ₅₃	^m _{17.3}	^m _{16.8}
	^h ₁₈ ^m _{03.5}	^m _{17.7}	^m _{17.5}

47	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₁₆ ^m ₃₅	^m _{16.0}	^m _{16.7}
	^h ₁₆ ^m ₄₅	^m _{16.7}	^m _{16.7}
	^h ₁₆ ^m _{55.5}	^m _{17.2}	^m _{17.6}
	^h ₁₇ ^m ₀₆	^m _{17.5}	^m _{17.5}
	^h ₁₇ ^m _{16.5}	^m _{17.5}	^m _{17.5}

55	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₁₈ ^m _{01.5}	^m _{16.4}	^m _{15.9}
	^h ₁₈ ^m ₁₂	^m _{15.5}	^m _{15.0}
	^h ₁₈ ^m _{22.5}	^m _{15.1}	^m _{15.0}
	^h ₁₈ ^m ₃₃	^m _{13.9}	^m _{14.6}
	^h ₁₈ ^m _{43.5}	^m _{14.8}	^m _{14.8}
	^h ₁₉ ^m ₂₁	^m _{15.2}	^m _{14.8}
	^h ₁₉ ^m _{31.5}	^m _{16.1}	^m _{14.8}
	^h ₁₉ ^m ₄₂	^m _{16.2}	^m _{14.8}
	^h ₁₉ ^m _{52.5}	^m _{16.4}	^m _{14.8}
	^h ₂₀ ^m ₀₃	^m _{16.7}	^m _{14.8}

55	UT	m_u	m_p
	^h ₀₀ ^m ₀₅	^m _{16.9}	^m _{15.8}
	^h ₀₀ ^m ₁₅	^m _{14.3}	^m _{14.4}
	^h ₀₀ ^m ₂₆	^m _{16.5}	^m _{15.6}
	^h ₀₀ ^m ₃₆	^m _{16.8}	^m _{15.8}
	^h ₀₀ ^m ₄₆	^m _{16.9}	^m _{15.8}

86	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₂ ^m ₂₈	^m _(17.8)	^m _{17.3}
	^h ₂₂ ^m ₃₈	^m _{15.8}	^m _{17.3}
	^h ₂₂ ^m ₅₆	^m _{16.5}	^m _{15.9}
	^h ₂₃ ^m ₀₆	^m _{16.6}	^m _{15.7}
	^h ₂₃ ^m ₁₇	^m _{16.9}	^m _{15.7}
	^h ₂₃ ^m ₂₇	^m _{17.6}	^m _{17.3}
	^h ₂₃ ^m ₃₈	^m _(17.8)	^m _{17.3}

104	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₁ ^m ₅₇	^m _(17.5)	^m _(17.4)
	^h ₂₂ ^m ₀₇	^m _{15.3}	^m _{16.8}
	^h ₂₂ ^m ₁₈	^m _{15.0}	^m _{15.3}
	^h ₂₂ ^m ₂₈	^m _{16.4}	^m _{17.0}

120	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₃ ^m ₁₆	^m _(17.5)	^m _{14.9}
	^h ₂₃ ^m ₂₇	^m _{15.6}	^m _(17.4)
	^h ₂₃ ^m ₃₇	^m _{13.8}	^m _{14.3}
	^h ₂₃ ^m ₄₇	^m _{15.5}	^m _{15.6}
	^h ₀₀ ^m ₀₆	^m _{15.6}	^m _{16.5}
	^h ₀₀ ^m ₁₇	^m _{16.3}	^m _{16.5}
	^h ₀₀ ^m ₂₈	^m _{16.3}	^m _{16.5}
	^h ₀₀ ^m ₃₈	^m _{16.5}	^m _{16.9}
	^h ₀₀ ^m ₄₈	^m _{16.5}	^m _{16.9}
	^h ₀₁ ^m ₁₀	^m _{17.0}	^m _{17.0}

143	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₂₃ ^m ₂₃	^m _(18.0)	^m _(19.0)
	^h ₂₃ ^m ₃₃	^m _{17.4}	^m _{17.5}
	^h ₂₃ ^m ₄₃	^m _{15.5}	^m _{15.9}
	^h ₂₃ ^m ₅₄	^m _{17.1}	^m _{16.9}
	^h ₀₀ ^m ₀₄	^m _(18.0)	^m _(18.0)

145	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₀₀ ^m ₄₈	^m _(17.5)	^m _(17.5)
	^h ₀₁ ^m ₀₂	^m _{14.4}	^m _{14.7}
	^h ₀₁ ^m ₁₂	^m _{14.7}	^m _{17.5}
	^h ₀₁ ^m ₂₂	^m _{17.3}	^m _{17.5}
	^h ₀₁ ^m ₃₃	^m _(17.5)	^m _(17.5)

160	UT	m_u	m_{pg}
	^h ₁₈ ^m _{01.5}	^m _{16.4}	^m _{15.3}
	^h ₁₈ ^m ₁₂	^m _{16.5}	^m _{15.3}
	^h ₁₈ ^m _{22.5}	^m _{14.9}	^m _{14.5}
	^h ₁₈ ^m ₃₃	^m _{16.1}	^m _{15.0}
	^h ₁₈ ^m _{43.5}	^m _{16.1}	^m _{15.5}
	^h ₁₉ ^m ₂₁	^m _{16.3}	^m _{15.5}
	^h ₁₉ ^m _{31.5}	^m _{16.0}	^m _{15.5}
	^h ₁₉ ^m ₄₂	^m _{16.1}	^m _{15.5}
	^h ₁₉ ^m _{52.5}	^m _{16.1}	^m _{15.5}
	^h ₂₀ ^m ₀₃	^m _{16.6}	^m _{15.5}

Продолжение таблицы 3

74		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m	^h	^m	^m
19	30	19 30	(17.2	(17.0
		19 41		15.0
19	48	19 52	15.3	15.9
19	58	20 02	15.9	(17.0
20	09		16.4	
20	19		16.6	
20	30		(17.2	

179		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
17	32		16.4	16.4
17	42.5		16.8	17.0
17	53		17.3	16.8
18	03.5		17.9	17.3
18	14		17.7	17.6
18	24.5		(18.0	(18.0

196		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
18	54		(18.0	(18.0
19	04		16.7	17.9
19	14		15.9	16.9
19	25		16.1	17.3
19	35		16.7	16.9
19	56		17.1	(18.0
20	06		17.2	
20	16		16.8	
20	27		16.6	
20	38		(18.0	

289		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
23	23		17.1	
23	35			15.8
23	45		16.6	
23	56		15.7	15.6
00	06		16.2	15.8
00	16		16.2	
00	26		16.5	
00	37		16.8	
01	02		17.2	

298		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m	^h	^m	^m
20	49	20 46	(17.5	16.5
20	59	20 56	15.3	16.1
21	09	21 06	14.8	15.7
21	20		16.2	
21	40	21 26		16.5
			(17.5	

306		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
00	26		15.9	14.8
00	36		14.7	14.3
00	46		15.6	14.5
00	57		15.9	14.7

324		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
19	04		(18.0	(18.0
19	14		14.8	15.1
19	25		15.6	16.0
19	35		16.1	15.8
19	56		16.0	16.6
20	06		16.6	17.1
20	16		16.4	17.3
20	27		16.6	17.8
20	38		16.8	17.8
20	48		17.1	(18.0

326		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
18	01.5		16.9	17.4
18	12		17.0	17.5
18	22.5		17.0	16.9
18	33		14.9	16.9
18	43.5		16.2	15.6

326		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m		^m	^m
18	54		(18.0	(18.0
19	04		15.5	16.7
19	14		16.5	16.8
19	25		17.0	17.5
19	35		17.8	(18.0

326		UT	m_u	m_{pg}
^h	^m	^h	^m	^m
23	19		(17.5	
23	33	23 32	17.3	(17.4
23	43	23 43	13.1	13.6
23	54	23 53	11.6	12.5
00	04		12.8	
00	15	00 11	13.6	14.4
00	25	00 21	14.0	14.9
		00 31		15.1
00	43	00 41	14.6	15.4
00	53	00 52	14.9	15.4
01	04		15.0	
01	14	01 10	15.2	16.3
01	25	01 20	15.7	16.8
		01 30		16.6
01	39	01 40	15.9	16.8
01	45	01 51	15.7	17.0
01	50		16.0	
01	56		15.9	
02	01		16.1	
02	07		16.2	

335

UT	m_u	m_{pg}
21 ^h 20 ^m	21 ^h 06 ^m	(17 ^m 5)
21 40	21 26	15.9
21 50	21 36	16.4
22 01	21 46	16.7
22 11	21 57	17.0
22 21	22 07	17.4
22 32		17.5
		(17.5)

351

UT	m_u	m_{pg}
00 ^h 14 ^m		(18 ^m 0)
00 24.5	00 ^h 29 ^m	14.5
00 35	00 40	14.7
01 00	00 53	16.4
01 10.5		17.0
01 21		17.5
01 31.5		17.7

369

UT	m_u	m_{pg}
18 ^h 08 ^m	(18 ^m 0)	(17 ^m 5)
18 18.5	15.6	16.6
18 30	16.5	16.9
18 48		(17.5)

435

UT	m_u	m_{pg}
22 ^h 36 ^m		16 ^m 5
22 46	22 ^h 43 ^m	16.3
22 56	22 53	15.0
23 07	23 04	15.2
23 17	23 14	15.8
23 28	23 25	15.9
	23 35	15.2
23 51	23 53	15.9
00 01	00 03	16.2
00 12	00 14	16.2
00 22		16.4
00 33		16.2

467

UT	m_u	m_{pg}
19 ^h 24 ^m	14 ^m 8	
19 35	14.0	14 ^m 1
19 46	14.5	14.6
19 56	15.0	15.2
20 07	15.4	15.6
20 17	15.5	15.6
20 38	17.3	17.2
20 49	17.5	17.5
20 59	17.3	17.4
21 10	17.6	17.6
21 21	17.8	

467

UT	m_u	m_{pg}
20 ^h 09 ^m	20 ^h 02 ^m	(17 ^m 2)
20 19	20 12	15.5
20 30		15.1
20 40	20 40	16.7
	20 51	
20 57		(17.2)

472

UT	m_u	m_{pg}
20 ^h 45 ^m	16 ^m 0	15 ^m 4
20 55	14.6	14.8
21 06	16.1	15.5

475

UT	m_u	m_{pg}
19 ^h 18 ^m		(17 ^m 5)
19 28	19 ^h 24 ^m	17.0
19 39	19 34	15.0
19 49	19 45	16.5
20 00	19 55	17.5
20 10		(17.5)
	20 18	(17.4)

476

UT	m_u	m_{pg}
21 ^h 20 ^m	21 ^h 06 ^m	(17 ^m 5)
	21 26	17.5
21 40	21 36	16.2
21 50	21 46	16.2
22 01	21 57	17.4
22 11	22 07	17.4
22 21		(17.5)

478

UT	m_u	m_{pg}
01 ^h 36 ^m	(17 ^m 5)	(17 ^m 5)
01 46	14.7	14.9
01 57	14.3	14.7
02 07	15.5	16.0

481

UT	m_u	m_{pg}
19 ^h 30 ^m		(17 ^m 2)
	19 ^h 41 ^m	(17 ^m 0)
19 48	19 52	14.7
19 58	20 02	15.9
20 09	20 12	16.6
20 19		(17.2)

о момент максимума блеска и через каждые 10 мин. после него. Только для 4 вспышек благодаря их длительности нам удалось определить собственные цвета «вспышечного» излучения в моменты, отсчитанные от момента максимума более 40 мин. Соответствующие цвета в эти моменты для длительных вспышек приводятся в табл. 6.

Собственные цвета вспышек определены для наиболее уверенных изображений каждой звезды. Если имелись надежные данные до максимума вспышки, то определены также значения $(U-P_g)$ за 10 мин. до максимума блеска звезды.

Следует отметить, что около максимума блеска цвета вспышек в большинстве случаев отрицательны со значительным разбросом значений (см. табл. 4, 5, 6), не зависящим от амплитуд вспышек.

Полученные нами цвета дают представление о том, как изменяются собственные цвета «вспышечного» излучения в период вспышки. Они показывают, что до максимума блеска звезды цвет $(U-P_g)$ иногда бывает более «синим», чем в максимуме блеска. После максимума блеска звезды цвета $(U-P_g)$ в основном становятся более «красными». Встречаются случаи, когда собственный цвет вспышки до «покраснения» претерпевает «посинение».

Таблица 4

Собственные цвета вспышек $(U-P_g)$ по синхронным наблюдениям

№	Дата (UT)	10 мин (до макс.)	Макс.	10 мин (после макс.)	20 мин (после макс.)	30 мин (после макс.)	40 мин (после макс.)
39	10. XII-72		-0 ^m 2	-0 ^m 1			
47	03. I-73		-1.2	-0.4			
55	03. XII-72	-0 ^m 2	-1.0	-0.3			
55	20. X-74		-0.3	+0.7	+1 ^m 1		
104	20. X-74	-1.7	-0.3	-0.8			
143	20. VIII-72	-1.0	-0.5	-0.1			
145	18. X-74			-0.1	-0.3		
160	03. XII-72		+0.1	+0.9			
179	10. XII-72		-0.1	-0.5	+0.4	+0 ^m 4	-0 ^m 4
196	04. XII-72		-1.4	-1.9	-0.6		
289	17. X-74		-1.4				
306	20. X-74		-0.2	+1.1			
324	04. XII-72		-0.3	-0.4	+0.3	-0.7	-0.6
326	03. XII-72	-0.2	-2.3	+0.5			
326	04. XII-72		-1.5	-0.6	-1.2		
369	03. I-73		-1.2	-0.6			
467	16. X-74		-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2
472	15. X-74		-1.1				
478	24. X-74	-0.2	-0.4	-0.6			
Среднее		-0.7	-0.8	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4

Для иллюстрации на рис. 1 приведены кривые блеска некоторых вспышек с амплитудами $\Delta m_u \geq 5^m 0$. Следует заметить, что наблюдаемые нами амплитуды вспышек меньше реальных примерно на $1^m 0 - 1^m 5$ для продолжительных вспышек вследствие большого времени интегрирования [12].

На рис. 2 приведена зависимость между амплитудами Δm_u и Δm_{pk} в максимуме блеска звезды. Для построения этой зависимости были использованы результаты наших наблюдений, а также наблюдений [1, 2] для вспыхивающих звезд области агрегата Плеяды.

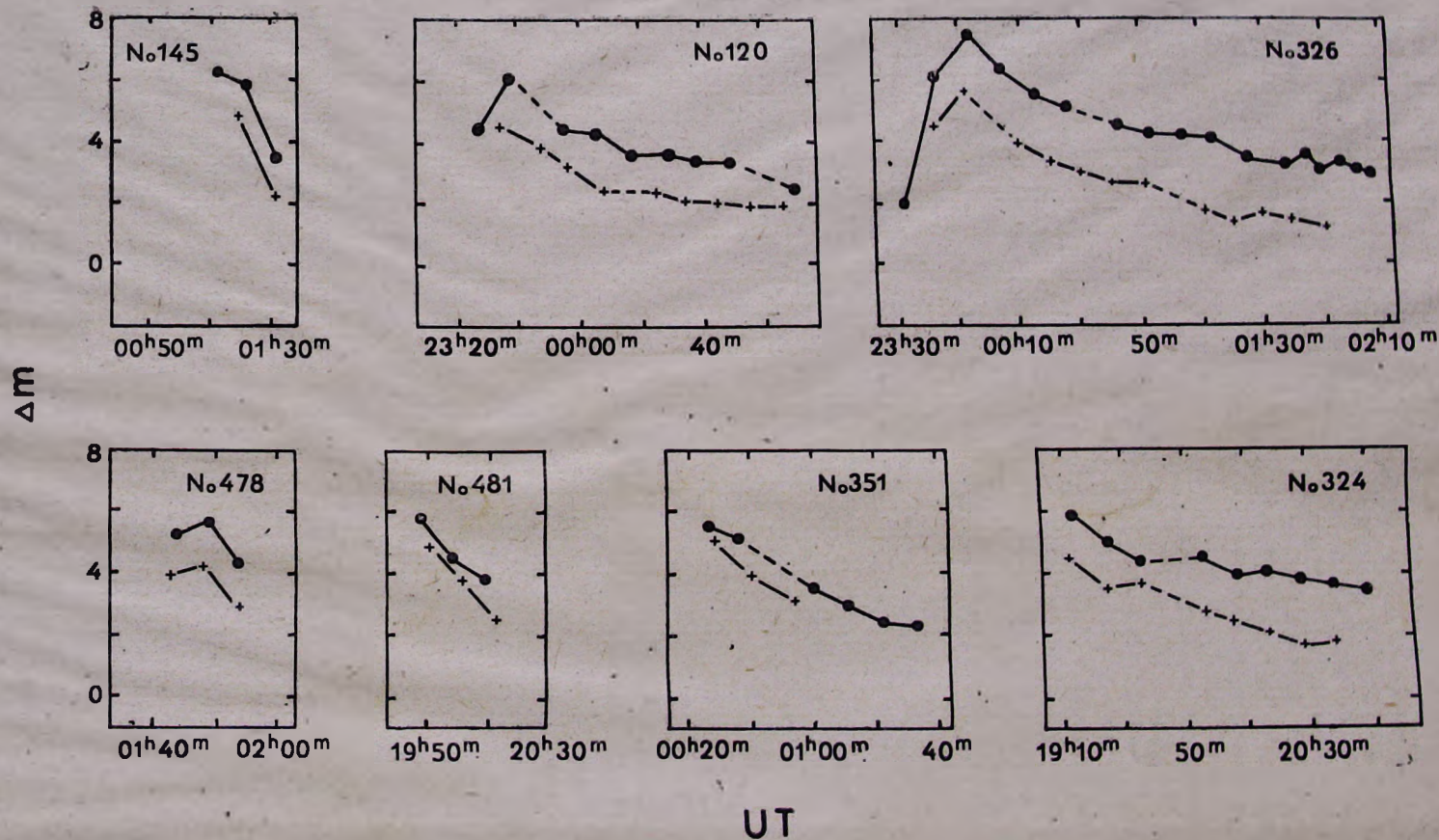


Рис. 1. Кривые изменения блеска некоторых вспышек (табл. 1) с амплитудами в ультрафиолетовых лучах $\Delta m_u > 5^m 0$. Точки соответствуют U-лучам, а крестики — P-г.

Таблица 5

Собственные цвета ($U-P_g$) вспышек по параллельным наблюдениям

№	Дата (UT)	10 мин (до макс.)	Макс.	10 мин (после макс.)	20 мин (после макс.)	30 мин (после макс.)	40 мин (после макс.)
14	26. X.74		-0 ^m 2	-1 ^m 2	-0 ^m 6	+0 ^m 4	
23	24. X.74	-1 ^m 5	-2.2	-0.6			
86	24. X.74		-0.7	-0.6			
120	20. X.74		-0.5	-0.2	-0.1	-0.1	-0 ^m 3
174	17. XI.74		-0.3	-0.8			
298	18. XII.74	-1.6	-1.5	-1.3			
826	22. X.74	-0.5	-0.9	-0.8	-1.0	-1.0	-0.9
835	18. X.74		-1.4	-2.0			
851	11. IX.72		+0.8	+0.1	+0.1		
1435	25. X.74		-0.5	-1.8			
1467	17. XI.74	-0.3		-0.4	-0.8		
1475	18. X.74	-0.2	-1.6	-0.8	-0.9		
1476	18. X.74		-1.3	-1.2	-0.8		
1481	17. XI.74		+0.5	+0.8	-0.1	-0.3	
Среднее		-0.8	-0.8	-0.8	-0.5	-0.3	-0.6

Таблица 6

Собственные цвета ($U-P_g$) для длительных вспышек

№	Дата (UT)	50 мин (после макс.)	60 мин (после макс.)	70 мин (после макс.)	80 мин (после макс.)	90 мин (после макс.)	100 мин (после макс.)	110 мин (после макс.)	120 мин (после макс.)
120	20. X.74	-0 ^m 4	-0 ^m 5	-0 ^m 5	-0 ^m 2	+0 ^m 3			
324	04. XII.72	-1.1	-1.4	-1.2					
326	22. X.74	-0.8	-0.6	-1.1	-1.5	-1.3	-1 ^m 1	-1 ^m 0	-1 ^m 6
467	16. X.74	-0.2	-0.7						
Среднее		-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-1.1	-1.0	-1.6

В общем случае зависимость Δm_u от Δm_{pg} представляется выражением

$$\Delta m_u = 2.5 \lg [1 + (10^{0.4 \Delta m_{pg}} - 1) \cdot 10^{-0.4(C_1 - C_x)}],$$

где $C_1 = (m_u - m_{pg})_{\text{парс}}$ и $C_x = (m_u - m_{pg})_{\text{мин}}$ есть показатели цвета вспышки и звезды в спокойном состоянии, соответственно. Сплошная кривая на рис. 2 соответствует значениям $C_1 = -0^m 7$, $C_x = +1^m 0$. Наблюдаемое отклонение от сплошной кривой на этом рисунке обусловлено существующей дисперсией значений разности $(C_1 - C_x)$.

Сравнение цветов ($U-P_g$) вспышек вблизи максимума с аналогичными цветами ($U-B$) для звезд типа UV Кита в окрестности Солнца [8-11] показывает, что несмотря на существенные различия в методах наблюдений, средние цвета вспышек в обоих случаях довольно близки, хотя существует большая дисперсия в индивидуальных значениях этих величин.

На рис. 3 приведены кривые изменения средних собственных цветов $U(-P_g)$ вспышек в агрегате Плеяды и кривая изменения цве-

та ($U-P_z$) для одной из мощнейших вспышек ($\Delta m_u \geq 6^m.5$) звезды UV Кита [10, 11]. В последнем случае изменение цвета ($U-B$) представлено двумя кривыми, соответствующими разным временам интегрирования.

Из рис. 3 видно, что ход изменения собственных цветов ($U-P_z$) и ($U-B$) в период вспышек почти одинаков. В обоих случаях цвет

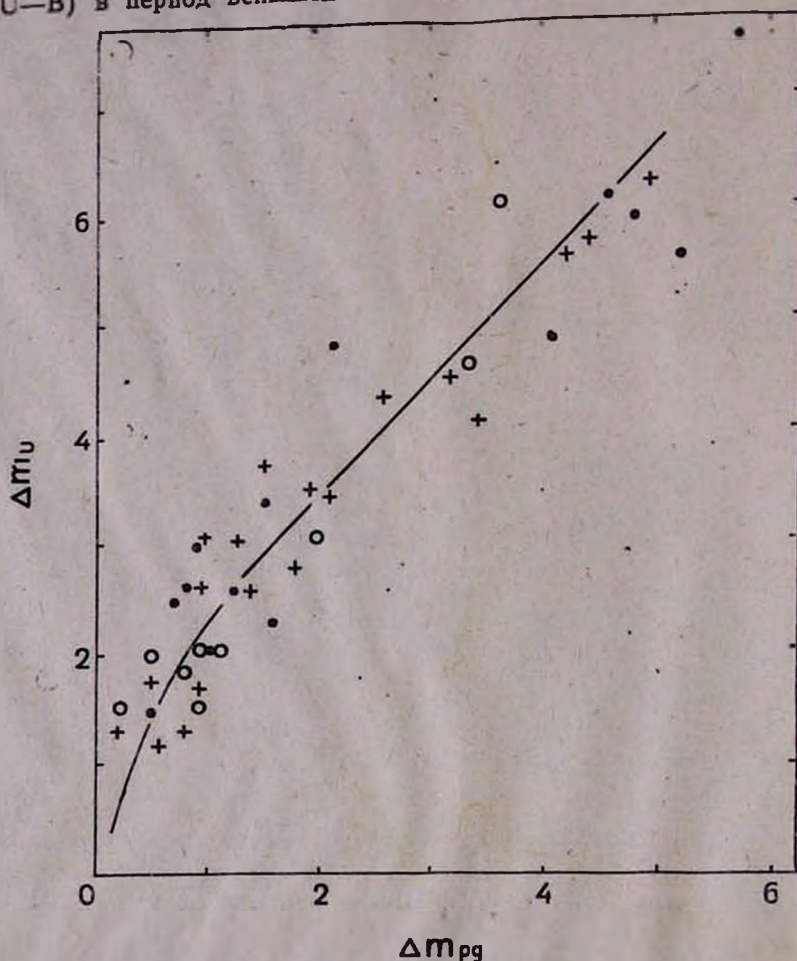


Рис. 2. Зависимость амплитуд Δm_u от Δm_{pg} . Крестиками отмечены результаты наших синхронных наблюдений вспышек, точками—результаты параллельных наблюдений, а кружками отмечены результаты, приведенные в работах [1, 2]. Сплошная кривая представляет собой зависимость, между этими амплитудами в общем случае, при значениях $C_f = -0^m.7$ $C_x = +1^m.0$.

вспышки очень «синий» вблизи максимума блеска, а дальше после временного «покраснения» цвета вспышек через 30—40 мин. после максимума блеска становятся «синими». По-видимому, «посинение» собственных цветов вспышек является следствием того, что на кривую блеска основной вспышки накладываются вторичные всплески [11, 12].

Таким образом, двухцветные фотографические наблюдения звездных вспышек в области агрегата Плеяды согласуются с результатами

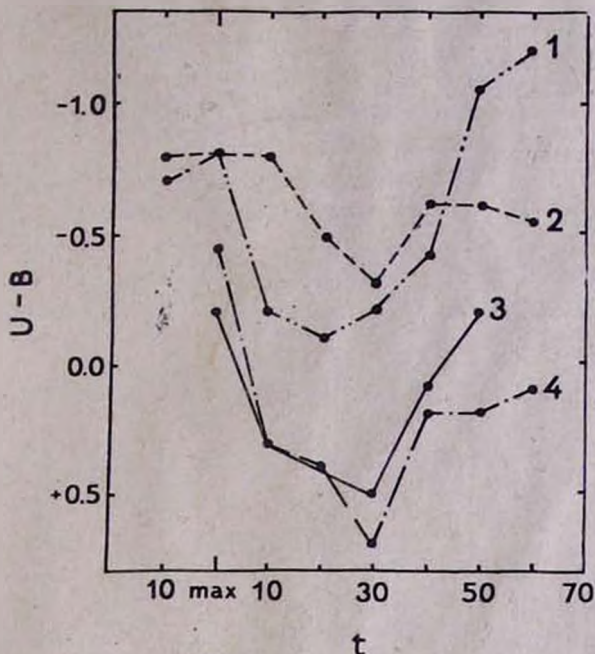


Рис. 3. Кривые изменения средних собственных цветов ($U-P_R$) для вспышек звезд в агрегате Плеяды для синхронных и параллельных наблюдений (см. табл. 4, 5, 6) и кривые изменения собственных цветов ($U-B$) для одной мощной вспышки звезды UV Кита по [10, 11]. Для наших синхронных наблюдений усреднение выполнено для 19 вспышек, а в случае параллельных наблюдений—для 14. Кривая 1 соответствует синхронным наблюдениям, 2—параллельным наблюдениям, 3—UV Ceti (время интегрирования 10 мин) и 4—UV Ceti (время интегрирования 2 сек).

синхронных U , B , V наблюдений вспышек звезды UV Кита [10, 11] в смысле изменений показателя цвета ($U-P_R$) в период вспышки. Этот факт можно рассматривать как дополнительное свидетельство в пользу идентичности природы вспышек вспыхивающих звезд в агрегатах и звезд типа UV Кита в окрестности Солнца.

Авторы выражают благодарность профессору Л. В. Мирзояну за обсуждение работы и ценные замечания.

23 июля 1979 г.

Հ. Ս. ՉԱԿՈՒՇՅԱՆ, Լ. Կ. ԵՐԱՍՏՈՎԱ, Ն. Դ. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Մ. Կ. ՅԱԿՆԻՈՎ,
Ի. ՅԱԿՈՎԻՉ

ԲԱԶՈՒՄՔ ԱԳՐԵԳԱՏՈՒՄ ԲՈՆԵԿՎՈՂ ԱՍՏՂԵՐԻ ԵՐԿԳՈՒՅՆ
ԴԻՏՈՒՄՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Բերված են բազումքում բռնկումների երկգուն, ուտրամանուշակագուն (U) և լուսանկարչական (P_R), դիտումների արդյունքներ: Դիտումները կա-

տարված են Բյուրականի աստղադիտարանի 40" և 21" Շմիդտի դիտակներով: Դիտումների ընդհանուր արդյունավետ ժամանակը 103 ժամ է: Այդ ընթացքում հայտնաբերված են 33 բռնկումներ, որոնցից 19-ը ուլտրամանուշակագույն և լուսանկարչական ճառագայթներում գրանցված են ճիշտ միաժամանակ, իսկ 14-ը՝ զուգահեռ:

Ցուրաբանչուր բռնկման համար որոշված են ($U-P_g$) սեփական գույները: Բռնկման ($U-P_g$) գույների համեմատությունը Արեգակի շրջակայքի U կետի տիպի բռնկվող աստղերի բռնկման ($U-B$) գույների հետ, խոսում է աստղային ագրեգատներում և Արեգակի շրջակայքի բռնկվող աստղերի բռնկումների բնույթի նույնության օգտին:

H. S. CHAVUSHIAN, L. K. ERASTOVA, N. D. MELIKIAN, M. K. TSVETKOV,
I. JANKOVICS

THE TWO-COLOUR OBSERVATIONS OF FLARE STARS IN THE PLEIADES AGGREGATE

Summary

The results of two-colour ultra-violet (U) and photographic (P_g) flare observations in the Pleiades are presented. The observations were made with the 40" and 21" Schmidt telescopes of the Byurakan Astrophysical Observatory. The total effective time of observations is 103 hours. During this time 33 flares are detected, from which 19 flares synchronously, and 14 flares-parallel.

For each flare, the own colours ($U-P_g$) have been determined. The comparison of flare own colours ($U-P_g$) with the flare own colours ($U-B$) for the UV Ceti type stars near the Sun, showed the identical nature of flares of flare stars in the aggregates and the UV Ceti type flare stars.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. С. Парсямян, О. С. Чавушян, Сообщ. Бюраканской обс., 46, 16, 1975.
2. Э. С. Парсямян, О. С. Чавушян, Сообщ. Бюраканской обс., 44, 17, 1972.
3. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян и др., *Астрофизика*, 9, 461, 1973.
4. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян и др., *Астрофизика*, 13, 205, 1977.
5. E. Hertzsprung, et al, *Ann. Leiden Obs.*, 19, Nr 1A, 1947.
6. A. van Maanen, *Ap. J.*, 102, 26, 1945.
7. О. С. Чавушян, А. Т. Гарибджанян, *Астрофизика*, 11, 565, 1975.
8. W. E. Kunzel, *Ap. J.*, 161, 503, 1970.
9. T. J. Moffett, *Ap. J.*, Suppl. Ser., 29, Nr 273, 1974.
10. Н. Н. Киячков, Н. Д. Меликян, Л. В. Мирзоян, В. С. Шевченко, *Астрофизика*, 1979, в печати.
11. Н. Н. Киячков, Н. Д. Меликян, Л. В. Мирзоян, В. С. Шевченко, *Астрофизика*, 1979, в печати.
12. Л. В. Мирзоян, *Труды Симпозиума 1979*, в печати.

А. С. АМИРХАНИЯН, И. И. ПОПОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 2.6-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В 1978 г. в прямом фокусе 2.6-метрового телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории были начаты фотографические наблюдения в системе, близкой к системе UBV. Для воспроизведения цветовых полос в соответствии с имеющимися рекомендациями использовались следующие комбинации эмульсий и фильтров:

u—Kodak 103 aO+УФС-3 (2 мм),

b—Kodak 103 aO+GG-13 (2.5 мм) или Kodak 103 aO+BC-8(3мм),

v—Kodak 103 aD+ЖС-18 (2 мм).

В этой заметке сообщается о результатах исследования связи между системой *ubv*, осуществляемой с помощью этих комбинаций, и стандартной системой UBV.

Наблюдательный материал (снимки скопления NGC 1778, для которого в [1] имеются UBV данные), полученный весной 1978 и 1979 гг., включает 6 снимков в цвете *u*, 11 снимков в цвете *b* (6 с фильтром GG-13 и 5 с фильтром BC-8) и 6 снимков в цвете *v*. В скоплении NGC 1778 имеется достаточное для построения характеристической кривой количество звезд с малыми показателями цвета при общем интервале показателей цвета от 0.25 до 1.80 в *B—V* и от -0.15 до 1.75 в *U—B*.

Измерения были выполнены на микрофотометре МФ-2 Астрономической обсерватории Ленинградского университета и ирисовом микрофотометре Бюраканской обсерватории. Всего измерялось около 30 звезд. Для перехода от почернений к звездным величинам использовались характеристические кривые, построенные по звездам с малыми показателями цвета. Затем разности между величинами *ubv*, найденными после усреднения по всем пластинкам, и величинами UBV сопоставлялись с показателями цвета в UBV системе. Из рассмотрения графиков, дающих эти зависимости (один из них для примера приведен на рисунке), можно заключить, что связи эти линейны. Уравнения связей, найденные способом наименьших квадратов, таковы:

$$u-U=0.079 (U-B)-0.029$$

$$\pm 0.033 \quad \pm 0.023$$

$$b-B=-0.027 (B-V)-0.015 \quad (\text{с GG-13})$$

$$\pm 0.056 \quad \pm 0.059$$

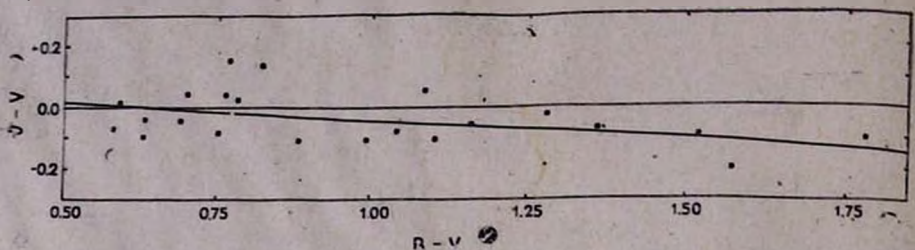
$$b-B=0.027 (B-V)-0.025 \quad (\text{с BC-8})$$

$$\pm 0.033 \quad \pm 0.032$$

$$v-V=-0.116 (B-V)+0.072$$

$$\pm 0.050 \quad \pm 0.051.$$

Видно, что цветовое уравнение для полосы b мало в обеих комбинациях: соответствующий коэффициент не превышает 0.03 и оказывается меньше, чем ошибки его определения. Наибольший коэффициент (-0.116) получается в цвете V , что естественно объясняется несопадением красной границы чувствительности эмульсии 103aD красной границей полосы V .



Проведенное исследование показывает, что цветовая система ubv осуществленная указанным способом на телескопе 2.6 метра, вполне удовлетворительно согласуется со стандартной системой UBV .

9 апреля 1979 г.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Ленинградский государственный университет.

Ա. Ս. ԱՄԻՐԽԱՆՅԱՆ, Ի. Ի. ՊՈՊՈՎ

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ 2,6 Մ ԴԻՏԱԿԻ ԼՈՒՍԱԶԱՓԱԿԱՆ ՍԻՍՏԵՄԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա.մ փ ո փ ու մ

Բերված են Բյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մ աստղադիտակի լուսաչափական սխտեմի և UBV -սխտեմի միջև եղած կապի ուսումնասիրության արդյունքները:

A. S. AMIRKHANIAN, I. I. POPOV.

THE INVESTIGATION OF THE BYURAKAN OBSERVATORY 2,6M
TELESCOPE PHOTOMETRIC SYSTEM

Summary

The investigation's results of the connection between photometric system of the Byurakan observatory 2,6-m telescope and UBV -system are given.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. A. Hoag, H. L. Johnson, B. Irlarte, R. I. Mitchell, K. L. Hallam, S. Sharpless, Publ. US Naval Obs., 17, part VII, 1961.

Г. В. АБРАМЯН, Л. Г. АХВЕРДЯН, Р. А. ВАРДАНЯН, Г. А. ПОГОСЯН

О ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ В ФОКУСЕ НЕСМИТА 2,6-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

С целью исследования фотометрических и поляриметрических характеристик электрофотометра Бюраканской обсерватории [1], смонтированного в фокусе Несмита 2,6-метрового телескопа, были проведены наблюдения фотометрических (UBV) и поляриметрических стандартов.

В августе 1977 г. были проведены наблюдения 22 звезд скопления NGC 6882/5 [2]. Список наблюдаемых звезд с фотометрическими данными приведен в табл. 1. Используя результаты наблюдений этих звезд, были получены коэффициенты перехода A_V , A_{B-V} , A_{U-V} от инструментальной системы к системе UBV посредством уравнений [3]:

$$\Delta V = \Delta v - k_v^* \Delta(b-v) F(Z) + A_V \Delta(B-V)$$

$$\Delta(B-V) = A_{B-V} [1 - k_{bv}^* F(Z)] \Delta(b-v)$$

$$\Delta(U-B) = A_{U-B} [1 - k_{ub}^* F(Z)] \Delta(u-b),$$

где ΔV —разность звездных величин, а $\Delta(B-V)$ и $\Delta(U-B)$ —разности показателей цвета звезд скопления NGC 6882/5 в системе UBV; Δv , $\Delta(b-v)$, $\Delta(u-b)$ —соответствующие величины в инструментальной системе. Вторичные коэффициенты экстинкции k_v^* , k_{bv}^* и k_{ub}^* были определены из наблюдений звезд № 1 и 5 того же скопления.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов A_V , A_{B-V} , A_{U-V} , k_v^* , k_{bv}^* , k_{ub}^* , из которых видно, что инструментальная цветовая система близка к системе UBV.

Диагональное плоское зеркало системы Несмита линейно поляризует отраженный свет. Поэтому для поляриметрических наблюдений необходимо иметь значение инструментальной поляризации.

При определении инструментальной поляризации использовался метод, описанный в работе [4]. В качестве поляриметрических стандартов наблюдались звезды с большой поляризацией из списков [5] и [6], приведенных в табл. 3. Кроме того, наблюдались звезды с малой поляризацией из списка, приведенного в работе [7].

С помощью уравнений

$$q' = A_1 q + B_1 u + C_1$$

$$u' = A_2 q + B_2 u + C_2$$

(1)

Таблица 1

были определены коэффициенты $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2$, где q', u' — значения безразмерных параметров Стокса для звезды в инструментальной системе, а q и u — в каталожной.

Используя эти коэффициенты, была определена инструментальная поляризация и поправка нуля-пункта отсчетов позиционного угла преимущественных колебаний электрического вектора с помощью следующих уравнений:

$$q = A_1 q' + B_1 u' + C_1$$

$$u = A_2 q' + B_2 u' + C_2,$$

где $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2$ — коэффициенты обратного преобразования, связанные с коэффициентами уравнений (1) следующими соотношениями:

$$A_1' = \frac{B_2}{\Delta}, \quad A_2' = -\frac{A_2}{\Delta}, \quad B_1' = -\frac{B_1}{\Delta}, \quad B_2' = \frac{A_1}{\Delta}$$

$$C_1' = \frac{C_2 B_1 - B_2 C_1}{\Delta}, \quad C_2' = \frac{A_2 C_1 - A_1 C_2}{\Delta},$$

$$\Delta = A_1 B_2 - A_2 B_1$$

Значения $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2$ приведены в табл. 4.

Степень инструментальной поляризации P и позиционный угол θ в полосах U, V, B приведены в табл. 5.

Таблица 2

A_V	A_{B-V}	A_{U-V}	κ_V	κ_{bv}	κ_{ub}
-0.03 ± 0.04	0.97 ± 0.01	1.10 ± 0.01	-0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01

Таблица 3

Звезда	$P_u \%$	θ_U°	$P_B \%$	θ_B°	$P_v \%$	θ_v°
46 Boo	0.62	87	0.62	91	0.60	83
BD+18°4085	5.18	0	5.68	1	6.08	1
55 Cyg	2.33	1.3	2.68	1.4	2.88	2.0
P Cyg	1.40	38	1.50	35	1.39	37
BD+37°3879	1.71	74	1.84	43	1.70	52
BD+59°3420	2.12	56	2.23	59	2.12	59
BD+59°260	2.67	103.6	2.90	104.2	3.01	105.1
BD+57°399	3.94	94.5	4.31	94.4	4.60	94.1

Таблица 4

	U	B	V
A ₁	0,14±0,16	0,11±0,10	0,09±0,07
B ₁	1,05±0,15	1,15±0,25	0,97±0,20
C ₁	0,29±0,45	0,17±0,29	0,13±0,23
A ₂	-0,97±0,11	-1,00±0,04	-1,02±0,04
B ₂	0,40±0,29	0,45±0,11	0,26±0,10
C ₂	2,29±0,29	2,54±0,13	3,06±0,11

Таблица 5

	U	B	V
P% θ°	2,21 7	2,40 5	3,00 4

В период наших наблюдений выяснилось, что регистрируемый фон в шесть раз больше ожидаемого при данной светосиле (1:15,8) телескопа 2,6 м в фокусе Несмита. Оказалось, что плоское зеркало системы Несмита отражает прямое изображение неба, которое и увеличивает фоновое излучение. Данный эффект устранялся с помощью диафрагмы ($d=50$ мм), устанавливаемой на расстоянии 81 см от фокальной плоскости системы Несмита.

12 ноября 1978 г.

Հ. Վ. ԱՐԲԱՆՅԱՆ, Լ. Գ. ՀԱԿՎԵՐԴՅԱՆ, Ի. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Հ. Ա. ՊՈԳՈՍՅԱՆ

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ 2,6 ՄԵՏՐԱՆՈՑ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿԻ ՆԵՍՄԻՏԻ
ՖՈԿԱՆԻ ՄԱՍԻՄ ԿԱՏԱՐՎՈՂ ԲԵՎԵՌԱԶՈՓԱԿԱՆ ԵՎ ԼՈՒՍԱԶՈՓԱԿԱՆ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐԻ
ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բերված են Բյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մետրա-
նոց աստղադիտակի նեսմիտի ֆոկոսում տեղակայված էլեկտրալուսաչափի
լուսաչափական հայտանիշները: Չափված է նեսմիտի ֆոկոսում գործիքա-
յին բեռնացման արժեքը (աղ. 5): Ցույց է տրված, որ լուսաչափի գործիքա-
յին գունային սխտեմը բավականաչափ մոտ է միջազգային UBV սխտեմին
(աղ. 2):

H. V. ABRAHAMIAN, L. G. HAKHVERDIAN, R. A. VARDANIAN, H. A. POGOSSIAN
ON THE POLARIMETRIC AND PHOTOMETRIC OBSERVATIONS AT
THE NESMITH FOCUS OF THE 2,6 M TELESCOPE OF THE
BYURAKAN OBSERVATORY

Summary

The photometric parameters of a photoelectric photometer mounted
on the Nesmith focus of the 2,6 meter telescope of the Byurakan obser-

vatory are given. It is shown, that the instrumental uvv colour is close to the international UVV system (table 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 27, 55, 1959.
2. A. A. Hoag, H. L. Johnson, B. Iriarte, R. I. Mitchell, K. L. Hallam, S. Sh. Naval Obs. Publ., ser. 2, 17, 343.
3. Х. Харди, «Методы астрономии», 1967, М., стр. 157.
4. Н. М. Шаховской, Ю. С. Ефимов, Изв. КРАО, 45, 90, 1972.
5. G. V. Coyne, T. Gehrels, Astron. J., 71, 355, 1966.
6. G. V. Coyne, T. Gehrels, Astron. J., 72, 887, 1967.
7. N. R. Walborn, PASP, 80, 162, 1968.

М. А. ЕРИЦЯН

СПЕЦИФИКА ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ВО ВРЕМЯ ВСПЫШЕК

1. Постановка задачи

Звездные вспышки—наиболее быстротечные из известных нам процессов, происходящих в звездах, и если к тому же добавить, что они обычно наблюдаются у звезд очень низкой светимости, то станет ясно, почему получение надежных наблюдательных данных (поляризметрических, спектрофотометрических и колориметрических) всегда связано с серьезными методическими и техническими трудностями.

Практически невозможно выполнить наблюдения вспышек с достаточной коротким временем интегрирования по сравнению со скоростью протекания процесса вспышки и сравнимыми по точности измерения с точностью, достигаемой при наблюдениях с большим временем интегрирования. Поэтому все типы наблюдений вспышек всегда осуществляются со значительными потерями информации. Отсюда следует, что при организации наблюдений вспыхивающих звезд во время вспышек, важнейшей задачей является нахождение и применение такой методики наблюдений, которая была бы оптимальной с точки зрения получаемой информации о вспышке.

Настоящая работа посвящена нахождению оптимальной методики поляриметрических наблюдений вспыхивающих звезд во время вспышек.

Измерение поляризации света звезд, как правило, сводится к измерению небольших разностей в интенсивности света, пропущенного анализатором при его различных положениях, если, конечно, свет является поляризованным.

Напомним, что при поляризованном излучении вспышки изменение интенсивности излучения источника накладывается на изменение интенсивности, возникшее из-за вращения анализатора. Поэтому изменение блеска исследуемого объекта может явиться источником серьезных ошибок измерения поляризации данного объекта.

Как известно из наблюдательных данных [1—12], значение поляризации света звезд не превышает нескольких процентов. Отсюда следует, что для надежного измерения поляризации света звезды необходимо, чтобы его интенсивность не менялась более чем на 0.1% в течение по крайней мере одного цикла наблюдений. Учитывая, что скорость изменения блеска звезды во время вспышек находится в пределах $0.004—0.0194 \text{ сек}^{-1}$, нетрудно видеть, что для избежания влияния изменения блеска звезды на поляриметрические измерения нужно, чтобы продолжительность одного цикла измерений была меньше одной секунды. Но при этом измерение поляризации становится практически невозможным из-за значительного ухудшения отношения сигнала к шуму, если конечно речь идет об объектах низкой светимости, какими являются звезды типа UV Кита. Влияние случайных ошибок при быстром вращении анализатора можно уменьшить, если зна-

чения поляризации, полученные при каждом повороте анализатора усреднять в течение некоторого промежутка времени. Но в таком случае надо предположить, что степень и плоскость поляризации световых звезд остаются постоянными в течение всего интервала усреднения.

2. Фурье-анализ кривых блеска вспышек

Из сказанного выше следует, что поляриметрические наблюдения вспышек вспыхивающих звезд нужно осуществлять при помощи поляриметров, имеющих быстровращающиеся анализаторы. При изготовлении поляриметра подобного типа необходимо предварительно подробно исследовать все те обстоятельства, которые возникают во время наблюдений и воздействуют на точность измерения поляриметрических наблюдений вспышек.

С этой точки зрения очень важным является выбор скорости вращения анализатора. Поскольку при вспышках скорость изменения интенсивности излучения вспыхивающих звезд, как отмечено выше, довольно велика, то скорость вращения анализатора (т. е. частоту модуляции поляризованного света) нужно выбрать так, чтобы быстрое изменение интенсивности излучения при одном поляриметрическом наблюдении не искажало результатов наблюдений и не регистрировалась бы фиктивная поляризация. Чтобы полностью ответить на этот вопрос, необходимо функцию $R(t)$, характеризующую кривую блеска вспышки, представить рядом Фурье и определить, начиная с какого члена ряда (при какой частоте) значением его амплитуды можно пренебречь с точки зрения нашей задачи. Эта задача частично была решена нами для нисходящей ветви кривой блеска вспышки [13], здесь приведено решение для всей кривой блеска вспышки.

Представим функцию $R(t)$ через частотный спектр (интеграл Фурье) [14]. Как известно, спектральная плотность мощности в функции частоты может быть вычислена по формуле

$$\Phi(\omega) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} R(t) \cos(\omega t) dt, \quad (1)$$

представляющей преобразование Фурье от функции $R(t)$. Изменение интенсивности излучения звезды при вспышке, как было отмечено в работе [15], можно представить суперпозицией двух независимых компонентов—«быстрого» и «медленного» (рис. 1).

Аналитические формы этих кривых для решения данной задачи приблизительно можно описать следующим способом:

$$\left. \begin{aligned} R_1(t) &= A_1 - B|t| \\ R_2(t) &= A_2 e^{-kt} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где параметры B и K находятся из графика $R(t)$. Преобразования Фурье-функций $R_1(t)$ и $R_2(t)$ будут:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1(\omega) &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} (A_1 - B|t|) \cos(\omega t) dt \\ \Phi_2(\omega) &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} A_2 e^{-kt} \cos(\omega t) dt. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

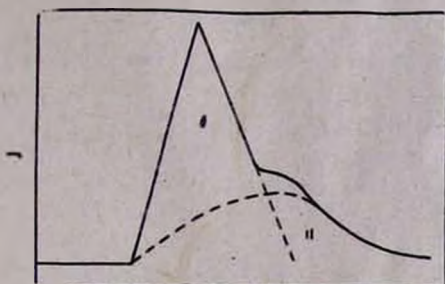


Рис. 1. Общий вид кривой блеска вспышки звезды

Интегрируя эти уравнения, получаем:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1(\omega) &= \frac{A_1}{\sqrt{2\pi}} T_1 \left(\frac{\sin \frac{\omega T_1}{2}}{\frac{\omega T_1}{2}} \right)^2 \\ \Phi_2(\omega) &= \frac{A_2}{\sqrt{2\pi}} T_2 \cdot \frac{1}{1 + (\omega T_2)^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $T_1 = l/B$, $T_2 = l/k$. Функции $\Phi_1(\omega)$, $\Phi_2(\omega)$ являются значениями сигналов для данной частоты ω . А при $\omega \rightarrow 0$ эти функции принимают следующие значения:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1(0) &= \frac{A_1}{\sqrt{2\pi}} \cdot T_1 \\ \Phi_2(0) &= \frac{A_2}{\sqrt{2\pi}} \cdot T_2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

следовательно,

$$\left. \begin{aligned} G_1(\omega) &= \frac{\Phi_1(\omega)}{\Phi_1(0)} = \left(\frac{\sin \frac{\omega T_1}{2}}{\frac{\omega T_1}{2}} \right)^2 \\ G_2(\omega) &= \frac{\Phi_2(\omega)}{\Phi_2(0)} = \frac{1}{1 + (\omega T_2)^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Поскольку действие функций $G_1(\omega)$ и $G_2(\omega)$ на результаты наблюдений проявляется одновременно в суммарном виде, то можно написать:

$$G(\omega) = G_1(\omega) + G_2(\omega). \quad (7)$$

Считая, что $(\omega T)^2 \gg 1$, и используя только значение максимума $G_1(\omega)$, уравнение (7) примет следующий простой вид:

$$G(\omega) = \frac{5}{(\omega T)^2},$$

что представляет собой относительные величины сигнала для данной частоты ω .

Графики функций $G(\omega)$ при $T=10$ сек и $T=30$ сек приведены на рис. 2. Из рисунка хорошо видно, что в спектре вспышки основной вклад создается низкими частотами ($\omega < 2$ гц). Действительно, вклад частот в интервале 1 гц—2 гц в 8—10 раз больше вклада частот интервале 4 гц—5 гц, и для частот $\omega > 5$ гц значение $G(\omega)$ резко п

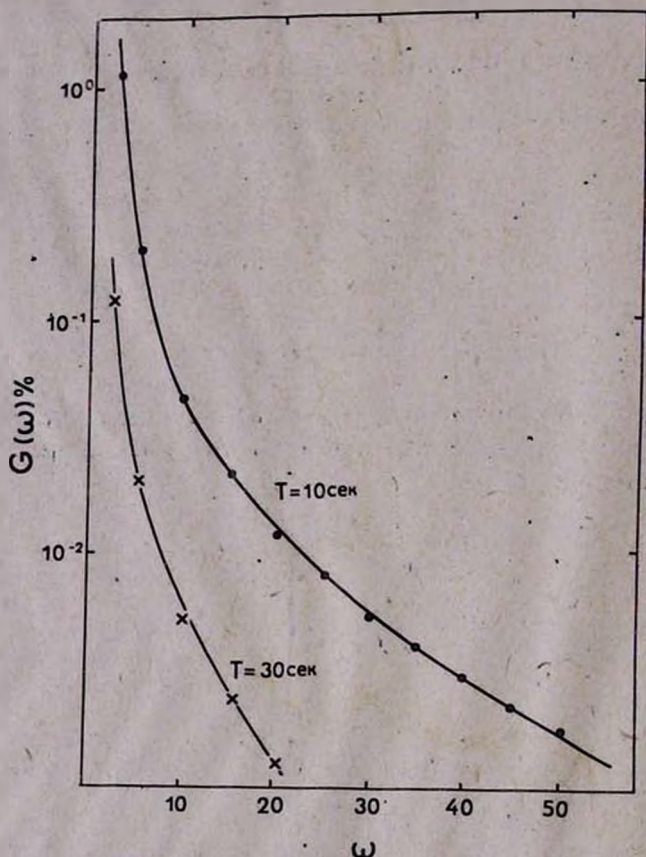


Рис. 2. Зависимость относительной величины сигнала от частоты модуляции света для данной продолжительности вспышки ($T=10$ сек, 30 сек)

дает и становится значительно ниже предела чувствительности измерительного прибора.

Следует отметить, что величина $G(\omega)$, которая характеризует меру влияния изменения блеска звезды на поляризационные измерения, может стать значительной для частот $\omega \geq 5$ гц, если продолжительность вспышки весьма мала— $T \leq 1$ сек. Но подобного типа вспышки невозможно регистрировать нашей аппаратурой, и тем более невозможно регистрировать параметры ее поляризации. Очевидно, что значения $G(\omega)$ зависят от выбора аналитического вида функций $R_1(t)$ и $R_2(t)$.

Несмотря на то, что аналитические выражения этих функций при-
 тты приблизительно, особенно для функции $R_1(t)$, можно сказать,
 о полученные выше значения $G(\omega)$ не изменятся значительно при
 других аналитических выражениях для функций $R_1(t)$ и $R_2(t)$.

3. Выбор частоты модуляции света звезды

Из наших расчетов, приведенных выше, следует, что если анали-
 тор за секунду сделает не менее двух оборотов (т. е. $\omega_0 \geq 4$ гц), то
 ская скорость вращения анализатора достаточна, чтобы изменение
 интенсивности света звезды во время вспышки не искажало значений
 параметров поляризации. Однако следует отметить, что при модуля-
 ции света низкими частотами ($\omega_0 \leq 5$ гц) величина атмосферных шу-
 мов бывает максимальной [16—19]. Эти шумы при значении $\omega_0 > 50$ гц
 намного меньше, чем при $\omega_0 \leq 10$ гц и почти исчезают при $\omega_0 > 500$ гц.
 Однако при высоких частотах модуляции света возникает другая труд-
 ность, а именно: коэффициент усиления для переменного компонента
 фототока будет зависеть также от паразитной емкости входной цепи
 измерительной системы.

При учете паразитной емкости коэффициент усиления для пере-
 менного компонента фототока будет иметь следующий вид [20]:

$$K = SR_{вх} \cdot 1/\sqrt{1 + (\omega_0 C_{п} R_{вх})^2}, \quad (9)$$

где S —крутизна входной лампы измерительной системы, $R_{вх}$ — вход-
 ное сопротивление усилителя, ω_0 —частота модуляции света и $C_{п}$ —
 сумма паразитной емкости на входе усилителя ($C_{п} = 5 \cdot 10^{-11} F$). Как
 видно из формулы (9), для постоянного компонента фототока ($\omega_0 = 0$)
 коэффициент усиления K растет линейно с увеличением $R_{вх}$. Для пе-
 рменного компонента фототока величина K не увеличивается линей-
 но при увеличении $R_{вх}$. Тем болес, при $\omega_0 > 100$ гц и $R_{вх} \gg 100$ Мом
 значение K начинает все более убывать с увеличением значений ω_0
 и $R_{вх}$. При обработке результатов наблюдений необходимо учиты-
 вать эти обстоятельства, что не во всех случаях удастся полностью
 осуществить. Для избежания этого и для большой точности редукции
 лучше всего выбрать такие значения ω_0 и $R_{вх}$, чтобы имело место сле-
 дующее неравенство

$$(\omega_0 C_{п} R_{вх})^2 \ll 1, \quad (10)$$

при котором уравнение (9) принимает следующий простой вид

$$K = S R_{вх}. \quad (11)$$

Для поляриметрических наблюдений звезд слабее 9-й величины при
 использовании 16" телескопа требуется использовать сопротивление
 $R_{вх} \gg 100$ Мом, но для выполнения вышеприведенных условий (10) и
 (11), т. е. для использования больших входных сопротивлений, необ-
 ходимо выбрать частоту модуляции света в пределах $\omega_0 \leq 10$ гц, а при
 таких значениях ω_0 атмосферные шумы, как сказано выше, сильно
 возрастают.

Итак, требование уменьшения воздействия атмосферных шумов
 противоречит требованию использования больших входных сопротив-
 лений. Исходя из этого, целесообразно выбрать значение частоты мо-
 дуляции в пределах $20 \text{ гц} \leq \omega_0 \leq 30 \text{ гц}$, при которых, с одной стороны,
 не велико влияние мерцаний звезды, а с другой стороны, до значения
 $R_{вх} = 10^9$ ом условие (10) полностью сохраняется.

Имея в виду все вышесказанное, в Бюраканской обсерватории был изготовлен электрополяриметр, работающий по принципу модуляции света со значением частоты модуляции $\omega_0 = 21$ гц [13]. Следует отметить, что приведенные соображения относительно определения величины ω_0 относятся к методу непосредственного измерения, где применяется усилитель постоянного тока. А для использования метода счета импульсов [28] значение ω_0 можно взять больше (≥ 1 кГц).

4. Выбор времени интегрирования поляриметрических наблюдений вспыхивающих звезд

Рассмотрим теперь вопрос о времени интегрирования (усреднения) для одного поляризационного наблюдения вспыхивающей звезды во время вспышки.

При выборе времени интегрирования необходимо учесть следующие обстоятельства:

- 1) продолжительность изменения яркости звезды;
- 2) возможные изменения степени и направления плоскости поляризации во время вспышки;
- 3) необходимая точность измерения параметров поляризации.

Чтобы поляриметрические наблюдения вспыхивающих звезд давали наибольшую информацию об изменениях параметров поляризации излучения вспышки в различных ее стадиях, нужно, чтобы время интегрирования при измерении поляризации было очень малым по сравнению с длительностью вспышки. Но в таком случае сильно возрастает ошибка одного измерения параметров поляризации.

Следовательно, требование о малости времени интегрирования противоречит требованию о большой точности измерений. Таким образом, изготовление электрополяриметра, удовлетворяющего всем трем вышеуказанным требованиям, практически невозможно. Какому из этих трех условий нужно дать предпочтение зависит от постановки задачи. В рассматриваемом случае для поляриметрических наблюдений вспыхивающих звезд во время вспышек желательно, чтобы время интегрирования было по возможности малым, а точность измерения по возможности высокой.

Как известно, точность поляриметрических, как и всяких других фотометрических наблюдений, зависит от случайных шумов, которые возникают в земной атмосфере (мерцание звезд) и в измерительной аппаратуре (шумы светоприемника).

Кроме случайных шумов существуют и другие источники ошибок, которые связаны с особенностью применяемого метода измерения поляризации. Например, ошибки при измерении параметров поляризации излучения вспышки вспыхивающих звезд обусловлены также скоростью изменения блеска звезды, следовательно, можно написать:

$$\sigma^2 = \sigma_1^2(\omega_0, T) + \sigma_2^2(t),$$

где $\sigma_1(\omega_0, T)$ — дисперсия измерения, обусловленная изменением яркости звезды, ω_0 — частота модуляции света звезды, $1/T$ — скорость изменения интенсивности, σ_2 — дисперсия измерения, вызванная случайными шумами, и σ — суммарная дисперсия. Выше было показано, что значение $G(\omega)$ (величина фиктивной поляризации) при $\omega_0 \geq 5$ гц и $T \geq 10$ сек (рис. 2) пренебрежимо малая величина, следовательно, суммарная ошибка измерения будет зависеть только от ошибки случайных шумов $\sigma_2(t)$.

Поскольку при поляриметрических измерениях методом модуля-

ни света применяются резонансные усилители переменного тока, то в этих приборах в основном регистрируются те компоненты шумов, частота которых совпадает с модуляционной частотой света или резонансной частотой усилителя. В данном случае для поляриметра, изготовленного в БАО, частота модуляции света, как было сказано выше, равна 21 гц, следовательно, регистрируемые шумы, в основном, обусловлены компонентами шумов возле частоты 21 гц.

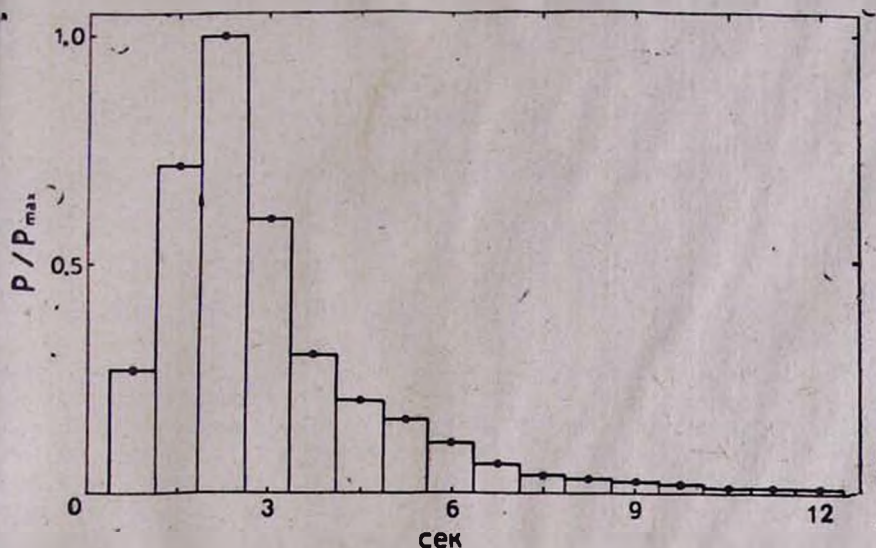


Рис. 3. Зависимость плотности вероятности продолжительности регистрируемых шумов от продолжительности шумов.

Ввиду того, что сигнал с выхода усилителя и шумы смешиваются с полученным из ГОН (генератор опорных напряжений) переменным напряжением с постоянной амплитудой и частотой, то после смешивания сигнал изменяется с частотой $\Delta f = f_{\text{мод}} - f_{\text{гон}}$, где $f_{\text{мод}}$ — частота модуляции света, $f_{\text{гон}}$ — частота напряжения ГОН. Разность этих частот осуществляется вращением статора ГОН, а ее величина определяется скоростью вращения статора. Способ осуществления разности этих частот подробно описан в работе [13]. Из-за того, что шумы подвержены быстрым изменениям по фазе и амплитуде, величину Δf , обратное значение которой $t = 1/\Delta f$ является временем интегрирования, нужно выбрать так, чтобы имела возможность отличить сигнал от шумов. Очевидно, что если значение $t = 1/\Delta f$ будет сравнимым с суммарной продолжительностью шумов, то регистрируемые шумы по своему виду трудно отличить от поляризационных регистрограмм. Отсюда можно сделать следующий вывод: существует какое-то минимальное значение $t_{\text{min}} = 1/\Delta f$, при котором будет возможным отличить поляризацию от шумов. Чтобы определить t_{min} , необходимо найти распределение продолжительности шумов возле 21 гц. С этой целью с помощью электрополяриметра [13], для которого выбрано предварительное значение $\Delta f = 0.033$ гц ($t = 30$ сек), мы вели поляриметрические наблюдения звезды EV Lac в спокойном состоянии. Из 100 поляриметрических регистраций было определено большое количество (более 1000) шумовых сигналов разной продолжительности (см. таблицу). Эти результаты приведены на рис. 3, где по оси ординат отложе-

на плотность вероятности продолжительности регистрируемых шумов а по оси абсцисс—значения продолжительности этих шумов.

Из рисунка хорошо видно, что большое количество шумовых сигналов имеет в среднем 2,4-секундную длительность. Из рисунка также видно, что число шумов сигнала стремится к нулю, если их продолжительность становится более 12 сек. Из графика следует, что во время поляризметрических наблюдений регистрируемые шумовые сигналы продолжительностью 9—12 сек практически нельзя считать случайным явлением и появление их на записи с большой вероятностью обусловлено сигналами.

Таблица

№	Интервал времени, сек	Число шумов	P	№	Интервал времени, сек.	Число шумов	P
1	0.6—1.5	83	0.8	7	6.6—7.5	49	0.05
2	1.6—2.5	202	0.22	8	7.6—8.5	22	0.02
3	2.6—3.5	280	0.3	9	8.6—9.5	14	0.01
4	3.6—4.5	167	0.17	10	9.6—10.5	9	0.009
5	4.6—5.5	96	0.09	11	10.6—1.5	6	0.006
6	5.6—6.5	65	0.06	12	11.6—12.5	6	0.006

Из этих пробных наблюдений следует, что минимальное время интегрирования одного поляризационного наблюдения, при котором можно отличить сигналы от шумов, можно взять $t_{min} \approx 10$ сек (или разность частот $\Delta f \approx 0.1$ гц). Однако, считая, что в таких случаях сигнал еще может пропасть в шумах (т. е. ошибка измерения будет значительной) и, с другой стороны, учитывая, что длительность всплеска в основном бывает значительно больше 30 сек, время одного поляризационного наблюдения электрополяриметра осталось таким, каким оно было во время этих пробных наблюдений $t=30$ сек, т. е. $t=3 \cdot t_{min}$.

Таким образом, исходя из этих расчетов в Бюраканской обсерватории был изготовлен электрополяриметр, работающий по принципу модуляции света звезды, с частотой модуляции $\omega_0 = 21$ гц и временем интегрирования $t=30$ сек. С помощью данного электрополяриметра выполнены поляриметрические наблюдения многих всплесков звезд EV Lac и AD Leo, результаты которых приведены в работах [21—27].

Автор выражает благодарность кандидату физ.-мат. наук В. С. Осканяну за обсуждение результатов работы и ценные указания, а также Ю. С. Ефимову за полезные замечания.

11 апреля 1978 г.

Մ. Ա. ԵՐԻՑՅԱՆ

ԲՈՒՆԱԿՈՂ ԱՍՏՂԵՐԻ ԲՈՒՆԱՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ ԲԵՎԻՈՂԱՓԱԿԱՆ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐԻ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Մ փ ո փ ո լ մ

Ներկա աշխատանքում բերված է աստղերի բռնկման ժամանակ բևեռաչափական դիտման մեթոդի մանրամասն քննարկումը: Տեսականորեն և գործնականորեն հաշվվել է բռնկման բևեռաչափական դիտման այն հնարավոր

սխալների չափը, որոնք պայմանավորված են աստղի ինտենսիվության փոփոխության արագությունից: Ստացվել է, որ այդ սխալները բռնկման $T \gg 10$ վրկ. տևողությունների համար շատ անգամ փոքր են սարքավորման չափման սխալից (գծ. 2) կախված հաստատուն հոսանքի պարամետրերից և մթնոլորտային աղմուկների չափից ընտրվել է լույսի մոդուլացիոն հաճախականությունը ($\omega_0 = 21$ հերց):

Ելնելով արված վիճակագրության արդյունքներից և աստղի բռնկման տևողությունից ընտրվել է բռնկման բևեռափական դիտման օպտիմալ ինտեգրման ժամանակը ($t = 30$ վրկ.):

M. H. YERITZIAN

THE SPECIFICITY OF POLARIMETRIC OBSERVATION OF FLARES OF FLARE STARS

Summary

A new method of observation of flare-light polarization on stars is discussed. The level of errors produced by quick brightnes changes during the flare is theoretically calculated and proved by some experiments. It is show, that for flares of duration $T=10$ sec, their errors are much low, than the instrumental errors (fig. 2). The light modulation frequency ($\omega_0=21$ Hz) was chosen in dependence of the parameters of our D—C amplifier. The optimal integration time ($t=30$ sec.) is chosen according to some statistical results (fig. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 25, 45, 1958.
2. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 30, 67, 1962.
3. К. Serkowski, Ap. J., 144, 857, 1966.
4. Н. М. Шаховской, АЖ, 40, 1055, 1963.
5. О. С. Шулов, Труды АО ЛГУ, 19, 155, 1962.
6. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 29, 9, 1960.
7. В. А. Гаген-Торн, Астрофизика, 10, 127, 1974.
8. В. А. Домбровский, Т. А. Поляков, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 25, 32, 1966.
9. Н. М. Шаховской, Изв. КрАО., 39, 11, 1969.
10. G. Thiesen, Astr. Abh. Hamb, Sternvarte, 5, 9, 1961.
11. G. V. Gone, Ric. Astr., 7, N; 7, 177, 1970.
12. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 2, 3 1970.
13. М. А. Ериця, Сообщ. Бюраканской обс., 43, 33, 1971.
14. Г. М. Фихтенгольц, Курс дифференциального и интегрального исчисления, т. III, М., 1960.
15. В. С. Осканян, Вспыхивающие звезды, Труды симпозиума, II, г. Ереван, 1977.
16. Р. Г. Виноградова, В кн.: Труды совещания по исследованию мерцания звезд, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1959, 135—144.
17. A. H. Mikesell, Publ. U.S. Naval obs. 2 nd ser., 17, IV, 1955.
18. W. Protheroe, Contribution Perkins obs., 2, 4, 1955.
19. H. Siedentopf, Pro. Symposium on Astronomical Optics and Related Subjects, 1956.

20. А. М. Бонч-Бруевич, *Радиоэлектроника в экспериментальной физике*, М., 1966.
21. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 42, 41, 1970.
22. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, *Астрофизика*, 7, 303, 1971.
23. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, *Сообщ. Бюраканской обс.* 44, 104, 1972.
24. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, *IBVS* № 497, 1970.
25. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, *АП*, № 570, 1970.
26. М. А. Ерицян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 46, 23, 1975.
27. М. А. Ерицян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 50, 40, 1979.
28. Н. М. Шаховской, Ю. С. Ефимов, *Изв. КРАО*, 45, 90, 1972.

В. П. ЗАЛИНЯН

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ КОРОТКИХ ИЗМЕНЕНИЙ БЛЕСКА ЗВЕЗД

Несомненно большой интерес представляет выявление возможных изменений блеска звезд, происходящих за короткие промежутки времени,—менее одной секунды [1]. Решение такой задачи, однако, встречается с большими практическими трудностями. Запись результатов наблюдений методом последовательного вывода информации механическими средствами (цифropечать, перфорирование и т. п.) сильно ограничивает быстродействие записи из-за относительно большой инерционности этих приборов. С другой стороны, использование быстродействующих систем регистрации с привлечением электронно-вычислительной техники приводит к необходимости обработки огромного количества информации, возможной только с помощью применения больших ЭВМ [2].

В настоящей работе предлагается простой способ статистического обнаружения кратковременных изменений блеска звезд при регистрации с постоянной времени τ порядка 10^{-3} – 10^{-2} . Блок-схема установки с использованием описанного метода и примененная при наблюдениях с 40 см телескопом Бюраканской астрофизической обсерватории показана на рис. 1.

Принцип работы этой установки заключается в следующем. Фотоны, количество которых в единицу времени пропорционально интенсивности излучения звезды, попадают на фотоумножитель, где преобразуются в последовательность электрических импульсов. Полученные с выхода фотоумножителя фотоимпульсы усиливаются и поступают на дискриминатор—формирователь амплитуд. Коэффициент усиления использованного усилителя по напряжению был равен 40 при полосе пропускания частот 0.05–20 Мгц. Порог срабатывания дискриминатора—5 мв, с загрузкой импульсов 5 Мгц. На выходе формирователя получаются импульсы с амплитудой 2.5 в и длительностью ~50 нсек. Далее, сформированные фотоимпульсы подаются на цифровые блоки. Временные диаграммы сигналов на выходах соответствующих блоков и сигналы управления работой блоков приведены на рис. 2.

Управление установкой осуществляется следующим образом. Сигнал от кварцевого генератора длительностью 30 нсек поступает на вход разрешения приема информации регистров и число фотоимпульсов, набранное за время τ , переписывается из счетчика в регистры. Тот же управляющий сигнал с задержкой 80 нсек идет на вход установки нуля счетчика и стирает зарегистрированное число. После прекращения действия сигнала стирания счетчик возобновляет считывание фотоимпульсов. Таким образом, в регистрах сохраняется запись каждого предыдущего отсчета. С регистров информация в виде параллельного двоичного кода поступает на преобразователь цифраналог с временем преобразования 100 мксек, на выходе которого на-

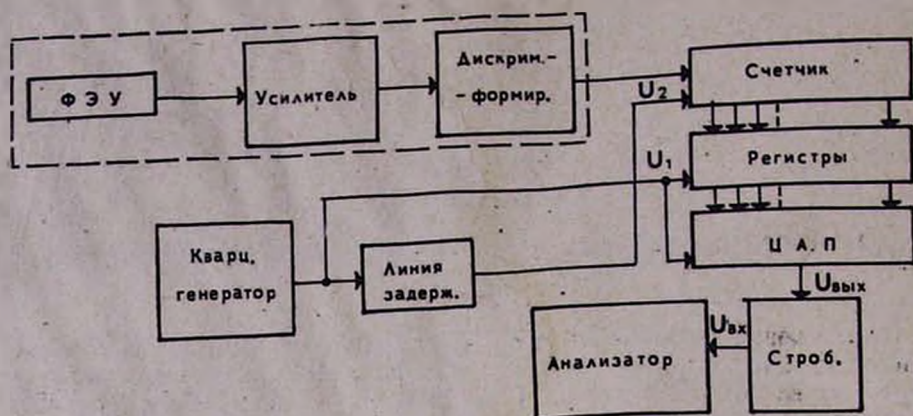


Рис. 1. Блок-схема установки.

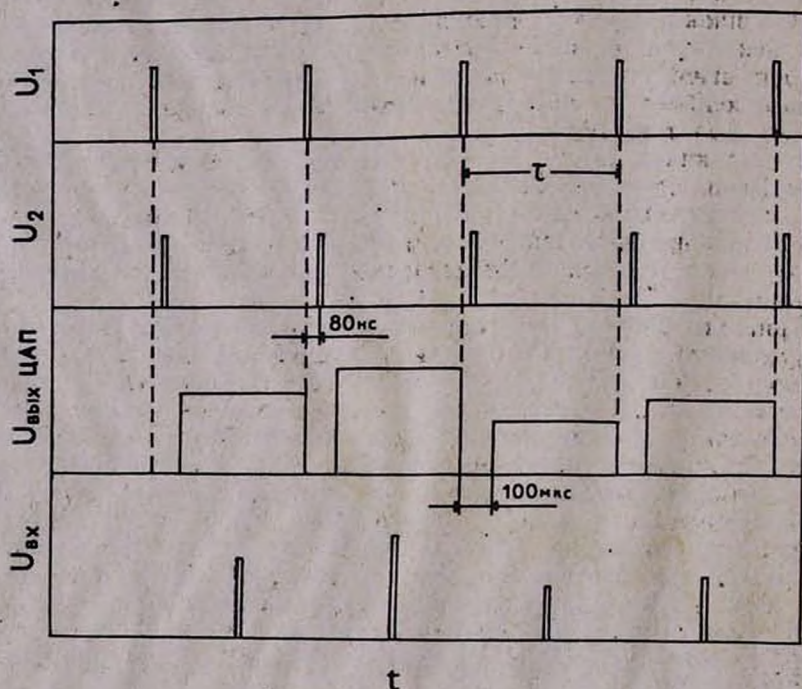


Рис. 2. Временные диаграммы результирующих сигналов и сигналов управления.

пряжение сохраняется в течение τ за вычетом времени преобразования. Сигнал управления преобразователем поступает одновременно с сигналом перезаписи в регистры. В итоге, число фотоимпульсов за каждый интервал отсчета τ преобразуется в соответствующий импульс напряжения. Далее, каждый импульс напряжения стробируется в середине стробирующим импульсом длительностью 1,5 мксек. Последовательность этих коротких импульсов, следующих с периодом τ ,

поступает на прибор АИ-256, с помощью которого исследуется распределение их амплитуд. В результате получается распределение количества импульсов по амплитудам, набранных в течение одного цикла наблюдения звезды, составляющей при выполненных наблюдениях 15 мин. Наблюдения стандартных звезд показали, что это распределение пуассоновское.

Этот метод дает возможность выявить кратковременные вспышки звезд, в случае которых должны наблюдаться большие отклонения числа импульсов с определенной амплитудой от ожидаемых при пуассоновском распределении, превышающие 3σ . Метод обработки результатов наблюдений описан в работе [3].

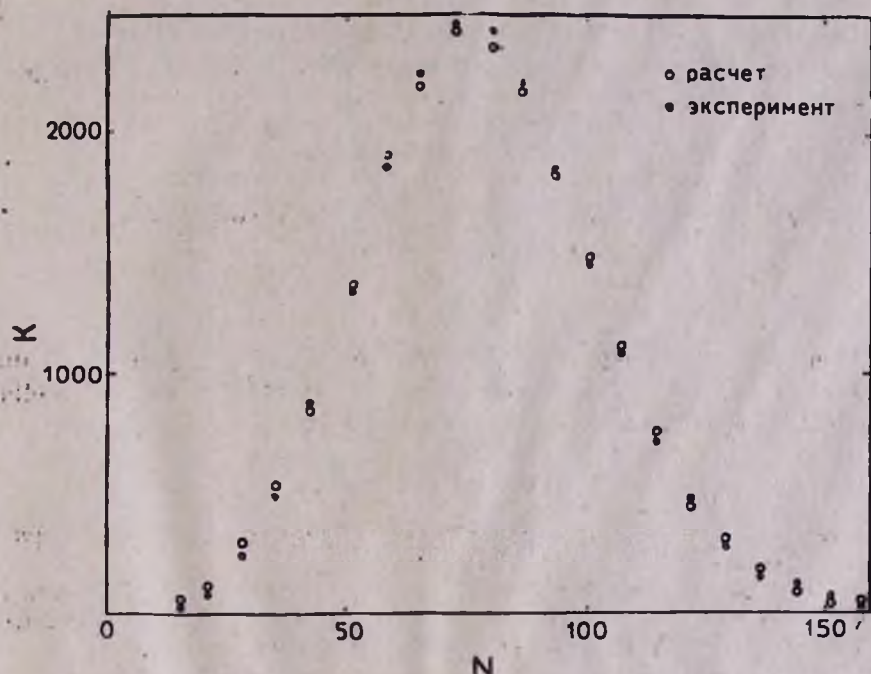


Рис. 3. Распределение амплитуд флуктуаций блеска звезды *HD 83069* по наблюдениям в течение 15 мин.

Наблюдения с помощью описанной установки проводились с декабря 1978 г. по апрель 1979 г. Температура в помещении, изолированном от телескопа, где находилась установка, поддерживалась на уровне 15°C . Результаты наблюдений обрабатывались на машине «Наири-2».

На рис. 3 приведен пример полученного распределения амплитуд флуктуаций блеска одной из исследованных звезд.

В работе [3] сообщается об обнаружении кратковременных вспышек у литиевой звезды *HD 83069* длительностью 0.01 сек и амплитудой около $1^{\text{m}}.4$, а также отрицательных вспышек, длительностью от ~ 1 до 0.1 сек, амплитудой до 2^{m} у той же звезды и у звезды *HD 120933*.

Таким образом, данный метод, действительно, позволяет обнаруживать вспышки звезд длительностью порядка 0.01 сек и более. Этот метод, однако, не позволяет зафиксировать момент вспышки, обнару-

женной за время одного цикла наблюдения (в нашем случае 15 мин), а также не позволяет описать кривую блеска вспышки.

14 июня 1979 г.

Վ. Պ. ԶԱԼԻՅԱՆ

ԱՍՏՂԻ ՊԱՅՄԱՌՈՒԹՅԱՆ ԱՐԱԳ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱՐԵՐՄԱՆ
ԵՂԱՆԱԿ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Վ

Առաջարկված է աստղերի պայծառությունների արագ $10^{-2} \div 10^{-3}$ վրկ տևողությամբ փոփոխությունների հայտնաբերման եղանակ: Նկարագրված է սարքավորման սխեման:

V. P. ZALINIAN

A METHOD OF DETECTION OF FAST VARIATIONS OF STAR BRIGHTNESS

Summary

A method of detection of fast variations of star brightness in time scales of $10^{-2} \div 10^{-3}$ sec is developed. The equipment and the method of reduction of observational data are described.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Kodaira, K. Ichimura, S. Nishimura, Publ. Astron. Soc., Japan, 28, 665, 1976.
2. В. Ф. Шварцман, Сообщ. САО, 19, 5, 1977.
3. В. П. Залинян, Ю. К. Мелик-Алавердян, С. Е. Нерсисян, Г. М. Товмасын, в кн. «Вспыхивающие звезды, фуоры и объекты Херbiga—Аро» (труды симпозиума, Бюракан, 1979) под ред. Л. В. Мирзояна, Ереван, 1980.

Р. А. САРКИСЯН

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В КОГЕРЕНТНОМ СВЕТЕ

1. Введение. В современной наблюдательной астрономии чрезвычайно важно выявление слабых точечных объектов, а также слабых частей и структур известных протяженных объектов. Решение этих задач при фотографических наблюдениях встречается с трудностями, связанными с наличием природного (общий фон ночного неба), искусственного (освещение городов и населений) и инструментальных (зернистость, неоднородность чувствительной поверхности фотоэмульсии) шумов. Некоторые из этих трудностей могут быть преодолены посредством цифровой обработки астрономических снимков на ЭВМ [1—3]. Но цифровые методы обработки изображений ограничены малыми размерами обрабатываемых участков, длительным временем ввода и обработки изображений. Эти недостатки могут быть частично преодолены при оптической обработке информации (аналоговые методы), а также при одновременном применении цифровых и аналоговых методов обработки информации. Эти методы не исключают, а наоборот, во многих вопросах дополняют друг друга. Только в некоторых случаях, в зависимости от специфики поставленной задачи, предпочтение отдается одному из них. Конкретно, при количественном анализе целесообразно проводить обработку информации в цифровом виде.

Известен ряд работ по применению когерентного света для обработки изображений, основанной на Фурье-преобразовании с фильтрацией пространственных спектров, что позволяет выделить отдельные характеристики объектов, улучшить контраст изображений, выделить контуры объектов [4—6].

В настоящей работе рассмотрено применение когерентного света для обработки астрономических снимков на основе использования сравнительно несложных высокочастотных и низкочастотных пространственных фильтров, а также суперпозиции снимков с одновременной фильтрацией и фиксированием результата обработки при помощи видикона. Описана схема устройства для обработки, выбраны и изготовлены фильтры и приведены результаты экспериментальной обработки астрономических снимков.

2. Пространственная фильтрация двумерных Фурье-спектров. Рассмотрим общий подход к решению задачи обработки информации на основе двумерных пространственных Фурье-спектров. Астрономический снимок можно представить в виде совокупности сигналов $S_i(x, y)$ от отдельных объектов и помех $N_i(x, y)$, т.е. $A(x, y) = \sum S_i(x, y) + \sum N_i(x, y)$. Здесь под сигналами понимаются почернения от точечных (звезды, квазары) или протяженных (галактики, туманности) объектов, а к помехам относятся природные, искусственные и инструмен-

тальные шумы, указанные выше, мешающие наблюдению слабых объектов, яркость которых ниже определенного порога обнаружения. В этом случае пространственный Фурье-спектр изображения можно представить в виде:

$$\bar{A}(\omega_x, \omega_y) = \sum_i \bar{S}_i(\omega_x, \omega_y) + \sum_i \bar{N}_i(\omega_x, \omega_y), \quad (1)$$

где $\bar{S}_i(\omega_x, \omega_y)$ и $\bar{N}_i(\omega_x, \omega_y)$ — пространственные спектры сигнала и помехи соответственно. Основной особенностью обработки астрономических снимков является то, что пространственные спектры сигналов и помех отличаются друг от друга по распределению энергии на различных частотах. Кроме того, пространственные спектры на различных снимках с одного и того же участка неба для сигналов имеют более или менее регулярно повторяющийся характер, а для помех носят случайный характер.

С целью улучшения отношения сигнал/шум использовался метод пространственной фильтрации, который фактически сводится к умножению амплитуд Фурье-спектра (1) на частотную характеристику пространственного фильтра:

$$\left\{ \sum_i \bar{S}_i(\omega_x, \omega_y) + \sum_i \bar{N}_i(\omega_x, \omega_y) \right\} \bar{H}(\omega_x, \omega_y).$$

В результате обратного преобразования Фурье получается изображение обработанного участка снимка, восстановленного по модифицированному спектру:

$$\sum_i S_i(x, y) \oplus H(x, y) + \sum_i N_i(x, y) \oplus H(x, y), \quad (2)$$

где $\oplus$ — знак свертки.

Фильтрацию по формуле (2) можно, в частности, осуществить посредством ослабления и устранения постоянной составляющей и части низкочастотных компонент — спектра. Это приводит к выделению контуров изображения. Для объектов с размерами порядка ≈ 100 мкм контуры при этом превращаются в расплывчатые пятна, а на восстановленное изображение накладывается функция преобразования Фурье-фильтра, которая уменьшает яркость общего фона изображения. В результате фильтрации происходит переход от негатива к позитиву и увеличение контраста изображения [7].

В данной работе для выявления слабых объектов изображения на фоне помех были применены три типа фильтров: фильтры низких частот ($H_{нч}$), фильтры высоких частот ($H_{вч}$) и полосовые фильтры ($H_{пс}$), которые имеют частотные характеристики:

$$\begin{aligned} \bar{H}_{нч}(r) &= \begin{cases} 1 & \text{при } r \leq r_1 \\ 0 & \text{при } r > r_1 \end{cases} \\ \bar{H}_{вч}(r) &= \begin{cases} 1 & \text{при } r \geq r_2 \\ 0 & \text{при } r < r_2 \end{cases} \\ \bar{H}_{пс}(r) &= \begin{cases} 0 & \text{при } r < r_1 \\ 1 & \text{при } r_1 \leq r \leq r_2 \\ 0 & \text{при } r > r_2 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

где $r = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2}$, а r_1 и r_2 выбираются исходя из граничной частоты при фильтрации. Величины r_1 и r_2 могут быть определены из формулы [8], т.е.

$$\bar{A}_1(r) = 1,77 \frac{a\sqrt{E}}{\lambda} \left[\frac{2I_1(kar)}{kar} \right], \quad (4)$$

где a — радиус изображения исследуемого объекта S_1 ; E — полная энергия, падающая на объект, $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ — волновое число, $\lambda = 0,63$ мкм,

а I_1 — функция Бесселя первого рода первого порядка. Выбирая r_1 и r_2 в соответствии с (4) можно выделить те пространственные частоты, на которых сосредоточена основная часть информации исследуемых объектов на изображении.

При обработке слабых протяженных объектов с расплывчатыми краями задача сводится к улучшению контраста, что достигается посредством применения полосовых фильтров, размеры которых выбираются исходя из размеров обрабатываемого участка. Так как при применении таких фильтров нужно до обработки усреднить случайные помехи, желательно применить принцип суперпозиции снимков, что дает возможность при суперпозиции n снимков увеличить отношение сигнал/шум в $\sqrt{n}$ раз [9].

При обработке астрономических снимков необходимо оценить достоверность полученных результатов. Если при машинной обработке снимков можно воспользоваться статистическими методами [3], то при оптической применим сопоставительный анализ результатов, основанный на исследовании основных источников получения ложных результатов и методике исключения ошибок. Кроме того, можно использовать схему телевизионного контроля с выделителем строк, что позволяет осуществить количественный контроль результатов и последующую обработку на ЭВМ.

Прежде всего должны быть исключены случайные помехи, которые в результате обработки могут быть ошибочно классифицированы как полезные сигналы. К числу таких помех относятся дефекты фотопластинок, искажения оптической системы, ложные сигналы контрольной телевизионной системы. Кроме того, нужно исключить методические ошибки, возникающие, например, при неправильном выборе типа фильтра.

Методика исключения случайных помех основывается на обработке нескольких снимков и сопоставлении полученных результатов. Погрешности когерентного оптического канала исключаются посредством применения параллельных каналов. Методические ошибки исключаются посредством применения различных фильтров и анализа полученных результатов.

3. Эксперимент и обсуждение результатов. Экспериментальная обработка астрономических снимков выполнялась на установке, блок-схема которой приведена на рис. 1.

В эксперименте использовался гелий-неоновый лазер типа 125А фирмы «Spectra physics».

Снимки были получены на 40" телескопе системы Шмидта Бюканканской астрофизической обсерватории АН Армянской ССР на фотопластинках Kodak Oa11 без фильтра (рис. 2). Для обработки был выбран участок на снимке, охватывающий систему М-51 (NGC 5195 + NGC 5194) и объекты а, б, в, показанные стрелками на рис. 2. Заме-

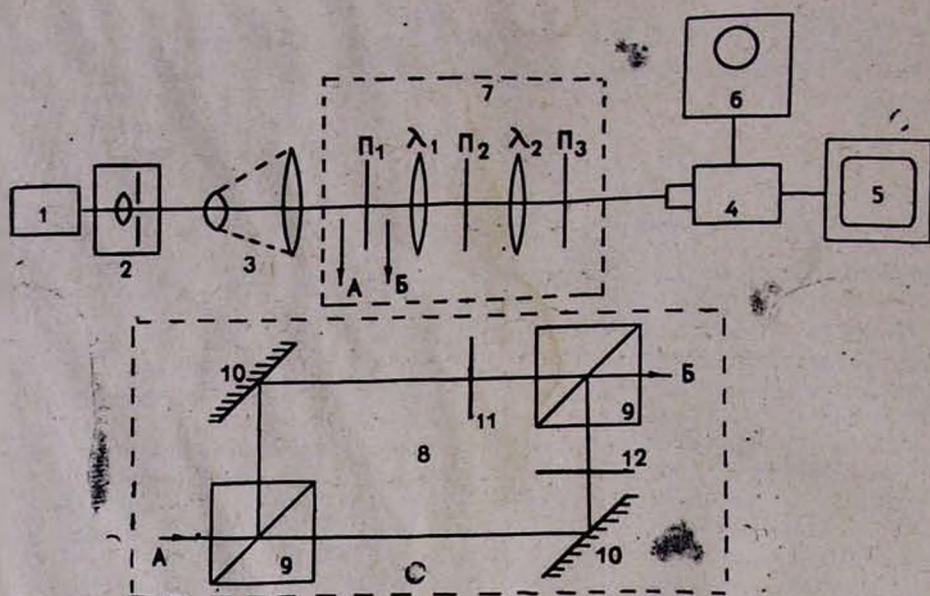


Рис. 1. Блок-схема эксперимента: 1—оптически квантовый генератор, 2—устройство «очистки» пучка, 3—коллиматор, 4—видикон, 5—монитор, 6—осциллограф с выделителем строк; 7—схема фильтрации: P_1 —плоскость изображения, P_2 —плоскость фильтра; L_1 — L_2 —линзы, выполняющие прямое и обратное преобразование Фурье с фокусным расстоянием $f_1=f_2=36$ см., P_3 —результатирующая плоскость. Пунктиром выделена схема суммирования для двух каналов, включаемая в схему фильтрации 7 в точки А—Б. В состав схемы 8 входят: 9—полупрозрачные разделительные кубики, 10—зеркала, 11 и 12—плоскости размещения изображений.

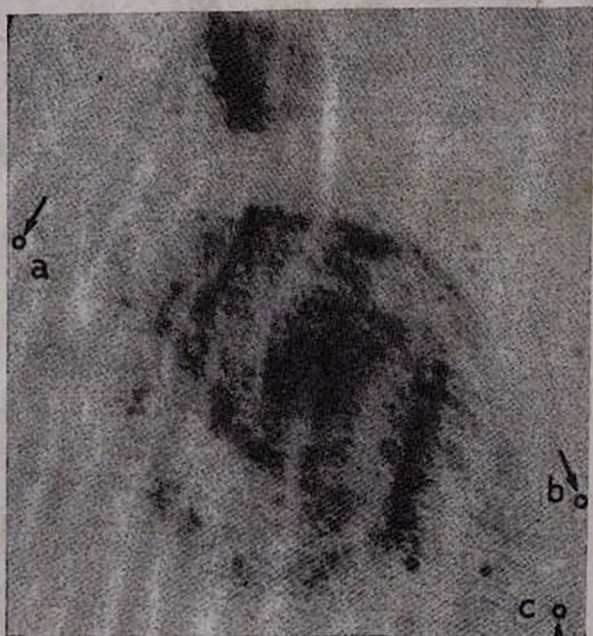


Рис. 2. Фотография М 51, полученная с экрана монитора до обработки.

тим, что предельной величиной для данного снимка является звездная величина, $\approx 20 \pm 5$ (объект а), изображение которого не может быть признано достоверным без дополнительной обработки.

При обработке снимок устанавливался в плоскости Π_1 и его участок с радиусом $0.2 \div 2$ см освещался коллимированным пучком света. В плоскости Π_2 , в которой получался пространственный спектр освещенного участка снимка, размещался пространственный фильтр, а результат восстановления модифицированного спектра при помощи линзы L_2 , выполняющей обратное преобразование Фурье, получался в плоскости Π_3 .

Линейные размеры фильтров ориентировочно выбирались на основе вычисления по формуле (4), а более точно выбор осуществлялся экспериментально по максимальному отношению сигнал/шум. Для измерения отношения сигнал/шум $K = B_{об}/B_{ф}$ на изображение объекта накладывалась сетчатка, состоящая из 3×3 элементов с шагом 20 мкм и вычислялась интегральная яркость объекта $B_{об}$, а вокруг объекта выбирались участки с такими же размерами и вычислялось среднее значение фона $B_{ф}$. Эффективность обработки определялась как отношение $\gamma = K_1/K_2$, где индексы 1 и 2 относятся к отношению сигнал/шум до и после обработки соответственно.

Результаты обработки объектов а, б, с (рис. 2) приведены в таблице. В столбце $d_{вч} - d_{нч}$ приведены размеры фильтров, применяемых при обработке, в следующих столбцах приведены значения K_1 , K_2 и γ , полученные при использовании соответствующих фильтров. Как видно из таблицы, выигрыш, полученный в результате обработки, составляет $1.70 \div 6.0$ в зависимости от объекта и применяемых фильтров.

Таблица

Объекты	Фильтры		$K_1 = \frac{B_{об}}{B_{ф}}$	$K_2 = \frac{B_{об}}{B_{ф}}$	$\gamma = \frac{K_2}{K_1}$
	$d_{вч} - d_{нч}$	мкм	до обработки	после обработки	
а	200	7000	1.39	3.10	2.2
	600	7000		4.27	3.1
	1200	7000		6.18	4.5
	1500	7000		5.49	4.0
	2200	7000		3.00	2.2
б	400	7000	1.53	3.48	2.3
	700	7000		6.70	4.4
	800	7000		7.80	5.0
	1200	7000		4.62	3.0
	1500	7000		2.60	1.7
с	400	7000	1.76	4.87	2.8
	600	7000		10.50	6.0
	800	7000		6.36	3.6

Результаты обработки для объектов а и б были сфотографированы с экрана выделителя строк. На рис. 3а и 3а' приведены фотографии, полученные с экрана выделителя строк при выделении строки, проходящей примерно через центр объекта а до и после обработки соответственно. Из сравнения рис. 3а и 3а' следует, что в результате обработки сигнал, соответствующий объекту а увеличился на фоне помех.

Для объекта *b* была выполнена суперпозиция изображений от двух снимков по схеме 8 (рис. 1) и после суперпозиции осуществлена фильтрация с высокочастотным фильтром $d_{\text{нч}}=800$ мкм и низкочастотным фильтром $d_{\text{нч}}=7000$ мкм, что дало возможность не только улучшить соотношение сигнал/шум, но и исключить искажения, вызванные отсутствием эмульсии на отдельных участках пластинок. На рис. 3*b* приведена фотография, полученная с экрана выделителя строк до суперпозиции, на которой видны два сигнала, соответствующие

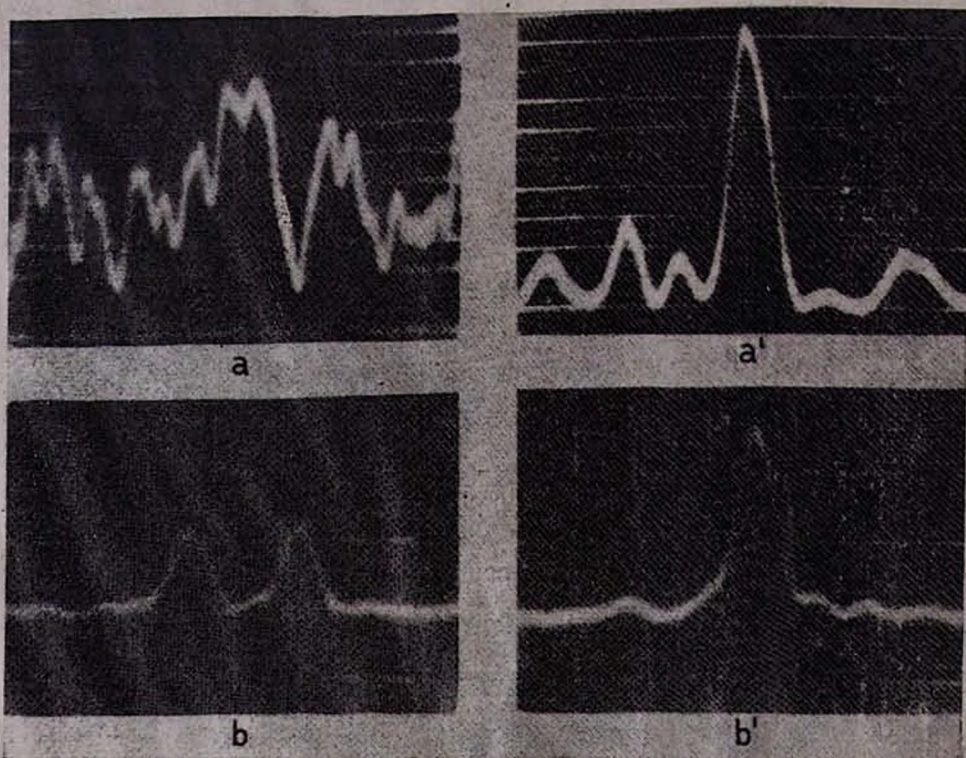


Рис. 3. Осциллограммы видеосигналов объектов *a* и *b*, снятые с экрана выделителя строк до и после обработки соответственно (масштаб сигнала *a* в три раза больше, чем сигнала *b*).

объекту *b* на двух снимках, причем изображения были смещены для наглядности. Результаты суперпозиции с последующей фильтрацией для объекта *b* приведены на рис. 3*b'*. По вышеприведенной схеме в принципе может быть осуществлена суперпозиция требуемого числа изображений посредством включения нескольких параллельных каналов суперпозиции, но пока практически это осуществимо для не более двух снимков из-за малой мощности источника когерентного света и неоднородности пучков света разных каналов.

В астрономической практике применялась суперпозиция снимков освещением пакета наложенных друг на друга снимков, либо посредством последовательного суммирования снимков. В обоих случаях результат фиксировался на фотопластинке. Отметим, что при фиксации результатов на фотопластинке вносятся дополнительные поме-

хи, определяемые неравномерностью проявки освещения при экспозиции, толщины эмульсии. При наложении пакета снимков результирующее изображение размазывается за счет рассеяния света от снимка к снимку, кроме того, совмещение снимков в последовательном пакете является достаточно сложной операцией. При последовательном суммировании снимков на фотопластинке число суммируемых снимков ограничено, так как каждый последовательно суммируемый снимок требует большего времени экспозиции [9].

В примененной в настоящей работе схеме суперпозиции в когерентном свете с фиксацией результата на видиконе отпадают шумы результирующей фотопластинки. Наблюдение на мониторе позволяет сравнительно легко совмещать изображения, появляется возможность количественного контроля результата на основе наблюдения интересных объектов при помощи выделителя строк. Одновременно отметим, что ограничением применяемой схемы является малое разрешение видикона и телевизионной установки, что приводит к обработке небольших участков изображения.

С целью выбора наиболее эффективных фильтров по результатам обработки (таблица) был проведен анализ зависимости η от $d_{вч} - d_{нч}$. Из таблицы следует, что для объекта *a* (диаметр ≈ 40 мкм), имеющего широкий пространственный спектр, был выбран фильтр $d_{вч} = 1200$ мкм, для объекта *b* (диаметр ≈ 60 мкм) фильтр $d_{вч} = 800$ мкм, а для объекта *c* (диаметр ≈ 80 мкм) — фильтр $d_{вч} = 600$ мкм. Во всех случаях фильтром низких частот, выбранным по максимальному значению η , оказался фильтр с размерами 7000 мкм.

Результат обработки протяженного объекта (система М 51) приведен на рис. 4. При обработке на основании ориентировочного расчета по формуле (4) и экспериментальной проверки с целью выбора фильтров более четко выделяющих структуру галактики был выбран фильтр размером $d_{нч} = 470$ мкм, но в центральной части фильтра имелось отверстие с $d_0 = 40$ мкм, которое частично пропускало низкие частоты, что улучшало контраст и давало возможность выявить тонкие структуры лучше, чем при использовании фильтра, полностью срезающего низкие частоты. Из рассмотрения рис. 4, полученного с экрана монитора после обработки видно, что в результате обработки подчеркиваются контуры галактик и более четко видна структура области, в которой, примерно, находится ядро галактики. На рис. 4, кроме полезного сигнала, видны случайные помехи, исключение которых осуществлено при помощи сопоставления нескольких снимков (того же участка).

Особый интерес представляет выявление перемишек между компонентами М 51, а также между спиральными ветвями внутри галактики NGC 5194. Выявленные перемишки состоят из дискретных светлых сгущений и в отдельных случаях имеют почти равномерное строение, причем толщина перемишек иногда бывает весьма мала (толщина $\approx 5''$). Из рис. 4 видно, что перемишка А начинается из точки A_1 , проходит до точки A_2 и почти перпендикулярно проходит к северу (точка A_3); затем перемишка разветвляется на три направления — одно из них примыкает к точке A_6 во внутреннем рукаве, второе и третье направления примыкают соответственно в точках A_4 и A_5 к рукаву, идущему к спутнику NGC 5195. Перемишка В, находящаяся в западной части галактики NGC 5194 начинается от точки B_1 и после разветвления ($B_2 - B_3$, $B_1 - B_4$) двумя почти параллельными направлениями доходит до внешнего рукава. Из точки B_4 через точку B_5 пе-

ремычка проходит зигзагом к точке B_6 . В центральной части галактики NGC 5194 видна перемычка E, напоминающая букву λ , а в северной части галактики между рукавами видна перемычка D. На рис. 4 также видна широкая перемычка C, имеющая ширину примерно в $30''$. Перемычка C выходит из галактики NGC 5195 (точка C_1) и тянется почти параллельно восточному рукаву галактики NGC 5194 до точки C_2 .

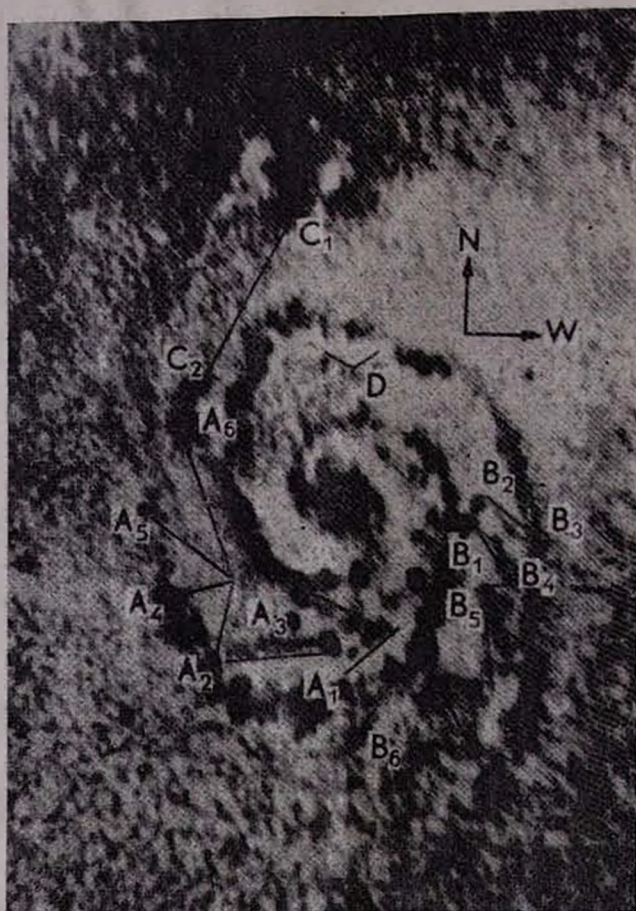


Рис. 4. Фотография М 51, полученная с экрана монитора после обработки.

Вышеприведенные результаты еще раз подтверждают то обстоятельство, что между компонентами двойной системы М 51 имеется связь, в виде волокон и перемычек [10]. Кроме того, было получено подтверждение о наличии сложной структуры рукавов, которые связаны между собой при помощи перемычек, идущих в различных направлениях (рис. 4).

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить благодарность академику В. А. Амбарцумяну за постановку задачи и постоянное внимание к работе, а также сотрудникам Института радиофизики и электроники АН Арм. ССР за помощь при проведении эксперимента на когерентной оптической установке.

21 октября 1977 г.

Ռ. Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԿՈՇԵՐՆԵՏ ԼՈՒՅՍՈՒՄ ԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ՊԱՏԿԵՐՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Դիտարկված է կոհերենտ լույսով աստղադիտական պատկերների մշակման օպտիկական մեթոդների կիրառությունը: Մասնավորապես դիտվում են պատկերների ֆուրյե ձևափոխությունը, տարածական հաճախականությունների զտումը և վերադրումը: Որոշված են զտիչները բնութագրող մեծությունների այն պահանջները, որոնց դեպքում ինֆորմացիայի փորձնական մշակումը ամենաարդյունավետն է: Վերոհիշյալ զտիչների կիրառությունը թույլ է տվել հայտնաբերել սահմանային թույլ կետային օբյեկտ (a), ինչպես նաև թույլ կամարներ M 51-ի բաղադրիչների միջև (C) և NGC 5194 գալակտիկայի պարուրաձև թևերի միջև (ABDE) (նկ. 4):

R. A. SARKISSIAN

THE APPLICATION OF THE OPTICAL METHODS IN ASTRONOMICAL IMAGES PROCESSING ON THE BASIS OF COHERENT LIGHT

Summary

The application of the optical methods in astronomical images processing on the basis of coherent light is considered. In particular operations of Fourier transformation, filtering of spatial frequencies and superposition of images are considered. Requirement was determined for filter parameters at which effective results of informative processing are experimentally obtained. The use of the developed filters made it possible to reveal limiting faint object (a) and also to reveal the crosspieces between the components of M 51 (C) and spiral branches of galaxies NGC 5194 (A,B,D,E,) (fig. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Саркисян, Сообщ. Бюраканской обс., 46, стр. 135, 1975.
2. Р. А. Саркисян, Сообщ. Бюраканской обс., 46, стр. 145, 1975.
3. R. A. Sarkissian, V. S. Khitova, Proceed. of the Fourth International CODATA Conf., Paris, 96, 1974.
4. А. Франсон, М. Марешаль, Структура оптического изображения, М., «Мир», 295, 1964.
5. А. С. Островский, Материалы I Всесоюзной школы по голографии, Л., «Наука», 273, 1971.
6. A. R. Shulman, Optical Data Processing, N. Y., Wiley, 710 1970.
7. Дж. Гудмен, Введение в Фурье-оптику, М., «Мир», 188, 1970.
8. М. Борн, Э. Вольф, Основы оптики, М., «Наука», 432, 1970.
9. N. Richter, Vistas in Astronomy, vol. 19, pt. 2, pp. 215—223, 1976.
10. F. Zwicky, Ergebnisse d. exakt Naturwissenschaften, Bd. 29, 344, 1956.

В. П. ЗАЛИНЯН, Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ОТ ПОРОГА ДИСКРИМИНАЦИИ ПРИ СЧЕТЕ ФОТОНОВ

В настоящее время регистрация световых сигналов методом счета фотонов [1] получила широкое распространение в астрономии. Это связано с такими преимуществами этого метода, как его высокая стабильность и чувствительность, простота в обращении, возможность вывода результатов измерений непосредственно в числовом виде, что важно для последующей машинной обработки [2, 3]. В некоторых работах, посвященных применению счета фотонов, отмечается также, что он дает возможность повысить пороговую чувствительность фотоумножителей по сравнению с регистрацией фототока. Однако, несмотря на важность данного вопроса для астрономии, в литературе до сих пор приводятся весьма различные мнения на этот счет. Так, например, в работе [4] сделан вывод, что применение счета фотонов улучшает пороговую чувствительность в 20 раз. С другой стороны, в работе [5] утверждается, что сколько-нибудь заметного улучшения пороговой чувствительности фотоумножителей при счете фотонов вообще не наблюдается. Для выяснения этого вопроса и была предпринята настоящая работа.

Прежде всего приведем выражение для пороговой чувствительности. Для этого воспользуемся формулой для относительной ошибки измерения величины сигнала [1]:

$$\delta = \frac{\sqrt{D(n_c + n_\phi + n_\tau) + D(n_\phi + n_\tau)}}{n_c}, \quad (1)$$

где n_c , n_ϕ , n_τ —количество импульсов сигнала, фона и темнового тока соответственно, а D —дисперсия. Из (1), полагая $n_c + n_\phi \ll n_\tau$ получаем:

$$\delta = \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{n_c}. \quad (2)$$

Приравнявая δ единице, находим пороговое количество импульсов сигнала n_c^0 :

$$n_c^0 = \sqrt{2D(n_\tau)}. \quad (3)$$

Отсюда пороговая чувствительность по квантам равна:

$$N_c^0 = \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{\eta}, \quad (4)$$

где η —квантовая эффективность системы, то есть количество импульсов на каждый квант:

$$\eta = \frac{n_c}{N_c} \quad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что

$$N_c^0 = N_c \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{n_c} \sim \frac{\sqrt{D(n_\tau)}}{n_c} \quad (6)$$

Выражением (6) можно воспользоваться для определения зависимости пороговой чувствительности от порога дискриминации. Эта зависимость получена для 10 фотоумножителей ФЭУ-79 и 1 фотоумножителя ЕМІ-9789 QB.

Зависимость числа импульсов от порога дискриминации получена с помощью анализатора АИ-128. До измерений фотоумножители выдерживались в темноте в течение суток, а затем под рабочим напряжением—не менее часа. Предварительное усиление осуществлялось усилителем со следующими параметрами: коэффициент усиления 200 при полосе 8 Мгц, уровень собственных шумов, отнесенных ко входу—20 мкв. Результаты измерения позволяют сделать следующие выводы.

Дисперсия числа темновых импульсов при напряжении питания, соответствующем середине плато счетной характеристики, равна, в пределах ошибок, количеству импульсов. Типичные данные показаны в табл. 1.

Вероятные ошибки, приведенные в табл. 1, оценивались по формулам:

$$\sigma(n_\tau) = \frac{n_\tau}{\sqrt{m}}, \quad \sigma(D) = \frac{D(n_\tau)}{\sqrt{2m}},$$

где m —число измерений.

С учетом того, что $D(n_\tau) \approx n_\tau$, в дальнейших расчетах пороговая чувствительность оценивалась по формуле:

$$N_c^0 \sim \frac{\sqrt{n_\tau}}{n_c} \quad (7)$$

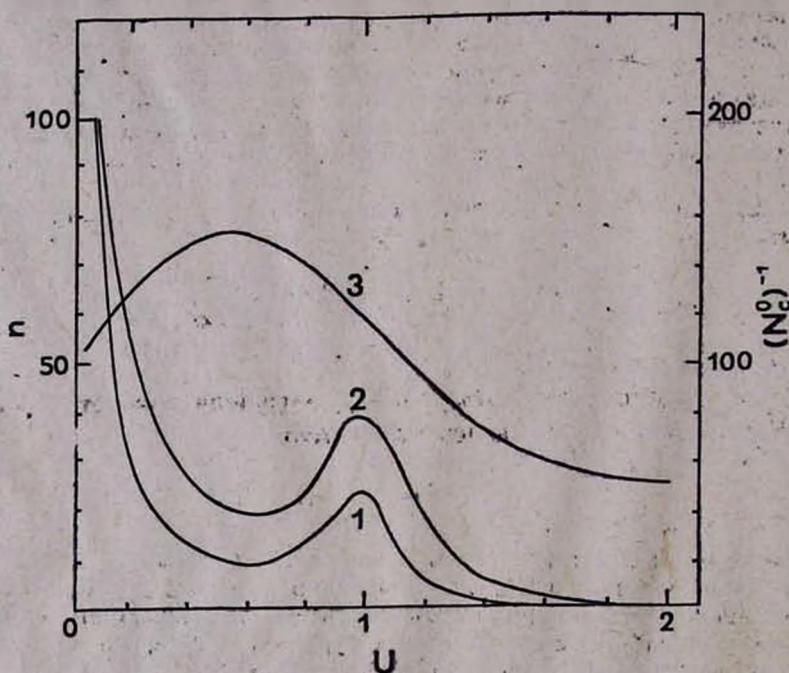
Выполненные нами расчеты показали, что выбором порога дискриминации можно достигнуть улучшения пороговой чувствительности по сравнению с минимальным порогом дискриминации, примерно соответствующим режиму измерения фототока. Выигрыш в пороговой чувствительности различен для разных типов фотоумножителей. В частности, для фотоумножителей ФЭУ-79 его величина достигает 2÷3 раз, а для ЕМІ-9789 QB—5÷6 раз. Эти выводы сделаны на основании приведенных в табл. 2 данных измерений для времени накопления 100 сек.

Таблица 1

Тип ФЭУ	$U_{\text{раб}}$ кв	Число измерений	n_τ	$D(n_\tau)$
ФЭУ-79	1.70	40	885 ± 140	835 ± 95
ЕМІ-9789QB	1.25	50	1137 ± 162	1255 ± 125

Наилучшая пороговая чувствительность соответствует порогу дискриминации, расположенному вблизи минимума дифференциаль-

Тип ФЭУ	Минимальный порог дискриминации			Оптимальный порог дискриминации			$\frac{(N_c^*)'}{(N_c^*)}$
	n_c	n_T	$I_c(N_c^*)$	n_c	n_T	$I_c(N_c^*)$	
ФЭУ-79	7781	26064	48,5	6123	1431	163,0	3,46
—	22503	21799	153	17525	4684	257,7	1,68
—	11403	12296	102,7	11151	1899	259,3	2,52
—	13101	13127	119,1	9084	1104	273,6	2,29
—	19986	24539	128,1	18553	3220	327,2	2,55
—	5709	19013	41,6	5546	3505	94	2,25
—	12054	34015	65,3	11198	6183	145,4	2,22
—	11325	14505	94,4	9460	2890	175,2	1,55
—	10929	15930	89,6	9947	1606	248,2	2,89
—	8679	17302	65,9	6963	1012	218,8	3,32
ЕМ1-9789QB	2630	24025	16,96	2518	720	93,95	5,53



1) распределение шумовых импульсов, 2) распределение импульсов при слабой подсветке, 3) зависимость пороговой чувствительности от порога дискриминации.

ного распределения темновых импульсов. Это видно из рисунка, где приводятся кривые, характерные и для ФЭУ-79, и для ЕМ1-9789 QB.

Анализ полученных данных дает основание полагать, что примененная в [5] система счета фотонов имела усиление, недостаточное для выявления одноэлектронного пика, что и привело к занижению пороговой чувствительности. В работе [4], по-видимому, сравнение счета фотонов и регистрации фототока проводилось при неодинаковых постоянных времени, что и обусловило завышение отношения пороговых чувствительностей.

В заключение отметим, что все измерения проводились при тем-

температуре 17°C. Представляет несомненный интерес проведение подобных измерений и при низких температурах.

27 сентября 1978 г.

Վ. Պ. ԶԱԼԻՆԻԱՆ, ՅՈՒ. Կ. ՄԵԼԻԿ-ԱԼԱՎԵՐԴԻԱՆ

ԼՈՒՍԱՐԱԶՄԱՊԱՏԿԻԶՆԵՐԻ ՇԵՄԱՅԻՆ ԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱԽՈՒՄԸ ԶԱՏՄԱՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՑ ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ՀԱՄՐՄԱՆ ԴԵՊԲՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ .

Յույց է տրված, որ ֆոտոնների համրման եղանակի դեպքում զատման պահանքի համապատասխան ընտրության միջոցով ՓՅՄ-79 լուսաբազմապատկիչների շեմային զգայնությունը բարելավվում է 2÷3 անգամ, իսկ EMI-9789 QB լուսաբազմապատկիչի դեպքում՝ 5÷6 անգամ՝ համեմատած հաստատուն հոսանքի շափման եղանակի հետ:

V. P. ZALINIAN, YU. K. MELIK-ALAVERDIAN

THE DEPENDENCE OF THE NEP ON THE DISCRIMINATION LEVEL IN PHOTON COUNTING MODE

Summary

It is shown that the NEP of the photomultipliers ՓՅՄ-79 in the photon counting mode is decreased by about 2÷3 times in comparison with the measurements of the photocurrent by choosing of the appropriate discrimination level. In the case of the EMI-9789 QB type photomultiplier the corresponding value of the NEP is about 5÷6 times.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы астрономии, под ред. В. А. Хилтиера, М., «Мир», 1967.
2. А. Н. Соболева, А. Е. Меламид, Фотоэлектронные приборы, М., «Высшая школа», 1974.
3. А. Н. Перцев, А. Н. Писаревский, Одноэлектронные характеристики ФЭУ и их применение, М., «Атомиздат», 1971.
4. Е. Д. Мищенко, Г. П. Старцев, Оптико-механическая промышленность, 3, 15, 1966.
5. А. Э. Гурьянов, АЖ, 53, 219, 1976.

М. А. МАРТИРОСЯН, А. Я. БЕЙЛИН, Л. М. КАРАМЯН, В. П. ЛУКЬЯНОВ,
Н. К. ДАЛИНЕНКО

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФОТОМЕТРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССЕКТОРА

Как известно, электрофотометрический метод наблюдения небесных светил является наиболее точным. Обычно в качестве светоприемника используются фотоумножители (ФЭУ).

Широкому использованию ФЭУ в астрономической практике способствовала простота и доступность ФЭУ для широкого круга исследований, кроме того они обладают сравнительно высокой пороговой чувствительностью и высоким коэффициентом усиления фототока.

Однако ФЭУ обладают и рядом недостатков: диаметр фотокатода ФЭУ по конструктивным соображениям не может быть сделан меньше 3÷5 мм, что приводит, как правило, к значительной доле термоэмиссии с фотокатода в темновом токе прибора; это же обстоятельство делает ФЭУ чувствительным к фоновым засветкам. Если последний недостаток может быть исправлен с помощью специальных диафрагм, то первый недостаток неустраним.

В последнее время за рубежом ФЭУ в астрономических измерениях вытесняются электронно-лучевыми трубками мгновенного действия (диссекторами) [1, 2].

Для астрономических целей могут быть использованы диссекторы с вырезающим отверстием 0.3÷1.0 мм. Использование таких маленьких вырезающих отверстий значительно уменьшает долю термоэмиссии в темновом токе и значительно уменьшает влияние фоновых засветок на параметры прибора. Благодаря конструктивным особенностям в диссекторах практически отсутствуют оптические и ионные обратные связи, что делает ненужным специальный отбор приборов для применения в астрономии, как это имеет место в случае использования ФЭУ.

Для доказательства приведенных преимуществ диссекторов обратимся к формуле для расчета пороговой чувствительности ФЭУ и диссекторов, выведенную авторами по аналогии с [3] для режима счета отдельных фотоэлектронов, для случая отсутствия фона неба:

$$F_n = \frac{e}{S_{phk} \cdot Q} \cdot \frac{1 + \sqrt{1 + 8N_{тем} \cdot t}}{2 \cdot t}$$

где F_n —пороговая чувствительность (лм), S_{phk} —интегральная чувствительность фотокатода (А/лм), Q —эффективность счета отдельных фотоэлектронов (%), e —заряд электрона (кул.), t —время регистрации (сек).

Сравним пороговую чувствительность ФЭУ и диссекторов для следующих условий:

тип фотокатода—многощелочной, $S_{phk}=160$ мкА/лм;

плотность термоэмиссии фотокаатода $j=10^4$ электронов/см² сек;
 $Q=0.7$; $t=1$ сек, $S=10^{-5} \div 10$ см²,

где S —площадь фотокаатода ФЭУ или эффективная площадь фотокаатода диссектора (см²).

Результаты расчета приведены на рис. 1.

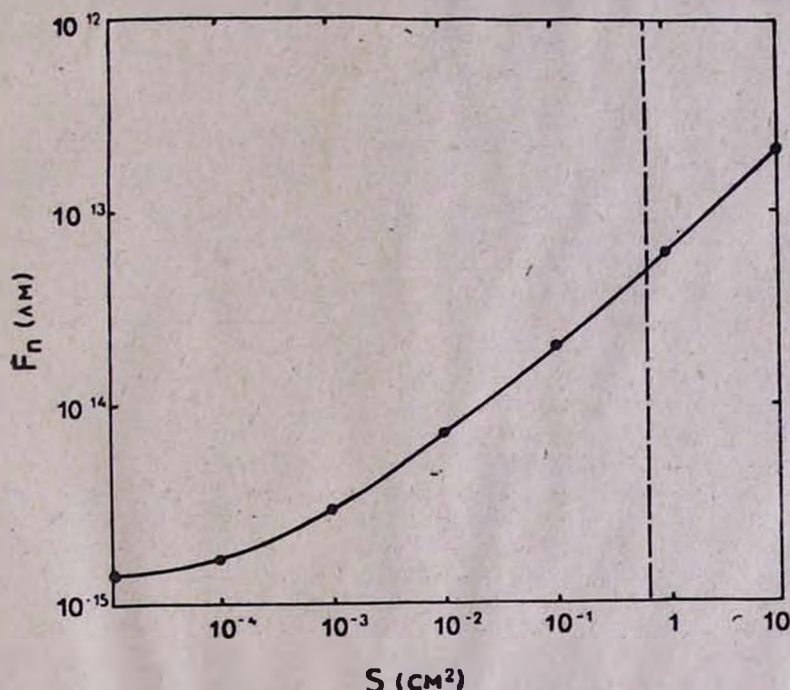


Рис. 1. Зависимость пороговой чувствительности от эффективной площади фотокаатода: слева от пунктира—для диссекторов, справа—для ФЭУ.

Площадь фотокаатода существующих ФЭУ превышает $7 \cdot 10^{-2}$ см², т. е. для ФЭУ характерна кривая справа от пунктирной линии, для диссекторов—слева. Таким образом, пороговая чувствительность ФЭУ ограничена величиной $5 \cdot 10^{-14}$ лм, в то время как для диссекторов достижима величина $1.5 \cdot 10^{-15}$ лм.

Помимо перечисленных выше достоинств диссекторов перед ФЭУ, следует отметить, что наличие у диссекторов отклоняющей системы позволяет производить сканирование звездного неба электрическим путем, без изменения положения телескопа.

С целью определения возможности использования диссектора типа ЛИ 610 для электрофотометрии звезд в режиме счета фотонов была создана система, представленная на рис. 2. Оптическая головка 2 одноканального электрофотометра со сменными стандартными фильтрами цветовой системы «UBV» крепилась к телескопу АЗТ-14 с диаметром зеркала 500 мм и светосилой 1/16. С помощью специальных приспособлений диссектор ЛИ 610 вместе с фокусирующей и отклоняющими катушками устанавливался на торце оптической головки.

Сигнал с выхода диссектора проходил через измерительный блок, состоящий из усилителя БУИ2-2еМ, дискриминатора БСА2-2еМ, блоков питания и регистрировался частотомером ЧЗ-36. Блок 4 служил

для фокусировки диссектора и возможности сканирования звездного неба электрическим путем.

Испытания проводились по следующей методике:

1. Наблюдались стандартные звезды 7—12-звездной величины из скоплений NGC—6882/5.

2. Использовался стандартный фильтр (УФС-6+СЗС-21), вырезающий из спектра звезды полосу шириной ~ 100 нм.

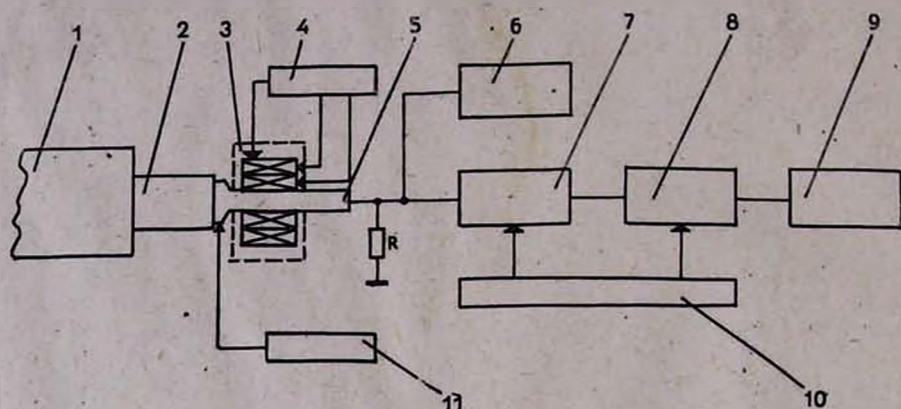


Рис. 2. Схематичное изображение системы для счета фотонов на базе диссектора. 1—телескоп АЗТ-14, 2—оптическая головка одноканального электрофотометра, 3—фокусирующая и отклоняющие катушки диссектора, 4—блок управления токов отклоняющей и фокусирующей систем, 5—диссектор ЛИ-610, 6—осциллограф С1-18, 7—усилитель БУИ2-2еМ, 8—дискриминатор БСА2-2еМ, 9—частотомер ЧЗ-36, 10, 11—блоки питания установки.

3. Настройка диссектора проводилась по яркой звезде (1^m — 2^m). При этом форма импульса регистрировалась осциллографом С1-18 при синусоидальной развертке (см. рис. 2). Путем регулировки фокуса телескопа добивались наименьших фронтов импульсов.

Следует отметить, что, установка изображения звезды в вырезающее отверстие звезды производилась как электрическим способом, так и механическим перемещением блока или телескопа в целом. При электрическом способе на строчные и кадровые катушки отклоняющей системы через соответствующие потенциометры подавалось постоянное напряжение, с тем, чтобы получить максимум показаний частотомера путем вращения потенциометров. Применение строчной и кадровой развертки позволяло измерять фон неба без перемещения телескопа.

Наблюдения проводились в Бюраканской астрофизической обсерватории АН Арм. ССР 24—28 октября 1977 г. в 21—24 часа по местному времени.

Применяя ту же измерительную аппаратуру, были проведены аналогичные измерения с помощью ФЭУ типа ЕМ1 9502А. Соответствующие объекты и данные измерений приведены в табл. 1 и 2.

Для подтверждения полученных измерений в режиме счета фотонов с помощью диссектора ЛИ 610 и ФЭУ ЕМ1 были проведены аналогичные измерения в аналоговом режиме с помощью электрометрического усилителя VI-7 и самопишущего прибора КСП-4.

На основании проведенных испытаний можно констатировать:

1. Измерительный канал с диссектором не уступает по чувстви-

Таблица 1

Данные измерений с ФЭУ ЕМ1

Звездная величина	$N_c + N_{\phi} + N_T$	$N_{\phi} + N_T$	N_T	σ_{NT}
7 ^m	11500	200	40	0.35
9 ^m 5	1450	200	40	0.31
10 ^m 6	670	210	35	0.40
12 ^m	350	220	30	0.38

Таблица 2

Данные измерений с диссектором ЛИ 610

Звездная величина	$N_c + N_{\phi} + N_T$	$N_{\phi} + N_T$	N_T	σ_{NT}
7 ^m	11200	200	15	0.58
9 ^m 5	1400	240	15	0.50
10 ^m 6	660	240	7	0.55
12 ^m	360	225	10	0.59

Обозначения: N_c —скорость счета сигнальных импульсов (имп/сек), N_{ϕ} —скорость счета импульсов от фона неба (имп/сек), N_T —скорость счета темновых импульсов (имп/сек), σ_{NT} —среднеквадратичное отклонение скорости счета темновых импульсов.

тельности (в данных условиях измерения) электрофотометру с отобраным ФЭУ фирмы ЕМ1.

2. Пороговая звездная величина не была достигнута обоими методами из-за плохих условий наблюдения (полнолуние). Однако, как видно из табл. 1 и 2, на данном телескопе можно будет наблюдать с помощью указанной аппаратуры звезды до 15-звездной величины.

3. Из-за малых размеров вырезающего отверстия диссектора (0.4×0.4 мм) трудно удерживать звезду длительное время. Для использования диссектора в телескопах типа АЗТ-14 необходимо, по-видимому, увеличить размер вырезающего отверстия до 0,5÷0,6 мм.

Результаты полученных экспериментальных исследований фотометра на базе диссектора в режиме счета фотонов показали перспективность использования диссектора не только в звездной электрофотометрии, но и в ряде астрофизических задач.

Авторы выражают благодарность Г. В. Абрамяну за помощь при проведении эксперимента.

5 сентября 1978 г.

Մ. Ա. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Ա. Յ. ԲԵՅԼԻՆ, Լ. Մ. ՔԱՐԱՄՅԱՆ, Վ. Պ. ԼՈՒԿՏԱՆՈՎ,
Ն. Կ. ԴԱԼԻՆԵԿՈ

ԷԼԵԿՏՐԱԼՈՒՍԱԶԱՓՈՒԹՅԱՆ ԴԻՍԵԿՏՈՐՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՄԲ

Ա մ փ ո փ ո մ

Դիտարկվում է ֆոտոնների համրման ռեժիմով աստղերի էլեկտրալուսաշափուքյան սխեմեմ լի 610 տիպի դիսեկտորի կիրառմամբ: Նկարագրվում

են սխտեմի կառուցվածքը, նրա աշխատանքի սկզբունքը փորձարկումների մեթոդը և դիտումներից ստացված արդյունքները: Ցույց են տրված դիսեկտորների առավելությունները. որպես լուսաընդունիչների՝ լուսաբազմապատկիչների նկատմամբ:

M. A. MARTIROSIAN, A. F. BEILIN, L. M. KARAMIAN, V. P. LUKIANOV,
N. K. DALINENKO

PHOTOELECTRIC PHOTOMETRY USING THE IMAGE DISSECTOR

Summary.

Star electrophotometer in photo count mode with the use of ЛИ610 type image dissector is considered. The block diagram, principle of operation, test method and the results of observations are given. An advantage of an image dissector as a light sensor over photomultiplier is also discussed.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. H. Eberhardt, The image dissector as an optical tracker. „Opt. track. syst. pros. SPIE Semin., El Paso, Texas 1971“, 1971, pp. 145—151.
2. M. R. Zatzick, Applying digital techniques to photon counting. „Research/Development“, 1970, v. 21, N 11, pp. 16, 20, 22.
3. Н. А. Соболева, А. Е. Меламид, Фотоэлектронные приборы. М., «Высшая школа», 1974, стр. 232—234.

Р. А. ВАРДАНЯН, М. О. ЗАКАРЯН, М. С. МИРЗОЯН

НОВЫЙ МЕТОД ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

В настоящей работе предлагается новый метод цифровой фильтрации и его применение для предварительной обработки (фильтрации) результатов измерений.

Существующие методы обработки данных измерений основываются на использовании среднего значения измеренной величины. Известно, что такой способ обычно дает наилучшее приближение к истинному значению измеряемой величины в том случае, когда результаты измерений распределены по нормальному закону. А в случае, когда распределение измеренных значений отклоняется от нормального закона, оказывается необходимой предварительная обработка данных. В частности, обычно исключаются из дальнейшей обработки результаты измерений, отклоняющиеся более чем на 3σ от среднего. Практика обработки информации, полученной в процессе астрономических наблюдений, показывает, что в некоторых случаях целесообразно исключать из дальнейшей обработки не только те результаты измерений, которые отклоняются от среднего на 3σ , но также и те результаты измерений, которые имеют и меньшие отклонения от среднего. Более того, в ряде случаев целесообразно использовать при обработке результатов астрономических наблюдений не среднее значение, а медиану ряда результатов измерений. Обоснуем это на конкретных примерах.

Допустим имеются наблюдательные данные в виде цифрового ряда. Предлагаемый метод предварительной цифровой фильтрации (ПЦФ) заключается в том, что после фильтрации вновь полученные члены временного ряда равны тому из соседних трех членов ряда, который по своей величине занимает второе место, т. е. медиане. Первые и последние члены нового ряда после фильтрации остаются прежними. Для наглядности приведем пример.

Имеется временной ряд.

$$t=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,$$

(1)

$$X(t)=4, 7, 5, 9, 4, 8, 2, 6, 7, 8.$$

При предварительной цифровой фильтрации первый член нового ряда остается прежним. Место второго члена ряда будет занимать число 5, поскольку из первых трех чисел (4, 7, 5) число 5 по величине занимает среднее место (второе): на месте третьего числа из последующих трех чисел 7, 5, 9 будет число 7 и т. д. Из последних трех чисел (6, 7, 8) ряда девятое место занимает число 7, а последнее число (десятое) остается прежним числом 8 (1) ряда.

Итак, после цифровой фильтрации (ПЦФ) мы получим следующий ряд:

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, \\ X'(t) &= 4, 5, 7, 5, 8, 4, 6, 6, 7, 8 \end{aligned} \quad (2)$$

ПЦФ можно повторить несколько раз.

Пусть результаты измерений распределены не по нормальному закону, а имеются отклонения, связанные, например, с изменением прозрачности атмосферы, изменением чувствительности измерительной аппаратуры и т. д. Математически такой процесс измерения может выразиться нормально распределенными случайными числами, часть которых умножается на некоторый множитель. Для примера рассмотрим 100 нормально распределенных случайных чисел [1], из которых 10, 20, 30, 40, 50% чисел умножены на случайно выбранные числа 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Применим ПЦФ к 10 таким рядам.

На рис. 1 представлена дисперсия средних значений 10 рядов случайных чисел в зависимости от процента их членов (10, 20, 30, 40, 50%), умноженных на случайно выбранные числа 1÷9.

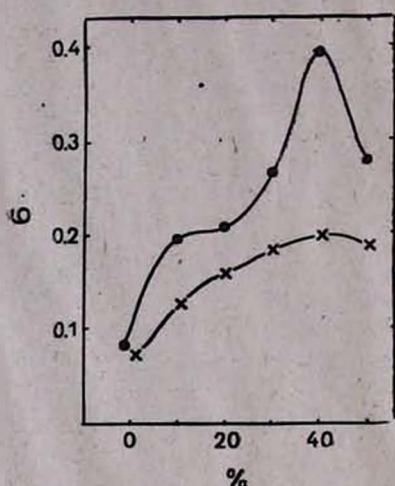


Рис. 1

Из рис. 1 явно видно (см. точки) возрастание дисперсии (σ) средних значений. Крестиками обозначены те же самые зависимости после пятикратной ПЦФ. Отметим, что после двух-пятикратной фильтрации дисперсия средних значений более чем в 1,5 раза уменьшается.

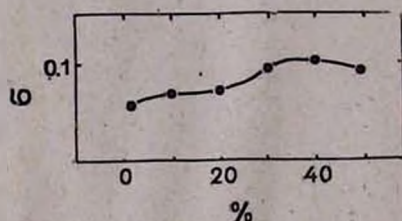


Рис. 2

Дальнейшее ее применение практически не уменьшает дисперсию средних значений.

Для получения средних значений, близких к истинному, целесообразно после первой фильтрации случайным образом переставить местами члены ряда (смешать их) и в каждом ряду заново провести ПЦФ.

Из рис. 2 следует, что для рядов чисел, 10%÷50% которых отклонено от нормально распределенных случайных чисел, средние квадратические отклонения средних от истинного значения после указанной смешанной пятикратной фильтрации мало отличаются от результатов, полученных для нормально распределенных случайных чисел (см. рис. 1, 2). Надо отметить, что в подобных случаях, когда численные ряды содержат грубые отклонения, скользящие цифровые фильтрации (с усреднением трех членов) не уменьшают дисперсию средних значений, поскольку подобная фильтрация не влияет на среднее значение каждого ряда в отдельности. Итак, для получения наилучшей оценки истинного значения измеряемой величины необходимо к численным рядам, содержащим грубые ошибки, применить смешанную ПЦФ.

Очевидно, что в том случае, когда из наблюдений определяется некоторая временная зависимость, как смешанная цифровая фильтрация, так и исключение резко отклоняющихся от среднего результатов измерений (более чем на 3σ) становятся неприменимыми. Здесь целесообразно применять ПЦФ.

Покажем, что ПЦФ действительно имеет преимущество по сравнению со скользящей цифровой фильтрацией в случае, когда некоторая временная функция складывается с шумом. Для этой цели 30% членов нормально распределенных случайных чисел были умножены на числа $1 \div 9$ (случайно) и к полученному цифровому ряду ($n_1, n_2, n_3, \dots, n_{99}, n_{100}$) прибавлено дискретное значение синусоидальной функции с амплитудой $A=1$. Таким образом был получен новый ряд $N_1 = n_1 + \sin[10(1-1)]$, $N_2 = n_2 + \sin[10(2-1)]$, $N_3 = n_3 + \sin[10(3-1)]$, ..., $N_{100} = n_{100} + \sin[10(100-1)]$.

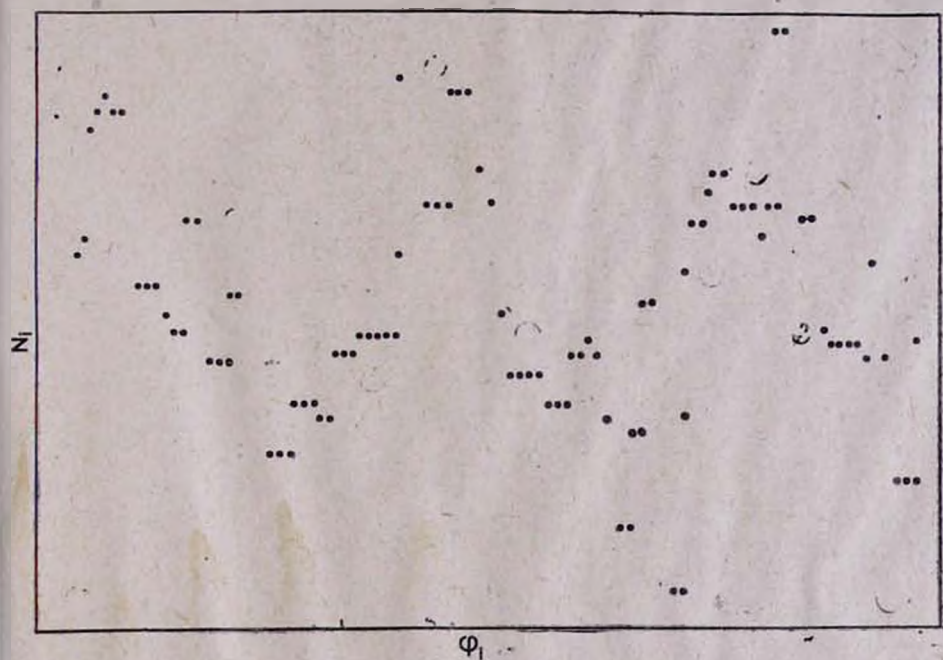


Рис. 3а

К трем группам такого ряда чисел была применена двукратная ПЦФ и скользящая цифровая фильтрация с усреднением трех чисел.

На рис. 3 приведены кривые синусоидальной функции для дискретных значений угла $\varphi_1 = 10^\circ(i-1)$, где $i=1, 2, 3, \dots, 100$, после двукратной ПЦФ, а на рис. 4 те же самые кривые после двукратной скользящей цифровой фильтрации. При этом на рис. 3 и 4: а представляет кривую первой группы цифрового ряда, б—среднее значение соответствующих членов первой и второй группы цифровых рядов, в—среднее значение соответствующих членов первого, второго и третьего цифрового ряда.

При сопоставлении рис. 3 с рис. 4 наблюдается очевидное преимущество ПЦФ относительно скользящей цифровой фильтрации, поскольку в первом случае мы получаем явно выраженную синусоидальную кривую.

Применим предложенный в настоящей работе метод ПЦФ для

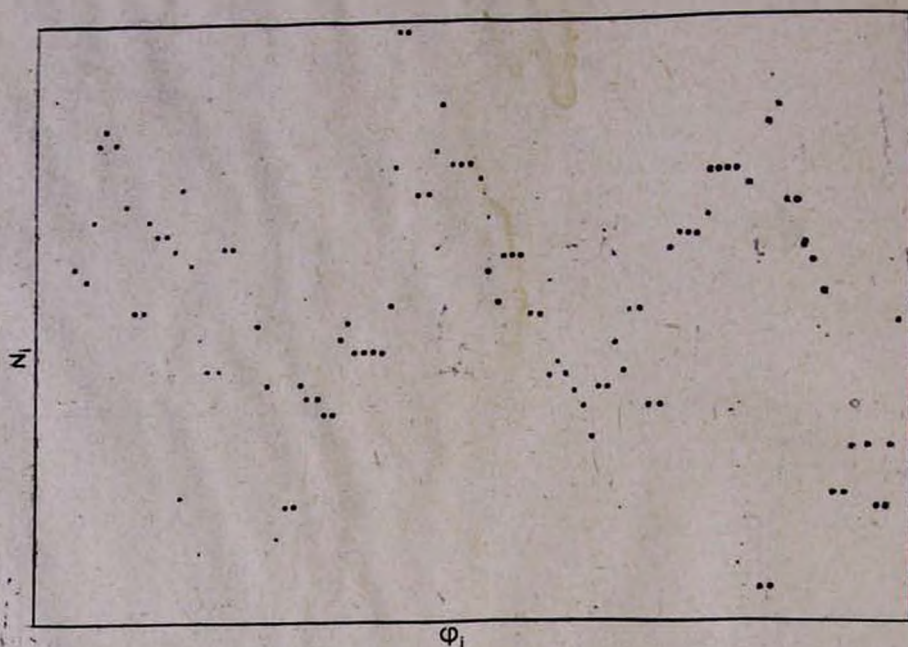


Рис. 36

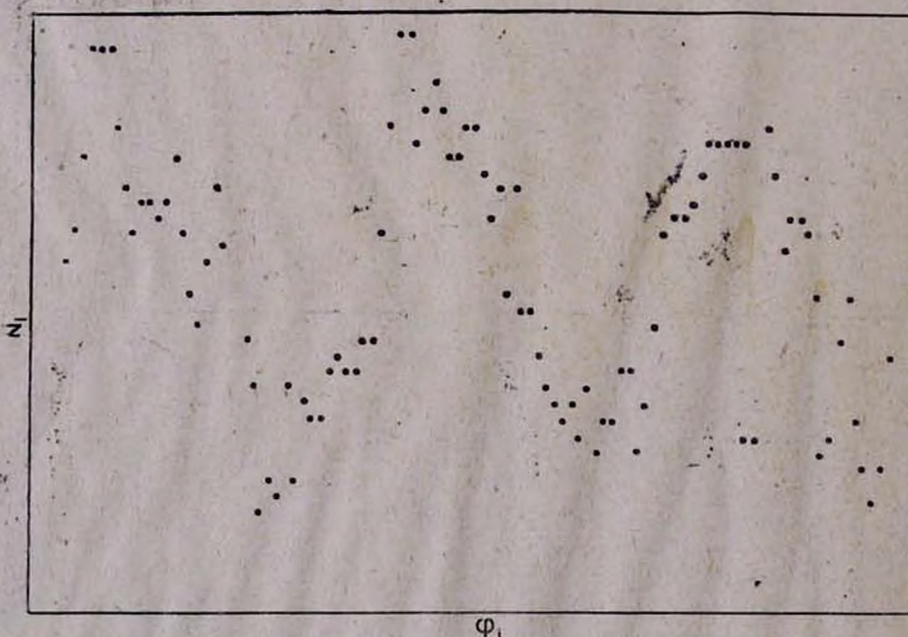


Рис. 36

обработки некоторых наблюдательных данных. Пусть измеряется средний фон ночного неба (в отдельных участках небесной сферы), на который накладывается излучение отдельных звезд, иногда попадающих в диафрагму фотометра.



Ф,
Рис. 4а

Поскольку в данном случае шумы (излучение звезд) односторонне накладываются на излучение фона, увеличивая его среднее значение, то естественно было рассмотреть, с какой точностью ПЦФ исключает ложные односторонние сигналы (излучение звезд). Для этой цели из 25 фотометрических измерений стандартного светового потока 10%, 20%, 30% случайно выбранных членов суммировали со случайными величинами 1σ , 2σ , 3σ , ..., 9σ , где σ — дисперсия измеренных световых потоков.

После усреднения этих данных по группам, в каждой из которых содержалось 25 численных значений, мы получили одностороннее отклонение средних от истинных значений.

Это отклонение в среднем составляло 1.6σ в случае, когда на 30% фотометрических данных были добавлены случайные по величине числа, находящиеся в пределах $1\sigma \div 9\sigma$. Однако после применения смешанной ПЦФ это расхождение составляло 0.4σ , а в 10% случаев — 0.04σ . Это означает, что смешанная ПЦФ почти полностью убирает односторонние шумы.

Теперь применим ПЦФ к наблюдениям фона ночного неба, выполненным в отдельных участках неба, во время сканирования которых в диафрагму фотометра входят звезды, сигналы которых накладываются на фон как односторонние шумы.

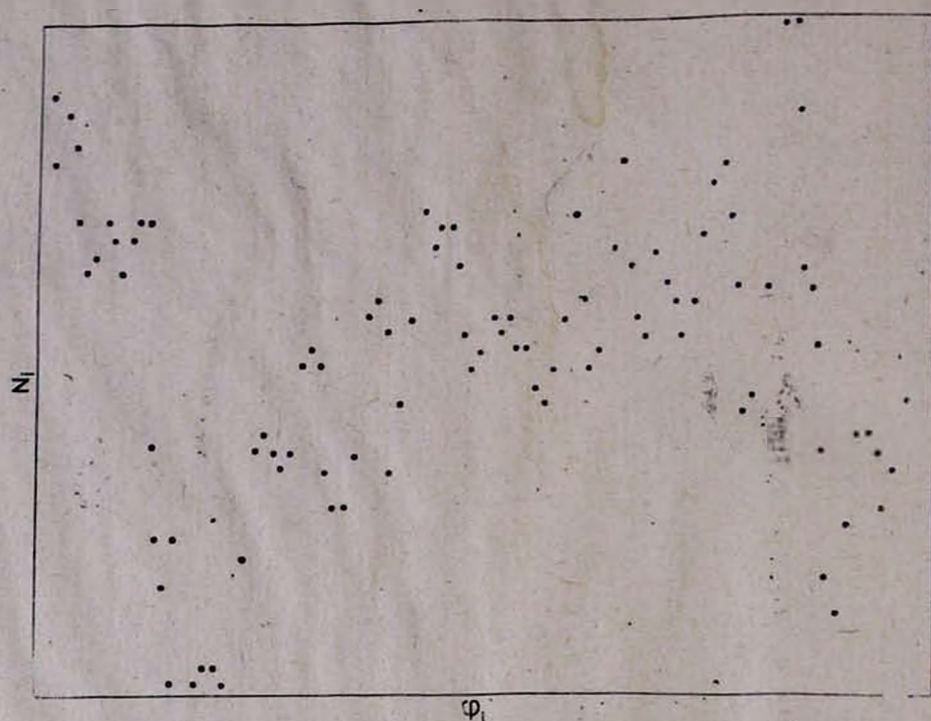


Рис. 4б

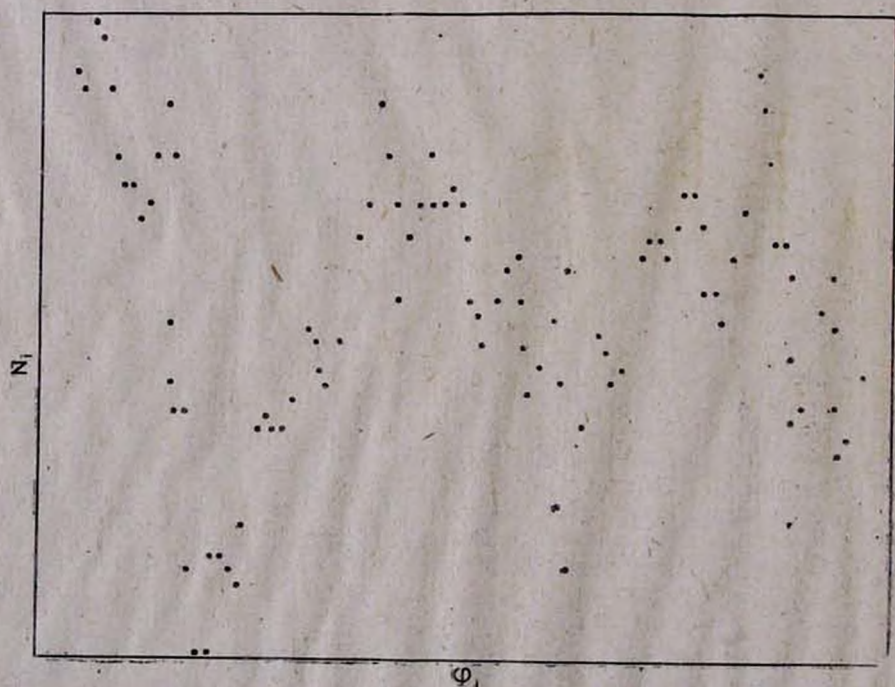


Рис. 4в

Для получения фотометрической информации такого типа с помощью электрофотометра, установленного в фокусе 40 см телескопа системы Кассегрена, было просканировано ночное небо в области Млечного Пути. Сканирование проводилось по углу склонения при остановленном часовом механизме. При том же угле места 20 раз было выполнено по 25 фотометрических измерений. Каждый раз из-за вращения Земли вместе с фоном регистрировались попадающие в диафрагму фотометра новые звезды с различными яркостями. С применением ПЦФ к полученным 20 группам фотометрической информации в отдельности было вычислено среднее значение фона ночного неба. Отметим, что после каждой ПЦФ мы переставляли места членов в рядах случайным образом и заново проводили ПЦФ.

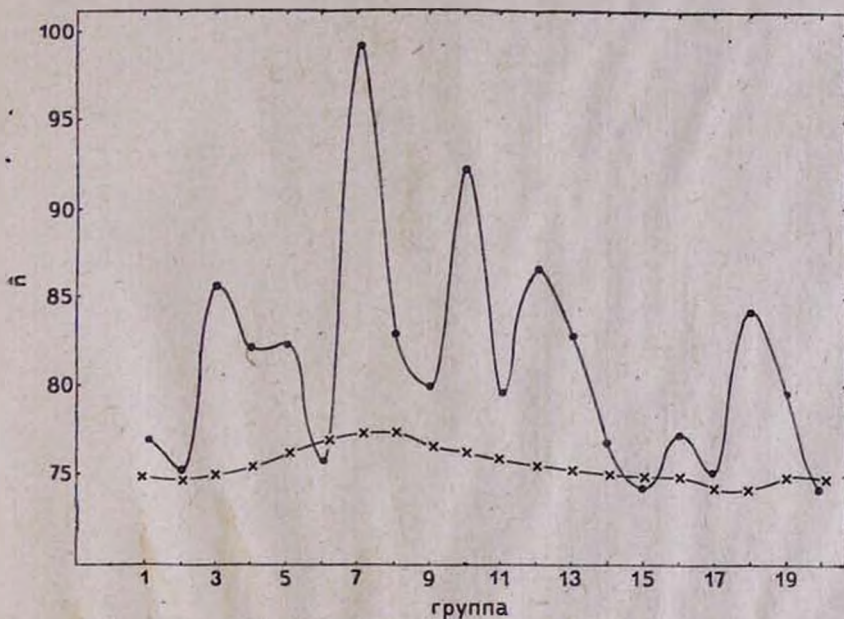


Рис. 5

На рис. 5 приводятся средние значения измерения излучения фоновой звезды (n) для двадцати групп—без фильтрации (точки) и после применения смешанной ПЦФ (крестики). Как видно из рис. 5, преимущество применения ПЦФ очевидно.

С целью применения ПЦФ для фотометрии по нашей просьбе в Институте физики АН Арм. ССР были получены цифровые данные детальной фотометрии в области стандартных звезд Полярного ряда, сфотографированные на фотопластинке.

После детального фотометрирования с шагом 8μ , была получена цифровая матрица, состоящая из 128×128 элементов. С помощью ЭВМ ЕС-1030 была проведена ПЦФ по каждой строке и столбцу матрицы в отдельности. Для определения среднего фона $\bar{D}_f$ и среднеквадратической ошибки фона (дисперсии σ_f) мы поступили следующим образом. Полученную после ПЦФ (без смещения местами членов) фотометрическую цифровую матрицу мы разбили на 256 квадратов, в каждом из которых содержалось 8×8 элементов и было определено среднее значение почернения (D_1) и среднеквадратическое

5 5 6 5
 5745 44 4 5 4 6 5 7
 4 54 4 4 4 4 7 447 5
 445 4556 4 4 4 4 6 4 4
 4 4 4 4 4 4 4
 4 44 4 4 4
 44455 45544 445 5 6 4
 445544 56555 6464 7
 6 5 54 7666 5 76 7
 4 65 4 4 645 688976457455654 8 4 4
 45 4 4 7499AAAAA788887695
 45 555798BBCCBBABAA8A86 8 6
 5 77BABDECFFDDEDBAAB6 5 5 4
 444 659BCBDDFFFFGFEFEDEA858 4
 45 4 484AACCEFFFEFFFEFEEDBB8
 597BBEDEGGFFFFFGGFFFEEDBB 4
 67C8CDEEFGGFFFFFGFGFGEBCB755 544
 5546A8CEFEFFFGHGGGGGFFFEBC8B5745
 4 5 55457C9DEGEFFFGFGGFGFHFFEC98975
 5467 5 4469BADEGFFFGFGGFGFGGFFBAAA6B55 6
 4454 45589DBEDFFFGFGFGGGGGGGFGFDEC87787 4
 4 4 46489CCDEFFFGFGGFGGFGGFFCEC8455A 4
 4 57BACDFEGGGGFGGGGGGGEFCE9A6947 4
 7A7CDFEFGGGGFGGGGFGFEECA9585 5 4
 44 A7CDFFFGFGFGGHFGGFE9C9A4694
 B6DEEFFFGGFGGFGGFFFCDB8845
 5 7 56 5A7BCEFEFFFGHGGFFFEFEDAB59 4
 4 546 486ACDDEEFFFGGFFFEFC9B6A 4
 4 4 5 8ADCFEEFFFGGEEFECC8B649 6
 4 4567689DCEDEEFFFEFGECDC9594 5
 45478CACCEDEDFCECDBC7A 5 5 7 4
 8456ABAADCCCBBA99976574 8
 45989AAAAA8A897B665555 8
 4 5675775887676565955 64 6
 5 477887 54 4 54 8 8 4
 44544 666755 5 4 5 5 5
 4 5567554 4 4 5 5
 5 4 5 6
 4 54 44 6 4
 4 5546 4 4
 475 4 4 5
 554 4 5
 4 5

554
 5554
 444

444
 4
 44
 4

45544
 45544 44 46444 44
 444 45555 566665

445688876555756554
 4454799AAAAA888887654
 55789BBCCBBBAAAA8865
 44 5577ABDDDDDDDDDBAAA66
 44 469ABCDFFFFFFFEEEDB885
 44 458ABCCFFFFFFFEEEDBB8
 579BBDEEGGFFFFFFFFFEBB
 468ACDEEFGGFFFGGGFFEDBB7554444
 45578CCFFFFFFFGGGGGGGFFEC887554
 45579BDEEFFFFFFFGGGGGGGFFEDBA97655
 4455 44569ACDEFFFFFFFGGGGGGGFFECA77554
 4444 44589BCDEFFFFFFFGGGGGGGFFECA76754
 44589BCDDFFFFFFFGGGGGGGFFECA76754
 57ABCDEFFFGGGGGGGGGFFECA98575
 77ACDEFFFGGGGGGGGGFFECA98554
 7ACDEFFFGGGGGGGGGFFEDC99655
 7ACDEEFFFFFFFGGGGFFEDBA9854
 44446ABCEEEFFFFFFFGGFFFEEDBA964
 444468ACDDEFFFFFFFGGFFFEEDCB9964
 44678ACDEEFFFFFFFEEECB864
 44589CDDEEFFFFFFEEDCCA954
 44778ACCCDDEDECDCB99554
 45568AAACCCCBBA97755544
 456899AAAAAA89899965554
 455777788776665655554
 444 6678875444 4444
 566655 4
 566655

44
 44
 4444
 4554
 55
 Рис. 7

отклонение от среднего (дисперсия σ_1). Итак, было получено по 256 новых $\overline{D}_i$, σ_1 элементов ($i=1, 2, \dots, 256$).

Для определения среднего фона ($\overline{D}_\Phi$) и дисперсии ($\overline{\sigma}_\Phi$) из 256

элементов было выделено 20% элементов с минимальными ($\overline{D}_i, \sigma_i$) почернениями и дисперсиями, после чего из выбранных элементов были усреднены отдельно те $\overline{D}_i$ и σ_i , у которых i одинаковы, т. е. они ($\overline{D}_i, \sigma_i$) принадлежат к одним и тем же квадратам. А это означает, что вычисленные средний фон и дисперсия получены из тех квадратов, у которых фон однороден.

Для построения изофот изображения объектов (в цифровом виде) наблюдаемые почернения 128×128 элементов (с учетом среднего фона) были разделены на величину вычисленной средней дисперсии фона и результаты были выведены на АЦПУ вычислительной машины ЕС-1030 (см. рис. 6, 7). На рис. 6 представлены данные без фильтрации, а на рис. 7—с применением ПЦФ.

На рисунках буквами A, B, C, D, E, F, G, H обозначены почернения, превосходящие среднее значение фона на $10\sigma_f, 11\sigma_f, \dots, 17\sigma_f$. Из рис. 6 и 7 следует, что после ПЦФ (рис. 7) мы имеем изображение гораздо контрастнее, чем без фильтрации (рис. 6).

Последнее обусловлено тем, что после ПЦФ дисперсия фона почти в два раза уменьшается.

При ПЦФ количество ложных сигналов уменьшается в несколько раз по сравнению с обычной фильтрацией при том же самом алгоритме обработки.

Итак, предложенная в настоящей работе ПЦФ может быть полезной для предварительной обработки данных наблюдений.

27 июня 1979 г.

Ռ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Մ. Օ. ՋԱԶԱՐԳՅԱՆ, Մ. Ս. ՄԻՐԶՈՅԱՆ

ԹՎԱՅԻՆ ԶՏՄԱՆ ՆՈՐ ԵՂԱՆԱԿԸ ԵՎ ՆՐԱ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բերվում է թվային զտման նոր եղանակը, որը կիրառվում է թվային ինֆորմացիայի նախնական զտում կատարելու համար:

R. A. VARDANIAN, M. H. ZACHARIAN, M. S. MIRZOIAN

A NEW NUMERICAL FILTERING METHOD AND ITS APPLICATION

Summary

A new method of a data processing is described which is applicated for a preliminary filtration of a numerical information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов, Таблицы математической статистики, 433, М., 1965.

Г. А. АРУТЮНЯН

ПРОСТОЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ $r_{III}(x', x, \gamma)$

1. Введение

Как известно, вычисление функции перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$ (здесь и далее мы будем следовать обозначениям, принятым Хаммером в [1]) представляет собой довольно трудоемкую задачу. Указанная функция описывает элементарный процесс перераспределения по частотам и направлениям, когда наряду с доплеровским уширением линии учитывается также затухание вследствие излучения и столкновений, причем предполагается, что столкновения происходят настолько часто, что в системе отсчета, связанной с атомом, имеет место полное перераспределение по частотам. В настоящее время мы располагаем рядом работ, касающихся методов облегченного вычисления закона перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$, среди которых следует отметить работы Рейчела и Вардаваса [2], а также Маньяна [3].

Способ построения $r_{III}(x', x, \gamma)$, предложенный в первой из них, основан на непосредственном вычислении двойного интеграла с помощью квадратурных формул. В работе [3] функция перераспределения разлагается в ряд по некоторой системе функций. Там же разработан метод построения этих функций.

Несколько иным способом подобное разложение получено А. Г. Никогосяном в работе [4]. Это разложение существенным образом облегчает дальнейшие вычисления и позволяет обобщить предложенный ранее в [5—7] метод решения задач об образовании спектральных линий на рассматриваемый нами случай перераспределения по частотам.

В настоящей работе мы укажем на относительно простой путь построения $r_{III}(x', x, \gamma)$, основанный на предложенном в [4] билинейном разложении функции перераспределения, а также получим некоторые асимптотические формулы, которые могут быть использованы для практических целей.

2. Функции перераспределения $r_I(x', x, \gamma)$ и $r_{III}(x', x, \gamma)$

Выражения функции перераспределения по частотам и направлениям для различных механизмов уширения спектральной линии были рассмотрены и подробно изучены в работе Хаммера [1]. Для чисто доплеровского рассеяния закон перераспределения дается выражением

$$r_I(x', x, \gamma) = \frac{1}{\sqrt{\pi} \sin \gamma} \exp \left(- \frac{x'^2 + x^2 - 2x'x \cos \gamma}{\sin^2 \gamma} \right), \quad (1)$$

где x' и x — безразмерные частоты соответственно поглощенного и переизлученного квантов и γ — угол рассеяния.

Если же помимо доплеровского механизма учитывается также пе-

пераспределение, обусловленное затуханием вследствие излучения и столкновений, то имеем

$$r_{\text{III}}(x', x, \gamma) = \frac{\sigma \operatorname{cosec} \gamma}{\pi^{3/2} U(0, \sigma)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-u^2} U(x \operatorname{cosec} \gamma - u \operatorname{ctg} \gamma, \sigma \operatorname{cosec} \gamma)}{(x' - u)^2 + \sigma^2} du. \quad (2)$$

Здесь $\sigma = (\Delta\nu_E + \Delta\nu_c)/\Delta\nu_D$, где $\Delta\nu_D$ и $\Delta\nu_E$ суть доплеровская и естественная полуширины линии, а $\Delta\nu_c$ — полуширина линии, обусловленная столкновениями:

$$U(x, \sigma) = \frac{\sigma}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-u^2} du}{(x - u)^2 + \sigma^2} \quad (3)$$

— функция Фойгта.

Как показано в [4], функцию $r_{\text{III}}(x', x, \gamma)$ можно представить в следующем виде:

$$r_{\text{III}}(x', x, \gamma) = \frac{1}{U(0, \sigma)} \sum_{k=0}^{\infty} \cos^k \gamma \alpha_k(x', \sigma) \alpha_k(x, \sigma), \quad (4)$$

где

$$\alpha_k(x, \sigma) = \frac{\sigma}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\alpha_k(u) du}{(x - u)^2 + \sigma^2}, \quad (5)$$

$$\alpha_k(x) = (2^k \pi^{1/2} k!)^{-1/2} H_k(x) a(x) \quad (6)$$

суть собственные функции ядра $\xi_1(x', x, \gamma) = r_1(x', x, \gamma)/a(x)$; $H_k(x)$ — полиномы Эрмита и $a(x) = \exp(-x^2)$ — контур доплеровского коэффициента поглощения.

В случае, когда важным является выявление лишь частотной зависимости, ограничиваются рассмотрением закона перераспределения, усредненного по углам

$$r(x', x) = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} r(x', x, \gamma) \sin \gamma d\gamma.$$

Для усредненных по направлениям функций перераспределения, соответствующих (1) и (2), будем иметь

$$r_1(x', x) = \int_{|x|}^{\infty} e^{-u^2} du$$

и

$$r_{\text{III}}(x', x) = \frac{1}{\pi^2 U(0, \sigma)} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} f(x', u) f(x, u) du, \quad (7)$$

где $|x| = \max(|x'|, |x|)$ и $f(x, u) = \arctg \frac{x+u}{\sigma} - \arctg \frac{x-u}{\sigma}$.

Нетрудно также убедиться, что $r_{III}(x', x)$ может быть представлено в форме, аналогичной (4)

$$r_{III}(x', x) = \frac{1}{U(0, \sigma)} \sum_{k=0}^{\infty} A_k \alpha_{2k}(x', \sigma) \alpha_{2k}(x, \sigma), \quad (8)$$

где $A_k = 1/(2k+1)$. Разложение (8) впервые было получено Хаммером (см. [1]) непосредственно из формулы (7).

Далее, из (3), (5) и (6) вытекает, что $\alpha_0(x, \sigma) = \pi^{1/4} U(x, \sigma)$. Поэтому, если в суммах (4) и (8) ограничиться лишь первым членом, приходим к случаю полного перераспределения по частотам

$$r_{III}(x', x, \gamma) = r_{III}(x', x) = \frac{U(x', \sigma) U(x, \sigma)}{\sqrt{\pi} U(0, \sigma)}. \quad (9)$$

Устремляя σ к нулю, имеем $\lim_{\sigma \rightarrow 0} \alpha_k(x, \sigma) = \alpha_k(x)$. Тогда разложения (4) и (8) будут описывать случай чисто доплеровского перераспределения.

Функции $\alpha_k(x, \sigma)$, как известно, допускают следующее интегральное представление:

$$\alpha_k(x, \sigma) = (2^k \pi^{1/2} k!)^{-1/2} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \operatorname{Re}(-2i)^k \int_0^{\infty} t^k e^{-t^2 - 2\sigma t + 2ixt} dt. \quad (10)$$

Мальяном в [3] были получены рекуррентные формулы для вычисления $\alpha_k(x, \sigma)$. Однако при вычислениях по этим формулам предполагается знание вспомогательной системы функций

$$\beta_k(x, \sigma) = (2^k \pi^{1/2} k!)^{-1/2} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \operatorname{Im}(-2i)^k \int_0^{\infty} t^k e^{-t^2 - 2\sigma t + 2ixt} dt. \quad (11)$$

Надо отметить, что функции $\beta_k(x, \sigma)$ также допускают представление, аналогичное (5):

$$\beta_k(x, \sigma) = \frac{\sigma}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\beta_k(u) du}{(x-u)^2 + \sigma^2},$$

где $\beta_k(x) = (2^k \pi^{1/2} k!)^{-1/2} N_k(x)$, а $N_k(x)$ известны как функции Эрмита второго рода (см., напр., [8]).

Не останавливаясь на деталях, заметим лишь, что при таком подходе необходимо заранее протабулировать функции $\alpha_0(x, \sigma)$ и $\beta_0(x, \sigma)$, построение которых является предметом отдельной задачи.

Мы будем строить функции $\alpha_k(x, \sigma)$, придерживаясь другого, более простого, по нашему мнению, метода, предложенного Хаммером в [1] для усредненного по углам закона $r_{III}(x', x)$ и не требующего построения вспомогательных функций $\beta_k(x, \sigma)$. Указанный подход, к тому же, предоставляет возможность изучения асимптотического поведения функции перераспределения.

В формуле (10) разложим экспоненту $e^{-2\sigma t}$ в степенной ряд. Тогда получим

$$a_k(x, \sigma) = (2^{k+1/2} k!)^{-1/2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(i\sigma)^{2m}}{(2m)!} \left[M_{k+2m}(x) - (-1)^k \frac{\sigma}{2m+1} N_{k+2m+1}(x) \right], \quad (12)$$

где введены следующие обозначения:

$$M_k(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \operatorname{Re}(-2t)^k \int_0^{\infty} t^k e^{-t^2+2ixt} dt \quad (13)$$

и

$$N_k(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \operatorname{Im}(-2t)^k \int_0^{\infty} t^k e^{-t^2+2ixt} dt. \quad (14)$$

Из (13) и (14) можно получить следующие рекуррентные соотношения:

$$M_{k+1}(x) = 2xM_k(x) - 2kM_{k-1}(x), \quad (15)$$

$$N_{k+1}(x) = 2xN_k(x) - 2kN_{k-1}(x). \quad (16)$$

Первые четыре функции $M_k(x)$ и $N_k(x)$ имеют вид

$$M_0(x) = \exp(-x^2), \quad M_1(x) = 2xM_0(x),$$

$$N_0(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} F(x), \quad N_1(x) = 2xN_0(x) - \frac{2}{\sqrt{\pi}},$$

где

$$F(x) = \int_0^{\infty} e^{-t^2} \sin 2xt dt = e^{-x^2} \int_0^x e^{t^2} dt \quad (17)$$

— функция Дайсона, являющаяся решением следующей задачи Коши:

$$F'(x) = 1 - 2xF(x) \quad (18)$$

с начальным условием $F(0)=0$. Вопрос о вычислении функции $F(x)$ обсуждается, например, в работе Хаммера [9]. Ссылки по вопросу построения функции Дайсона можно найти также в [1].

3. Зависимость функции перераспределения от x

Учитывая асимптотическое поведение функции Дайсона

$$F(x) \approx \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n)!}{2^{2n+1} n! x^{2n+1}}, \quad (19)$$

нетрудно получить, что

$$N_k(x) \approx \frac{(-1)^k}{\sqrt{\pi} x^{k+1}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+k)!}{2^{2n} n! x^{2n}}, \quad |x| \rightarrow \infty \quad (20)$$

Что же касается функций $M_k(x)$, то они задаются простым выражением $M_k(x) = H_k(x) \exp(-x^2)$ и для больших x ими можно пренебречь. Тогда получаем

$$z_k(x, \sigma) \approx \frac{\sigma}{\sqrt{\pi} x^{k+2}} (2^k \pi^{1/2} k!)^{-1/2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+k+1)!}{x^{2n}} \sum_{m=0}^n \frac{(-1)^m \sigma^{2m}}{2^{2(n-m)} (2m+1)! (n-m)!}, \quad (21)$$

которое при $k=0$ переходит в известное (см. [10], [11]) асимптотическое выражение для функции Фойгта:

$$\pi^{-1/4} U(x, \sigma) = z_0(x, \sigma) \approx \frac{\sigma}{\pi^{3/4} x^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+1)!}{x^{2n}} \sum_{m=0}^n \frac{(-1)^m \sigma^{2m}}{2^{2(n-m)} (2m+1)! (n-m)!}. \quad (22)$$

Для больших x (21) является довольно хорошим приближением. Следует заметить, что с ростом x функции $z_k(x, \sigma)$ ($k \neq 0$) убывают быстрее, чем $z_0(x, \sigma)$, и с большой точностью можно пренебречь остальными членами в суммах (4) и (8). Тогда, как уже было сказано выше, приходим к случаю полного перераспределения по частотам. Если же под знаком суммирования по n в (22) ограничиваться лишь первым членом, то есть, если принять, что при $|x| \rightarrow \infty$, $z_0(x, \sigma) \approx \pi^{-3/4} \sigma / x^2$, то получим

$$r_{III}(x', x, \gamma) = r_{III}(x', x) \approx \frac{\pi^{-3/2}}{U(0, \sigma)} \frac{\sigma^2}{x'^2 \cdot x^2}. \quad (23)$$

С другой стороны, легко видеть, что для малых σ и при значениях x , меньших некоторого x_k , в сумме (12) можно ограничиться первым слагаемым. Тогда $z_k(x, \sigma) \approx z_k(x)$ и в интервале частот $[-\underline{x}, \underline{x}]$ ($\underline{x} = \min\{|x_k|\}$) имеет место следующее приближенное равенство:

$$r_{III}(x', x, \gamma) \approx r_I(x', x, \gamma). \quad (24)$$

Таким образом, из (23) и (24) следует, что процесс рассеяния излучения, представляемый функцией $r_{III}(x', x, \gamma)$, в зависимости от σ и γ , может быть достаточно хорошо описан в центральных частотах линии доплеровским перераспределением по частотам и направлениям, а в далеких крыльях — полным перераспределением при лоренцовском профиле.

4. Зависимость функции перераспределения от угла рассеяния γ и параметра σ

В зависимости от значения угла рассеяния функция перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$ изменяется в очень больших пределах. С точки зрения вычислений, наиболее простым является тот случай, когда переизлученный квант рассеивается под прямым углом к первоначальному направлению. При этом, как известно, отсутствует корреляция между частотами поглощенного и излученного квантов, и мы приходим к формуле (9). Тогда функция перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$ (как и $r_I(x', x, \gamma)$) независимо от частоты поглощенного кванта x' имеет единственный максимум на частоте $x=0$, что следует из выражения (9) и обусловлено поведением контура поглощения.

Если же $\gamma \neq \pi/2$, в разложении (4) суммируются все слагаемые и возникает частичная когерентность. Функция $r_I(x', x, \gamma)$, как это нетрудно видеть непосредственно из формулы (1), при фиксированном значении x' имеет максимум на частоте

$$x = x' \cos \gamma. \quad (25)$$

Но для частот $x' \in [-\underline{x}, \underline{x}]$ выполняется равенство (24) и, следова-

тельно, в этом интервале $r_{III}(x', x, \gamma)$ также имеет максимумы на частотах, которые определяются выражением (25). В случае же, когда $x' \in [-x, x]$, максимум функции перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$ с ростом $|x'|$ перемещается в центр линии, поскольку в этом случае справедливы соотношения (9) и (23).

Для значений γ , близких к нулю, начинает сказываться то обстоятельство, что рассматриваемые нами функции перераспределения $r_I(x', x, \gamma)$ и $r_{III}(x', x, \gamma)$ описывают элементарные акты рассеяния, принципиально отличающиеся друг от друга уже в системе отсчета, связанной с атомом. Из (1) легко видеть, что

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} r_I(x', x, \gamma) = a(x') \delta(x' - x). \quad (26)$$

Заметим, что (26) справедливо лишь потому, что в системе атома имеет место когерентное рассеяние.

Действительно, если ν_0 — центральная частота линии, v — скорость теплового движения атома в системе отсчета наблюдателя, $\Delta\nu$ и $\Delta\xi$ — смещения частоты кванта после переизлучения соответственно в системах отсчета наблюдателя и атома, то нетрудно видеть (ср., напр., с [1]), что

$$\Delta\nu = \Delta\xi + 2 \frac{\nu_0}{c} \vec{n} \cdot \vec{v} \sin \frac{\gamma}{2}, \quad (27)$$

где $\vec{n}$ — некоторый единичный вектор, связанный с направлениями поглощенного и переизлученного квантов.

Из (27) видно, что при $\gamma = 0$ когерентность в лабораторной системе может быть наблюдаема только тогда, когда $\Delta\xi = 0$, т. е., если в системе атома происходит когерентное рассеяние. Но если в системе атома имеет место полное перераспределение по частотам и, вообще говоря, $\Delta\xi \neq 0$, что характерно для закона перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$, то когерентность не может быть наблюдаема.

Чтобы получить значение функции перераспределения $r_{III}(x', x, \gamma)$ при $\gamma = 0$, заметим, что она допускает следующее представление:

$$r_{III}(x', x, \gamma) = \frac{\sigma^2}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{du}{(x' - u)^2 + \sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{r_I(u, t, \gamma)}{(x - t)^2 + \sigma^2} dt, \quad (28)$$

которое получено в работе [4]. Устремляя в (28) γ к нулю и учитывая (26), получим

$$r_{III}(x', x, 0) = \frac{\sigma^2}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{a(u) du}{[(x - u)^2 + \sigma^2][(x' - u)^2 + \sigma^2]}. \quad (29)$$

Как легко видеть, правая часть соотношения (29) лишь при $\sigma = 0$ выражается через δ -функцию.

Нетрудно также убедиться, что с ростом параметра σ интервал $[-x, x]$ уменьшается, и при $\sigma \rightarrow \infty$ мы приходим к полному перераспределению при лоренцовском профиле поглощения.

5. Численные результаты

В качестве иллюстрации мы здесь приведем некоторые результа-

ты вычислений, выполненных с помощью формул (4) и (8). Для наглядности приведены графики функций перераспределения в различных приближениях, т. е., когда бесконечная сумма заменяется соответствующей конечной суммой.

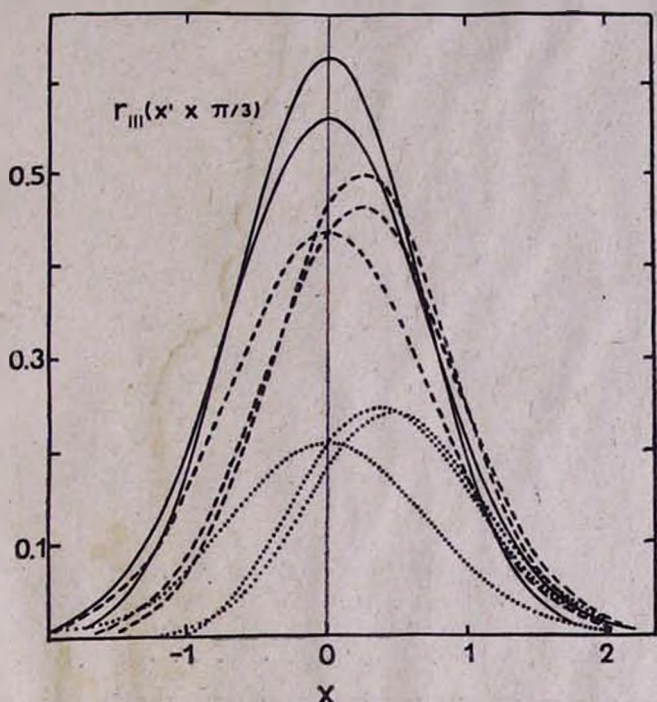


Рис. 1. Функция перераспределения $\Gamma_{III}(x', x, \pi/3)$ в I, II и IV приближениях, при $\sigma=10^{-2}$.
 — $x'=0$, — — — $x'=0,5$; $x'=1,0$

На рис. 1 показаны графики функции $\Gamma_{III}(x', x, \pi/3)$ при малых значениях фиксированного аргумента x' . Учитывая, что первое приближение соответствует полному перераспределению по частотам, можно проследить за ходом изменения функции перераспределения, когда к сумме (4) добавляются новые слагаемые и возникает частичная когерентность. Как видно, при этом максимумы функции перераспределения перемещаются в сторону $x=x'\cos\gamma$, т. е. определяются соотношением (25), справедливым для доплеровского рассеяния.

Для сравнения на рис. 2 приведены графики функции перераспределения при доплеровском рассеянии. На рисунке показаны графики функции $\Gamma_I(x', x, \pi/3)$ лишь при полном перераспределении и графики, построенные с помощью точной формулы (1).

Как можно заключить из рис. 3, на котором приведены графики функции $\Gamma_{III}(x', x, \pi/3)$ для больших значений x' , квант с наибольшей вероятностью переизлучается вблизи центра линии независимо от частоты поглощенного кванта x' . Надо заметить, что максимум функции перераспределения с ростом x' все больше перемещается к центру линии, что вытекает из формул (9) и (23).

На рис. 4 приведены графики усредненных по углам функций перераспределения $\Gamma_I(x', x)$ и $\Gamma_{III}(x', x)$ при малых значениях фиксированного аргумента x' .

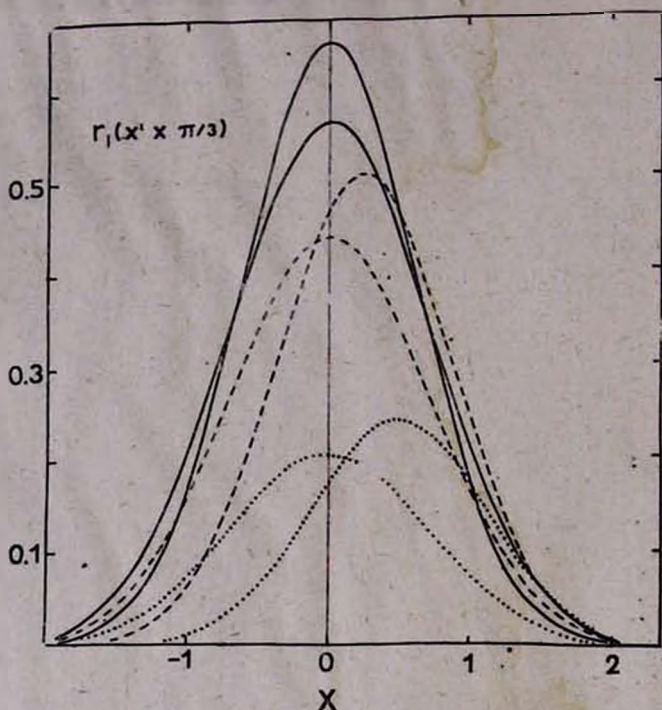


Рис. 2. Функции перераспределения $\Gamma_1(x', x, \pi/3)$. Приведены графики функции при истинном законе (формула (1)) и при полном перераспределении (1 приближение).
 — $x'=0$; — $x'=0.5$; $x'=1.0$.

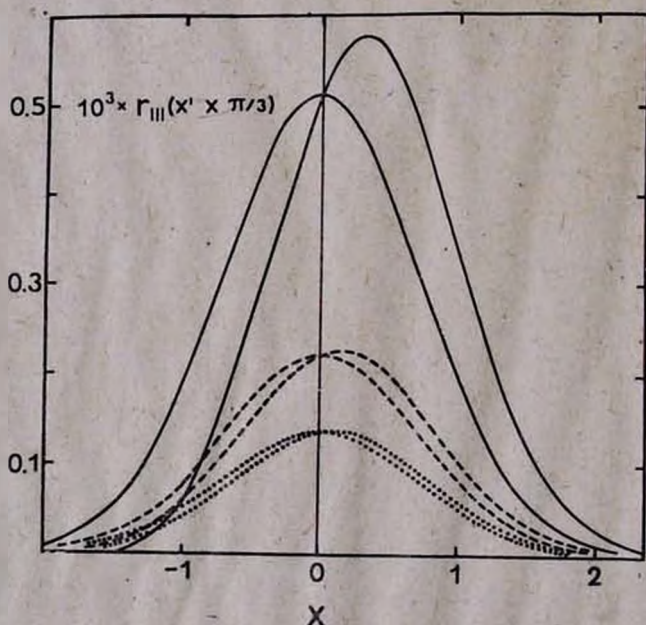


Рис. 3. Функция перераспределения $\Gamma_{III}(x', x, \pi/3)$ при больших значениях x' и $\sigma=10^{-2}$. Приведены графики функции лишь в I и II приближениях, поскольку в этом случае закон $\Gamma_{III}(x', x, \gamma)$ мало отличается от полного перераспределения.
 — $x'=3$; — $x'=4$; $x'=5$.

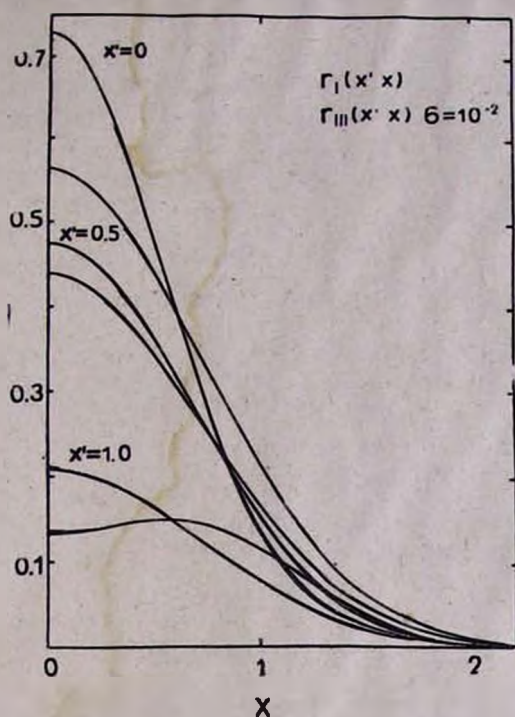


Рис. 4. Усредненная по углам функция перераспределения. Приведены графики функции в I и IV приближениях.

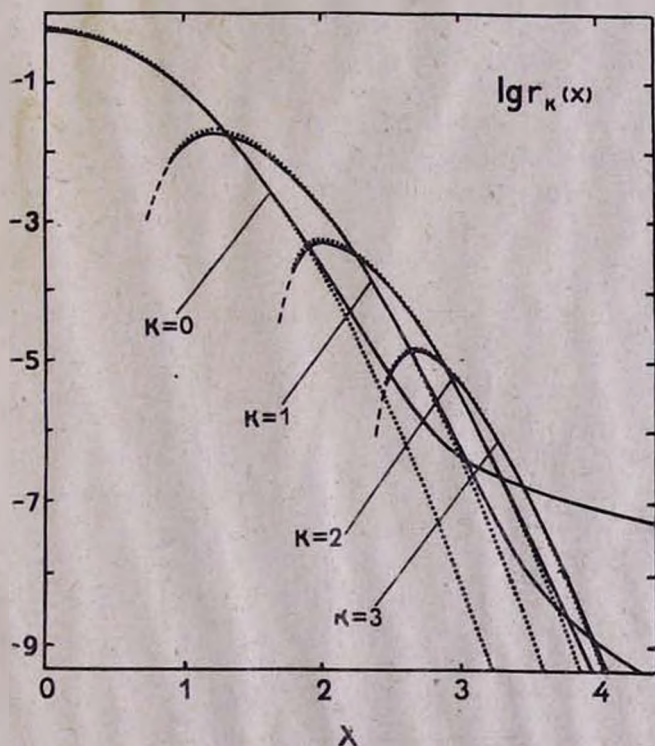


Рис. 5. Функция $r_K(x)$. — $\sigma = 10^{-2}$; $\sigma = 0$.

Доминирующую роль первого слагаемого в сумме (8) в далеких крыльях можно установить также с помощью графиков на рис. 5, где построены следующие функции: $r_k(x) = A_k x_k^2(x, \sigma)$ для фойгтовского и доплеровского законов рассеяния. Как легко видеть, для любого k при доплеровском законе перераспределения всегда найдется некоторое x_k такое, что

$$r_{k+1}(x) > r_k(x), \text{ при } |x| > x_k. \quad (30)$$

Неравенство (30) непосредственно следует из самого определения функций $x_k(x)$.

Что же касается фойгтовского закона рассеяния, то здесь наблюдается противоположная, в некотором смысле, картина. Как видно из графиков и согласно формуле (27), в этом случае для любого k можно найти такое x_k , что

$$r_{k+1}(x) < r_k(x) < \dots < r_0(x), \text{ при } |x| > x_k. \quad (31)$$

Автор выражает свою искреннюю признательность А. Г. Никогосяну за обсуждение полученных результатов и ценные замечания.

9 октября 1978 г.

Հ. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

$r_{III}(x', x, \gamma)$ ՎԵՐԱԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՆԿՑԻԱՅԻ ԿԱՌՈՒՅՄԱՆ ՊԱՐԶ ԵՂԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ո մ

Առաջարկվում է $r_{III}(x', x, \gamma)$ վերաբաշխման ֆունկցիայի հաշվման համեմատաբար պարզ եղանակ: Ֆունկցիայի ասիմպտոտային վարքը նկարագրելու համար ստացված են բանաձևեր, որոնք կարող են օգտագործվել գործնական նպատակների համար: Առանձին քննարկված է տարբեր ֆիզիկական գործոններից վերաբաշխման ֆունկցիայի ունեցած կախման հարցը: Բերված են թվային հաշվարկների արդյունքներ:

H. A. HARUTHYUNIAN

A SIMPLE METHOD FOR THE EVALUATION OF THE REDISTRIBUTION FUNCTION $r_{III}(x', x, \gamma)$.

Summary

A relatively simple method for the evaluation of the redistribution function $r_{III}(x', x, \gamma)$ is suggested. This function assumes completely non-coherent scattering in the atom's frame. Useful from the point of view of the practical applications asymptotical formulae are obtained. The dependence of the redistribution function on the various parameters is investigated. The results of the numerical calculations are also given.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. G. Hummer. MNRAS, 125, 21, 1962.
2. A. Reichel and I. M. Vardavas, JQSRT, 15, 929, 1975.

3. *C. Magnan*, JQSRT, 15, 979, 1975.
4. *А. Г. Никогосян*, ДАН СССР, 235, 786, 1977.
5. *А. Г. Никогосян, Г. А. Арутюнян*, ДАН СССР, 229, 583, 1976.
6. *Н. А. Haruthyunian and A. G. Nikoghossian*, JQSRT, 19, 135, 1978.
7. *А. Г. Никогосян, Г. А. Арутюнян*, Астрофизика, 14, 393, 1978.
8. *Н. Н. Лебедев*, Специальные функции и их приложения, М., Гостехиздат, 1953.
9. *D. G. Hummer*, Mem. RAS, 70, 1, 1965.
10. *G. N. Plass and D. I. Fluel*, Ac. J., 117, 225, 1953.
11. *Д. И. Нагирнер*, Труды АО ЛГУ. 31, 1, 1975.

О. В. ПИКИЧЯН

СВЕЧЕНИЕ СРЕДЫ, ОСВЕЩЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЛУЧАМИ, ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ ЗАКОНЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ЧАСТОТАМ

1. Введение

Задача свечения среды при освещении параллельными лучами является одной из классических задач теоретической астрофизики. Решение этой задачи, полученное применением принципа инвариантности Амбарцумяна, в случае монохроматического изотропного рассеяния в полубесконечной плоско-параллельной среде имеет вид [1, 2]

$$\rho(\zeta, \eta) = \frac{\lambda}{2} \eta \frac{\varphi(\eta) \cdot \varphi(\zeta)}{\eta + \zeta}, \quad (A)$$

где $\rho(\zeta, \eta)$ —функция диффузного отражения в вероятностном представлении, $\text{arccos} \zeta$ и $\text{arccos} \eta$, соответственно, углы падения и отражения, λ —вероятность выживания кванта при элементарном акте рассеяния, $\varphi(\eta)$ —известная функция Амбарцумяна, удовлетворяющая функциональному уравнению

$$\varphi(\eta) = 1 + \frac{\lambda}{2} \eta \varphi(\eta) \int_0^1 \frac{\varphi(\mu)}{\eta + \mu} d\mu. \quad (B)$$

Результат (А, Б) позволяет: а) определить отражательную способность среды без вычисления величин, характеризующих световой режим внутри среды, б) выразить искомую функцию многих переменных через функцию, зависящую от меньшего количества аргументов.

В дальнейшем эта задача была обобщена Соболевым на случай полностью некогерентного рассеяния [3]. При рассмотрении же общего случая некогерентного рассеяния с произвольным законом перераспределения излучения по частотам задача сильно усложняется. Поэтому при решении этой задачи было использовано представление функции перераспределения в виде билинейного разложения по некоторой системе ортонормированных функций [4].

В настоящей заметке мы покажем, что физика задачи допускает обобщение (А, Б) на случай некогерентного рассеяния с произвольным законом перераспределения по частотам без какого-либо разложения или специфического представления функции перераспределения. При этом оба вышеуказанные преимущества а) и б) сохраняются. Ключом этого обобщения является введение понятия вероятности выхода излученного кванта и применение принципа обратимости оптических явлений.

Для большей наглядности будем исходить из вероятностной трактовки явлений переноса, предложенной Соболевым в [5].

2. Вероятность выхода излученного кванта

В астрофизике представляет особенный интерес интенсивность выходящего из среды излучения. При наличии в среде произвольных первичных источников энергии, мощность которых характеризуется величиной $Q(\tau, x)$, выходящую интенсивность можно находить, следуя Соболеву, из выражения (см. [6], гл. VIII, §4):

$$I(0, x, \eta) = \int_{-\infty}^{\infty} dx' \int_0^{\infty} L(\tau, x') P(\tau, x', x, \eta) \frac{d\tau}{\eta} + \int_0^{\infty} Q(\tau, x) e^{-\frac{x(x)}{\eta}} \frac{d\tau}{\eta}, \quad (1)$$

где

$$L(\tau, x) = \alpha(x) \int_0^{\infty} E_1(|\tau - t| \cdot \alpha(x)) Q(t, x) dt, \quad (2)$$

$P(\tau, x', x, \eta) dx d\eta$ — вероятность того, что квант безразмерной частоты x' , поглощенный на глубине τ полубесконечной плоскопараллельной среды в процессе диффузии выйдет из среды в частотном интервале $[x, x + dx]$, в направлении η , в телесном угле $2\pi d\eta$. Из соотношения (2) видно, что при определении выходящего излучения посредством вероятности выхода поглощенного кванта, нужно определить функцию $L(\tau, x)$, т. е. необходимо предварительно интегрировать мощность источников $Q(\tau, x)$ по всем глубинам. Если же вместо P ввести аналогичную вероятность $G_0(\tau, x', x, \eta)$ для кванта первоначально уже излученного (изотропно) на глубине τ , то необходимость определения $L(\tau, x)$ отпадает

$$I(0, x, \eta) = \int_{-\infty}^{\infty} dx' \int_{-\infty}^{\infty} Q(\tau, x') G_0(\tau, x', x, \eta) \frac{d\tau}{\eta} \quad (3)$$

(следует отметить, что введенная величина $G_0(\tau, x', x, \eta)$ является нулевым моментом по углу поверхностной функции Грина [11, 12] $G_0 = \int_0^1 G(0, \tau; x', \zeta, \tau, \eta) d\zeta$). Очевидно, что

$$P(\tau, x_1, x_2, \eta) = \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} g(x_1, x) G_0(\tau, x, x_2, \eta) dx, \quad (4)$$

где $g(x_1, x) dx$ — представляет собой вероятность того, что поглощенный квант частоты x_1 будет переизлучен в интервале частот $[x, x + dx]$. Подставляя формулу (2) в выражение (1) и сравнивая с (3), можно выразить также функцию G_0 через P

$$G_0(\tau, x_1, x_2, \eta) = \delta(x_1 - x_2) e^{\frac{-\alpha(x_1)}{\eta} \tau} + \alpha(x_1) \int_0^\tau E_1(\tau - t | \alpha(x_1)) P(t, x_1, x_2, \eta) dt. \quad (4a)$$

Это выражение следует также непосредственно из физических соображений, если исходить из вероятностного смысла функций G_0 , P и ядра E_1 . С учетом формулы (4) выражение (4a) превращается в интегральное уравнение для G_0 , которое приведено ниже (смотри формулу (14)) из физических соображений. В случае когерентного рассеяния (при этом $g(x, x') = \delta(x - x')$) из (4) имеем:

$$P(\tau, x_1, x_2, \eta) = \frac{\lambda}{2} G_0(\tau, x_1, x_2, \eta).$$

Отсюда видно, что величины P и G_0 совпадают с точностью до множителя $\frac{\lambda}{2}$, поэтому отпадает необходимость использования формулы

(2), т.е. интегрирования величины Q по оптической глубине и использование величин P или G_0 в формуле (3) в равной мере оправдано. В общем же случае некогерентного рассеяния различие между величинами G_0 и P существенно (смотри формулу (4)), поэтому целесообразно использовать именно вероятность выхода первоначально излученного кванта. Отметим также, что $(1/\eta)G_0(\tau, x_1, x_2, \eta)$ представляет собой интенсивность выходящего излучения, если в среде на глубине τ имеется плоский изотропный монохроматический источник единичной мощности. Для функции G_0 с помощью принципа инвариантности можно получить дифференциальное уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial G_0(\tau, x, x_2, \eta)}{\partial \tau} = & -\frac{\alpha(x_2)}{\eta} G_0(\tau, x, x_2, \eta) + \\ & + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x'', x_2, \eta) dx'' \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') \Phi(\tau, x, x') dx'. \end{aligned} \quad (5)$$

В уравнении (5) $\alpha(x)$ — профиль коэффициента поглощения, $r(x', x'') = \alpha(x')g(x', x'')$, а также обозначено:

$$\varphi(x', x, \eta) = G_0(0, x', x, \eta) \quad (6)$$

$$\Phi(\tau, x, x') = \int_0^1 G_0(\tau, x, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}. \quad (7)$$

Для определения $\Phi(\tau, x, x')$ из (5) и (7) нетрудно получить уравнение

$$\Phi(\tau, x_1, x_2) = K(\tau, x_1, x_2) + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^\tau K(\tau - t, x'', x_2) \Phi(t, x_1, x') dt, \quad (8)$$

где

$$K(\tau, x_1, x_2) = \int_0^1 \varphi(x_1, x_2, \mu) e^{\frac{-a(x_2)}{\mu} \tau} \frac{d\mu}{\mu}. \quad (9)$$

В случае же слоя конечной оптической толщины τ_0 , для соответствующей величины $G_0(\tau, \tau_0, x_1, x_2, \eta)$ из принципа инвариантности вытекают уже два дифференциальных уравнения

$$\begin{aligned} \frac{\partial G_0}{\partial \tau} + \frac{\partial G_0}{\partial \tau_0} = & -\frac{a(x_2)}{\eta} G_0 + \\ & + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) r(x', x'') dx' dx'' \int_0^1 G_0(\tau, \tau_0, x_1, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{\partial G_0}{\partial \tau_0} = \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) r(x', x'') dx' dx'' \int_0^1 G_0(\tau_0 - \tau, \tau_0, x_1, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}, \quad (11)$$

где

$$\varphi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = G_0(0, \tau_0, x_1, x_2, \eta), \quad (12)$$

$$\psi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = G_0(\tau_0, \tau_0, x_1, x_2, \eta). \quad (13)$$

Для решения основной задачи нам помимо дифференциальных уравнений для G_0 понадобятся также соотношения взаимности, к выводу которых мы и переходим.

3. Соотношения взаимности

Функция G_0 удовлетворяет некоторому соотношению взаимности, которое выражает „принцип обратимости“ для этой величины. Рассмотрим „оптически обратную“ к $G_0(\tau, x_1, x_2, \eta) dx_2 d\eta$ функцию $\bar{G}_0(\tau, x_1, x_2, \eta) dx_1 d\tau$, представляющую собой вероятность того, что падающий на границу среды квант с частотой x_2 под углом аггосов η к нормали, вообще говоря после рассеяний, будет поглощен на глубине между τ и $\tau + d\tau$ с частотой, заключенной между x_1 и $x_1 + dx_1$. Величины G_0 и $\bar{G}_0$, очевидно, удовлетворяют следующим интегральным уравнениям:

$$\begin{aligned} G_0(\tau, x_1, x_2, \eta) = & e^{\frac{-a(x_1)}{\eta} \tau} \delta(x_1 - x_2) + \\ & + \frac{\lambda}{2} a(x_1) \int_0^{\infty} E_1(|t - \tau| \cdot a(x_1)) dt \int_{-\infty}^{\infty} G_0(t, x', x_2, \eta) g(x_1, x') dx', \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \bar{G}_0(\tau, x_1, x_2, \eta) = & \frac{a(x_2)}{\eta} e^{\frac{-a(x_2)}{\eta} \tau} \delta(x_1 - x_2) + \\ & + \frac{\lambda}{2} a(x_1) \int_0^{\infty} E_1(|t - \tau| \cdot a(x_1)) dt \int_{-\infty}^{\infty} \bar{G}_0(t, x', x_2, \eta) g(x', x_1) dx'. \end{aligned} \quad (15)$$

Учитывая частотную симметрию элементарного акта рассеяния $\alpha(x_1)g(x_1, x_2) = \alpha(x_2)g(x_2, x_1)$, затем имея в виду, что интересующие нас решения уравнений (14—15) должны быть ограничены при $\tau \rightarrow \infty$, и сравнивая уравнения между собой, приходим к искомому соотношению взаимности

$$\tau \bar{G}_0(\tau, x_1, x_2, \eta) = \alpha(x_1)G_0(\tau, x_1, x_2, \eta). \quad (16)$$

Пусть на границу полубесконечной плоскопараллельной среды падает квант безразмерной частоты x_1 , под углом $\arccos \tau$ к нормали. Вероятность того, что этот квант диффузно отразится от среды с частотой, заключенной между x_2 и $x_2 + dx_2$ в направлении $\arccos \eta$, внутри телесного угла $2\pi d\eta$ можно выразить посредством величин G_0 и $\bar{G}_0$ соотношениями:

$$\rho(x_1, \tau, x_2, \eta) = \frac{\lambda}{2\tau} \int_{-\infty}^{\infty} r(x_1, x) dx \int_0^{\infty} e^{-\frac{\alpha(x_1)}{\tau}} \tau G_0(\tau, x, x_2, \eta) d\tau, \quad (17)$$

$$\rho(x_1, \tau, x_2, \eta) = \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, x_2) dx \int_0^{\infty} e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\eta}} \bar{G}_0(\tau, x, x_1, \tau) d\tau. \quad (18)$$

Сравнивая между собой (17—18) и учитывая (16), получаем соотношение „обратимости“ для функции отражения в виде

$$\rho(x_1, \tau, x_2, \eta) = \eta \rho(x_2, \eta, x_1, \tau). \quad (19)$$

Аналогично доказывается „обратимость“ и для функций диффузного отражения $\rho(x_1, \zeta, x_2, \eta; \tau_0)$ и пропускания $\sigma(x_1, \zeta, x_2, \eta; \tau_0)$ слоя конечной оптической толщины.

4. Диффузное отражение от полубесконечной среды

Перепишем уравнение (5) в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial G_0(\tau, x, x_2, \eta)}{\partial \tau} = & - \frac{\alpha(x_2)}{\eta} G_0(\tau, x, x_2, \eta) + \\ & + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x'', x_2, \eta) dx'' \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' \int_0^1 G_0(\tau, x, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}. \end{aligned} \quad (20)$$

Из соотношений (20) и (17) легко можно получить

$$\begin{aligned} \left[\frac{\alpha(x_1)}{\tau} + \frac{\alpha(x_2)}{\eta} \right] \rho(x_1, \tau, x_2, \eta) = & \frac{\lambda}{2\tau} \int_{-\infty}^{\infty} r(x_1, x) \varphi(x, x_2, \eta) dx + \\ & + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x'', x_2, \eta) dx'' \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' \int_0^1 \rho(x_1, \tau, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}. \end{aligned} \quad (21)$$

Из физических соображений очевидно, что

$$\varphi(x', x_2, \tau) = \delta(x' - x_2) + \int_0^1 \rho(x', \mu, x_1, \tau) d\mu. \quad (22)$$

Учитывая соотношение взаимности (19) приходим к выражению:

$$\varphi(x', x_1, \tau) = \delta(x' - x_1) + \tau \int_0^1 \rho(x_1, \tau, x', \mu) \frac{d\mu}{\mu}. \quad (23)$$

Далее, подставляя (23) в (21) окончательно получаем (см. также [9])

$$\rho(x_1, \tau, x_2, \eta) = \frac{\lambda \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x', x_1, \tau) r(x', x'') \varphi(x'', x_2, \eta) dx' dx''}{\frac{\alpha(x_1)}{\tau} + \frac{\alpha(x_2)}{\eta}}. \quad (24)$$

Из (24) и (22) находим для определения φ функциональное уравнение

$$\begin{aligned} \varphi(x_1, x_2, \eta) = & \delta(x_1 - x_2) + \\ & + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x'', x_2, \eta) dx'' \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' \int_0^1 \frac{\varphi(x', x_1, \tau)}{\frac{\alpha(x_1)}{\tau} + \frac{\alpha(x_2)}{\eta}} \frac{d\tau}{\tau}. \end{aligned} \quad (25)$$

Формулы (24) и (25) являются искомыми, они обобщают результаты (А, Б) Амбарцумяна на случай произвольного закона перераспределения излучения по частотам.

Следует отметить, что знание функции φ позволяет из (8) определить резольвентную функцию $\Phi(\tau, x, x')$, после чего находится $G_0(\tau, x_1, x_2, \eta)$ из (5), которая позволяет определить выходящую интенсивность при произвольных первичных источниках энергии, зависящих от глубины и частоты. Нетрудно убедиться, что аналогично монохроматическому рассеянию, функция $\varphi(x_1, x_2, \eta)$ может выражаться непосредственно через резольвентную функцию

$$\varphi(x_1, x_2, \eta) = \delta(x_1 - x_2) + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} r(x_2, x) dx \int_0^{\infty} e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\eta} t} \Phi(t, x, x_1) dt.$$

Интересно заметить, что из уравнения (25) вытекает соотношение для нулевого момента φ -функции: $\varphi_0(x_1, x_2) = \int_0^1 \varphi(x_1, x_2, \tau) d\tau$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left[\alpha(x_1) \varphi_0(x_1, x_2) + \alpha(x_2) \varphi_0(x_2, x_1) \right] = & \alpha(x_1) \delta(x_1 - x_2) + \\ & + \frac{\lambda}{4} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_0(x', x_1) r(x', x'') \varphi_0(x'', x_2) dx' dx'', \end{aligned}$$

которое является аналогом известного соотношения $\varphi_0 = 1 + \frac{\lambda}{4} \varphi_0^2$.

5. Диффузное отражение и диффузное пропускание излучения слоем конечной оптической толщины

Аналогично случаю полубесконечной среды, с использованием формул (10—13), можно решить и задачу диффузного отражения и диффузного пропускания для слоя конечной толщины. При этом получаются: задача Коши для ρ , σ , φ , ψ

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau_0} + \left[\frac{a(x_1)}{\tau_0} + \frac{a(x_2)}{\eta} \right] \rho = \frac{\lambda}{2\tau_0} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) r(x', x'') \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'',$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau_0} = \frac{\lambda}{2\tau_0} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) r(x', x'') \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'',$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \tau_0} + \frac{a(x_2)}{\eta} \sigma = \frac{\lambda}{2\tau_0} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) r(x', x'') \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'',$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \tau_0} + \frac{a(x_1)}{\tau_0} \sigma = \frac{\lambda}{2\tau_0} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) r(x', x'') \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'',$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau_0} = \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'' \int_0^1 \psi(x', x_1, \tau_0; \tau) \frac{d\tau}{\tau},$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \tau_0} = -\frac{a(x_2)}{\eta} \psi + \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) dx' dx'' \int_0^1 \psi(x', x_1, \tau_0; \tau) \frac{d\tau}{\tau},$$

с начальными условиями $\rho(x_1, \tau_0, x_2, \eta; 0) = \sigma(x_1, \tau_0, x_2, \eta; 0) = 0$, $\varphi(x_1, x_2, \eta; 0) = \psi(x_1, x_2, \eta; 0) = \delta(x_1 - x_2)$, явные выражения

$$\begin{aligned} \rho(x_1, \tau_0, x_2, \eta; \tau_0) = \\ = \frac{\lambda}{2\tau_0} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) - \psi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0)] dx' dx''}{a(x_1)/\tau_0 + a(x_2)/\eta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma(x_1, \tau_0, x_2, \eta; \tau_0) = \\ = \frac{\lambda}{2\tau_0} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) - \psi(x', x_1, \tau_0; \tau_0) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0)] dx' dx''}{a(x_1)/\tau_0 - a(x_2)/\eta} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\rho(x_1, \tau_0, x_2, \eta; \tau_0) = \frac{\lambda}{2\tau_0} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} \psi(x', x_1, \tau_0; \tau) \psi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau,$$

$$\sigma(x_1, \tau, x_2, \eta; \tau_0) = \quad (II)$$

$$= \frac{\lambda}{2\tau} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} e^{-\frac{\alpha(x_1)}{\zeta}(\tau_0-\tau)} \varphi(x', x_1, \tau; \tau) \psi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau;$$

$$\begin{aligned} \rho(x_1, \tau, x_2, \eta; \tau_0) = \\ = \frac{\lambda}{2\tau} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x' x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} e^{-\left[\frac{\alpha(x_1)}{\zeta} + \frac{\alpha(x_2)}{\eta}\right](\tau_0-\tau)} \varphi(x', x_1, \tau; \tau) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau, \end{aligned} \quad (III)$$

$$\sigma(x_1, \tau, x_2, \tau_0) =$$

$$= \frac{\lambda}{2\tau} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} e^{-\frac{\alpha(x_1)}{\eta}(\tau_0-\tau)} \psi(x', x_1, \tau; \tau) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau$$

и функциональные уравнения

$$\varphi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) + \frac{\lambda}{2} \times$$

$$\int_0^1 \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi(x', x_1, \tau; \tau_0) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0) - \psi(x', x_1, \tau; \tau_0) \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0)] dx' dx''}{\alpha(x_1)/\tau + \alpha(x_2)/\eta} \frac{d\tau}{\tau}$$

$$\psi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\eta} \tau_0} + \frac{\lambda}{2} \times \quad (Ia)$$

$$\int_0^1 \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi(x', x_1, \tau; \tau_0) \psi(x'', x_2, \eta; \tau_0) - \varphi(x', x_1, \tau; \tau_0) \varphi(x'', x_2, \eta; \tau_0)] dx' dx''}{\alpha(x_1)/\tau - \alpha(x_2)/\eta} \frac{d\tau}{\tau}$$

$$\varphi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) +$$

$$+ \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} \psi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau \int_0^1 \psi(x', x_1, \tau; \tau) \frac{d\tau}{\tau},$$

$$\psi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\eta} \tau_0} + \quad (IIa)$$

$$+ \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x' x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} \psi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau \int_0^1 e^{-\frac{\alpha(x_1)}{\zeta}(\tau_0-\tau)} \varphi(x', x_1, \tau; \tau) \frac{d\tau}{\tau};$$

$$\varphi(x_1, x_2, \eta; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) + \quad (IIIa)$$

$$+ \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x' x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} \varphi(x'', x_2, \eta; \tau) d\tau \int_0^1 e^{-\left[\frac{\alpha(x_1)}{\zeta} + \frac{\alpha(x_2)}{\eta}\right](\tau_0-\tau)} \varphi(x', x_1, \tau; \tau) \frac{d\tau}{\tau},$$

$$\psi(x_1, x_2, \tau; \tau_0) = \delta(x_1 - x_2) e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\tau} \tau_0} +$$

(IIIa)

$$+ \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') dx' dx'' \int_0^{\tau_0} e^{-\frac{\alpha(x_2)}{\tau} (\tau_0 - \tau)} \varphi(x'', x_2, \tau; \tau) d\tau \int_0^1 \psi(x', x_1, \tau; \tau) \frac{d\tau}{\tau},$$

а для нулевых моментов $\varphi_0(x_1, x_2) = \int_0^1 \varphi(x_1, x_2, \tau; \tau_0) d\tau$ и $\psi_0(x_1, x_2) = \int_0^1 \psi(x_1, x_2, \tau; \tau_0) d\tau$ уравнения

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} [\alpha(x_1) \varphi_0(x_1, x_2) + \alpha(x_2) \varphi_0(x_2, x_1)] &= \alpha(x_1) \delta(x_1 - x_2) + \\ + \frac{\lambda}{4} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi_0(x', x_1) \varphi_0(x'', x_2) - \psi_0(x', x_1) \psi_0(x'', x_2)] dx' dx'', \\ \alpha(x_1) \psi_0(x_1, x_2) - \alpha(x_2) \psi_0(x_2, x_1) &= \\ = \frac{\lambda}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} r(x', x'') [\varphi_0(x', x_1) \psi_0(x'', x_2) - \psi_0(x', x_1) \varphi_0(x'', x_2)] dx' dx'', \end{aligned}$$

причем первое из них является аналогом известного соотношения $\varphi_0 = 1 + \frac{\lambda}{4} (\varphi_0^2 - \psi_0^2)$.

Формулы (I, Ia) и (II, IIa) в случае монохроматического рассеяния $r(x_1, x_2) = \alpha(x_1) \delta(x_1 - x_2)$ впервые были получены В. А. Амбарцумяном [2], (см. также [6]), а соотношения (III и IIIa) — В. В. Соболевым [7]. Затем были обобщены В. В. Ивановым [8] на случай полного перераспределения по частотам $r(x_1, x_2) = A \alpha(x_1) \alpha(x_2)$. Очевидно, что из приведенных выше формул легко могут быть получены указанные частные случаи, а если перейти в них к разложению $r(x_1, x_2) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \alpha_k(x_1) \alpha_k(x_2)$, нетрудно получить соответственно результаты работы [4] (см. также [10]).

Автор искренне признателен В. А. Амбарцумяну за проявленный интерес к работе, Г. Т. Тер-Казаряну за ценные замечания, а также Э. Х. Даниеляну и А. Г. Никогосяну за обсуждение результатов.

14 апреля 1978 г.,

переработана 27 мая 1979 г.

Հ. Վ. ՊԻԿԻՉՅԱՆ

ՋՈՒԳՈՂՆԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐՈՎ ԼՈՒՍԱՎՈՐՎԱԾ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ԼՈՒՍԱՐՁԱԿՈՒՄԸ
ԸՍՏ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՎԵՐԱԲԱՇԽՄԱՆ
ԿԱՄԱՅԱԿԱՆ ՕՐԵՆՔԻ ԴԵՊԲՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոգահեռ ճառագայթների ազդեցության տակ միջավայրի լուսարձակ-

ման խնդրին վերաբերող հայտնի առնչությունները, որոնք ստացված էին Վ. Հ. Համբարձումյանի կողմից մոնոխրոմատիկ ցրման դեպքում, անմիջականորեն ընդհանրացվում են ոչ կոհերենտ ցրման դեպքի համար ըստ հաճախականությունների վերաբաշխման կամայական $r(x_1, x_2)$ օրենքի դեպքում: Ըստ որում չի օգտագործվում վերաբաշխման ֆունկցիայի որևէ հատուկ ներկայացում կամ տրոհում: Դա հաջողվում է իրականացնել ճառագայթված քվանտի համար միջավայրից դուրս գալու հավանականության գաղափար մտցնելու և օպտիկական երևույթների շրջելության սկզբունքն օգտագործելու շնորհիվ: Միաժամանակ ստացված են նաև բանաձևեր, որոնք թույլ են տալիս հաշվել միջավայրից դուրս եկող ճառագայթման ինտենսիվությունը միջավայրում էներգիայի սկզբնական աղբյուրների առկայության դեպքում, որոնց հզորությունը կարող է կախված լինել և՛ խորությունից, և՛ հաճախականությունից:

H. V. PIKIDJIAN

THE ILLUMINATION OF A MEDIUM UNDER THE ACTION OF PARALLEL RAYS AT THE ARBITRARY LAW OF FREQUENCY REDISTRIBUTION OF RADIATION

Summary

The well-known results of Ambartsumyan, referring to the problem of diffuse reflection and transmission, are directly generalized for the case of non-coherent scattering with the arbitrary law $r(x_1, x_2)$ of frequency redistribution of radiation. Neither decomposition nor special assumption of redistribution function is used in this generalization. It is achieved by means of introducing the concept of exit probability of ejected quantum as well as by using the principle of reversibility of the optical phenomena. In passing, relations, allowing to determine the external radiation field at arbitrary initial energy sources the radiation power of which depends upon the optical depth and frequency, have been also obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, АЖ, 19, 30, 1942.
2. В. А. Амбарцумян, ДАН СССР, 38, 257, 1943.
3. В. В. Соболев, АЖ, 26, 129, 1949.
4. Н. Б. Енгибарян, А. Г. Никогосян, Астрофизика, 8, 213, 1972.
5. В. В. Соболев, АЖ, 28, 355, 1951.
6. В. В. Соболев, Перенос энергии в атмосферах звезд и планет, М., Гостехиздат, 1956.
7. В. В. Соболев, АЖ, 34, 336, 1957.
8. В. В. Иванов, АЖ, 40, 257, 1963.
9. О. В. Пикичян, ДАН Арм. ССР, 67, 151, 1978.
10. А. Г. Никогосян, Г. А. Арутюнян, ДАН СССР, 229, 583, 1976.
11. Э. Х. Даниелян, О. В. Пикичян, Астрофизика, 13, 275, 1977.
12. О. В. Пикичян, Астрофизика, 14, 169, 1978.



ПАМЯТИ ЭМИЛЯ ГАЙКОВИЧА МИРЗАБЕКЯНА

16 сентября 1980 г. на 58 году жизни после тяжелой непродолжительной болезни скончался академик Академии наук Армянской ССР, директор Института радиофизики и электроники Академии наук Армянской ССР, вице-президент Академии, депутат Верховного Совета Армянской ССР, один из старейших сотрудников Бюраканской астрофизической обсерватории Эмиль Гайкович Мирзабекян. В его лице советская наука потеряла видного ученого, имеющего большие заслуги в развитии науки, пламенного патриота нашей Родины.

Э. Г. Мирзабекян родился 12 декабря 1922 года в Ереване в семье заслуженных врачей республики. Э. Г. Мирзабекян в 18-летнем возрасте призывается в ряды Советской Армии. С 1942 по 1945 гг. участвует в Великой Отечественной войне в составе Закавказского и II Украинского фронтов. Участвует в освобождении Румынии и Венгрии. В 1944 г. на фронте Э. Г. Мирзабекян вступает в ряды Коммунистической партии. За боевые заслуги он награждается орденами и медалями СССР. В 1945 г. после демобилизации Э. Г. Мирзабекян поступает на физико-математический факультет Ереванского государственного университета, после завершения которого с 1951 г. начинает работать в Физическом институте АН АрмССР. В 1951 г. Э. Г. Мирзабекян поступает в аспирантуру Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР и под руководством известного советского ученого С. Э. Хайкина защищает кандидатскую диссертацию по радиофизике сверхвысоких частот (СВЧ).

Основные научные интересы Э. Г. Мирзабекяна связаны с исследованием свойств электромагнитного излучения и их применением в радиофизике.

В организованном Э. Г. Мирзабекяном отделе радиофизических методов исследований Бюраканской астрофизической обсерватории под его руководством с 1956 г. велись работы по созданию высокочувствительных приемных устройств в сантиметровом диапазоне длин волн. Им был разработан и реализован новый метод поляризационной мо-

дуляции СВЧ сигнала, позволяющий выделить слабополяризованную компоненту сигнала при неполяризованном фоне. Созданный Э. Г. Мирзабекяном на основе этого метода поляризационный радиометр является первой установкой для измерения степени поляризации радиоизлучения Солнца на длине волны 3,2 см. При помощи этого радиометра были получены новые результаты относительно степени поляризации радиоизлучения Солнца, а также установлен факт наличия слабой частичной поляризации радиоизлучения спокойного Солнца. Под непосредственным руководством Э. Г. Мирзабекяна был создан экспедиционный комплекс дециметрового диапазона длин волн, при помощи которого были проведены радиоастрономические наблюдения затмения Солнца в 1958 г. в КНР в составе экспедиции АН СССР.

Этими работами, выполненными Э. Г. Мирзабекяном в Бюраканской астрофизической обсерватории, был заложен фундамент для развития в Армении радиофизики СВЧ.

Учитывая все возрастающую роль радиофизики и электроники в развитии науки и промышленности в республике по инициативе президента Академии наук академика В. А. Амбарцумяна и Э. Г. Мирзабекяна в 1960 г. создается Институт радиофизики и электроники (ИРФЭ). Организатором этого института и его бессменным директором до конца своей жизни был Э. Г. Мирзабекян.

Большой цикл работ Э. Г. Мирзабекяна посвящен фундаментальным и прикладным исследованиям по созданию новых высокочувствительных поляризационных методов для измерений корреляционных, фазовых и амплитудных характеристик электромагнитных волн СВЧ диапазона. На их основе был разработан ряд устройств, широко применяемых в различных областях СВЧ техники.

Под руководством Э. Г. Мирзабекяна был разработан и изготовлен целый ряд высокочувствительных радиометров, нашедших широкое применение в дальней космической связи.

Предложенный Э. Г. Мирзабекяном метод «диаграммной модуляции» позволяет определить с высокой точностью координаты космических источников радиоизлучения без увеличения геометрических размеров антенн.

Имя Э. Г. Мирзабекяна как ученого широко известно как в нашей стране, так и за рубежом.

В своей повседневной научно-организационной деятельности Э. Г. Мирзабекян постоянно уделял особое внимание вопросам внедрения результатов научных исследований в производство.

В 1971 г. Э. Г. Мирзабекян избирается членом-корреспондентом, а в 1974 г.—академиком АН Армянской ССР. В 1974—1976 гг. Э. Г. Мирзабекян являлся академиком-секретарем Отделения физико-технических наук и механики, а с 1976 г. до своей кончины—вице-президентом АН Арм. ССР.

Э. Г. Мирзабекян уделял большое внимание делу воспитания научных кадров республики как в ИРФЭ, так и в стенах Ереванского государственного университета, где он вел педагогическую работу и где по его инициативе был образован радиофизический факультет.

Э. Г. Мирзабекяна отличало высокое чувство гражданского долга—касалось ли это воспитания научных кадров или развития новых научных направлений в республике—всегда Э. Г. Мирзабекян прежде всего руководствовался интересами народа, интересами всей страны. Его внутреннее обаяние, искренняя преданность общему делу неизменно располагали к нему всех, кто с ним работал, кто его знал. Будучи человеком высоких моральных принципов, Э. Г. Мирза-

бекян был непримирим ко всем проявлениям недобросовестности и легкомыслия в науке и в таком же духе воспитывал своих сотрудников и учеников. Требовательный к себе и к другим, одновременно отзывчивый и принципиальный, временами вспыльчивый—таким был Э. Г. Мирзабекян в повседневной жизни. Внимательный друг и руководитель, к великому сожалению, был совершенно невнимателен к себе, к своему здоровью...

Память об Эмиле Гайковиче Мирзабекяне, славном сыне своего народа, ученом-коммунисте, талантливом организаторе науки, человеке большой душевной чистоты и обаяния, всегда будет жить в сердцах людей, знавших и любивших его.

ХРОНИКА

1974 год

В течение 1974 г. ряд сотрудников обсерватории участвовал в следующих научных конференциях и совещаниях.

В июне доктор физ.-мат. наук Г. М. Товмасын участвовал в совещании, посвященном 100-летию Ташкентской обсерватории. Им был прочитан доклад на тему «О времени жизни радиогалактик». Здесь же был представлен доклад акад. В. А. Амбарцумяна «О роли нестационарных процессов в эволюции галактик».

В июле в Москве состоялся симпозиум МАС 67 (В. А. Амбарцумян, Э. С. Парсмян, В. С. Осканян, И. Якович). На симпозиуме был представлен доклад В. А. Амбарцумяна и Л. В. Мирзояна «Вспыхивающие звезды в звездных скоплениях и ассоциациях».

В августе Г. М. Товмасын и канд. физ.-мат. наук Э. Е. Хачикян участвовали в международной конференции в Цахкадзоре по автоматике и управлению космическими аппаратами.

В октябре проф. Л. В. Мирзоян участвовал на астрофизическом коллоквиуме в Абастуманской астрофизической обсерватории, где им был прочитан доклад о своих наблюдениях компактных групп компактных галактик, выполненных в США.

В октябре С. М. Мкртчян участвовал в научном совещании по радиоастрометрии, организованном Советом по радионастрономии АН СССР.

В октябре в Таллине канд. физ.-мат. наук Р. А. Барданын участвовал в совещании рабочей группы по «Эволюции звездных систем». Им был прочитан доклад на тему «Холодные звезды в рассеянных скоплениях». В ноябре Р. А. Барданын принял участие также в работах рабочей группы «Нестационарные звезды» в КрАО АН СССР, где представил сообщение о наблюдениях звезд типа Т Тельда, выполненных в Бюракане по всесоюзной программе кооперативных наблюдений.

В конце года в Бюракане был проведен первый совместный астрофизический коллоквиум Бюраканской и Абастуманской астрофизических обсерваторий, на котором были прочитаны 16 научных докладов.

В работах коллоквиума приняли участие 16 сотрудников Абастуманской обсерватории.

В 1974 г. успешно защитил диссертацию и утвержден в ученой степени кандидата технических наук П. А. Кялян.

1975 год

В феврале месяце был организован совместный коллоквиум с Астрономическим советом АН СССР, где были заслушаны 20 докладов и научных сообщений, по 10 с каждой стороны. Все они были посвящены результатам исследований обоих учреждений. Участвовали сотрудники БАО и 7 сотрудников Астросовета: А. Г. Массвич, О. Б. Длужневская, Э. В. Эргма, А. В. Тутуков, А. Дудоров, В. С. Имшенник, А. Пискунов. От обсерватории с докладами выступили Л. В. Мирзоян, Г. М. Товмасын, М. А. Мнацаканян, А. С. Гюльбудагян, Р. А. Варданын.

В мае был отмечен 10-летний юбилей журнала «Астрофизика», издаваемого АН Арм. ССР с участием ведущих астрономических учреждений Советского Союза.

В связи с этим юбилеем в Бюракане был организован астрофизический симпозиум—703.

анум. С докладами выступили члены редколлегии журнала А. А. Бояриух, проф. С. А. Каплан, проф. Л. В. Мирзоян, член-кор. СССР В. В. Соболев, д-р физ.-мат. наук Г. М. Товмасын, а также Г. С. Бисноватый-Коган.

В мае состоялся совместный семинар отдела радионастрономии обсерватории с комиссией по прикладной радионастрономии и радиointерференции со сверхдлинной базой Радиоастросовета АН СССР. На семинаре принимали участие представители 17 учреждений Советского Союза. От обсерватории выступили академик В. А. Амбарцумян, канд. физ.-мат. наук В. А. Санамян, мл. науч. сотр. С. М. Мартчан.

По одному месяцу в Бюракане работали сотрудники Центрального института астрофизики (ЦИА) АН ГДР, д-р Х. Тирш (май) и д-р Ф. Байер (октябрь). Совместно они провели обсуждения наблюдательного материала, обработанного в ГДР и относящегося к компактным группам компактных галактик.

В мае месяце в Бюракане был командирован сотрудник Будапештской обсерватории И. Якович. Здесь он успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Вспышечная активность красных карликовых звезд в области открытого скопления Яселей».

В июне с целью обсуждения плана дальнейших совместных работ Бюраканской обсерватории и ЦИА АН ГДР в Бюракане приезжал зав. отделом внегалактической астрономии этого института д-р Г. Олек.

В июне проф. Л. В. Мирзоян в составе советской делегации участвовал в работах советско-финского астрономического совещания в Хельсинки, где он выступил с докладом «Вспыхивающие звезды и эволюция звезд» и небольшим научным сообщением о компактных группах компактных галактик.

С 1 по 5 июля в Тбилиси состоялась III Европейская астрономическая конференция, на которой принимали участие сотрудники обсерватории: В. А. Амбарцумян, М. А. Аракелян, А. Т. Гарибджанян, С. Г. Искударян, А. Т. Каллоглян, В. Г. Малумян, Л. В. Мирзоян, А. Г. Никогосян, М. Б. Петросян, В. А. Санамян, Г. М. Товмасын, Э. Е. Хачикян, О. С. Чавушян.

На конференции сотрудниками обсерватории были прочитаны следующие вводные доклады (по приглашению):

- 1) В. А. Амбарцумян—«Роль активности в общих эволюционных процессах галактиках»;
- 2) В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, М. В. Петросян, Р. К. Шахбазян—«Компактные группы компактных галактик»;
- 3) Л. В. Мирзоян—«Наблюдательные аспекты изучения ранних стадий эволюции звезд».

Научные сообщения были сделаны М. А. Аракеляном, А. Т. Каллогляном, В. А. Санамяном, Г. М. Товмасыном, Э. Е. Хачикяном.

В обсерватории гостил приглашенный из САО АН СССР научный сотрудник А. Ф. Фоменко, который на общеобсерваторском семинаре сделал доклад о применении астрономического телевидения в САО.

В июле две недели в Бюракане находилась венгерский астроном Э. Рупп. Она ознакомилась с методикой электрофотометрических наблюдений, проводимых в Бюракане и вела обсуждения о возможности организации совместных работ по автоматизации обработки астрономической информации.

В августе, в течение трех недель, в рамках сотрудничества между АН Арм. ССР и АН Венгрии в Бюракане находилась сотрудница Будапештской обсерватории К. Ола для завершения совместной работы по исследованию звезды ВУ Дракона.

В сентябре канд. физ.-мат. наук Э. С. Парсаян в Будапеште приняла участие в работах совещания по многостороннему сотрудничеству астрономов социалистических стран и colloquium МАС «Многoperиодные переменные звезды».

Осенью сроком на два месяца в ГДР был командирован канд. физ.-мат. наук

А. Т. Каллоглян. Вместе с немецким ученым д-р Ф. Бёренгеном (ЦИА АН ГДР) он проводил наблюдения ряда галактик Маркаряна для их детальной фотометрии.

В октябре Г. М. Товмасын выезжал на 10 дней в ГДР для чтения популярных лекций о достижениях СССР в освоении космоса.

В октябре в Киеве Р. А. Варданын участвовал на совещании, посвященном «Эволюции звезд».

В этом же месяце Э. Е. Хачикян и Г. М. Товмасын участвовали в работах Совета по подготовке астрономических кадров (СПАК) Астросовета АН СССР в Колымия.

В октябре в Потсдаме (ГДР) в конференции астрономов социалистических стран, посвященной проблемам внегалактической астрономии, принимали участие сотрудники обсерватории Г. М. Товмасын, А. Т. Каллоглян и Э. Е. Хачикян. Все они выступили с докладами.

В октябре в течение 10 дней, Бюраканскую обсерваторию посетил известный голландский астроном иностранный член АН СССР, директор Лейденской обсерватории проф. Ян Оорт. На научном семинаре обсерватории проф. Я. Оорт выступил с докладами о результатах исследований, ведущихся на Вестерборкском радиотелескопе (Голландия).

В ноябре, в течение трех недель, в командировке в Бюраканской обсерватории находился д-р Кюн (Йенский университет, ГДР). Он ознакомился с работами обсерватории относительно активных процессов в ядрах галактик.

В ноябре-декабре в Бюракане работал немецкий астроном Х. Лоренц (ЦИА АН ГДР). В течение месяца он ознакомился с методикой наблюдений и обнаружения галактик с ультрафиолетовым избытком излучения для проведения подобных работ на телескопе Таутенбургской обсерватории.

С кратковременным визитом с целью общего ознакомления с обсерваторией и ее научными работами в Бюракане находились мексиканские астрономы супруги д-р Ш. Асьян и д-р Д. Асьян-Дульцин и кубинский астроном И. Рамос.

В конце года в научные командировки выехали канд. физ.-мат. наук Е. С. Осканиян (США, сроком на 6 мес.) и О. С. Чавушян (ВНР, сроком на 3 мес.).

В ноябре Э. Е. Хачикян защитил докторскую диссертацию на тему «Спектральные исследования галактик Маркаряна и иррегулярных галактик типа M82».

1976 год

С 19 по 30 марта в Ереване находился американский радиоастроном д-р Г. Коджоян. Целью его приезда была обработка результатов наблюдений ряда галактик с активными ядрами, выполненных совместно с Г. М. Товмасыном в США в 1972 г.

На научном семинаре обсерватории д-р Г. Коджоян сделал доклад о методике исследований радиоспектров внегалактических объектов.

В марте—мае в течение шести недель в ЦИА АН ГДР работала канд. физ.-мат. наук Р. К. Шахбазян.

В апреле в течение 10 дней в Бюракане находился немецкий ученый из ФРГ д-р Г. Шульц. Целью его визита являлось выяснение возможностей совместных наблюдений небесных объектов в ИК-диапазоне с использованием телескопа диаметром 2,6 м.

В апреле в течение нескольких дней в Бюракане находились американские ученые, профессора Корнельского университета Е. Терзиан и Дж. Хоук. Целью их кратковременного пребывания являлось ознакомление с новым телескопом диаметром зеркала 2,6 м.

В мае в Абастумане состоялся второй коллоквиум с Абастуманской астрофизической обсерваторией АН Груз. ССР. В работах коллоквиума принимали участие 13 бюраканских астрономов во главе с акад. В. А. Амбарцумяном. С докладами на коллоквиуме выступили В. А. Амбарцумян, Г. М. Товмасын, Э. Е. Хачикян, Э. С. Парсамян, К. А. Саакян, В. Г. Панаджян, В. А. Санамян, Ю. К. Мелли-Алавердян.

В мае сотрудники теоретической астрофизики канд. физ.-мат. наук М. А. Мицаканян и канд. физ.-мат. наук А. Т. Никогосян участвовали в работах Всесоюзной школы молодых специалистов-физиков в Ростове-Великом.

В июне проф. Л. В. Мирзоян выезжал в Чехословакию для участия в заседании проблемной комиссии по физике и эволюции звезд в рамках многостороннего научного сотрудничества академий наук социалистических стран.

В июле-августе по приглашению АН Арм. ССР в Бюраканской обсерватории в течение 22 дней находился руководитель радиоастрономического центра ТАТА Института фундаментальных исследований Бомбея, проф. Г. Сваруп. Он выступил на семинарах обсерватории с двумя докладами на тему «УТН-радиотелескоп и научные результаты, полученные на нем с высоким разрешением» и «Угловые размеры космических радиоисточников и космологии».

Академик АН Арм. ССР Б. Е. Маркарян в августе участвовал в работах состоявшегося в Гренобле XVI съезда МАС, на котором он был избран президентом комиссии № 28 «Галактики» МАС.

Сотрудники отдела радиоастрономии С. М. Мкртчян и Р. А. Кандалян в августе принимали участие в Европейской конференции молодых радиоастрономов в Торуне (Польша).

В сентябре зав. лабораторией спектроскопии д-р физ.-мат. наук Э. Е. Хачикян выезжал во Францию для участия в коллоквиуме № 37 МАС.

В течение трех месяцев (сентябрь—декабрь) Р. Г. Мицаканян находилась в научной командировке в Тауенбургской обсерватории.

4 октября состоялось официальное открытие телескопа ЗТА-2.6 м. С 5 по 8 октября в Бюракане был организован симпозиум «Вспыхивающие звезды», приуроченный к официальному открытию телескопа ЗТА-2.6м. Симпозиум был посвящен обсуждению итогов наблюдений вспыхивающих звезд в звездных агрегатах, вопросам физики и эволюции вспыхивающих звезд и родственных с ними объектов. В работах симпозиума принимали участие 28 советских и 18 иностранных ученых.

Из Советского Союза в частности присутствовали Э. Р. Мустель, А. А. Юрчук, С. К. Всехсвятский, Р. Е. Гершберг, В. Г. Горбачкий, З. А. Исмаилов, Н. А. Козырев, В. А. Крат, О. А. Мельников, Т. Б. Омаров, А. Ф. Пугач, В. В. Соболев, В. Ю. Теребиз, Н. И. Шаховская, Б. К. Иоаннисян.

Из социалистических стран присутствовали В. Вендель, В. Шёнсх, Ф. Байер, Г. Цинер (ГДР), В. Ванисек, С. Кржж (Чехословакия), И. Якович, Б. Сейдл (Венгрия), М. Цветков, М. Попова (Болгария), В. Ивановска (Польша). Из капиталистических стран: Ч. Палаз, Д. Эванс (США), Л. Диван (Франция), Г. Гам (Швеция), В. Туоминен (Финляндия), Р. и К. Систеро (Аргентина).

На симпозиуме было заслушано более тридцати научных докладов. Из сотрудников Бюраканской обсерватории с докладами выступили В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. Е. Хачикян, М. А. Казарян, В. С. Осканян, Г. М. Товмасян, Э. С. Парсаян, А. Л. Гюльбудагян, А. С. Амирханян, О. С. Чавушян, Т. Ю. Магакян.

В октябре в течение двух недель в Бюраканской обсерватории находилась ученый секретарь сектора астрономии Болгарской АН д-р М. Попова, которая имела беседы с директором и сотрудниками обсерватории по вопросам, касающимся научного сотрудничества между болгарскими и армянскими астрономами.

В октябре для ознакомления с Бюраканской обсерваторией в течение 10 дней гостил сотрудник Тауенбургской обсерватории д-р Г. Цинер.

Сотрудник Потсдамской обсерватории д-р Ф. Байер в период своего кратковременного визита (10 дней) представил для обсуждения обнаруженные немецкими астрономами новые группы компактных галактик.

С однодневным визитом 18 октября Бюраканскую обсерваторию посетил директор радиоастрономической обсерватории Джозелл Бэнк (Англия) проф. Б. Ловелл. Он ознакомился с исследованиями, ведущимися в обсерватории, с новым большим телескопом и имел беседу с директором обсерватории акад. В. А. Амбарцумяном.

В октябре—ноябре более полутора месяцев в Бюракане работал директор об-

серватории в Кордобе (Аргентина) д-р К. Систеро. Д-р Систеро прочел на семинарах теоретического отдела обсерватории два доклада на темы «О происхождении метagalактики из сверхмассивного адрона» и «Функции распределения масс в скоплениях галактик».

Сотрудники отдела радиоастрономии канд. физ.-мат. наук В. П. Панаджян и Э. А. Арутюнян принимали участие в работах конференции по радиоастрономии, состоявшейся в Харькове.

В течение месяца в Бюраканской обсерватории работал немецкий астроном д-р Ф. Бёрнген.

В 1976 г. успешно защитили кандидатские диссертации сотрудник отдела теоретической астрофизики Р. А. Саркисян и болгарский аспирант при Бюраканской обсерватории М. Цветков.

1977 год

Канд. физ.-мат. наук Э. С. Парсаян в течение шести месяцев (декабрь—май) работала в Институте астрономии, оптики и электроники в Тонанциптла (Мексика). За это время ею выполнена большая работа по изучению вспыхивающих звезд в звездных агрегатах.

В мае месяце состоялся третий совместный colloquium с Абастуманской астрофизической обсерваторией АН Грузинской ССР. С этой целью в Бюракан приехали 10 сотрудников Абастуманской обсерватории во главе с директором обсерватории академиком АН СССР Е. К. Харадзе.

На colloquium были прослушаны и обсуждены 14 докладов и 6 кратких сообщений. От Бюраканской обсерватории на colloquium выступили Л. В. Мирзоян, А. Т. Қаллоглян, Р. А. Варданын, В. Г. Малумян, А. Г. Никогосян, С. М. Мкртчян, А. В. Осканиян, Г. М. Товмасын, Э. Ц. Шахбазян, Э. Е. Хачикян, М. А. Казарян, А. Л. Гюльбудагян, Т. Ю. Магакян, Г. С. Саакян и Л. Ш. Григорян (Ереванский университет), В. А. Санамян, О. С. Чавушян.

В мае в Уфе в астрономическом совещании по проблеме «Эволюция звезд», организованном Астрономическим советом АН СССР, участвовали сотрудники обсерватории Э. Е. Хачикян, К. А. Саакян и Г. Б. Оганян.

В июне месяце в Бюракане работали сотрудники ЦИА АН ГДР д-р Э. Фрёлих (15 дней) и Х. Тирш (25 дней). Д-р Фрёлих имел беседы с акад. В. А. Амбарцумяном и другими сотрудниками обсерватории по вопросам, представляющим взаимный интерес, а д-р Х. Тирш вместе с Р. К. Шахбазяном просматривал новые компактные группы компактных галактик.

В июле для обмена опытом по автоматизации астрономических наблюдений и полученной информации в Бюракане работали сотрудники Будапештской обсерватории д-р Э. Рупп и д-р В. Гёза.

В июне—июле месяце с целью выполнения совместных инфракрасных наблюдений около двух месяцев в Бюракане работали ученые из ФРГ Г. Шульд, В. Шервуд и Э. Крайзе.

В августе в Бюракане работали болгарские астрономы М. Цветков и К. Цветкова, которые провели наблюдения на метровом телескопе системы Шмидта с целью продолжения поисков H_{α} -эмиссионных объектов в созвездии Лебедя.

В августе Р. А. Кандалян участвовал в работе Европейской школы молодых радиоастрономов в Голландии, где сделал сообщение о предварительных результатах наблюдений галактик с ультрафиолетовым излучением на радиотелескопе РАТАН-600.

В сентябре в Бамберге (ФРГ) проф. Л. В. Мирзоян участвовал в colloquium № 42 МАС и прочел вводный доклад на тему «Вспыхивающие звезды в агрегатах».

В сентябре в Будапеште Э. С. Парсаян на совещании по многостороннему сотрудничеству академий наук социалистических стран по проблеме «Физика и эволю-

ция звезд» прочла доклад на тему «Оценка возраста агрегатов с помощью наблюдений засыхающих звезд».

В сентябре Р. А. Варданян участвовал в работах советско-финского совещания в Абастумани, где прочел доклад «О собственной поляризации звезд Т Тельца и Миры Кита».

В сентябре большая группа сотрудников обсерватории участвовала в работах симпозиума № 79 МАС в Таллине, где ими были представлены следующие доклады и сообщения:

В. А. Амбарцумян—«О крупномасштабном распределении галактик»;

М. А. Аракелян—«Крупномасштабное распределение галактик Маркаряна»;

Г. М. Товмасын—«Активные галактики в группах галактик»;

А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян—«Двойные и кратные ядра галактик с ультрафиолетовым избытком».

В сентябре в Бюракане в течение нескольких дней гостили проф Ж. де Вокулер с супругой (Макдональдская обсерватория, США) и проф. В. Петросян (Стенфордский университет, США). Они сделали несколько докладов о выполненных ими работах по внегалактической астрономии.

В сентябре с кратковременным ознакомительным визитом обсерваторию посетили директор Англо-австралийской обсерватории д-р Д. Мортон, астроном этой обсерватории В. Петросян, д-р А. Филип (Дадлейская обсерватория, США), д-р Дж. Силик (Калифорнийский университет, Беркли, США) и д-р А. Зеба с супругой (Кракковская обсерватория, Польша).

В октябре в Бюракане находился болгарский астроном А. Н. Томов, который консультировался по работе, посвященной фотометрии двойных галактик.

В октябре—ноябре французский астроном д-р А. Терзан из Лионской обсерватории выполнил совместно с лабораторией астроспектроскопии БАО прямые фотометрические наблюдения в различных участках спектра, галактик с ультрафиолетовым избытком и некоторых звездообразных объектов для их морфологического исследования.

В ноябре с кратковременным визитом в Бюракане находились сотрудники ЦНА АН ГДР Х. Лоренц, Г. Рихтер и Г. Местель.

В ноябре канд. физ.-мат. наук В. С. Осканян участвовал в торжествах по поводу 90-летия Белградской обсерватории, где прочел доклад на тему «Феноменологическая картина явления вспышек в звездах».

1978 год

С января по июль в Бюракане работал американский ученый д-р Г. Коджоян. Он совместно с Г. М. Товмасыном занимался обработкой радионаблюдений галактик с ультрафиолетовым избытком излучения из списков Маркаряна. Были измерены точные координаты большого числа галактик из VIII и IX списков Маркаряна, необходимые для их радионаблюдений. На научном семинаре обсерватории д-р Г. Коджоян сделал доклад о результатах своих исследований.

В мае в Абастумани состоялся IV традиционный коллоквиум Бюраканской и Абастуманской астрофизических обсерваторий. На нем от Бюраканской обсерватории участвовало 12 сотрудников. На коллоквиуме были заслушаны и обсуждены около 20 докладов об основных результатах обеих обсерваторий за текущий год.

На коллоквиуме выступили акад. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мпрзоян, Р. А. Варданян, Э. С. Парсмян, В. С. Осканян, Ю. К. Мелик-Алавердян, Р. Г. Минапаканян, С. В. Зараян и А. А. Егизарян.

В мае в Крыму состоялся второй совместный симпозиум Астросовета АН СССР и Бюраканской обсерватории, посвященный нестационарным звездным объектам. От Бюраканской обсерватории на симпозиуме приняли участие семь сотрудников, из них Л. В. Мпрзоян, Э. С. Парсмян, Т. Ю. Магакян и А. Л. Гюльбудагян выступили с докладами. Был представлен также доклад акад. В. А. Амбарцумяна.

В июне в Будапеште, на заседании Комиссии по многостороннему сотрудничеству академий наук социалистических стран по проблеме «Физика и эволюция звезд» проф. Л. В. Мирзоян и д-р физ.-мат. наук Э. Е. Хачикян выступили с научными докладами.

В июне в Бюракане побывала делегация Национального Центра научных исследований Франции, в составе Ж. Делея (заместитель президента центра по науке, руководитель делегации), П. Шарвина и Ж. К. Рибеса с целью ознакомления с работами Бюраканской обсерватории для подготовки договора о научном сотрудничестве между АН СССР и Францией. В проекте этого договора, подготовленного НЦНИ Франции была включена тема по исследованию нестационарных звезд. Основной включенной в проект этой темы для французской стороны явилось продолжающееся более десяти лет неофициальное сотрудничество в этой области между Парижской и Бюраканской обсерваториями, результатом которого явился ряд напечатанных работ. Делегация высказала желание расширить это сотрудничество в рамках будущего договора между АН СССР и НЦНИ Франции.

С ЦИА АН ГДР продолжалось исследование внегалактических объектов на снимках, полученных с помощью двухметрового телескопа Тауенбергской обсерватории АН ГДР (А. Т. Каллоглян и Ф. Бёриген). С этой целью в июне—июле месяце в Бюракане работал д-р Ф. Бёриген. Из заподозренных в принадлежности к классу компактных галактик нескольких сот объектов выделено 170 компактных галактик вокруг скопления Эйбелл-2255. Аналогичная работа начата и в другой области неба.

Для обсуждения вопросов, связанных с совместными исследованиями, с кратковременным визитом в Бюракане побывали сотрудники ЦИА АН ГДР Х. Лоренц, Г. Рихтер, Д. Либшерх и Ш. Готлебер.

В июне—июле в Бюракане работал болгарский астроном д-р М. Цветков. Им совместно с О. С. Чавушяном и Н. Д. Меликяном проведена обработка колориметрических наблюдений звездных вспышек в области скопления Плеяды. М. Цветков выполнил наблюдения на метровом телескопе системы Шмидта с целью обнаружения новых эмиссионных объектов в области NGC 7000.

В июле проходили испытания фотометра, созданного Будапештской обсерваторией, на 2,6 м телескопе Бюраканской обсерватории. С этой целью в Бюракане работали сотрудники Будапештской обсерватории Э. Рупп и В. Геза, а в начале года для освоения этого фотометра на астрономической станции Матра Будапештской обсерватории работали сотрудники Бюраканской обсерватории Г. Б. Оганян и Л. М. Карамян.

С 16 по 20 июля Р. А. Кандалян участвовал на XI Европейском совещании молодых радиоастрономов в Джодрелл Бэнке (Англия), где сделал научное сообщение о наблюдениях на радиотелескопе РАТАН-600.

В августе Э. Е. Хачикян, Ю. К. Мелик-Алавердян, А. Л. Гюльбудагян и Р. А. Саркисян участвовали в работах IV Европейской астрономической конференции в г. Упсала (Швеция), где выступили с научными докладами.

В октябре была организована научная конференция, посвященная семидесятилетию академика В. А. Амбарцумяна, на которой приняли участие 20 молодых астрономов из разных астрофизических учреждений СССР. От Бюраканской обсерватории с научными сообщениями выступили 12 молодых сотрудников.

В октябре в Бюракане состоялось расширенное заседание бюро Совета АН СССР по проблеме «Радиоастрономия», где был заслушан отчет о работе отдела радиоастрономии Бюраканской обсерватории за последние годы. На заседании с научными сообщениями выступили В. А. Санамян, В. Г. Малумян, В. Г. Панаджян и Р. К. Кандалян.

В том же месяце в Бюракане состоялось научное совещание, организованное программной комиссией 6-м телескопа и посвященное результатам исследований, выполненных на основе наблюдений на нем. От обсерватории на совещании вы-

ступили М. А. Аракелян, М. А. Казарян, А. Т. Каллоглян, А. Р. Петросян, К. А. Саакян и Дж. А. Степанян.

С 1 по 3 ноября в Бюракане состоялся пленум Астросовета АН СССР, на котором участвовали около 60 иногородних ученых. Пленум заслушал и обсудил отчетный доклад Астросовета АН СССР, сообщение о работе крупнейшего в мире 6-м телескопа, о деятельности редакций советских астрономических журналов. Пленум заслушал также доклад акад. В. А. Амбарцумяна о результатах научных исследований Бюраканской обсерватории. В принятой пленумом резолюции отмечаются большие успехи обсерватории, благодаря которым созданы новые научные направления в современной астрофизике.

В октябре—ноябре месяцах сотрудник института ТАТА фундаментальных исследований АН Инди д-р В. Р. Венугопал подробно ознакомился с состоянием работ по проблеме радиоинтерферометрии космических радиисточников на сверхдлинной базе (РСДБ). Им совместно с В. А. Саназяном и другими сотрудниками отдела радиоастрономии было проведено испытание всего комплекса РСДБ-аппаратуры, была обсуждена также математическая программа обработки результатов совместных наблюдений на ЭВМ ЕС-1030, а также сроки дальнейших работ в этом направлении. Д-р Венугопал участвовал также в обсуждении результатов совместных радио- и оптических наблюдений. На общесерваторском семинаре он сделал доклад о работах радиоастрономического центра института ТАТА.

В октябре—ноябре в Бюракане работал сотрудник Института астрофизики в Париже д-р Р. Крикорян. Он подробно ознакомился с работами отдела теоретической астрофизики и отдела физики звезд и туманностей. Им совместно с сотрудниками обсерватории А. Г. Никогосяном и Г. А. Арутюняном была выполнена работа о рассеянии излучения релятивистскими электронами и о законах перераспределения излучения по частотам и направлениям.

Д-ром Крикоряном было высказано пожелание сотрудничать с бюраканскими астрономами по вопросам физики звезд и использованием для этой цели больших французских телескопов. На семинаре отдела теоретической астрофизики он рассказывал о своих последних работах.

В 1978 г. кратковременные визиты имели д-р Г. Папаз с супругой, д-р Д. Видман (США), д-р Д. Галлетто (Италия), д-р Д. Уолш и д-р И. Браун (Англия), д-р О. Сли с супругой (Австралия).

Визиты д-ра Д. Видмана и д-ра Д. Галлетто имели целью ознакомление с последними работами Бюраканской обсерватории по изучению нестационарных явлений в галактиках.

Поездки д-ров Д. Уолша, И. Брауна и О. Сли носили ознакомительный характер.

Д-р Г. Папаз на семинаре обсерватории сделал доклад на тему «Электрическая симметризация».

В 1978 г. был опубликован сборник «Вопросы физики и эволюции космоса», посвященный 70-летию академика В. А. Амбарцумяна (составитель и редактор проф. Л. В. Мирзоян). Авторами статей, включенных в сборник, являются 14 иностранных и 6 советских ученых.

1979 год

В январе 1979 г. в Звенигороде В. А. Саназян участвовал на заседании совета по радиоастрономии АН СССР.

В феврале д-р физ.-мат. наук Г. М. Товмасын принял участие в Международном симпозиуме в Швейцарии, посвященном Большому космическому телескопу, а в октябре—на пленуме Совета по подготовке астрономических кадров в Телави.

В марте акад. В. А. Амбарцумян выезжал в ГДР на симпозиум, посвященный столетию юбилею А. Эйнштейна, где выступил с докладом об эйнштейновских коэффициентах поглощения и излучения.

В марте 1979 г. во время своей командировки Л. М. Карамян ознакомился с системами наведения телескопов и автоматизации наблюдений, применяемых в обсерватории им. Конколи.

В апреле акад. В. А. Амбарцумян по приглашению Французской академии наук находился в Париже, где ему был вручен диплом иностранного члена АН Франции.

В рамках многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по проблеме «Физика и эволюция звезд» в Болгарии состоялись два заседания подкомиссий (май и ноябрь). На них приняли участие М. А. Млацакянц (по звездным скоплениям и ассоциациям) и Э. Е. Хачикян (по большим телескопам).

С 22 по 24 мая в Бюраканской обсерватории состоялся международный симпозиум «Вспыхивающие звезды, фюоры и объекты Хербига—Аро» в рамках многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по проблеме «Физика и эволюция звезд». В работе симпозиума приняли участие многие бюраканские астрономы.

Значительная работа была проведена по подготовке совместных советско-индийских радиоинтерференционных наблюдений на сверхдлинной базе СССР—Индия.

Для осуществления этой программы канд. физ.-мат. наук В. Г. Панаджян в мае—июне сроком на шесть недель находился в Индии, в Утакамонде. Основная цель командировки состояла в подготовке синхронной работы индийского радиотелескопа с советскими в период совместных интерференционных наблюдений на сверхдлинной базе СССР—Индия.

По этой же программе в августе в течение месяца в Бюракане работал индийский ученый д-р М. Джоши (Радиоастрономический центр ТАТА института фундаментальных исследований, Индия). Во время своего пребывания он участвовал в подготовке комплекса аппаратуры, предназначенного для проведения радиоинтерференционных наблюдений на сверхдлинной базе СССР—Индия, планируемых совместно с советскими (БАО, Горьковский РФИ) и индийскими радиоастрономами.

В июне канд. физ.-мат. наук Ю. К. Мелик-Алавердян и д-р физ.-мат. наук Э. Е. Хачикян приняли участие на III Советско-Финском симпозиуме в Хельсинки и выступили с докладами.

В рамках сотрудничества с ЦИА АН ГДР в течение трех месяцев (июнь—август) в ГДР работали сотрудники Бюраканской обсерватории канд. физ.-мат. наук А. Т. Каллоглян и А. Р. Петросян. А. Т. Каллоглян совместно с д-р Ф. Бёргеном продолжали работу по изучению компактных галактик. В обсерватории Иенского университета ГДР и в Таутенбургской обсерватории А. Т. Каллоглян прочел доклад об основных работах Бюраканской обсерватории и о скоплениях галактик.

Во время работ в ГДР А. Р. Петросян совместно с Ф. Бёргеном на астронегативах, полученных Таутенбургским 2-м телескопом, обнаружили 18 галактик, показывающих двойную и кратную структуру.

По приглашению обсерватории в июле—августе в Бюракане работал член-кор. АН СССР О. А. Мельников (ГАО АН СССР).

В августе состоялся Международный симпозиум по теоретической и математической физике в г. Дубне, посвященный 70-летию акад. Н. Н. Боголюбова, где акад. В. А. Амбарцумян выступил с докладом «Обратные задачи астрофизики».

С 14 по 23 августа Г. М. Товмасын и Р. А. Саркисян были участниками Генеральной Ассамблеи Международного астрономического союза (МАС) в Монреале (Канада).

В конце августа Э. С. Парсамян участвовала в симпозиуме МАС в Виктории (Канада) по звездным скоплениям, где представила доклад «Вспыхивающие звезды в эволюционировавших скоплениях».

В августе Г. А. Оганян принял участие в XII Европейской конференции молодых радиоастрономов в Пушкино и сделал доклад о результатах радионаблюдений компактных групп компактных галактик.

В сентябре В. Г. Малумян, В. А. Санамян и В. Г. Панаджян участвовали на

XII Всесоюзной конференции по радиоастрономии в Звенигороде и выступили с докладами о результатах наблюдений, выполненных на радиотелескопе РАТАН-600.

В октябре месяце в Бюракане состоялся пятый совместный colloquium Бюраканской и Абастуманской астрофизических обсерваторий. На colloquium были заслушаны и обсуждены 18 докладов. От Бюраканской обсерватории с докладами выступили Л. В. Мирзоян, Г. А. Брутян, Р. А. Варданян, Г. А. Абрамян, А. Т. Каллоглян, А. Р. Петросян, Г. А. Геворкян, А. Г. Никогосян, Р. О. Мурадян и А. Н. Фраджян.

В октябре—ноябре В. С. Осканян участвовал в IV Национальной конференции в Югославии. В Белградской обсерватории и в университете он прочел доклады о вспыхивающих звездах.

В ноябре Г. В. Абрамян, С. В. Зарацян и Р. А. Саркисян приняли участие в работах совещания в Крыму, посвященного применению новых светоприемников в астрономии.

В конце года кратковременно в Бюракане побывал д-р П. Конн (Национальный центр научных исследований Франции) с супругой.

В рамках сотрудничества между АН СССР и Национальной АН США, в Бюракане прибыл американский физик А. Майкельсон (Калифорнийский технологический институт), который будет работать над теорией явления звездных вспышек. Он участвует в занятиях специального семинара, посвященного различным аспектам изучения звездных вспышек.

В Бюракане в разное время на стажировке были проф. ЛГУ В. Г. Горбачкий, доценты Киевского ГУ Д. А. Андриенко и Ленинградского горного института В. Я. Бриль.

Три сотрудника обсерватории А. Л. Гюльбудагян (в апреле), Т. Ю. Магакян и О. С. Чавушян (в ноябре) успешно защитили кандидатские диссертации.

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏԳԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Պ Ր Ա Կ Л II В Ы П У С К

НАБЛЮДЕНИЯ ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК ТИПА Е	Р. А. Варданян, А. Н. Томов	3
НОВЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ СВЕРХГИГАНТЫ СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА М	Г. В. Абрамян	13
ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ	Г. В. Абрамян	24
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЗЕТА ТЕЛЬЦА	Н. Л. Иванова	44
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СІ ЛЕБЕДЯ	Н. Л. Иванова, Т. Н. Худякова	52
УТОЧНЕННЫЕ КООРДИНАТЫ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА № 701—1095	Г. М. Товмасын, Э. Ц. Шахбазян, Р. А. Кандалян	58
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ТИПА Igr II	С. Г. Искусударян	65
О ВЫЧИСЛЕНИИ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ВСПЫШЕК СВЕРХНОВЫХ	Р. Г. Мнацаканян, А. В. Осканян, М. Ловаш	68
ДВУХЦВЕТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В АГРЕГАТЕ ПЛЕЯДЫ	О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Н. Д. Меликян, М. К. Цетков, И. Янкович	78
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 2.6-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ	А. С. Амирханян, И. И. Попов	89
О ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ В ФОКУСЕ НЕСМІТА 2.6-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ	Г. В. Абрамян, Л. Г. Ахвердян, Р. А. Варданян, Г. А. Погосян	91
СПЕЦИФИКА ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ВО ВРЕМЯ ВСПЫШЕК	М. А. Ерицян	95
МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ КОРОТКИХ ИЗМЕНЕНИЙ БЛЕСКА ЗВЕЗД	В. П. Залинян	105
ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В КОГЕРЕНТНОМ СВЕТЕ	Р. А. Саркисян	109
ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ОТ ПОРОГА ДИСКРИМИНАЦИИ ПРИ СЧЕТЕ ФОТОНОВ	В. П. Залинян, Ю. К. Мелик-Алавердян	118
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФОТОМЕТРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСЕКТОРА	М. А. Мартиросян, А. Я. Бейлин, Л. М. Карамян, В. П. Лукьянов, Н. К. Далиненко	122
НОВЫЙ МЕТОД ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ	Р. А. Варданян, М. О. Закарян, М. С. Мирзоян	127
$r_{III}(x', x, \gamma)$	Г. А. Арутюнян	137
ПРОСТОЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	О. В. Пикичян	148
СВЕЧЕНИЕ СРЕДЫ, ОСВЕЩЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЛУЧАМИ, ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ ЗАКОНЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ЧАСТОТАМ		158
ХРОНИКА		



Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Ռ. Ա. Վաբդանյան, Ա. Ն. Տոմով—E տիպի կրկնակի զայակտիկաների դիտումներ	3
Հ. Վ. Աբրահամյան—M սպեկտրայ դասի նոր լիոփրիական դերհսկաներ	13
Հ. Վ. Աբրահամյան—Կարմիր գերհսկաների բենոաշափական ուսումնասիրությունը	24
Ն. Լ. Իվանովա— Ցուլի սպեկտրալուաշափական ուսումնասիրությունը	44
Ն. Լ. Իվանովա, Տ. Ն. Խուդյակովա—CI Կարապի լուաշափական և սպեկտրայ դիտումներ	52
Հ. Մ. Թովմաշյան, Է. Մ. Շանքազյան, Ռ. Ա. Կանդալյան—Մարգարյանի 701—1095 զայակտիկաների ճշգրիտ կոորդինատները	58
Ս. Գ. Իսկոպաբյան—ԲII տիպի օբյեկտների տարածական բաշխումը	65
Ռ. Գ. Մեաքանյան, Ա. Վ. Օսկանյան, Մ. Լովաշ—Գերնորբի բռնկման միջին հաճախականությունների մասին	68
Հ. Ս. Չավոշյան, Լ. Կ. Նրասառովա, Ն. Գ. Մեյիբյան, Մ. Կ. Ցվետկով, Ի. Ցանկովիշ—Ռազումք ազրեզատում բռնկվող աստղերի երկգույն դիտումներ	78
Ա. Ս. Ամիրխանյան, Ի. Ի. Պոպով—Րյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մ դիտակի լուսաշափական սիստեմի ուսումնասիրությունը	89
Հ. Վ. Աբրահամյան, Լ. Գ. Հախվերդյան, Ռ. Ա. Վաբդանյան, Հ. Ս. Պոդոյան—Րյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մետրանոց աստղադիտակի նեամիտի ֆոկուսում կատարվող բենոաշափական և լուաշափական դիտումների մասին	91
Մ. Հ. Նրեյյան—Բռնկվող աստղերի բռնկման ժամանակ բենոաշափական դիտումների առանձնահատկությունները	95
Վ. Պ. Չալիբյան—Աստղի պայծառության արագ փոփոխությունների հայտնաբերման եղանակ	105
Ռ. Հ. Սաբաբյան—Կոհրենտ լույսում աստղադիտական պատկերների մշակման օպտիկական մեթոդների կիրառությունը	109
Վ. Պ. Չալիբյան, Ցու. Կ. Մեյիբ—Ալավերդյան—Հուաարազմապատկիչների շմային զգալունության կախումը դատման սահմանից ֆոտոնների համրման դեպքում	118
Մ. Ա. Մաբաբրոյան, Ա. Յ. Ռեյիբ, Լ. Մ. Քաբմյան, Վ. Պ. Լուկյանով, Ն. Կ. Դալինենկո—Էլեկտրալուաշափություն՝ դիսկետոնների կիրառությամբ	122
Ռ. Ա. Վաբդանյան, Մ. Հ. Չաբաբյան, Մ. Ս. Միրզոբյան—Թվային զտման նոր եղանակը և նրա կիրառությունը	127
Հ. Ա. Հաբոբյանյան—r _{III} (X, X, Y) վերաբաշխման ֆունկցիայի կառուցման պարզ եղանակ	137
Հ. Վ. Պիկիբյան—Ջուգահեռ ճառագայթներով լուսավորված միջավայրի լուսարձակումը կամայական վերաբաշխման օրենքի դեպքում	148
Խ Բ Ո Ւ Ի Կ ա	158

CONTENTS

<i>R. A. Vardanian, A. N. Tomov</i> —The Observations of E Type Double Galaxies	3
<i>H. V. Abrahamian</i> —New Variable M Supergiant Stars	13
<i>H. V. Abrahamian</i> —The Polarimetric Investigation of Red Supergiants	24
<i>N. L. Ivanova</i> —Spectrophotometric Investigation of ϵ Tau	44
<i>N. L. Ivanova, T. N. Khudyakova</i> —Photometric and Spectral Observations of Cl Cygni	52
<i>H. M. Toumassian, E. Ts. Shahbasian, R. A. Kandallian</i> —Accurate Optical Positions for Markarian Galaxies 701—1095	58
<i>S. G. Iskudarian</i> —The Space Distribution of the Irr II Type Objects	65
<i>R. G. Mnatsakanian, A. V. Oskanian, M. Lowas</i> —On the Calculation of the Mean Frequency of Supernovae	68
<i>H. S. Chavushlian, L. K. Erastova, N. D. Melikian, M. K. Tsvetkov, I. Jankovics</i> —The Two-Colour Observations of Flare Stars in the Pleiades Aggregate	78
<i>A. S. Amirkhantian, I. I. Popov</i> —The Investigation of the Byurakan Observatory 2.6-m Telescope Photometric System	89
<i>H. V. Abrahamian, L. G. Hakhverdian, R. A. Vardanian, H. A. Pogosian</i> —On the Polarimetric and Photometric Observations at the Nesmith Focus of the 2.6-m Telescope of the Byurakan Observatory	91
<i>M. H. Yertizian</i> —The Specificity of Polarimetric Observations of Flares of Flare Stars	95
<i>V. P. Zalnian</i> —A Method of Detection of Fast Variations of star brightness	105
<i>R. A. Sarkissian</i> —The application of the optical methods in Astronomical Images Processing on the Basis of Coherent Light	109
<i>V. P. Zalnian, Yu. K. Melik-Alaverdian</i> —The Dependence of the Δ on the Discrimination Level in Photon Counting Mode	118
<i>M. A. Martirosian, A. F. Bellin, L. M. Karamian, V. P. Lukinov, N. K. Dallnenko</i> —Photoelectric Photometry Using the Image Dissector	122
<i>R. A. Vardanian, M. H. Zacharian, M. S. Mirzoyan</i> —A New Numerical Filtering Method and Its Application	127
<i>H. A. Haruthyunian</i> —A Simple Method for the Evolution of the Redistribution Function $r_{III}(x', x, \tau)$	137
<i>H. V. Fikidjian</i> —The Illumination of a Medium Under the Action of Parallel Rays at the Arbitrary Law of Frequency Redistribution of Radiation	148
Chronicle	158

УДК 524.7

Наблюдения двойных галактик типа Е. Варданян Р. А., Томов А. Н. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 3—12.

В статье приводятся результаты фотометрических наблюдений в системе U, B, V двойных галактик (типа EE)

Таблиц 2, рисунков 6, библиографий 9.

УДК 524.33+524.352

Новые переменные сверхгиганты спектрального класса М. Абрамян Г. В. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 13—23.

В работе сообщается об открытии переменности блеска 13 сверхгигантов спектрального класса М. Приведены результаты электрофотометрических UBV наблюдений этих звезд за 1974—1977 гг.

Таблиц 5, рисунков 2, библиографий 5.

УДК 524.33+254.352

Поляриметрическое исследование красных сверхгигантов. Абрамян Г. В. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 24—43.

Приведены результаты поляриметрических наблюдений 78 красных сверхгигантов за 1973—1977 гг.

Сообщается об открытии переменности линейной поляризации света 21 К и М сверхгигантов. Показано, что относительное количество звезд с собственной поляризацией света почти в три раза больше для М сверхгигантов класса светимости I а по сравнению со звездами класса светимости I b. Явление собственной поляризации света более часто встречается у красных сверхгигантов поздних классов по сравнению с ранними классами. В ассоциации Peg OBI у М сверхгигантов наблюдается пониженное относительное содержание звезд с собственной поляризацией света по сравнению с другими ассоциациями.

Таблиц 11, рисунков 3, библиографий 25.

УДК 523.841.

Спектрофотометрическое исследование дзета Тельца. Иванова Н. Л. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980, вып. LII, стр. 44—51.

Даны эквивалентные ширины, остаточные интенсивности, полуширины водородных линий, лучевые скорости звезды и оболочки, размеры оболочки, электронная плотность и число атомов на втором уровне водорода над 1 см^2 поверхности звезды. Сравнение

полученных результатов с данными наблюдений 1964 года показало, что масса оболочки дзета Тельца увеличилась в 1973 году, о чем свидетельствуют возрастание интенсивности эмиссии в H_2 и H_3 и усиление линий поглощения оболочки.

Таблиц 3, рисунков 5, библиографий 7.

УДК 523.841.

Фотометрические и спектральные наблюдения σ^1 Лебедя. Иванова Н. Л., Худякова Т. Н. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 52—57.

Приводятся оценки блеска в спектральных полосах UBVRI, распределение энергии в непрерывном спектре в области 3700—5000 Å, значения Бальмеровского декремента и электронной плотности туманности, характеристики компонентов системы.

Таблиц 3, рисунков 3, библиографий 15.

УДК 523.855

Уточненные координаты галактик Маркаряна № 701—1095. Товмасьян Г. М., Шахбазян Э. Ц., Кандалян Р. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 58—64.

Приводятся уточненные координаты 395 галактик Маркаряна из списков 8—11 [6, 7], измеренные с точностью нескольких угловых секунд, и описывается процедура измерений.

Таблица 1, рисунков 2, библиографий 9.

УДК 533.852.35

Пространственное распределение объектов типа I чч II. Искударян С. Г. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 65—67.

Из рис. 1 видно, что объекты типа I чч II показывают супергалактическое распределение, неидентичное с распределением галактик других морфологических типов [6]. Подобное поведение объектов, находящихся в определенном физическом состоянии, по-видимому, говорит в пользу реальности существования Супергалактики как цельной физической системы.

Рисунок 1, библиографий 8.

УДК 523.841

О вычислении средней частоты вспышек сверхновых. Мнацаканян Р. Г., Осканян А. В., Ловаш М. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 68—77.

Методом, предложенным авторами [1], вычислены частоты вспышек сверхновых I и II типов.

Показано, что эта частота в галактиках типа Sc пропорциональна средней светимости галактики-родительницы.

Таблиц 10, библиографий 14.

УДК 523.84

Двухцветные наблюдения вспыхивающих звезд в агрегате Плеяды. Чавушян О. С., Ерастова Л. К., Меликян Н. Д., Цветков М. К., Янкович И. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 78—88.

Приводятся результаты двухцветных наблюдений вспышек в ультрафиолетовых (U) и фотографических (P_g) лучах в Плеядах. Наблюдения сделаны на 40" и 21" телескопах системы Шмидта Бюраканской обсерватории. Общее эффективное время наблюдений 103 часа. В течение этого времени обнаружены 33 вспышки, из которых 19 в ультрафиолетовых и фотографических лучах зарегистрированы синхронно, а 14 — параллельно.

Для каждой вспышки определены собственные цвета ($U-P_g$). Сравнение собственных цветов этих вспышек ($U-P_g$) с собственными цветами ($U-B$) вспышек звезды UV Кита говорит в пользу идентичности природы вспышек вспыхивающих звезд в агрегатах и вспыхивающих звезд типа UV Кита в окрестности Солнца.

Таблиц 6, рисунков 3, библиографий 12.

УДК 522.61

Исследование фотометрической системы 2.6-метрового телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории. Амирханян А. С., Попов И. И. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г. вып. LII, стр. 89—90.

Приводятся результаты исследования зависимости между фотометрической системой 2.6 м телескопа Бюраканской обсерватории и системой UVV.

Рисунок 1, библиография 1.

УДК 520.82/87+520.3/6

О поляризметрических и фотометрических наблюдениях в фокусе Несмита 2.6-метрового телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории. Абрамян Г. В., Ахвердян Л. Г., Варданян Р. А., Логосян Г. А., «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 91—94.

В работе приведены фотометрические характеристики электрофотометра, смонтированного в фокусе Несмита 2.6-метрового телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории. Измерена инструментальная поляризация в фокусе Несмита. Показано, что инструментальная цветовая система электрофотометра довольно близка к международной системе UVV.

Таблиц 5, библиографий 7.

УДК 523.84

Специфика поляризметрических наблюдений вспыхивающих звезд во время вспышек. Ерицян М. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 95—104.

В настоящей работе приводится детальное исследование метода измерения параметров поляризации вспыхивающих звезд во время вспышки. Теоретически и практически определены величины ошибок измерений, зависящие от скорости изменения блеска звезды. Получено, что величина этих ошибок при $T > 10$ сек во много раз меньше ошибок, обусловленных шумами аппаратуры.

Частота модуляции света ($\omega_0 = 21$ гц) подобрана в зависимости от параметров усилителя постоянного тока и атмосферных шумов. Время интегрирования одного поляризационного наблюдения во время вспышки ($t = 30$ сек) выбрано исходя из статистических результатов, а также длительности вспышки.

Таблица 1, рисунков 3, библиографий 28.

УДК 522.61

Метод обнаружения коротких изменений блеска звезд. Залинян В. П. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 105—108.

Предложен метод обнаружения быстрых изменений блеска звезд длительностью 10^{-2} — 10^{-3} сек. Описана схема устройства.

Рисунков 3, библиографий 3.

УДК 522.62

Применение оптических методов обработки астрономических снимков в когерентном свете. Саркисян Р. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 109—117.

Рассмотрены некоторые вопросы применения оптических методов обработки астрономических снимков, в частности применения суперпозиции и фильтрации пространственных частот изображений. Определены требования к параметрам фильтров, с помощью которых экспериментально получены эффективные результаты при обработке. Применение разработанных фильтров дало возможность выявить предельно слабый точечный объект (а), а также выявить перемычки между компонентами М 51 (С) и спиральными ветвями галактики NGC 5194 (А, В, D, E) рис. 4).

Таблица 1, рисунков 4, библиографий 10.

УДК 621.383.2

Зависимость пороговой чувствительности фотоумножителей от порога дискриминации при счете фотонов. Залинян В. П., Мслик-Алавердян Ю. К. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 118—121.

В работе показано, что соответствующим выбором порога дискриминации можно улучшить пороговую чувствительность ФЭУ-79 в 2÷3 раза, а ЕМ1-9789 ОВ—в 5÷6 раз по сравнению с режимом измерения фототока.

Таблиц 2, рисунок 1, библиографий 5.

УДК 522.617

Фотоэлектрическая фотометрия с использованием диссектора. Маргиросян М. А., Бейлин А. Я., Карамян Л. М., Лукьянов В. П., Далиненко Н. К. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 122—126.

Рассматривается система электрофотометрии звезд в режиме счета фотонов с применением диссектора ЛИ 610. Приводится описание, принцип работы, конструкция и результаты наблюдений.

Таблиц 2, рисунков 2, библиографий 3.

УДК 520.82/87+520.3/6

Новый метод цифровой фильтрации и его применение. Варданян Р. А., Закарян М. О., Мирзоян М. С. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 127—136.

В работе приводится новый метод предварительной фильтрации цифровой информации.

Рисунков 7, библиография 1.

Простой метод вычисления функции перераспределения $g_{III}(x, \gamma)$. Арутюнян Г. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 137—147.

Предлагается относительно простой метод построения функции перераспределения $g_{III}(x', x, \gamma)$. Получены асимптотические формулы, которые могут быть использованы для практических целей. Отдельно рассмотрен вопрос зависимости функции перераспределения $g_{III}(x', x, \gamma)$ от различных параметров. Приведены результаты численных расчетов.

Рисунков 5, библиографий 11.

Свечение среды, освещенной параллельными лучами, при произвольном законе перераспределения излучения по частотам. Пикичян О. В. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1980 г., вып. LII, стр. 148—157.

Известные результаты Амбарцумяна, относящиеся к задаче свечения среды при освещении параллельными лучами в случае когерентного рассеяния, непосредственно обобщаются на случай некогерентного рассеяния с произвольным законом перераспределения излучения по частотам $g(x_1, x_2)$ без какого-либо разложения или специальных допущений о функции перераспределения. Это достигается путем введения понятия вероятности выхода излученного кванта, а также использованием принципа обратимости оптических явлений. Попутно получены соотношения, позволяющие определить интенсивность излучения, выходящего из среды, при произвольных первичных источниках энергии, мощность излучения которых зависит от глубины и частоты.

Библиографий 12.

