

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 11

ФЕВРАЛЬ, 1975

ВЫПУСК 1

ЧЕТЫРЕХЦВЕТНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА. II. ГАЛАКТИКА № 10

Ф. БЁРНГЕН, А. Т. КАЛЛОГЯН

Поступила 23 июля 1974

Приводятся результаты четырехцветной поверхностной фотометрии галактики Маркарян 10. Вне ядерной части галактика имеет довольно красный цвет по сравнению с сейфертовским ядром, а средняя поверхностная яркость этой части галактики невысокая. Совокупность областей галактики, имеющих излучение, которое по своим цветам располагается на диаграмме ($U - B$, $B - V$) выше линии абсолютно черного тела, испускает в B примерно 60% общего излучения галактики, что обусловлено наличием сейфертовского ядра. Без учета ядра галактика отличается от нормальных Sb или SBb галактик меньшим значением показателя цвета $U - B$, характерным скорее для галактик типа Sc или SBc .

1. *Введение.* Первая статья этой серии о галактиках Маркарян 7 и 8 была напечатана в [1]. В настоящей работе мы приводим результаты четырехцветной поверхностной фотометрии галактики № 10 из списка Б. Е. Маркаряна [2].

Согласно [3], Маркарян 10 обладает особенностями сейфертовских галактик. Она была классифицирована как SBc [4], Sb [3] и SBb [5]. Ядро галактики очень яркое и звездообразное, характерное для галактик типа Сейферта. По данным [3] в спектре ядра наблюдаются узкие запрещенные линии и широкие подородные линии. Красное смещение, определенное по узким линиям, равно 0.029. Абсолютная звездная величина галактики, при видимой B -величине 14^m01 по фотоэлектрическим наблюдениям Э. А. Дибая и В. М. Лютого с диафрагмой $68''$ в диаметре [6] и при постоянной Хаббла 75 км/сек на Мпс , равняется -21^m3 . По данным тех же авторов абсолютная B -величина ядра -18^m6 . Однако, согласно наблюдениям Лютого [7], ядро Маркарян 10 является переменным. UBV -электрофотометрия [6] показала, что на

периферии Маркарян 10 цвет соответствует звездам класса G, в то время как для ядра $U - B = -0^m87$ и $B - V = +0^m50$. Авторы работы [6] пришли к выводу, что в галактике наблюдается постепенный переход от нетеплового излучения в центре к звездному излучению на периферии.

2. *Наблюдательный материал.* Наблюдения велись в шмидтовском фокусе двухметрового универсального телескопа Таутенбургской обсерватории. Комбинация пластинок и светофильтров в лучах UBVR, как и методика наблюдений и измерений, те же, что и в работе [1]. Поскольку ядро галактики является строго звездобразным, а стандарты снимались внефокально, то яркости ядра не определялись. В работе использованы электрофотометрические UVB-величины ядра по данным [6]. Несмотря на переменность излучения ядра использование этих данных не повлияет на основные результаты настоящей работы.

В табл. 1 приводится распределение поверхностной яркости в цвете В с кв. секунды дуги и показателей цвета $U - B$, $B - V$, $V - R$. Эти данные для каждой измеренной площадки в таблице приводятся в указанном здесь порядке сверху вниз. Слева и сверху даются прямоугольные координаты площадок относительно ядра галактики в секундах дуги. Координаты измеренных областей отнесены к главным осям галактики, причем ось x совпадает с большой осью, позиционный угол которой 132° . Первая площадка в левом верхнем углу таблицы соответствует точке в галактике, находящейся на юго-востоке от ядра, близко к линии $E - W$ при совпадении начала экваториальной системы координат с центром галактики. Направления осей экваториальной системы координат указаны на рис. 1.

3. *Результаты.* а) *Интегральная звездная величина и показатели цвета.* На основании данных табл. 1 вычислены интегральная звездная величина галактики и показатели цвета $U - B$, $B - V$ и $V - R$ (табл. 2). При этом, как было сказано выше, UVB-величины ядра взяты из работы [6]. За неимением R-величины ядра в красном цвете приводится интегральная величина галактики без ядра.

По данным табл. 2 Маркарян 10 вне ядерной части является довольно красной. Ядро галактики сильно уменьшает интегральный показатель цвета $U - B$, а на интегральный $B - V$ влияет незначительно. Данные табл. 2 хорошо согласуются с электрофотометрическими данными [6].

б) *Распределение яркости и цветов.* На рис. 2 приводится распределение яркости и цветов по большой оси галактики. Как видно,



Рис. 1. Фотография галактики Маркарян 10. Увеличение в 12 раз (масштаб около 4'' на мм). Снимок получен на пластинках Кодак 103а-В через светофильтр GG-11.

К ст. Ф. Бергена, А. Т. Коллогляна

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЯРКОСТИ В μ^* И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА U-V, B-V, V-R
 В ГАЛАКТИКЕ МАРКАРЯН 10

x'' y''	40	35	30	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
20				24.80 -0.95		24.5		24.7	24.1	24.8	24.10 -0.53							
						0.6												
15		24.5	24.23	23.96	24.30	24.5	24.21	23.54	24.03	23.67	23.47	23.11	23.73	24.2				
									-0.56		-0.76	-0.33	-0.95					
		0.65	0.38	0.56	0.88	1.4	0.94	0.24	0.99	0.64	0.46	0.03	0.08					
		0.81	0.73	0.52	0.44	0.10	0.29	0.34	0.24	0.14	0.18	0.47	0.59					
10	24.6	23.77	23.62	24.00	23.86	23.66	23.47	23.13	23.03	23.28	23.05	23.02	22.77	23.35	24.6			
						0.20	0.25	-0.02	-0.03	-0.13	0.04	0.06	-0.17	-0.03				
		0.57	0.86	0.43	0.75	0.50	0.78	0.40	0.57	0.91	0.55	0.60	0.44	0.63	1.2			
		0.16	-0.31	0.57	0.27	0.65	0.12	0.47	0.51	0.21	0.33	0.07	0.22	0.19				
5		24.2	24.10	23.36	22.88	22.48	22.44	22.16	21.72	22.12	22.34	22.54	22.86	22.54	23.46	24.10	21.8	24.1
					0.06	0.22	0.23	0.30	0.14	0.46	0.29	0.10	-0.20	-0.12	-0.64	-0.51		
		0.80	0.90	0.42	0.39	0.49	0.72	0.60	0.26	0.51	0.51	0.52	0.45	0.34	0.58	0.86		
			0.22	0.52	0.44	0.32	0.32	0.51	0.60	0.41	0.39	0.29	0.18	0.24	0.06			
0			24.04	23.56	22.88	22.44	22.08	21.60	18.98	21.54	22.14	22.15	22.66	22.90	23.90	24.08	23.5	24.6
			-0.52	-0.54	0.02	0.16	0.44	0.04	-0.87	0.15	0.31	0.25	0.14	-0.34	-0.25			
			0.82	0.88	0.79	0.86	0.96	1.00	0.50	0.89	1.01	0.73	0.63	0.85	1.21	0.60	-0.05	0.95
			0.21	0.03	0.14	0.16	0.22	0.30		0.29	0.21	0.27	0.24	0.27	0.20	0.28	0.13	
5			23.85	23.97	23.22	22.72	22.52	21.74	22.11	22.68	22.94	23.22	23.22	23.22	23.73	23.83	23.23	
					-0.12	-0.16	-0.08	-0.02	-0.14	0.15	-0.10	-0.07	0.08	-0.03	-0.33		0.03	
			0.93	1.23	0.90	0.92	0.95	0.99	0.88	0.86	1.10	0.94	0.96	0.72	0.82	0.71	-0.07	
			0.12	-0.14	0.07	0.02	0.05	-0.02	-0.06	-0.03	-0.09	-0.05	-0.03	-0.05	0.00	0.30	0.22	
10			23.80	24.04	23.86	23.80	23.14	23.15	23.20	23.42	23.19	23.49	23.50	23.50	23.67	24.09		
						-0.05	-0.34	0.25	-0.25	-0.12	-0.24	0.36	-0.13	0.09				
			0.49	1.01	0.60	1.21	0.82	1.05	1.00	1.14	0.67	-0.27	0.71	0.57	0.59	0.61		
			0.16	0.28	0.52	0.12	0.21	0.01	0.09	0.13	0.07	1.26	0.25	0.03	0.16			
15					24.3	24.30	23.90	23.97	23.63	23.87	24.13	23.69	23.60	23.89				
								-0.22		-0.02	-1.06	0.03	0.14					
						0.97	0.87	0.09	0.75	0.99	0.89	0.76	0.67	0.77				
								0.08	-0.02	0.01	0.34	0.17	0.19	-0.06				
20											23.90	24.0	23.62	23.67				
												0.57	1.4	0.62				
													0.68					

показатели цвета $U-B$ и $B-V$ резко уменьшаются непосредственно в области ядра галактики. Вне ядерной части показатель цвета $B-V$ при продвижении к краю остается почти постоянным, умень-

Таблица 2
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА И ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА
МАРКАРИЯН 10

	B	$U-B$	$B-V$	$V-R$	Размеры
С ядром	14^m40	-0^m33	$+0^m70$	—	1.0×0.6
	14.22	—	—	—	1.3×0.8
Без ядра	14.76	0.0	$+0.75$	$+0^m21$	1.0×0.6
	14.52	—	—	—	1.3×0.8
Ядро	15.76	-0.87	$+0.50$	—	0.1

шаясь лишь в области спиральных рукавов. Однако в распределении показателя цвета $U-B$ наблюдается тенденция посинения галактики

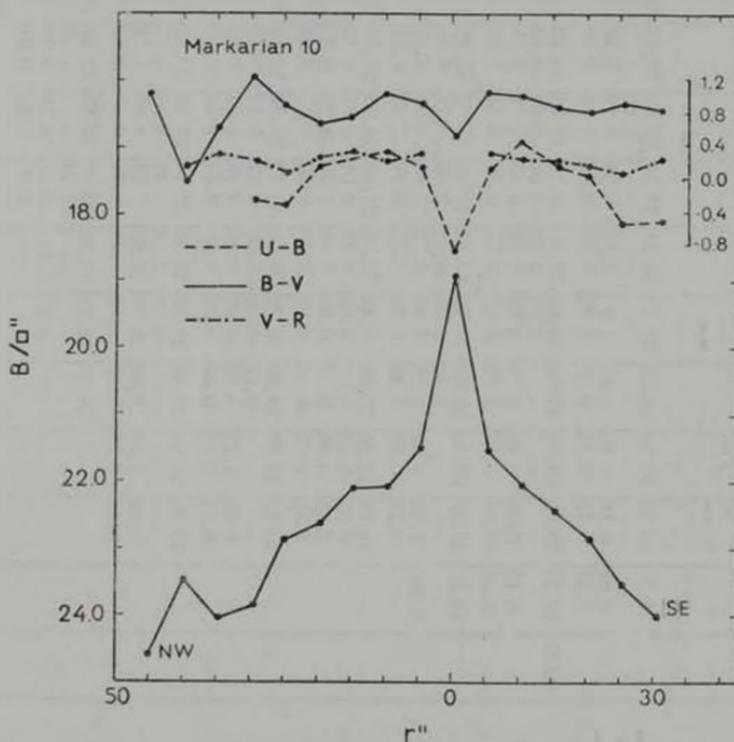


Рис. 2. Распределение поверхностной яркости и показателей цвета по большой оси Маркариан 10.

при приближении к самым внешним областям. Показатели цвета $V-R$ почти постоянны вне ядерной части.

В распределении яркости наблюдается некоторая асимметрия по отношению к ядру. В направлении NW галактика простирается дальше, чем в направлении SE. Кроме того, на NW 'стороне, на расстоянии 10—25" от ядра, галактика систематически ярче, чем в симметричных точках SE стороны. Соответственно, показатели цвета U—B и B—V существенно уменьшаются в указанной области NW стороны. Это результат наличия более мощного спирального рукава в этой области, хорошо видного на фотографии галактики (рис. 1). Цвета этого рукава были измерены в некоторых его точках. Эти данные вместе с поверхностными яркостями приведены в табл. 3, где координаты x и y даны относительно ядра в той же системе отсчета, что и координаты в табл. 1.

Таблица 3

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЯРКОСТЬ И ЦВЕТ СПИРАЛЬНОГО РУКАВА

x	y	$B/\text{''}$	U—B	B—V	V—R
23.5	2.5	22 ^m .43	+0 ^m .07	+0 ^m .30	+0 ^m .31
22.0	7.5	22.57	—0.04	+0.31	+0.09
18.5	12.5	22.83	—0.11	+0.11	+0.38
11.0	17.5	23.51	—0.22	—0.23	—0.75

По данным табл. 3, цвета рукава являются типичными для рукавов спиральных галактик вообще. Нужно полагать, что аналогичными цветами обладает также другой рукав галактики, явно не выделяющийся на наших снимках. Другим результатом табл. 3 является интенсивное посинение рукава при продвижении вдоль него к краю однако цвет фона галактики остается постоянным при удалении от ядра. Это видно из данных табл. 4, где приводятся средние цвета галактики в концентрических кольцах вокруг ядра галактики. По данным таблицы показатель цвета V—R, т. е. цвета, почти свободного от влияния спиральных рукавов, несколько уменьшается лишь на периферии галактики. Вне ядра показатель цвета B—V практически не меняется. Между тем, начиная с расстояния 15" от ядра, цвет U—B интенсивно синееет при продвижении к краю галактики. Очевидно, это является результатом влияния спиральных рукавов. Таким образом, цвет основного фона галактики Маркарян 10 практически не меняется, а цвет спиральных рукавов сильно голубеет при удалении от ядра.

в) *Диаграмма (U—B, B—V)*. На рис. 3 приводится диаграмма (U—B, B—V) для галактики Маркарян 10. Точки соответствуют измеренным площадкам, крестик — галактике в целом с ядром, а открытый кружок — галактике без ядра. Жирная линия представляет линию

абсолютно черного тела. На диаграмме бросается в глаза большая дисперсия точек. Это является результатом изменения в широком диапазоне относительного количества звезд разных спектральных типов от площадки к площадке.

Таблица 4
СРЕДНИЕ ЦВЕТА В КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ КОЛЬЦАХ ВОКРУГ ЯДРА ГАЛАКТИКИ

Кольцо	U-V	B-V	V-R
0-2.5	-0 ^m 87	+0 ^m 50	-
2.5-7.5	+0.11	+0.78	+0 ^m 25
7.5-12.5	+0.05	+0.84	+0.25
12.5-17.5	-0.04	+0.72	+0.22
17.5-22.5	-0.17	+0.67	+0.23
22.5-27.5	-0.20	-0.67	+0.18
27.5-32.5	-0.45	+0.80	+0.12

Как и в работе [1], мы изучили распределение интенсивности относительно линии абсолютно черного тела. С этой целью проведены параллельные этой линии полосы шириной в 0^m2. Расположение и нумерация полос совпадают с тем, что было в случае Маркарян 7 и 8 [1]. Полученные результаты приводятся в табл. 5 вместе с аналогичными данными для Маркарян 7 и 8.

Таблица 5
ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ В ПОЛОСАХ.
ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛИНИИ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА

№ галактики	№ полосы						
	1	2	3	4	5	6	7
10	-	0.02	0.44	0.14	0.22	0.12	0.06
8	0.01	0.03	0.06	0.19	0.55	0.15	0.01
7	-	-	0.02	0.11	0.45	0.39	0.03

По данным табл. 5, 60% интегральной яркости в цвете В обусловлено площадками, находящимися выше линии абсолютно черного тела (сумма яркостей первых четырех полос). В случае Маркарян 7 и 8 эта величина равняется 13 и 29%, соответственно. Такое различие обусловлено наличием сейфертовского ядра у Маркарян 10. Оно попадает в полосу 3, вследствие чего яркость достигает

максимума в этой полосе. Отметим, что вообще все измеренные показатели цвета в Маркарян 10 находятся в интервалах: $-1^m0 < U - V < +0^m5$ и $0 < B - V < +1^m2$.

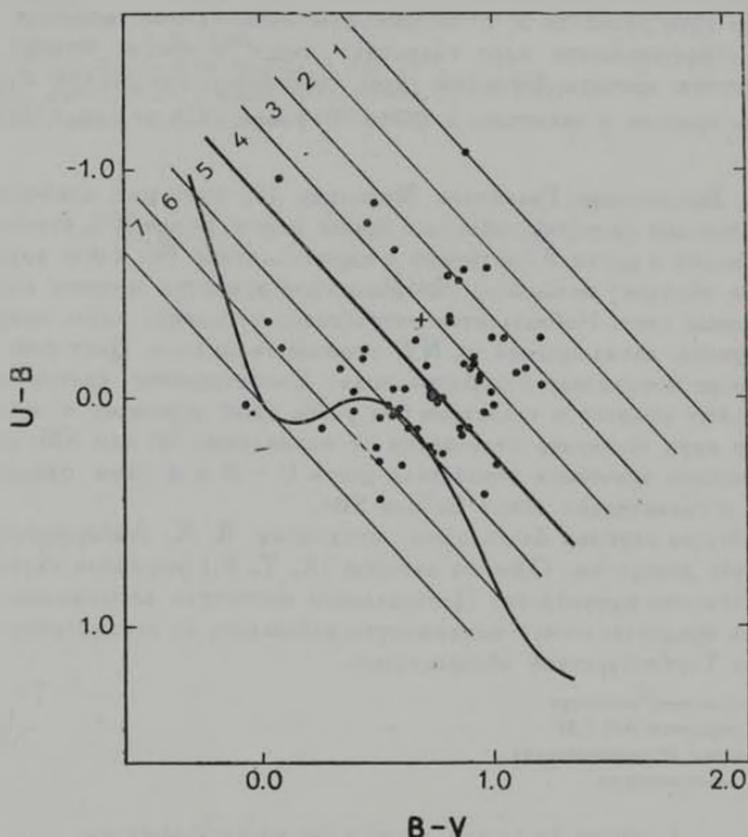


Рис. 3. Диаграмма ($U-B$, $B-V$) для Маркарян 10. Точки представляют измеренные площадки, крестик соответствует галактике с ядром, а заполненный кружок — галактике без ядра. Жирная линия для абсолютно черного тела.

г) *Средневзвешенная поверхностная яркость.* По методу, изложенному в [1], была вычислена средневзвешенная поверхностная яркость галактики в цвете B . И в этом случае для граничной яркости i_0 принято значение 21^m5 с кв. секунды дуги. В результате для средневзвешенной поверхностной яркости получено значение 21^m50 с кв. секунды дуги. Это на 0^m15 ярче Маркарян 8. Средняя поверхностная яркость,

вычисленная обычным способом деления интегральной яркости на площадь измеренной поверхности, равняется $22^m 80$ с кв. секунды дуги, что практически совпадает со значением той же величины для Маркарян 8. Средняя поверхностная яркость Маркарян 10 без учета яркости ядра равна $23^m 2$ с кв. секунды дуги. Таким образом, без учета сейфертовского ядра галактика имеет довольно низкую поверхностную яркость. Отметим, что предельная измеренная поверхностная яркость в галактике в цвете В равна $24^m 8$ с кв. секунды дуги.

4. *Заключение.* Галактика Маркарян 10, имеющая особенности сейфертовских галактик, обладает ярким ядром. Более 30% интегральной яркости в цвете В заключено в ядре галактики. Без учета ядра галактика обладает невысокой поверхностной яркостью и имеет довольно красный цвет. Наблюдается интенсивное потемнение вдоль спирального рукава, находящегося на NW стороне галактики. Цвет фона галактики не показывает подобного хода. Сопоставление цветов ядра, спиральных рукавов и галактики без учета ядра приводит к выводу, что вне ядра галактика отличается от нормальных Sb или SBb галактик меньшим значением показателя цвета U—B и в этом отношении сходна с галактиками типов Sc или SBc.

Авторы глубоко благодарны академику В. А. Амбарцумяну за полезную дискуссию. Один из авторов (А. Т. К.) выражает глубокую благодарность руководству Центрального института астрофизики АН ГДР за предоставленную возможность наблюдать на двухметровом телескопе Таутенбургской обсерватории.

Центральный институт
астрофизики АН ГДР

Бюроканская астрофизическая
обсерватория

A FOUR-COLOUR SURFACE PHOTOMETRY OF MARKARIAN GALAXIES. II. GALAXY No. 10

F. BÖRNGEN, A. T. KALLOGHIAN

The results of four-colour surface photometry of the galaxy Markarian 10 are presented. The underlying galaxy has a B—V colour typical for Sb subtype galaxies, while U—B is somewhat smaller, typical for Sc galaxies. Outside the nucleus the mean surface brightness is not high ($23.2 \text{ B}/\square^m$). On the (U—B, B—U) diagramm 60% of integral brightness of galaxy is located above the black body line which is due to the presence of Seyfert type nucleus in the galaxy.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ф. Бёрниен, А. Т. Каллоляян, *Астрофизика*, 10, 159, 1974.
2. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
3. Н. С. Агр, Е. Ye. Khachikian, С. R. Lynds, D. W. Weedman, *Ap. J.*, 152, L103, 1968.
4. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, *Морфологический каталог галактик*, т. I, М., 1962.
5. А. Т. Каллоляян, *Астрофизика*, 7, 521, 1971.
6. Э. А. Дибай, В. М. Лютый, *Астрофизика*, 7, 169, 1971.
7. В. М. Лютый, *Астрон. цирк.*, № 592, 1970.