

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 9

ФЕВРАЛЬ, 1973

ВЫПУСК 1

ДЕТАЛЬНАЯ UVV-ФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИКИ NGC 2276

Р. К. ШАХБАЗЯН

Поступила 27 ноября 1972

Приведены результаты трехцветной детальной фотометрии спиральной галактики NGC 2276. Наблюдения проводились на 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории. Приводится карта распределения поверхностных яркостей и показателей цветов по галактике. Размеры использованной диафрагмы: 9.7×9.7 .

Определены интегральные яркости и показатели цвета $B-V$ и $U-B$ для галактики в целом, для ядерной области, перемычки и 16 сгущений, наблюдаемых в галактике. Показано, что все эти сгущения являются сверхассоциациями.

Построены кривые распределения яркости и цвета вдоль главных осей галактики и двухцветная диаграмма.

Результаты детальной колориметрии использованы для исследования зависимости относительных интенсивностей и средних поверхностных яркостей от показателя цвета.

NGC 2276 — сверхгигантская галактика типа Sc, видимая анфас. Галактика имеет сложную структуру, весьма асимметричное распределение яркости, резкие отчетливые границы и большое количество компактных и расплывчатых сгущений. Многие из этих сгущений являются сверхассоциациями [1, 2], некоторые из них по яркости могут сравниться с галактикой средней светимости. В галактике наблюдается множество разветвляющихся волокнистых рукавов и короткая перемычка с кольцеобразной структурой, ее охватывающей. По-видимому, именно такая сложная структура галактики заставила Арпа включить ее в свой Атлас пекулярных галактик под номером 25 [3]. Спектральный класс галактики AF [5]. Ван ден Берг относит ее к первому классу светимости [4], а де Вокулер классифицирует ее как галактику типа SA(rs)c [5].

На некоторых наших снимках наблюдается усложненная структура ядерной области галактики с отдельными слабыми сгущениями в ней. Последние создают впечатление расщепленности ядра галактики.

Одной из замечательных особенностей галактики NGC 2276 можно считать появление в ней за промежуток времени в шесть лет трех сверхновых звезд [7—9]. Отметим, что третья сверхновая вспыхнула через два месяца после второй. Она видна на фотографии галактики, приложенной к настоящей статье (яркая точка на $8''$ к северо-западу от ядра).

Отметим, что асимметрия в распределении яркостей и цветов не столь редкое явление для галактик поздних морфологических типов. В случае галактики NGC 2276 видно, что асимметрия эта частично обусловлена обилием сверхассоциаций, расположенных в небольшом секторе на западе галактики. Почему почти все мощные участки звездообразования собраны именно в этой четверти галактики? Почему их почти совершенно не видно в других областях галактики? И, наконец, почему все три сверхновые вспыхнули опять-таки в этой „активной“ области галактики — трудно сказать. Возможно, исследование распределения нейтрального и ионизованного водорода в галактике, более детальное исследование ядерной области на телескопе с большим масштабом, а также спектральные наблюдения с большой дисперсией прольют свет на некоторые процессы, протекающие в этой интересной галактике.

В настоящей работе мы приводим результаты детальной UVV фотометрии галактики NGC 2276, а также результаты измерений яркостей и показателей цвета сверхассоциаций, наблюдаемых в этой галактике.

1. *Наблюдательный материал и методика наблюдений.* Снимки галактики NGC 2276 в системе UVV были получены в 1968 г. на метровом телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории. Сведения об использованных снимках приведены в табл. 1.

Основой для определения звездных величин при выполнении настоящей работы в большинстве случаев служили звезды рассеянного скопления Coma [10]. Однако, как видно из табл. 1, негативы для галактики NGC 2276 были получены в разное время года, и в тех случаях, когда звездное скопление Coma фотографировать было невозможно, мы пользовались для сравнения звездами NPS.

На взятых из одной коробки пластинках с одинаковыми экспозициями последовательно снимались область галактики в фокусе и стандартная область со смещением фокуса на 4 мм. Пластинки затем проявлялись вместе. Измерения изображения галактики велись на объективном микрофотометре „Шнель“ фирмы Цейсс с помощью диафрагмы, вырезающей на пластинке квадратные площадки со стороной $9.7''$.

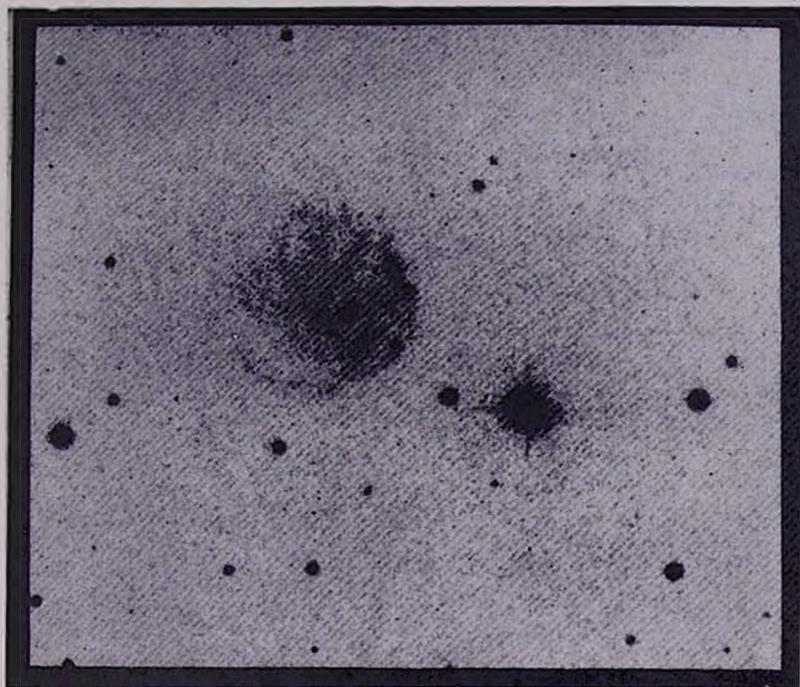


Рис. 1. NGC 2276 в синем цвете. Масштаб 1 мм = 4.8.

К ст. Р. К. Шахбазян

Измерения проводились сплошным образом, так что соседние площадки располагались вплотную друг к другу как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. С помощью нескольких „реперных“ звезд достигалась одинаковая установка пластинки на столике микрофотометра. Пробные установки и измерения одних и тех же пластинок показали, что при тщательной установке пластинки ошибки измерений незначительны. Переход от почернений к яркостям осуществлялся с

Таблица 1

Дата наблюдения	Экспозиция (в мин)	Сорт пластинки	Фильтр
1968 г. 1 IV	10	ZU-2 Agfa Astro Special	GG-13
29 II	7.5	„ „	„
1 V	17	„ „	„
5 II	40	Kodak OA-D	GG-11
31 III	45	„ „	„
26 IV	30	„ „	„
28 IX	45	„ „	„
30 IX	25	„ „	„
31 III	46	ZU-2 Agfa Astro Special	UG-2
25 IV	90	„ „	„
29 IV	87	„ „	„

помощью характеристических кривых, построенных по соответствующим снимкам стандартных звезд. Характеристические кривые строились по 15—20 звездам. Почернения во внефокальном изображении каждой звезды и фона в ее окрестности определялись в четырех точках и брались средние значения. Соответствующие поверхностные яркости определялись по формуле:

$$m/\square'' = m + 2.5 \lg \pi (R^2 - r^2),$$

где m — известная звездная величина стандартной звезды, а R и r — большой и малый радиусы ее внефокального изображения в секундах дуги. В тех случаях, когда сравнение производилось со звездами NPS, переход к системе В производился по уравнениям, приведенным в [5]. Специальное изучение, проведенное по нашей просьбе Р. Г. Мнацаканян [6], показало, что примененная нами комбинация сортов эмульсии и фильтров дает систему звездных величин, близкую к UVB системе. Поправка за галактическое поглощение учитывалась по закону косеканса: $\Delta m = 0.25 \cos \epsilon |b|$. Для галактики NGC 2276, находящейся на галактической широте $b = -28^\circ$, $\Delta m = -0.5$.

Среднеквадратичные отклонения звездных величин соответствующих площадок в U, B, V лучах равны $\pm 0^m04$, $\pm 0^m06$ и $\pm 0^m06$, а среднеквадратичные ошибки в цветах U—B и B—V, соответственно, равны $\pm 0^m07$ и $\pm 0^m08$.

При измерениях яркостей отдельных сгущений в галактике мы пользовались круглыми диафрагмами с диаметром 8" и 10.6, а также квадратной диафрагмой со стороной 9.7. Диафрагма выбиралась таким образом, чтобы все сгущение оказалось внутри нее. Фон измерялся в нескольких точках в непосредственной окрестности сгущения всегда в одних и тех же участках галактики. Отдельно в десяти точках измерялся фон пластинки вокруг галактики. Собственная яркость сгущения определялась путем фотометрического вычитания из наблюдаемой яркости сгущения усредненной яркости фона вокруг него, при этом обе яркости брались по отношению к фону галактики. Для оценки точности измерений сгущений высчитано среднее из среднеквадратичных отклонений различных определений звездных величин:

$$\epsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta m_i^2}{n(n-1)}}$$

где n — число наблюдений данного объекта, Δm_i — отклонение данного определения звездной величины от его среднего значения. Значения ϵ для B, V, U пластинок меньше $\pm 0^m04$, а среднее из среднеквадратичных отклонений различных определений цветов меньше $\pm 0^m06$.

Необходимо отметить, что вопрос об определении звездных величин сгущений является очень сложным, так как последние наблюдаются в большинстве случаев на относительно ярком и неоднородном фоне спирального рукава. С другой стороны, сгущения в одних случаях представляются компактными, в других случаях — протяженными объектами. Между тем, примененная в настоящей работе методика верна лишь для протяженных объектов. Поэтому полученные нами яркости и показатели цвета (особенно в случае компактных сгущений) не всегда могут иметь большую точность.

2. *Интегральная звездная величина и показатели цвета галактики.* Результаты измерений приведены в виде карты распределения поверхностных яркостей и показателей цвета (табл. 2). Каждой из измеренных площадок на карте соответствуют три числа: 1) поверхностная яркость с квадратной секунды дуги в системе B, 2) показатель цвета B—V и 3) показатель цвета U—B. Сверху и слева карты указаны прямоугольные координаты центров измеренных площадок в секун-

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА ПО ГАЛАКТИКЕ NGC 2276

x	+67.9	+58.2	+48.5	+38.8	+29.1	+19.4	+9.7	0.0	-9.7	-19.4	-29.1	-38.8	-48.2
y													
+77.6				23.55 +0.45	23.84 +0.69	23.83 +0.70		23.80 +0.52					N
+67.9				23.22 +0.32	22.76 +0.30	22.97 +0.18	23.25 +0.36	22.79 +0.04					w
+58.2				23.15 +0.22	23.04 +0.52	22.73 +0.29	22.67 +0.61	22.88 +0.29	22.96 +0.54	23.42 +0.44			
+48.5				23.16 +0.47	22.92 +0.09	22.55 +0.45	23.10 +0.54	22.89 +0.33	22.25 +0.39	22.75 +0.55	22.72 +0.25		
+38.8		23.74 +0.67	23.07 +0.39	22.95 +0.55	22.87 +0.59	22.75 +0.50	22.86 +0.51	22.56 -0.53	22.47 +0.47	22.71 +0.55	22.01 +0.24	23.57 +0.57	
+29.1	23.67 —	23.02 0.00	22.96 +0.45	22.50 +0.47	22.66 +0.70	22.86 +0.65	22.41 +0.71	22.22 +0.64	22.78 +0.71	22.34 +0.54	21.32 -0.35	22.51 +0.53	
+19.4	23.22 +0.39	23.02 +0.13	22.86 +0.48	22.87 +0.58	22.30 +0.60	22.41 +0.76	22.17 +0.76	22.38 +0.86	22.40 +0.75	22.26 +0.70	21.72 +0.47	21.63 +0.41	23.74 —
+9.7	23.01 +0.16	22.96 —	22.83 +0.52	22.65 +0.61	22.37 +0.56	22.00 +0.66	22.21 +0.98	22.06 +0.84	21.83 +0.57	22.03 +0.57	21.87 +0.54	22.03 +0.56	23.54 +0.63
0.0	—	23.34 +0.26	22.88 +0.39	22.65 +0.50	22.51 +0.62	21.54 +0.52	21.87 +0.96	20.83 +0.90	21.89 +0.88	22.13 +0.79	22.19 +0.65	22.35 +0.60	23.88 +0.84
-9.7			23.18 +0.37	22.82 +0.68	22.83 +0.81	22.28 +0.53	21.43 -0.43	21.99 +0.98	21.73 +0.75	21.96 +0.57	22.55 +0.73	22.63 +0.60	
-19.4			—	+0.12	-0.07	+0.04	-0.06	+0.02	-0.01	-0.09	+0.03	+0.01	
-29.1	23.64 +0.64	23.88 +0.78	23.81 +0.66	23.51 +0.23	23.09 +0.35	22.85 +0.69	22.60 +0.71	22.03 +0.61	22.09 +0.67	22.55 +0.60	22.35 +0.38	23.76 +0.58	
-38.8		23.62 +0.46	23.26 +0.37	23.49 +0.45	23.21 +0.58	23.15 +0.52	23.06 +0.68	22.39 +0.61	22.83 +0.68	22.87 +0.43	23.47 -0.53		23.95
-48.5			—	+0.04	-0.04	-0.09	—	-0.03	-0.02	+0.08	—	—	
-58.2				23.49 +0.33	23.07 +0.41	23.27 +0.62	22.63 +0.33	23.17 +0.57	23.44 +0.46	23.71 +0.51			
						23.72							

дах дуги. Для грубой ориентировки в верхнем правом углу карты отмечено направление экваториальных координат. Пустые квадраты соответствуют участкам, где яркости ниже предельных. Начало координатной системы находится в центре галактики. Ось абсциссов совпадает с направлением по прямому восхождению. Знак „плюс“ в таблице означает к северу и к востоку от ядра.

Измерения охватывают область с размерами 2.1×2.4 . Сюда вошло 136 площадок в системе В, 133 — в системе V и 81 площадка в системе U. Предельные поверхностные яркости в этих системах соответственно равны: $23^m.9$, $23^m.4$ и $23^m.3$. В действительности было измерено примерно в два раза больше площадок с целью уверенного определения границ галактики. Размеры галактики получаются гораздо больше, чем по табл. 2 (3.2×3.1), что обусловлено тем, что слабые почернения приходится на недодержанные участки характеристических кривых.

На основании данных карты распределения, путем суммирования яркостей отдельных площадок были получены интегральные звездные величины и показатели цвета В—V и U—В галактики. Полученные результаты вместе с данными других авторов даны в табл. 3, при этом измерения Петтита и Холмберга приведены к системе В и V по уравнениям, приведенным в [5].

В табл. 3 приводятся интегральные величины в системе В и показатели цвета В—V и U—В, а также размеры измеренных областей галактики. Из таблицы видно, что согласие с данными других авторов удовлетворительное, особенно если учесть разницу в размерах профо-

Таблица 3

Авторы	В	В—V	U—В	Размеры
Петтит [11]	$12^m.01$	$+0^m.73$	—	2.7×5.7
Холмберг [12]	12.04	+0.50	—	4×4
Вокулёр [5]	12.25	+0.59	—	2.3×2.3
Шахбазян	12.30	+0.59	—	2.2×2.1
Шахбазян	12.57	+0.61	-0.09	1.8×1.7

тометрированных областей и возможные ошибки, обусловленные переходом от одной системы к другой. Только показатель цвета В—V, полученный Петтитом, на $0^m.14$ краснее, чем у нас и у де Вокулера и на $0^m.23$ краснее, чем у Холмберга, хотя размеры диафрагмы, использованной Петтитом, почти вдвое больше участка галактики, измеренного нами и де Вокулером.

Модуль расстояниям NGC 2276, определенный по красному смещению $V_r = 2595$ км/сек [13] при значении постоянной Хаббла $H = 75$ км/сек на Мпс, равен 32.7. Если принять $V = 11^m7$ (по нашему определению), то после учета межзвездного поглощения по формуле $A_v = 0.19 \cos ec |b|$ [5], для абсолютной величины галактики NGC 2276 в желтых лучах получим значение $M_v = -21^m4$. Максимальные размеры галактики по нашим желтым снимкам достигают 3.2×3.1 или 33×32 Кпс. Таким образом, и по светимости, и по размерам NGC 2276 является сверхгигантской галактикой.

3. *Ядро, перемычка, сгущения.* На некоторых наших снимках наблюдается сложная структура ядерной области галактики со слабыми сгущениями в ней. На ультрафиолетовых фотографиях в центре ядерной области отчетливо вырисовывается очень компактное слабое ядрышко. По Бюраканской классификации ядро галактики оценивается баллом 4 [14].

Описанная в разделе 1 методика и масштаб наших снимков не позволяют определить яркость и цвет самого ядра галактики. С помощью круглой диафрагмы с диаметром 8" нами была измерена центральная область галактики, имеющая на наших негативах довольно расплывчатое изображение. После фотометрического вычитания из наблюдаемой яркости ядерной области усредненного фона галактики в непосредственной окрестности этой области мы получили следующие значения*:

$$V = 16^m41, \quad B - V = +0^m77, \quad U - B = -0.02$$

$$V/\square'' = 20^m41, \quad M_B = -16^m8$$

На наших негативах (особенно в желтом цвете) хорошо видна восточная часть слабой перемычки галактики и кольцеобразная структура с размерами 0.5×0.4 . Перемычка прослеживается к востоку от ядра до расстояния 12". Западная половина перемычки имеет либо весьма низкую поверхностную яркость, либо вообще она отсутствует. Видимая часть перемычки очень коротка, поэтому нам удалось измерить на ней лишь одну площадку к востоку от ядра. Для этой площадки получены следующие значения:

$$V/\square'' = 21^m90, \quad B - V = +0^m87, \quad U - B = +0^m05.$$

Приведенные здесь значения не исправлены за поглощение в нашей Галактике. Мы видим, что цвет перемычки близок к цвету центральной

* M_B исправлено за галактическое поглощение.

области галактики, что касается поверхностной яркости перемычки, то после введения поправки за галактическое поглощение она становится равной 21^m2 , что на 0.3 величины слабее среднего значения поверхностной яркости перемычек, полученного А. Т. Каллогляном для большой группы SB-галактик [15].

На наших снимках в галактике NGC 2276 насчитывается около 40 сгущений. Многие из них так слабы, что определение их звездных величин оказалось невозможным. Нами измерены яркости и показатели цвета 16 наиболее ярких сгущений. Измерения проводились с помощью круглых диафрагм с диаметрами 8" и 10.6. Комплекс № 16 (табл. 4), в состав которого входят сгущения № 11, 12, 13, 14 и 15, измерялся в два приема с помощью квадратной диафрагмы с размерами 9.7×9.7 . Интегральная яркость комплекса была получена путем суммирования яркостей двух примыкающих друг к другу ее участков. Сгущения, приведенные в табл. 4 под номерами 3, 4 и 6, имеют довольно протяженные изображения и их измерения проводились с помощью двух диафрагм (8" и 10.6). В табл. 4 представлены результаты измерений ядерной области и 16-ти сгущений в галактике NGC 2276.

В соответствующих столбцах табл. 4 приводятся следующие данные: порядковый номер сгущения, прямоугольные координаты сгущения по отношению к центру галактики в секундах дуги — X и Y, размеры сгущения в секундах дуги, размеры диафрагмы, поверхностная яркость сгущения в системе В, наблюдаемая видимая величина сгущения в системе В и наблюдаемые показатели цвета В — V и U — В, собственная В величина, собственные показатели цвета и интегральная абсолютная величина сгущения в системе В, исправленные за галактическое поглощение.

Напомним, что собственные В величины и показатели цвета получены после фотометрического вычитания из наблюдаемой яркости сгущения яркости фона галактики в окрестности конденсации. При этом сильная неоднородность фона галактики и клочковатая структура спиральных ветвей могут внести некоторую неуверенность в значения собственных величин сгущений. Поэтому в табл. 4 приводятся дополнительные данные о наблюдаемых значениях звездных величин и цветов, при определении которых вычит яркости фона галактики из яркости сгущения не производился. Для сгущений № 11, 12, 13, 14 и 15 в табл. 4 приводятся только наблюдаемые значения видимых звездных величин и цветов, ибо измерить фон внутри комплекса № 16, в который погружены сгущения и который накладывается на последние, отдельно от сгущений оказалось невозможным.

Таблица 4

№	x''	y''	d''	D''	B/\square''	Наблюденные			Собственные			M_B
						B	B-V	U-B	B	B-V	U-B	
Ядро*	—	—	—	8"	20 ^m .41	16 ^m .16	+0 ^m .81	+0 ^m .03	15 ^m .90	+0 ^m .65	-0 ^m .11	-16 ^m .8
1	-40	+17	6 × 6	"	21.33	17.14	+0.45	-0.66	17.04	+0.25	-0.79	-15.6
2	-31	-19	5 × 5	"	21.20	16.95	+0.18	-0.61	16.85	-0.08	-0.89	-15.8
3	+19	+1	13 × 10	"	21.35	17.10	+0.51	-0.27	17.12	+0.28	-0.56	-15.6
"	"	"	"	10.6	21.49	16.56	+0.59	-0.18	16.48	+0.41	-0.37	-16.2
4	+10	-9	12 × 10	8	21.54	17.29	+0.48	-0.27	17.51	+0.15	-0.68	-15.2
"	"	"	"	10.6	21.45	16.51	+0.56	-0.17	16.48	+0.37	-0.46	-16.2
5	+7	-13	3 × 3	8	21.54	17.29	+0.49	-0.23	17.51	+0.09	-0.56	-15.2
6	-10	-18	11 × 10	"	21.08	16.83	—	-0.15	16.81	—	-0.30	-15.9
"	"	"	"	10.6	21.19	16.25	+0.50	-0.10	16.12	+0.30	-0.30	-16.6
7	-29	+4	4 × 6	8	21.63	17.37	+0.41	-0.22	17.67	+0.24	-0.53	-15.0
8	-15	-33	4 × 4	"	21.98	17.80	—	—	18.33	—	—	-14.4
9	-6	+47	5 × 5	"	21.97	17.72	+0.33	-0.40	17.84	+0.10	-0.73	-14.8
10	-20	+59	3 × 2	"	22.90	18.35	+0.20	-0.47	17.29	-0.07	-0.77	-14.4
11	-29	+36	4 × 4	"	21.30	17.05	+0.28	-0.51	—	—	—	—
12	-33	+30	3 × 3	"	21.58	17.34	+0.31	-0.54	—	—	—	—
13	-26	+28	4 × 4	"	21.55	17.30	+0.42	-0.42	—	—	—	—
14	-31	+24	2 × 4	"	21.34	17.10	+0.46	-0.48	—	—	—	—
15	-32	+18	2 × 2	"	21.52	17.26	+0.40	-0.44	—	—	—	—
16	-29	+29	20 × 10	9.7 × 19.4	21.50	15.82	+0.39	-0.50	15.58	+0.23	-0.66	-17.1

* Приведенные данные относятся не к самому ядру, а к ядерной области, так как ядро обладает меньшими размерами.

Из табл. 4 видно, что по светимостям и цветам все сгущения, приведенные в списке, можно считать сверхассоциациями, если распространить понятие сверхассоциации и на такие протяженные образования, какими являются объекты № 3, 4, 6 и 16.

Некоторые сгущения галактики по размерам не превышают 300 *парсек*, однако среди компактных сгущений встречаются и такие, для диаметров которых при модуле расстояния 32.7 мы получаем значения в тысячу *парсек* и более. Здесь необходимо учесть, что при оценках размеров сгущений эффекты инструментальные, фотографические, атмосферные и гидировочные неизбежно приведут к искусственному увеличению размеров сгущений. С целью исключения этих эффектов размеры всех сгущений должны быть уменьшены по крайней мере на 25%. Тогда для среднего диаметра более или менее компактных сгущений галактики получим значение, равное или меньше 350 *парсек*. Что касается упомянутых выше протяженных образований, то они, по всей вероятности представляют собой гигантские по размерам конгломераты ассоциаций и областей II.

Из табл. 4 видно, что с увеличением размеров диафрагмы при измерениях протяженных сгущений все они заметно краснеют, т. е. периферийные участки протяженных сгущений краснее их центральных областей. На двухцветной диаграмме, приведенной на рис. 5, сгущения отмечены крестиками. Они расположены значительно выше кривой главной последовательности, а некоторые яркие сгущения, как № 1 и 16, примыкают к участку, соответствующему нетепловому излучению и показывают значительный избыток излучения в ультрафиолете. Интересно отметить, что на двухцветной диаграмме сверхассоциации занимают почти те же участки, что и галактики Маркаряна типа „d“ с диффузными изображениями центральных областей [16].

На рис. 2 приводится карта распределения сгущений в галактике NGC 2276.

4. *Распределение яркости и цветов по галактике.* Галактика NGC 2276 видна почти анфас, однако по отношению к ядру она расположена весьма асимметрично. В то время, как яркая западная часть имеет резкие границы и доходит не далее 50" от ядра, ветви галактики в других направлениях, постепенно ослабевая, простираются до расстояния в две минуты и больше. Галактика асимметрична также по распределению яркости и концентрации сгущений высокой светимости.

Из табл. 2 мы видим, что довольно большим показателям цвета $B - V (+0^m9)$ в центральной площадке и в примыкающих к ней областях галактики соответствуют относительно малые значения показате-

лей цвета $U - V$ (около $+0^m1$). Не исключено, что эта аномалия в $B - V$ и $U - V$ цветах является следствием дополнительного ультрафиолетового излучения в центральных областях галактики.

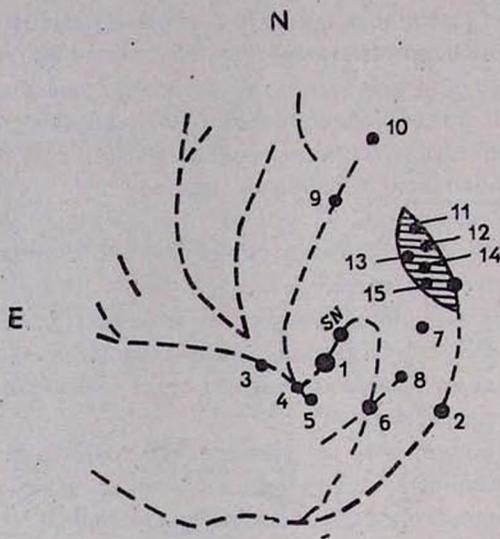


Рис. 2. Карта распределения сгущений в NGC 2276. Масштаб $1 \text{ м.м.} = 2.2$.

На рис. 3 и 4 приводится распределение яркости и цветов вдоль центральных разрезов, проходящих в направлениях восток—запад и север—юг. По оси абсцисс отложено расстояние от центра галактики, а по оси ординат — поверхностная яркость и показатели цвета. На рисунках знак „плюс“ соответствует северной и восточной частям галактики, а знак „минус“ — южной и западной областям. Кривые распределения яркости носят весьма асимметричный характер с максимумами в ядерной области и вторичными максимумами в участках, где разрезы проходят через сгущения и спиральные ветви. Обычно эти максимумы сопровождаются убыванием показателей цвета на кривых распределения цвета. Сильные флуктуации яркостей и цветов вдоль осей указывают на сложную структуру галактики и связаны как с клочковатой структурой темной материи, так, вероятно, и с реальными изменениями звездного состава.

Интересно, как изменится картина распределения яркостей и цветов в галактике, если из интегральных яркостей отдельных участков ее вычесть суммарные яркости всех наблюдаемых в них сгущений. Детальная фотометрия делает возможным такого рода сравнения для любых участков галактики. Центральными разрезами, проходящими в

направлениях север — юг и запад — восток галактика была разделена на четыре участка, для каждого из которых были подсчитаны интегральные звездные величины и показатели цвета $B-V$ и $U-B$. Отдельно по данным табл. 4 были подсчитаны суммарные яркости сгущений, попадающих в данную четверть галактики*. Последние были вычтены из интегральных яркостей соответствующих областей галактики.

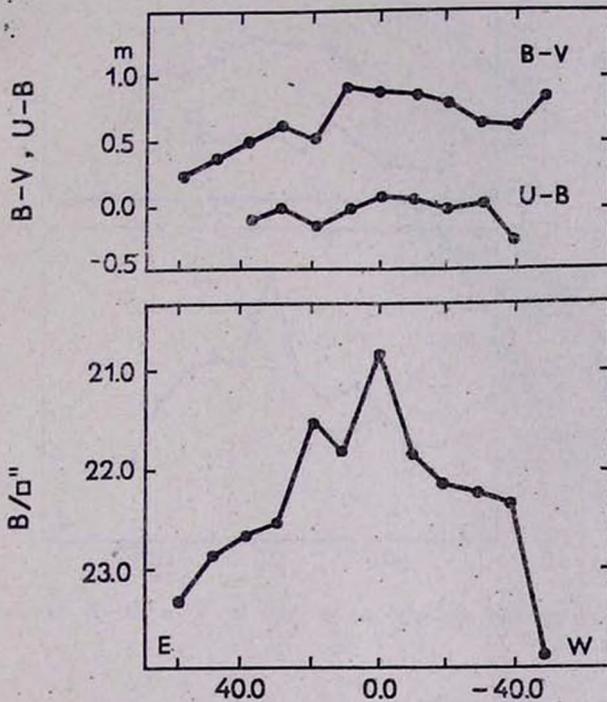


Рис. 3. Распределение яркости и цветов $B-V$ и $U-B$ вдоль центрального разреза восток—запад.

В табл. 5 приводятся значения средних поверхностных яркостей и показателей цвета для четырех участков галактики до и после (значения в скобках) вычета яркостей сгущений. Участки I, II, III и IV, рассматриваемые в таблице соответствуют северо-западной, северо-восточной, юго-восточной и юго-западной четвертям галактики. Из табл. 5 видно, что даже после исключения сгущений все же некоторые неоднородности в распределении яркостей и цветов остаются. Так, по поверхностной ярко-

* При подсчетах в табл. 5 площадки, расположенные на центральных разрезах, делящих галактику на 4 вышеупомянутых участка, не учитывались.

сти область III в среднем на $0^m.3$ слабее области I, а показатель цвета $\overline{U-V}$ в этом участке галактики как до, так и после вычета яркостей сгущений остается на 0.3 величины краснее показателя цвета $\overline{U-V}$ области I. Заметим, что вычет яркостей сгущений на показатель цвета $\overline{B-V}$ этих участков совершенно не влияет.

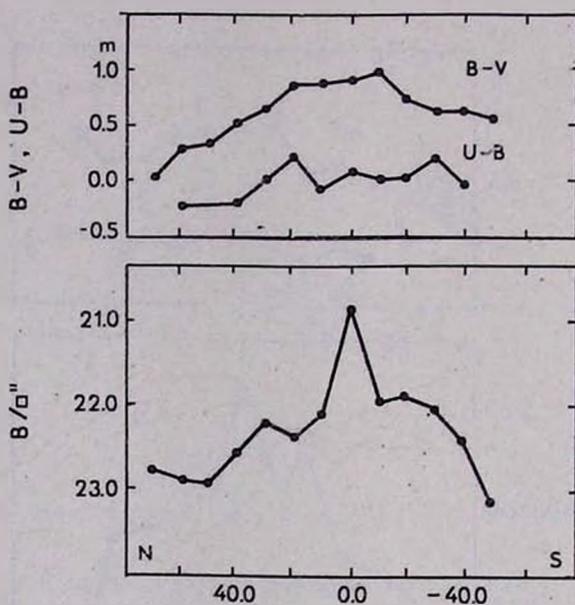


Рис. 4. Распределение яркости и цветов B-V и U-V вдоль центрального разреза север-юг.

Таблица 5

	I	II*	III	IV
$\overline{V/\square''}$	$22^m.20$ ($22^m.44$)	$22^m.51$ ($22^m.51$)	$22^m.84$ ($22^m.68$)	$22^m.31$ ($22^m.36$)
$\overline{B-V}$	$+0.50$ ($+0.52$)	$+0.60$ ($+0.60$)	$+0.56$ ($+0.57$)	$+0.59$ ($+0.69$)
$\overline{U-V}$	-0.26 (-0.11)	-0.04 (-0.04)	$+0.08$ ($+0.19$)	-0.11 (0.00)

5. *Двухцветная диаграмма.* На рис. 5 приводится распределение на диаграмме U-V, B-V. Каждая точка на рисунке соответствует измеренной в галактике площадке. Сплошная кривая показывает зави-

* В участке II нет ни одного сгущения.

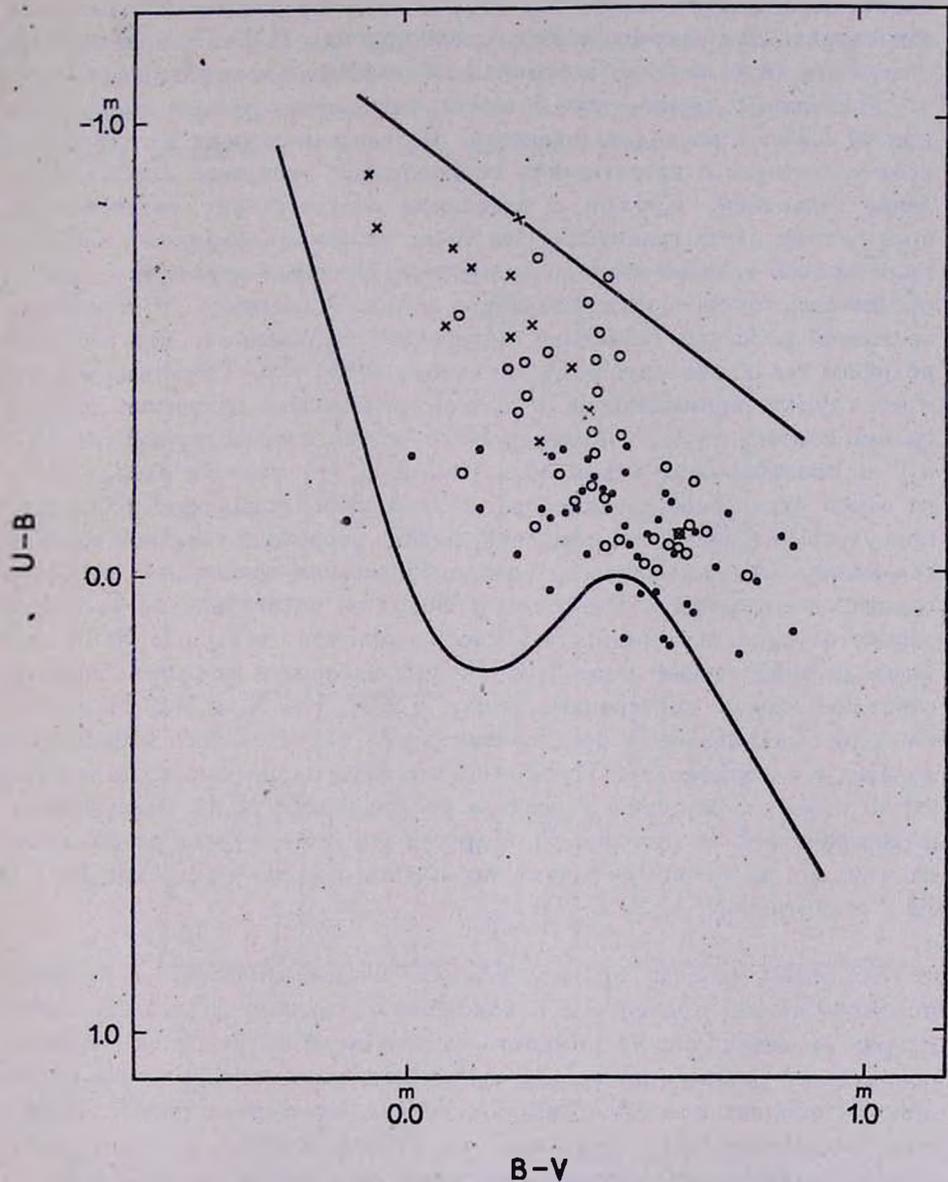


Рис. 5. Двухцветная диаграмма. Точками обозначены площадки восточной половины галактики, пустыми кружками — площадки западной половины галактики. Кружок с крестиком соответствует интегральным цветам галактики. Крестиками отмечены сгущения в галактике. Сплошная линия представляет зависимость для звезд главной последовательности. Прямая линия дает положение источника нетепловой природы.

симось для звезд главной последовательности, а прямая линия дает зависимость для излучения нетепловой природы [17]. При построении диаграммы была введена поправка за галактическое поглощение.

Из рис. 5 видно, что большая часть точек расположена выше кривой главной последовательности. Большая дисперсия на диаграмме свидетельствует о качественном разнообразии звездного состава населения галактики. Кружок с крестиком соответствует интегральным показателям цвета галактики. Эта точка также расположена несколько выше кривой главной последовательности. Пустыми кружками на рис. 5 обозначены точки, соответствующие западной половине, а точками — восточной половине галактики. Диаграмма показывает, что западная половина галактики определенно голубее восточной. Отметим, что пустые кружки, примыкающие к прямой нетеплового излучения, на диаграмме соответствуют комплексу № 16, ярким сверхассоциациями № 1 и 2 и примыкающим к ним областям. Все эти участки расположены на самой отдаленной западной ветви галактики, придающей благодаря присутствию в ней ярких сгущений, резкие очертания западной границе галактики. Здесь процессы звездообразования достигают особенно гигантских масштабов. Хьюмасон и Мейол на расстоянии $42''$ к северо-западу от ядра галактики, там, где расположено сгущение № 16, наблюдали эмиссионные линии [13]. На приведенном в их работе спектре отчетливо видны эмиссионные линии λ 3727, H_3 , N_1 и N_2 . Наши наблюдения указывают на присутствие здесь значительного избытка излучения в ультрафиолете. Интересно, что одна из сверхновых галактики [8] по своему положению совпала со сгущением № 11, погруженным в комплекс № 16 (см. рис. 2), а другая сверхновая была расположена на той же ветви между двумя ярчайшими сверхассоциациями № 1 и № 2 галактики NGC 2276 [7].

6. *Зависимость относительных интенсивностей и средних поверхностных яркостей от показателей цвета.* Детальная фотометрия галактик дает возможность судить о вкладе участков с данным показателем цвета в интегральную яркость галактики, а также об изменении средних поверхностных яркостей с изменением цвета. Такого рода диаграммы были построены А. Т. Каллогляном в работе [18]. Нами построены аналогичные диаграммы для галактики NGC 2276 в $B - V$ и $U - B$. Как и в работе [18], весь диапазон показателей цвета, встречающихся в галактике, был разделен на интервалы шириной в 0.2 величины, при этом интервалы выбирались так, чтобы интегральный цвет галактики попал в середину одного из интервалов. На рисунках ба и бб по оси абсцисс отложены интервалы показателей цвета $B - V$ и $U - B$, а по оси ординат — суммарные относительные яркости всех

участков с показателем цвета в данном интервале цветов в процентном отношении к интегральной яркости галактики. На рис. 6а эти интенсивности приводятся в системе В, а на рис. 6б—в системе U. Рис. 6с и 6д показывают распределение средних поверхностных яркостей \bar{V}/σ'' и \bar{U}/σ'' по цветам В—V и U—В, соответственно.

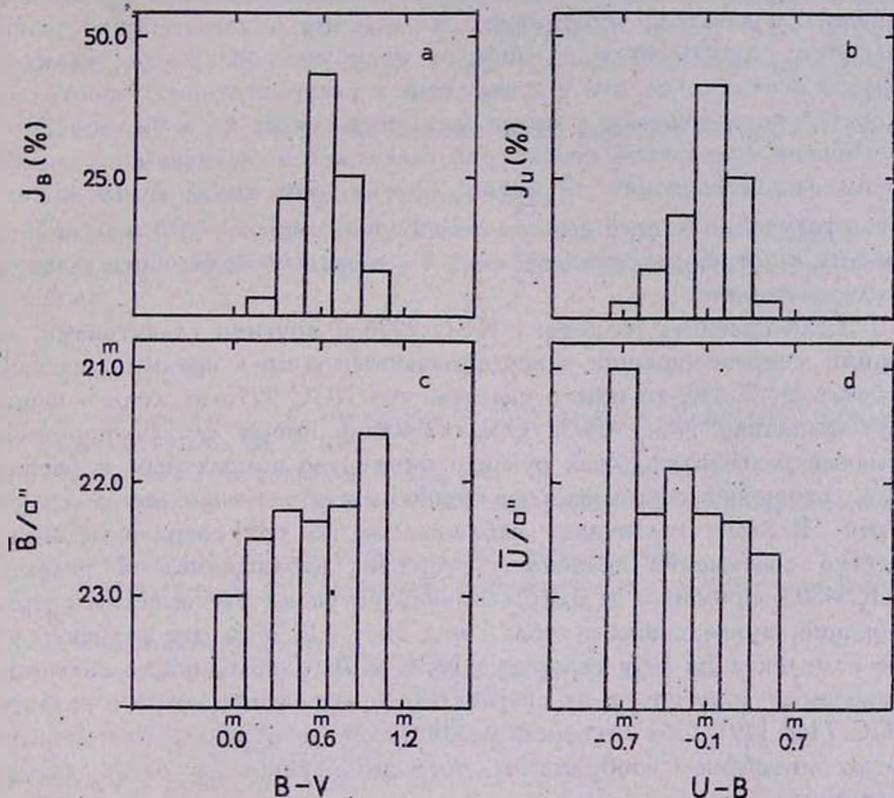


Рис. 6. Зависимость относительных интенсивностей и средних поверхностных яркостей в В и V лучах от показателей цвета В—V и U—В.

Из рис. 6а и 6б видно, что наибольший вклад в интегральную яркость галактики в системе В—43% и в системе U—41% вносят области с показателями цвета, близкими интегральному цвету галактики ($B-V = +0.6$ и $U-B = -0.1$). Интересно сравнить диаграммы, показывающие распределение поверхностных яркостей. На диаграмме 6с в участке показателей цвета, куда по своему цвету попадает ядро

галактики, мы наблюдаем максимум поверхностной яркости. В несколько уменьшенном виде этот максимум сохраняется и после вычета яркости ядра из интегральной яркости всех участков галактики с показателем цвета $B-V$ от $+0^m9$ до $+1^m1$. Перейдем теперь к диаграмме на рис. 6d. Мы видим, что максимум поверхностной яркости на этой диаграмме переместился далеко в сторону голубых показателей цветов. Иными словами, если в цвете B самыми яркими являются красные участки галактики, показатель цвета $B-V$ которых близок к показателю цвета ядра, то в цвете U самые яркие участки являются одновременно и наиболее голубыми областями галактики. Эффект этот, так же, как и асимметрия в распределении относительных яркостей по отношению к максимуму на рисунках 6a и 6b, обусловлен в основном спиральной структурой галактики и наличием в галактике ярких сверхассоциаций. Заметим, однако, что вклад самых ярких и очень голубых областей с показателем цвета около -0^m7 в суммарную яркость галактики составляет лишь $4^0/0$ общей интенсивности галактики в ультрафиолете.

Если сравнить галактику NGC 2276 с другими галактиками, имеющими сверхассоциации и исследованными нами в предыдущих наших работах [1, 2, 19], то можно сказать, что NGC 2276 несколько напоминает галактику NGC 4303. Обе галактики имеют слабую перемычку, ломаные разветвляющиеся рукава, множество компактных и расплывчатых сгущений, собирающихся группами и образующих яркие голубые струи. В обеих галактиках наблюдались по три сверхновые звезды. Однако светимости ярчайших сгущений, наблюдаемых в галактике NGC 4303, примерно на одну величину уступают светимостям сверхассоциаций, приведенных в табл. 4 под № 1 и 2, и на две величины слабее комплекса № 16 в галактике NGC 2276. Последний по светимости и внешнему виду похож на сверхассоциацию, наблюдаемую в галактике NGC 7448 [19]. Оба сгущения разлагаются на отдельные конденсации, имеют диффузные изображения, большие размеры и очень высокую светимость.

Автор признателен академику В. А. Амбарцумяну и академику АН Арм. ССР Б. Е. Маркаряню за интерес к работе и ценные замечания, а также А. Т. Каллогляню за полезную дискуссию.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE DETAILED UBV PHOTOMETRY OF THE SPIRAL GALAXY NGC 2276

R. K. SHAHBASIAN

The results of detailed three-color photometry of the late type spiral galaxy NGC 2276 with a diaphragm 9.7×9.7 are presented. The observations have been carried out with the 40" Schmidt telescope of the Byurakan Observatory. The chart of distribution of surface brightness and color-indexes all over the galaxy is given. The integral magnitudes, U—B, B—V colors along the axes of the galaxy are given.

The results of UBV photometry of 16 superassociations in NGC 2276 are presented.

The U—B, B—V diagram is constructed.

The results of detailed colorimetry are used to investigate the dependence of relative intensities and mean surface brightness from the color.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, С. Г. Искударян, К. А. Саакян, Р. К. Шахбазян, Сообщ. Бюраканской обс., 33, 3, 1963.
2. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 4, 273, 1968.
3. Н. Агт, *Atlas of Peculiar Galaxies*, California Institute of Technology, Pasadena, 1966.
4. S. van den Bergh, *Publ. David Dunlap Obs.*, 2, No. 6, 1960.
5. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, *Reference Catalogue of Bright Galaxies*, 1964.
6. Р. Г. Мнацаканян (в печати).
7. С. Г. Искударян, Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 3, 133, 1967.
8. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 4, 319, 1968.
9. С. Г. Искударян, *Астрон. цирк.*, № 480, 1968.
10. A. N. Argue, *M. N.*, 127, 97, 1963.
11. E. Pettit, *Ap. J.*, 120, 413, 1954.
12. E. Holmberg, *Medd. Lund Obs.*, Ser. II, No. 136, 1958.
13. M. L. Hiltazon, N. U. Mayall, A. R. Sandage, *A. J.*, 61, 97, 1956.
14. С. Г. Искударян, *Астрофизика*, 4, 385, 1968.
15. А. Т. Каллолян, *Астрофизика*, 7, 189, 1971.
16. D. W. Weedmann, *Ap. J.*, 171, 5, 1972.
17. T. G. Mathews, A. R. Sandage, *Ap. J.*, 138, 30, 1958.
18. А. Т. Каллолян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 40, 15, 1969.
19. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 6, 367, 1970.