

***U, B, V*-ФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИКИ М 82**

Б. П. Артамонов, Ф. Бернген, П. Нотни **

Выполнена *U, B, V*-фотометрия галактики М 82 по снимкам, полученным на 2-метровом Таутенбургском шмидт-телескопе. Исследованы центральная и периферийная области галактики. Обнаружен эффект асимметрии в распределении показателей цвета относительно большой оси, который в первом приближении объясняется различным звездным составом и разной степенью покраснения.

U, B, V-photometry is performed of the galaxy М 82 from exposures obtained with the 2-meter Tautenburg Schmidt telescope. The central and outlying regions of the galaxy are studied. The effect of asymmetry in the distribution of color indices relative to the major axis is detected, which in a first approximation is explained by different stellar composition and different degree of reddening.

Введение

Галактика М 82, выделенная Маркаряном [1, 2] в особый тип нерегулярных галактик, имеет несоответствие между спектральным типом (А5) и цветом ($B-V \approx 0^m9$). В работах [3, 4] было показано, что в центральной части М 82 наблюдаются последствия мощного взрыва ядра галактики, который произошел более миллиона лет назад. В ряде работ [5, 6—9] подробно исследованы поляризация, цвет и спектральные особенности центральной области галактики М 82, имеющей волокна газа вдоль малой оси. К настоящему времени интерпретация наблюдений галактики М 82 взрывом ее ядра поставлена под сомнение [10]. Нам кажется, что ключ к пониманию процессов в центральной области галактики находится в исследовании всех областей М 82 и построении ее модели, тогда как усилия наблюдателей были направлены на изучение свойств центральной части и областей около малой оси галактики.

Поэтому была поставлена наблюдательная задача: исследование распределения показателей цвета $U-B$ и $B-V$ в галактике М 82 с расстоянием от центра.

Материал наблюдений

Снимки галактики М 82 были получены наблюдателями Таутенбургской обсерватории на 2-метровом шмидт-телескопе. В таблице приведены основные сведения об измеренных фотопластинках, взятых нами из стекляннной библиотеки Таутенбургской обсерватории.

В нашем списке находились также снимки М 82 в цветовой системе V_T (T — таутенбургская), в полосу пропускания которой попадает эмиссионная линия H_α . Снимки в этой системе были обработаны, но из-за

* Сотрудники Центрального института астрофизики АН ГДР.

Дата наблюдений	Цветовая система	Эмульсия + фильтр	Время экспозиции, мин.
1 III 1968	<i>U</i>	ZU2+UG2	100
17 I 1968	<i>U</i>	ZU2+UG2	25
1 III 1968	<i>B</i>	ZU2+GG13	60
17 I 1968	<i>B</i>	ZU2+GG13	15
8 III 1967	<i>V</i>	103aG+GG14	60

невозможности учесть вклад эмиссии в центральной части галактики результаты фотометрии в данной работе не приведены. Мы стремились получить результаты, наиболее близкие к интернациональной системе *U*, *B*, *V*. В ряде работ Таутенбургской обсерватории было показано, что комбинации сортов эмульсии и фильтров, указанных в таблице, соответствуют системе *U*, *B*, *V* с точностью $\pm(0^m03 \div 0^m05)$.

Методика обработки и ошибки измерений

Негативы были обработаны на цифровом микрофотометре «спектр-код» в САО АН СССР. Измерения почернений в закодированном виде были нанесены с помощью перфоратора на ленту, которая была обработана на ЭВМ «М-222». Через галактику сделан 21 разрез с круглой калиброванной диафрагмой диаметром 0.08 мм или соответственно 4.1 угловых секунды на небе. Шаг сканирования был также 0.08 мм. Расстояния между разрезами по высоте равнялись 0.20 мм (или $10''2$). Длина разреза для наиболее плотных негативов в центральной части галактики равнялась 10 мм (или $513''5$), что соответствует 125 отсчетам. Общее число измеренных точек галактики около 2000 в каждой цветовой системе (периферийные разрезы имеют меньшую длину). По данным измерений на микрофотометре были построены карты поверхностной яркости галактики, которые использовались для изучения избранных участков галактики. В данной работе приведены результаты фотометрических разрезов областей галактики, наиболее интересных с точки зрения поставленной задачи.

Ошибки измерений для снимков в системе *U*, *B* существенно отличаются от ошибок в системе *V*, так как в последней системе имелась всего одна пластинка с передержанной центральной областью галактики М 82. Для ярких (центральных) и слабых (внешних) областей галактики ошибки в системе *U*, *B* превышают 0^m1 , для областей с умеренным почернением ошибки составляют 0^m07 . В системе *V* из-за отсутствия нескольких снимков приходится делать заключение, что ошибки измерений являются типичными для фотографической фотометрии на уровне 10%. В передержанной центральной части снимка галактики невозможно определить величины *V*. В целом вес в определении показания цвета в *B—V* меньше, чем в определении *U—B*. Характерные ошибки при составлении фотометрических разрезов, такие как неточная установка негативов по координатам и несовпадение разрезов, мы старались исключить тщательным контролем по опорным звездам в начале и конце измерений. Дополнительные ошибки в определении цвета галактики М 82 могли появиться из-за исключительно сложной, «облачной» структуры галактики, которая ведет к крутому градиенту яркости на небольших участках снимка (в пределах размера диафрагмы). Влияние этих ошибок мы исследовали путем повторения центральных разрезов галактики с большой диафрагмой на шнель-микрофотометре с диафрагмой размером около $13''$. Общий характер изменения цвета вдоль разрезов совпадает при сравнении двух методов обработки, но при меньшей диафрагме выявляется много тонких деталей в строении галактики.

Результаты обработки

Для выполнения поставленной задачи имеются два пути: анализ каждой измеренной точки галактики и анализ характеристик избранных участков. Первый путь необычайно сложен, а второй путь дает более конкретные результаты, и мы поставили следующие цели:

а) исследование характера зависимости показателей цвета $U-B$ и $B-V$ с расстоянием от центра;

б) проведение такого исследования в четырех областях галактики, симметрично расположенных относительно центра.

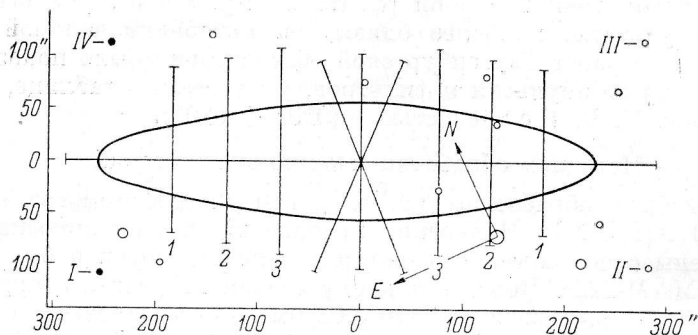


Рис. 1. Схематическая карта галактики М 82.

Галактика разделена центральными разрезами на четыре зоны (I, II, III, IV). Масштаб (") указан в угловых секундах. 1, 2, 3 — положение фотометрических разрезов.
 ○ — положение звезд, ● — символические обозначения измерений в зонах II, III, употребляемые на рис. 2, 3, 4; ○ — то же в зонах I, IV.

На рис. 1 прямыми линиями на контуре показаны положения фотометрических разрезов в галактике относительно ее центра. Для однозначного обозначения положения разрезов южные секторы галактики пронумерованы I (SE) и II (SW), а северные — III (NW) и IV (NE). Для абсолютной привязки наших измерений к системе U, B, V желательно провести, например, одновременные наблюдения внефокальных звезд на той же пластинке.

Пластинки из стеклянной библиотеки Таутенбургской обсерватории, изученные нами, не имеют привязок к звездам. Следовательно, единственной возможностью привязки к U, B, V -системе было изучение тех участков галактики, которые наблюдались фотоэлектрически [5, 6]. В работах [5, 6] фотометрируемые площадки имеют размер от $18''$ до $42''$. В лабораторных микрофотометрах невозможно составить комбинацию увеличений объектива микроскопа и максимального размера диафрагмы для таутенбургских негативов, чтобы согласовать размер и форму участков галактики с изученными в [5, 6]. На шпель-микрофотометре была испытана возможность привязки к фотоэлектрическим наблюдениям с помощью «составной» диафрагмы (суммированием значений по нескольким измерениям). В результате был получен большой разброс значений, так как круглую диафрагму, использованную в [5, 6], невозможно составить из мелких диафрагм. Фотоэлектрические величины U, B, V найдены в [6] для окрестностей М 82, последние на наших снимках получают недодержанными. В яркой части галактики определены внеатмосферные показатели цвета $U-B$ и $B-V$ [5], но для этих областей существенно отличие составной диафрагмы от используемых в [5] из-за большого градиента яркости и сложной структуры галактики.

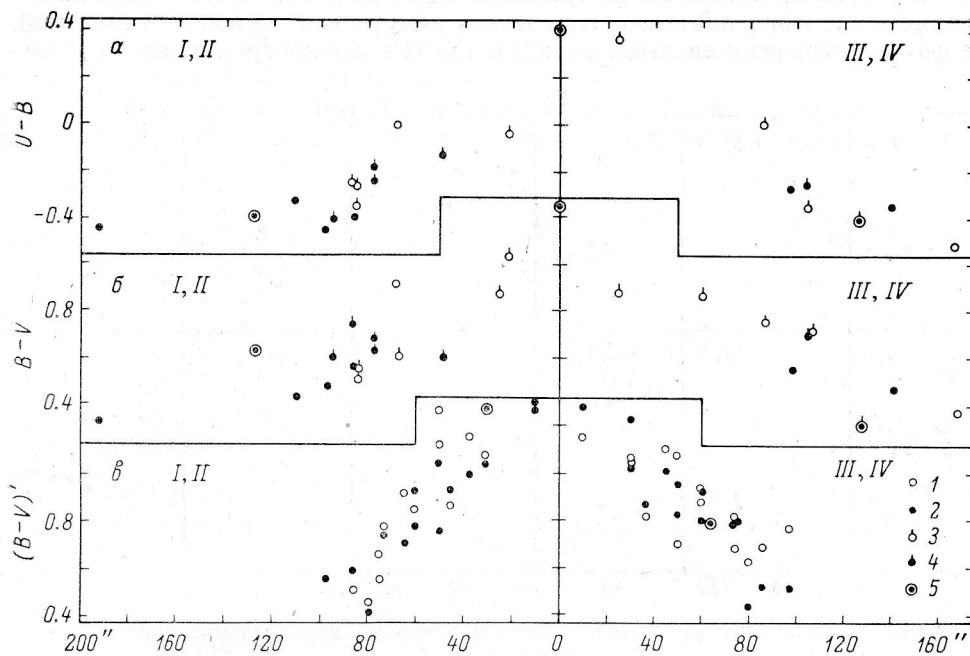


Рис. 2. Распределение показателей цвета вдоль малой оси галактики М 82.

α , β — по данным [5, 6], ϵ — по данным [2]; 1, 2 — соответствуют [5]; 3 — измерения в зонах I, III; 4 — измерения в зонах II, III; 5 — измерения на границе зон I, II или III, IV. На оси абсцисс указаны угловые расстояния от центра галактики в секундах дуги (").

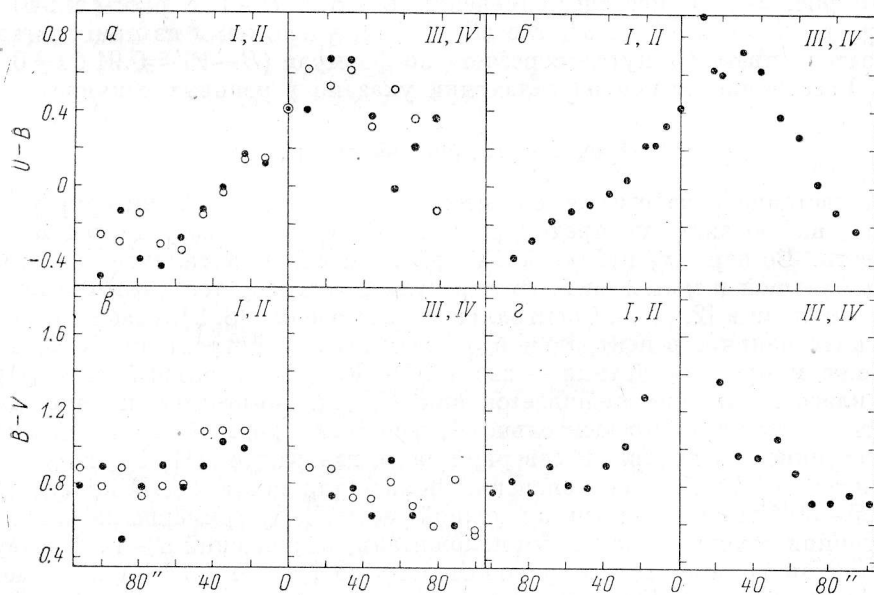


Рис. 3. Распределение показателей цвета около малой оси галактики М 82.

α , ϵ — под небольшим углом к оси; β , δ — вдоль малой оси. Обозначения те же, что и на рис. 2.

С учетом приведенных соображений в нашей работе было использовано совмещение значений показателя цвета, полученных из наших измерений, с фотоэлектрическими наблюдениями [5, 6] и проконтролировано сравне-

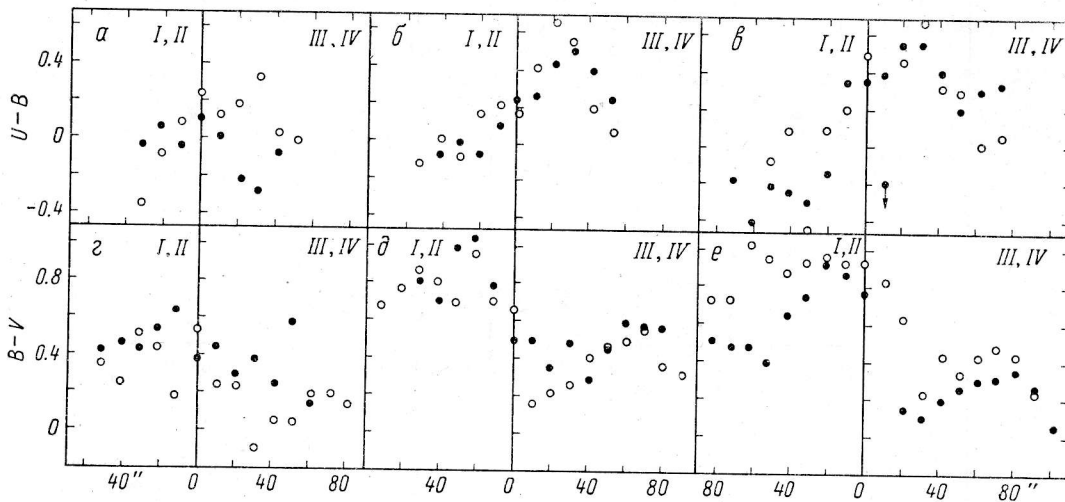


Рис. 4. Распределение показателей цвета в разрезах, параллельных малой оси галактики М 82.

α, γ — разрез 1; ϵ, δ — разрез 3; β, θ — разрез 2. Номера разрезов соответствуют рис. 1. Обозначения те же, что на рис. 2.

нием с двумя фотометрическими разрезами вдоль большой оси, взятыми из [2]. Точность определения нуля-пункта $U-B$ близка к $\pm 0^m 05$, для $B-V$ она составляет около $\pm 0^m 1$.

На рис. 2—5 приведены изменения $U-B$ и $B-V$ с расстоянием от центра по данным [2, 5, 6], где $(B-V)'$ получено нами из приведенного показателя цвета CI путем пересчета по формуле $(B-V)' = 0.91 CI \pm 0^m 18$ [11]. Расстояние от центра галактики указано в угловых секундах.

Предварительное обсуждение

В настоящей работе не ставится задача подробной интерпретации данных наблюдений, но предварительное обсуждение результатов можно провести. Во-первых, наблюдается эффект посинения галактики к краю вдоль большой и малой осей. Этот результат согласуется с фотометрическими данными в [2, 5, 6]. Спектральные наблюдения [8, 9] позволяют предположить наличие в центральной области звезд спектрального класса В, а ближе к краю галактики — звезд А0—F2. Интегральный спектральный класс галактики оценивается как А5 [1]. Во-вторых, на рис. 2—4 заметна асимметрия относительно большой оси хода показателей цвета с расстоянием от центра. В северной части галактики (III, IV) находится максимум положительных значений показателя цвета $U-B$ на расстоянии 25—30'' от большой оси, а в южной части (I, II) примерно на таком же расстоянии находится максимум положительных значений $B-V$. На двухцветной диаграмме (рис. 6) сравнительно со звездами главной последовательности в виде больших кружков показаны значения $U-B$ и $B-V$ (диаметр кружка пропорционален дисперсии значений показателей цвета) для участков галактики в северной (N — III, IV) и в южной (S — I, II) областях. Средние значения $U-B$ и $B-V$ для разрезов 1—3 и вдоль малой оси взяты на расстоянии 25—30'' от большой оси галактики. Заштри-

хованная полоса на рис. 6 показывает ход изменения цвета вдоль малой оси галактики. Более «голубой» конец полосы соответствует далеким окрестностям М 82, где прослеживается волокнистая структура, а «красный» — ядерной области галактики.

В работе [9] оценен избыток цвета в ядре М 82: $E_{B-V}=1^m24$, $A_V=3^m84$ ($R=3.1$ [12]). На рис. 6 показан сдвиг звезд главной последова-

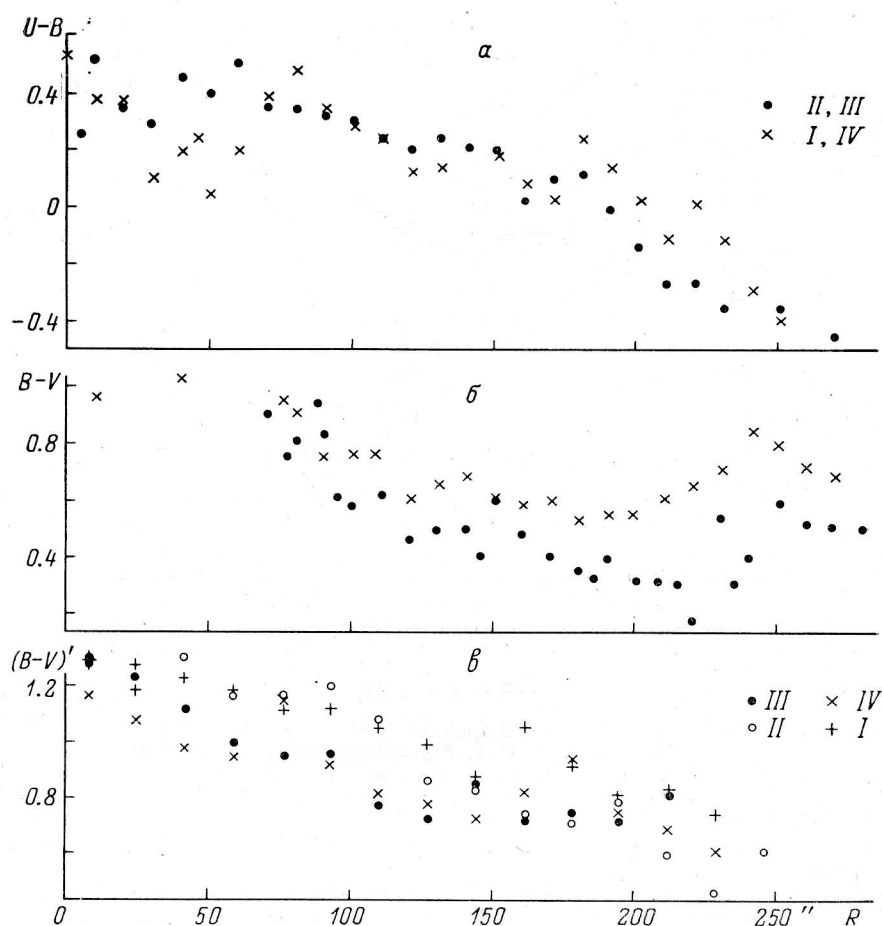


Рис. 5. Распределение показателей цвета вдоль большой оси галактики.

а, б — измерения авторов; *в* — данные по [2].

тельности вдоль линии покраснения при $E_{B-V}=1^m24$. Из спектральных данных [8, 9] и рис. 6 можно сделать заключение, что центральная область галактики состоит из покрасневших В-звезд. Южные области разрезов 2,3 на расстоянии $\sim 20-30''$ от большой оси галактики показывают цвета, которые также соответствуют покрасневшим В-звездам. Цвета северных областей разрезов 1—3 можно интерпретировать как цвета покрасневших в различной степени (в зависимости от расстояний до центра) звезд типа А—F. Голубые цвета в конце заштрихованной полосы, вероятно, получаются при рассеянии света на пыли галактики М 82 от ядерной области и главного тела галактики.

В заключение Б. П. Артамонов выражает благодарность администрации ЦИА АН ГДР за любезное разрешение провести ряд работ в Таутенбургской обсерватории.

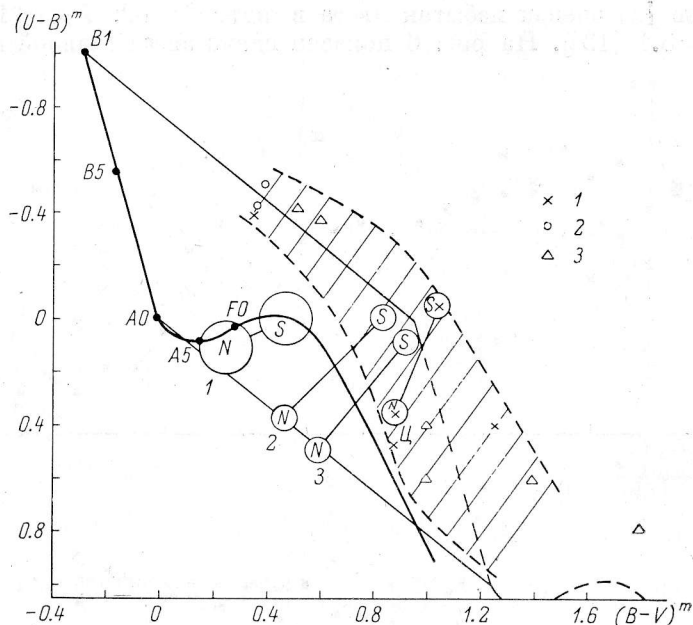


Рис. 6. Двухцветная диаграмма для звезд главной последовательности и галактики М 82.

1 — значения по [5], 2 — значения по [6], 3 — измерения авторов.

Литература

1. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюраканск. обс., 34, 19, 1963.
2. Б. Е. Маркарян и др., Сообщ. Бюраканск. обс., 30, 3, 1962.
3. C. R. Lynds, A. Sandage, *Astrophys. J.*, 137, 1005, 1963.
4. E. M. Burbidge, G. K. Burbidge, V. C. Rubin, *Astrophys. J.*, 140, 942, 1964.
5. Э. Эльвиус. В кн.: *Нестационарные явления в галактиках*. Ереван, 1968; с. 384.
6. A. Sandage, N. Visvanathan, *Astrophys. J.*, 157, 1065, 1969.
7. S. Bergh van den, *Astron. Astrophys.*, 12, 474, 1971.
8. M. Peimbert, H. Spinrad, *Astrophys. J.*, 159, 809, 1970.
9. Б. П. Артамонов, Л. С. Назарова, *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 4, 143, 1972.
10. K. H. Sanders, D. S. Balamore, *Astrophys. J.*, 166, 7, 1971.
11. К. У. Аллен. *Астрофизические величины*. М., ИЛ, 1960.
12. М. Гринберг. *Межзвездная пыль*. М., «Мир», 1970.

Дополнение при корректуре. После сдачи в печать данной статьи была проведена дополнительная работа по оценке нуль-пунктов показателей цветов $U-B$ и $B-V$. Полученные нуль-пункты смещают цвета на величину 0^m10-0^m20 в красную область спектра. Этот результат не влияет на качественные обсуждения модели галактики М 82.