

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 2

ДЕКАБРЬ, 1966

ВЫПУСК 4

КОЛОРИМЕТРИЯ ГАЛАКТИКИ NGC 6946. I

Ф. БЁРНГЕН\*, А. Т. КАЛЛОГЛЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН, Дж. А. ЭЙНАТЯН

Поступила 6 октября 1966

Приводятся результаты детального двухцветного фотометрического исследования спиральной галактики NGC 6946. Дается карта распределения поверхностной яркости и цвета по галактике. Размеры использованной диафрагмы —  $7.5 \times 7.5$ .

Построены кривые распределения яркости и цвета по concentрическим кольцам вокруг ядра галактики (рис. 1). Наблюдается интенсивное посинение галактики от центра к краю. Галактика содержит около 60—70 ярких звездных ассоциаций. Приводятся фотометрические данные о звездообразном ядре и одной из ярких ассоциаций.

NGC 6946 является галактикой типа Sc, видимой почти анфас (фото 1, 2). В ней имеются многочисленные сгущения, большинство которых является звездными ассоциациями. Галактика имеет маленькое яркое ядро, из которого выходят два мощных спиральных рукава со многими разветвлениями. На концах главных спиральных рукавов галактики имеются два ярких голубых образования, в противоположных направлениях от ядра.

Замечательной особенностью NGC 6946 можно считать появление в ней трех Сверхновых звезд в интервале времени всего в 31 год [1—3]. Отметим, что к настоящему времени известно всего 5 галактик, где Сверхновые наблюдались трижды.

NGC 6946 находится на низкой галактической широте с  $b = +11^\circ$ . Картина распределения поглощающей материи в этой области довольно запутанная. По этой причине Хаббл не смог однозначно решить вопрос принадлежности NGC 6946 к местной системе галактик. Однако после работы Бааде [4] стало ясно, что NGC 6946 находится вне

\* Обсерватория имени Карла Шварцшильда АН ГДР.

пределов местной системы. Модуль расстояния, согласно Бааде, равняется  $26^m.8 - 26^m.9$  в новой шкале расстояний.

NGC 6946 наблюдалась также в радиодиапазоне на частоте 158 мц. По Брауну и Азарду [5] радиоиндекс источника, исправленный за наклонение галактики и приведенный к галактическому полюсу, равняется  $+0.9$ . В этой работе величина поглощения взята  $1^m.1$ . Однако при общем поглощении в  $2^m.3$  по [6] значение радиоиндекса окажется больше  $+2^m$ .

Как показал ряд работ, выполненных в Бюраканской обсерватории (см., например, [7, 8]), путем сплошной детальной фотометрии можно получить полное и надежное представление о распределении яркости и цвета в галактиках, имеющих сложную структуру, каким является NGC 6946. Вместе с тем, детальная фотографическая фотометрия отличается большой трудоемкостью, что, к сожалению, ограничивает число галактик, изучаемых этим методом.

Детальная колориметрия NGC 6946 осложняется еще и тем, что из-за ее низкой галактической широты на ее изображение проектируется большое число звезд фона. Однако при детальной фотографической фотометрии влияние этих звезд можно учесть с большей точностью, чем, например, при применении фотоэлектрического метода.

В настоящей работе приводятся результаты сплошной колориметрии NGC 6946 в двух цветах.

1. *Наблюдательный материал и методика наблюдений.* Снимки NGC 6946 в двух цветах были получены одним из авторов (Э. Х.) на двухметровом телескопе Таутенбургской обсерватории в его шмидтовской системе. Сведения об использованных пластинках приведены в табл. 1.

Таблица 1

Дата наблюдений	Экспозиция (в мин.)	Сорт пластинки	Фильтр
22.VII.1963	30	Agfa Astro-Platten Spezial	GG-13
25.VII.1963	36	"	GG-13
25.VII.1963	120	Agfa Astro-Platten Panchrom	GG-11
2.VIII.1963	115	"	GG-11

Наблюдения галактики велись методом двухэтажной кассеты. Для этой цели с одного края кассеты было введено плоско-параллельное нейтральное стекло с известной кривой пропускания. Толщина стекла 5.45 мм, что обеспечивает равномерное распределение почернения по внефокальным изображениям звезд. Поглощение в стекле учитывалось

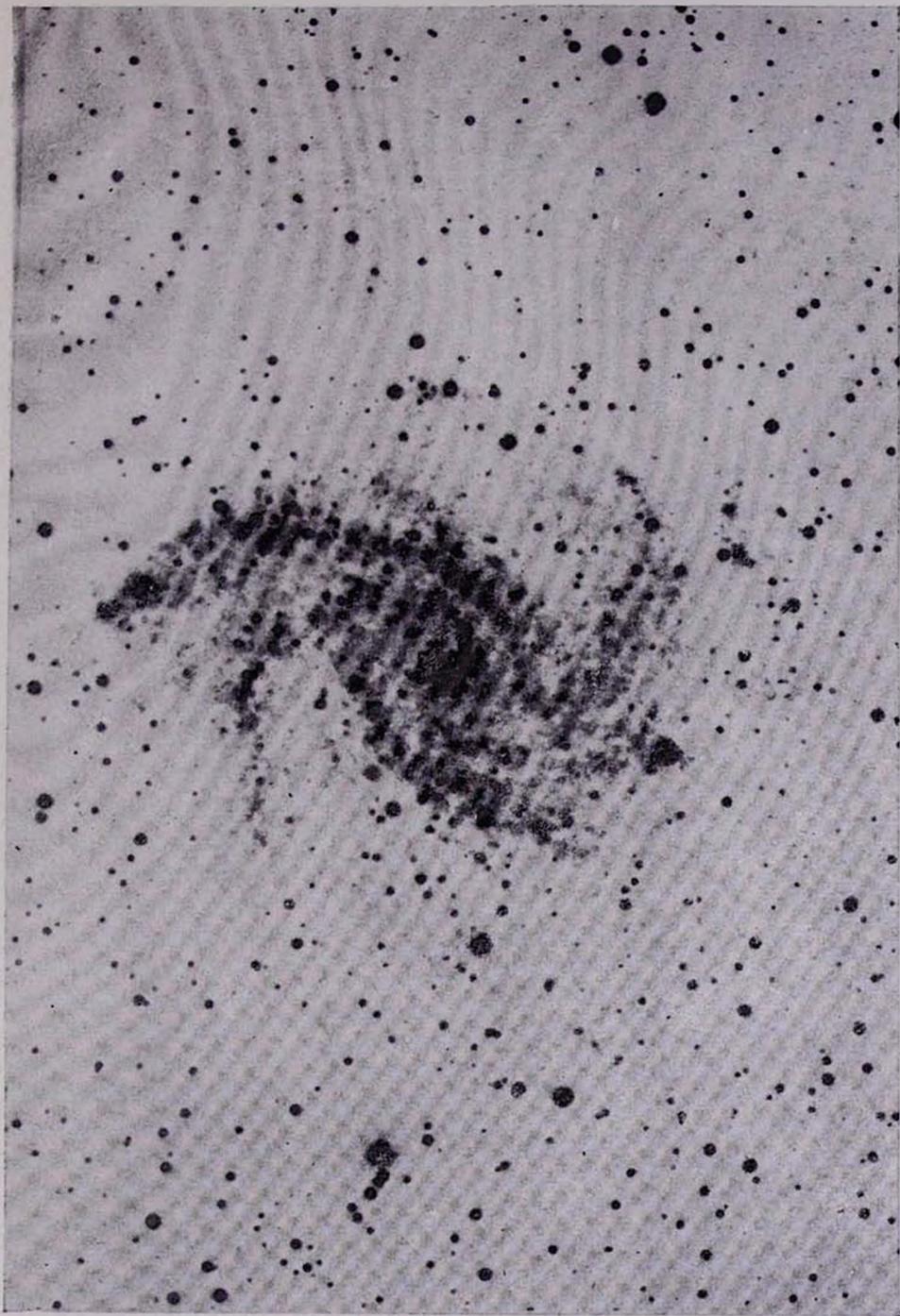


Фото 1. NGC 6946. Север сверху, восток слева. Масштаб 1 мм  $\approx$  6".  
Снимок в синих лучах.

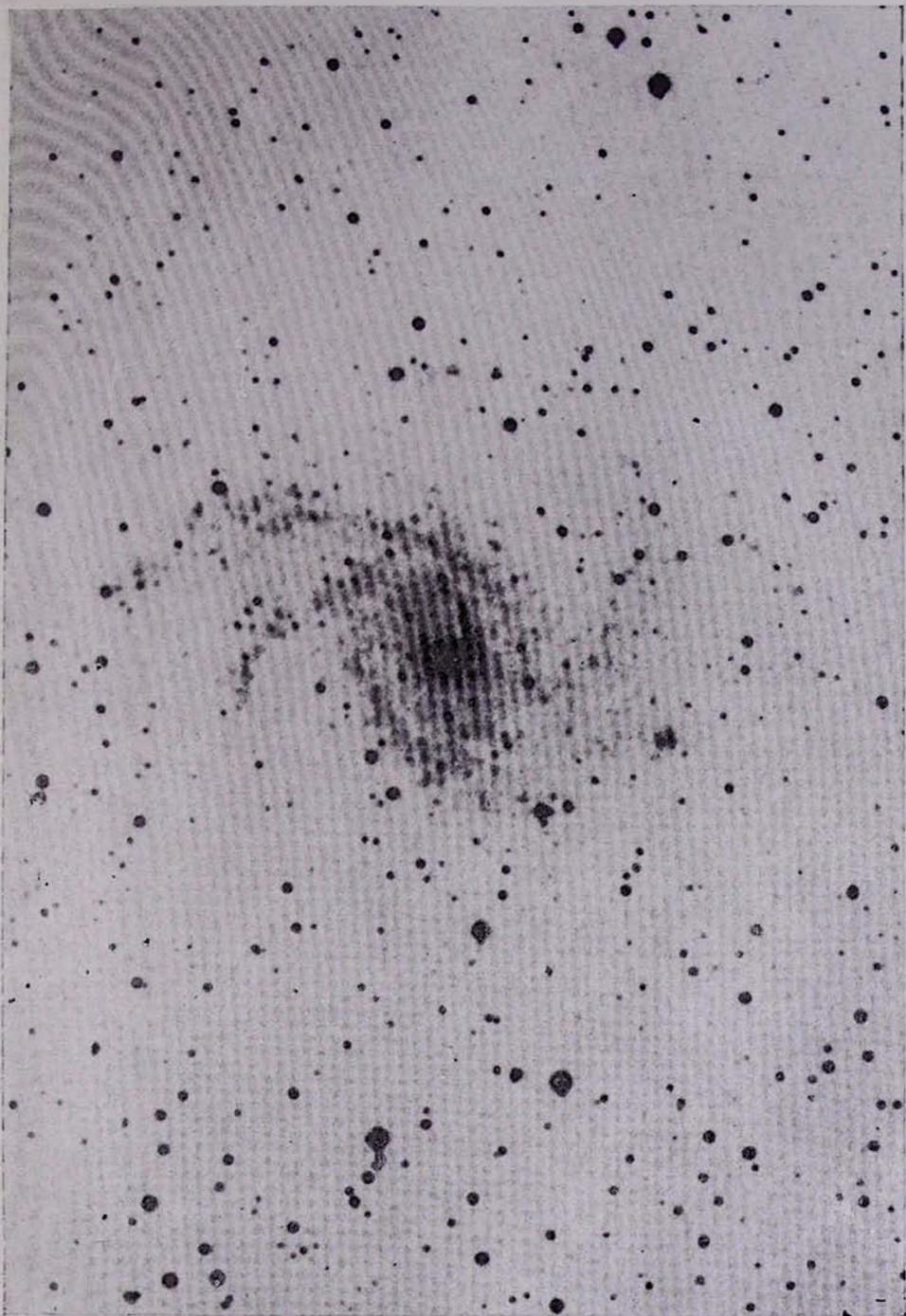


Фото 2. NGC 6946. Север сверху, восток слева. Масштаб  $1 \text{ мм} \approx 6''$ .  
Снимок в желтых лучах.

по его кривой пропускания. В синих лучах эта поправка около  $0^m14$ , а в желтых  $0^m12$ .

Звездные величины внефокальных звезд сравнения были определены путем сравнения их фокальных изображений с фокальными изображениями звезд Северного полярного ряда. Для этой цели специально были получены 7—8 пар снимков в каждом цвете. Среднеквадратическая ошибка определения звездных величин звезд сравнения оказалась  $\pm 0^m05$ .

Измерения изображения галактики велись на объективном микрофотометре методом сплошной фотометрии. Исползованная диафрагма фотометра вырезает на пластинке квадрат со стороной в 0.15 мм или при масштабе таугенбургского телескопа около  $7.5$ .

Как уже было отмечено, измерение NGC 6946 затрудняется присутствием многочисленных проектированных звезд нашей Галактики. Все эти звезды в ходе измерений были исключены из окончательных результатов.

Среднеквадратическая ошибка измерений поверхностных яркостей оказалась  $\pm 0^m06$ .

Наша цветовая система была определена стандартным способом на специально полученных пластинках. В результате были найдены следующие уравнения

$$B = B_T - 0.13 (B - V) \quad (1)$$

$$V = V_T + 0.20 (B - V). \quad (2)$$

Из этих двух уравнений получаем:

$$B - V = 0.752 (B - V)_T. \quad (3)$$

Индекс „Т“ относится к таугенбургской цветовой системе.

*2. Интегральная звездная величина и показатель цвета галактики.* Результаты измерений (значения  $B_T$  и  $B_T - V_T$ ) приводятся в виде карты распределения яркости и цвета в нашей цветовой системе. В синих лучах измерено около 2500 площадок, а число общих площадок в синих и желтых лучах около 2000. В действительности было измерено почти в два раза больше площадок с целью надежного определения границ галактики на наших снимках.

Предельная поверхностная яркость в синих лучах достигает  $24^m3$ , а в желтых лучах до  $22^m9$  с кв. секунды дуги.

На карте распределения каждая пара чисел относится к области с размерами  $7.5 \times 7.5$  и дает поверхностную яркость в звездных величинах и цвет. Сверху и слева карты указаны прямолинейные координаты центров измеренных площадок в секундах дуги. Направ-

ление осей экваториальных координат отмечено на карте. Для более точной ориентировки крестиком отмечены положения некоторых звезд.

К сожалению, из-за первоначального неудачного выбора начала координат ядро галактики не попадает целиком в отдельную диафрагму. Поэтому центральная часть галактики на карте особо не выделяется по яркости. Измерение ядра галактики произведено отдельно на тех же снимках.

Пустые квадраты на карте относятся к областям проектированных звезд или к областям, яркость которых ниже предельной.

На основании данных карты распределения путем суммирования яркостей отдельных площадок были вычислены интегральные звездные величины в обоих цветах для разных площадей суммирования. Полученные данные, вместе с данными других авторов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

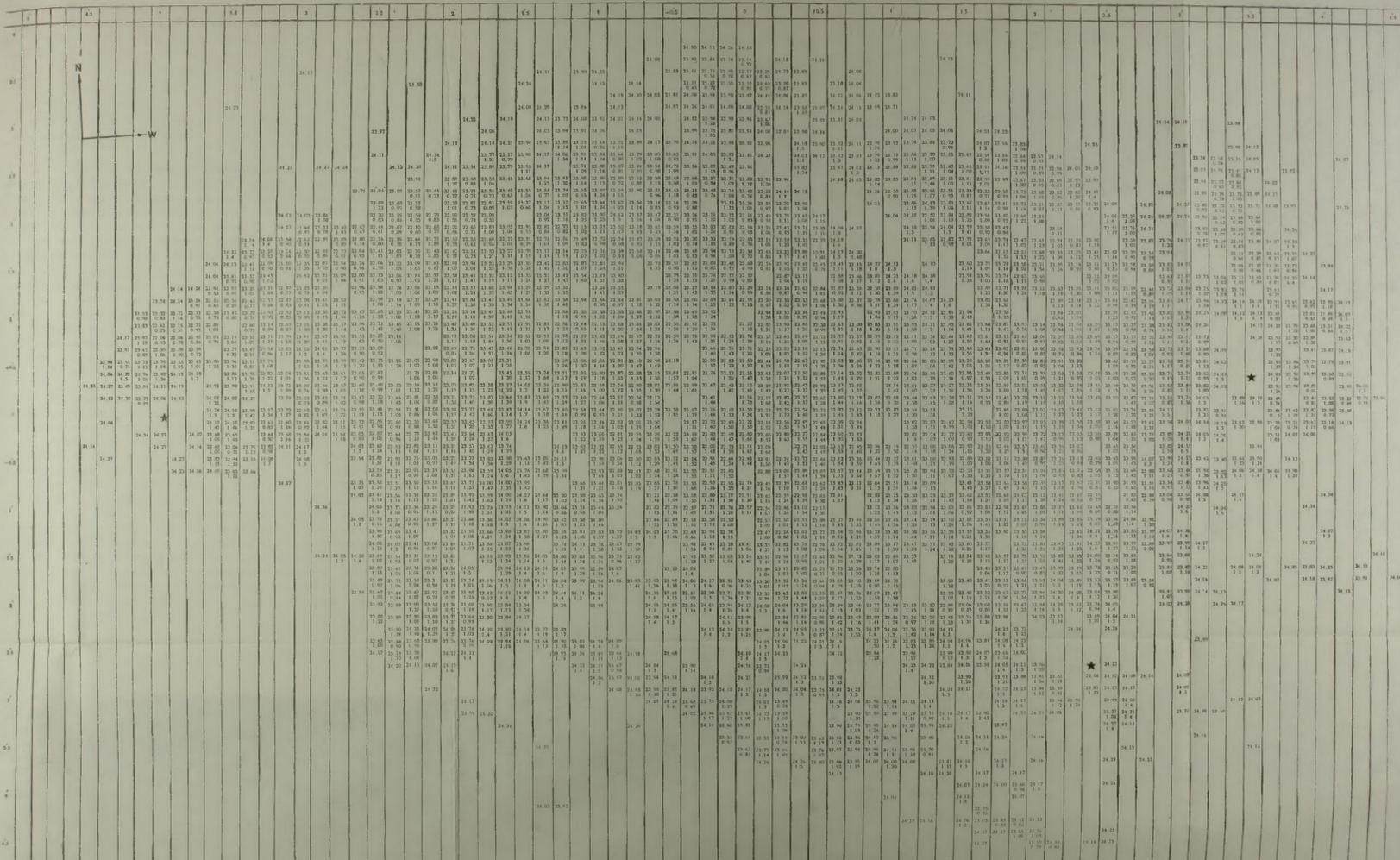
Авторы	$B$	$B-V$	Размеры
Петтит [9]	$10^m 33$	$+0^m 80$	$5' 7$
Стеббияс и Уитфорт [10]	11.1	0.88	3.6
Холмберг [11]	9.77	0.83	14.4 12.6
Бёрнген и др. (настоящая статья)	11.38	0.94	3.6
"	10.46	0.86	30 кв. минут
"	10.31		37 кв. минут

Во втором и третьем столбцах таблицы приведены интегральные звездные величины и показатели цвета в лучах  $B$ ,  $V$ . Редукция к этой системе произведена по уравнениям, приведенным в [12]. В последнем столбце приведены размеры измеренных областей галактики. В нашем случае поверхностные яркости и показатели цвета измерены вплоть до расстояния  $4' - 4'.3$  от ядра. Однако внутри этого радиуса имеется много областей, которые из-за низкой поверхностной яркости или ввиду проектирования на них звезд фона не измерялись. Поэтому в последних двух строчках табл. 2 приводится общая площадь только измеренных площадей.

При сравнении данных таблицы следует иметь в виду возможные ошибки, возникающие из-за трудностей полного учета влияния многочисленных проектированных звезд. Учет влияния этих звезд на интегральную яркость и, возможно, на цвет галактики особенно затруднителен при фотовольтовых наблюдениях. Этим можно объяснить некоторые расхождения, имеющиеся в данных табл. 2.

Как уже отмечалось выше, NGC 6946 обладает маленьким ярким ядром. Оно было измерено нами круглой диафрагмой с диаметром

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА ПО ГАЛАКТИКЕ NGC 6946



около  $10''$ . Той же диафрагмой было измерено западное яркое сгущение, о котором речь шла выше. Измерению восточного яркого сгущения помешала близлежащая звезда. Полученные данные приводятся в табл. 3 в лучах  $B, V$ .

Таблица 3

Объект	$B/\square''$	$B$	$B-V$	$M$
Ядро	$20^m77$	$16^m05$	$+1^m23$	$-13^m0$
Западное сгущение	21.38	16.65	+0.41	-12.4

Во втором столбце таблицы приводится поверхностная яркость объекта с кв. секунды дуги, в третьем — видимые интегральные величины, в четвертом — показатели цвета, не исправленные за галактическое поглощение, а в последнем столбце — абсолютные величины, исправленные за галактическое поглощение по [6]. Как видно из таблицы, западное сгущение по яркости сравнимо с ядром галактики. И по абсолютной величине, и по показателю цвета это сгущение является очень яркой звездной ассоциацией (при учете избытка цвета в  $0^m6$  [6] в направлении галактики). Линейные размеры ассоциации около  $180 \text{ пс.}$  Сравнение этой ассоциации с ассоциациями в  $M 51$  и  $M 101$  [13] показывает, что она по яркости уступает лишь одной ассоциации в  $M 101$ .

На специально полученных пластинках, любезно предоставленных С. Г. Искусдарян, ядро галактики оценивается баллом „4“ согласно классификации ядер, разработанной в Бюракане [14]. Напомним, что баллом „4“ оцениваются звездоподобные ядра.

3. *Распределение яркости и цвета.* На основании данных карты распределения построены кривые распределения яркости и цвета по концентрическим кольцам вокруг ядра галактики (рис. 1). На рисунке по оси абсцисс отложены расстояния средин колец от ядра. Ширина каждого кольца равна примерно  $22''$ . По оси ординат отложены средние поверхностные яркости по кольцам и соответствующие показатели цвета, приведенные к лучам  $B, V$ . Яркость и цвет центральной части (начальная точка с  $r = 0$  на рис. 1) взяты из табл. 3.

На рис. 1 видно, что яркость по галактике при удалении от центра сначала резко падает, а затем с некоторыми небольшими скачками медленно убывает к периферийным частям галактики. Наличие вторичного минимума на расстоянии  $50''$  можно объяснить большим удельным весом спиральных рукавов в соответствующем кольце. Очевидно, что в случае галактик, подобных NGC 6946, со многими сгущениями, разветвлениями и поглощающей материей, трудно ожидать плавного из-

менения яркости и цвета. Как видно из рис. 1, в распределении цвета также наблюдаются некоторые иррегулярности.

Часть этих флюктуаций яркости и цвета объясняется присутствием многочисленных ассоциаций, число которых в галактике доходит до 60—70. При сплошной фотометрии галактики ассоциации в большинстве случаев не попадали в центр диафрагмы, поэтому труд-

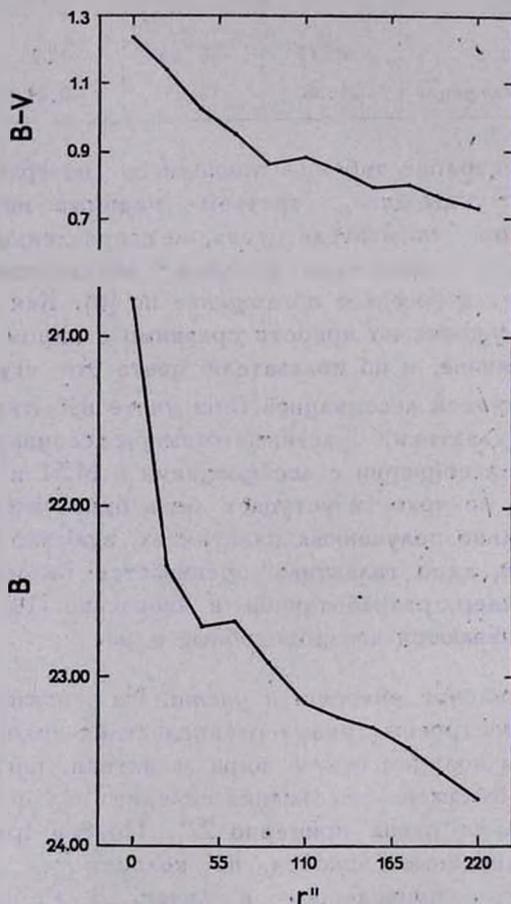


Рис. 1. Распределение яркости и цвета по концентрическим кольцам вокруг ядра.

но произвести точный учет влияния ассоциаций на распределение яркости и цвета галактики. Исследование ассоциаций предполагается выполнить отдельно, во второй части работы.

Однако существует интенсивное посинение галактики от центра к краю. На периферии показатель цвета доходит до  $+0^m.7$ , то есть он по сравнению с центром уменьшается на  $0^m.5$ . Интересно, что тако-

го порядка изменение показателя цвета было получено Б. Е. Маркьяном в случае M 101 [7] и NGC 5194 [15].

На рис. 2 и 3 приводится распределение яркости и цвета в нашей цветовой системе, по двум взаимно перпендикулярным разрезам. Направление разрезов указано на рисунках. По оси абсцисс отложено расстояние точки от центра галактики, по оси ординат — их поверхностные яркости и показатели цвета. На кривых хорошо выявля-

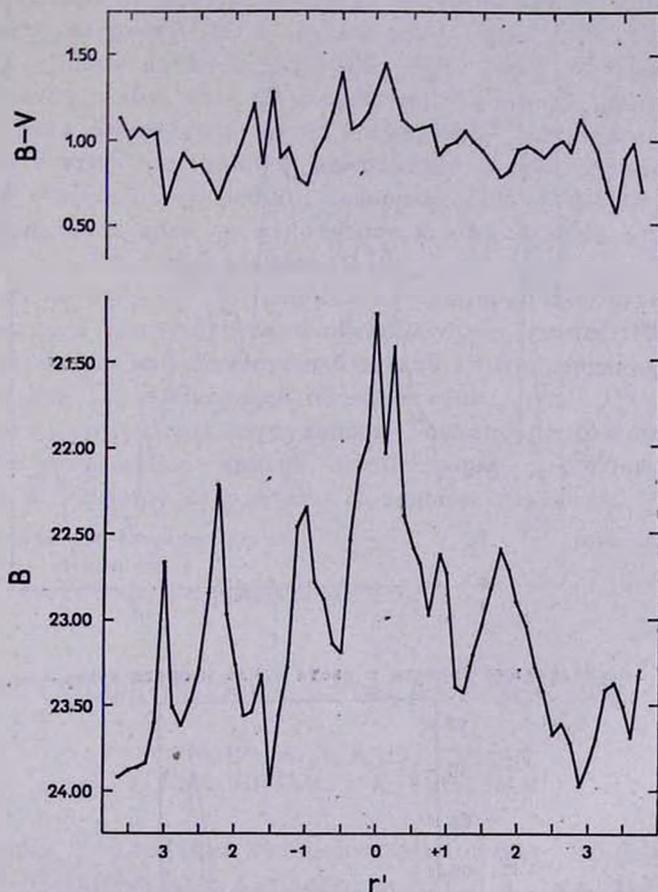


Рис. 2. Распределение яркости и цвета вдоль разреза восток—запад.

ется сложная структура галактики. Помимо этого, увеличение яркости в основном сопровождается убыванием показателя цвета. Этим областям соответствуют спиральные рукава галактики с их ассоциациями. По этим кривым также заметно посинение галактики к краю.

В настоящее время, после ряда бюраканских работ, можно утверждать, что посинение спиральных галактик к краю (в частности, в

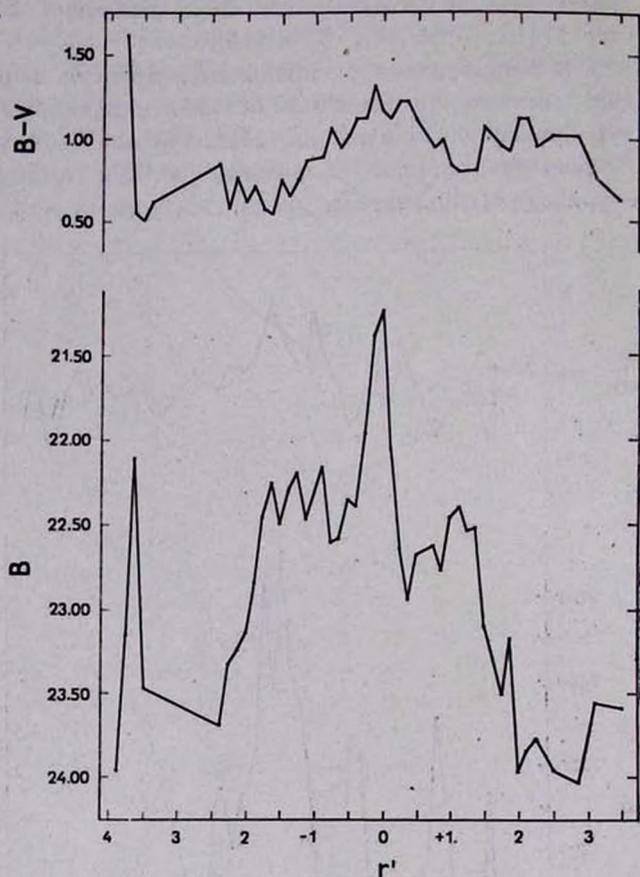


Рис. 3. Распределение яркости и цвета вдоль разреза север—юг.

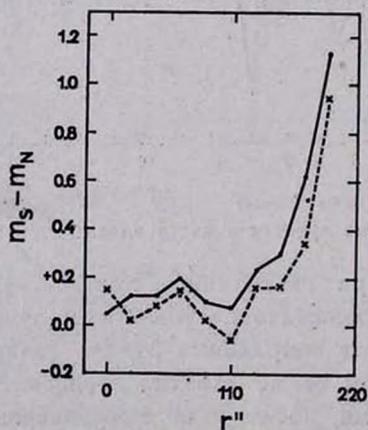


Рис. 4. Разница яркостей северных и южных полуколед с удалением от ядра.

случае галактик типа Sc) является распространенным явлением. При этом интервал изменения цвета от центра к краю достигает значительных величин — до  $0^m5 - 0^m6$ .

На рис. 4 приводится диаграмма, на оси ординат которой отложена разница яркостей северного и южного полуколец, выраженная в звездных величинах. Используются данные тех же колец, что и на рис. 1. Расстояние от центра отложено по оси абсцисс. Сплошная кривая соответствует цвету  $B$ , а пунктирная — цвету  $V$ . Как видно из рисунка, обе кривые почти параллельны друг другу. Особенность кривых заключается в том, что до расстояния около  $2'$  яркости обоих полуколец почти равны друг другу в пределах неизбежных флюктуаций; начиная с этого расстояния, выявляется резкая асимметрия между северной и южной половинами: северная половина галактики постепенно становится ярче по отношению к южной. При этом эта разница доходит до  $1^m$  в обоих лучах.

Один из авторов (Э. Х.) выражает глубокую благодарность АН ГДР и директору Таутенбургской обсерватории доктору Н. Рихтеру за предоставленную возможность наблюдать на универсальном 2-х метровом телескопе Таутенбургской обсерватории.

Авторы признательны сотрудникам Таутенбургской обсерватории Ф. Янгу за вычисление кривой пропускания плоско-параллельной пластинки и В. Хёгнеру за удачные фотокопии галактик.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

Обсерватория имени Карла Шварцшильда АН ГДР

## THE COLORIMETRY OF GALAXY NGC 6946. I.

F. BÖRNGEN, A. T. KALIOGHLIAN,  
E. Y. KHACHIKIAN, J. A. EYNATIAN

The results of a detailed two-color photometry investigation of spiral galaxy NGC 6946 with a diaphragm  $7.5 \times 7.5$  are presented. The chart of distribution of surface brightness and color-index all over the galaxy is given.

A curve of distribution of brightness and color for concentric rings around the nucleus of galaxy is constructed (Fig. 1). The color of galaxy becomes blue toward the edges.

There are about 60—70 stellar associations in NGC 6946. Some photometrical data on the nucleus and one of brightest association are given.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. G. W. Ritchey, Publ. A.S.P., 29, 211, 1917.
2. F. Zwicky, Ap. J., 96, 28, 1942.
3. N. U. Mayall, Publ. A.S.P., 60, 266, 1948.
4. W. Baade, Ap. J., 88, 294, 1938.
5. R. H. Brown, C. Hazard, M. N., 122, 479, 1961.
6. А. С. Шаров, Астрон. ж., 10, 900, 1963.
7. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюр. обс., 24, 3, 1958.
8. Б. Е. Маркарян, Э. Я. Оганесян, С. Н. Аракелян, Астрофизика, 1, 38, 1965; 2, 53, 1966.
9. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
10. J. Stebbins, W. Whitford, Ap. J., 86, 247, 1937.
11. E. Holmberg, Medd. Lund Ap. Obser., Ser. 11, № 136, 1958.
12. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, Reference Catalogue of Bright Galaxies.
13. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюр. обс., 26, 3, 1959.
14. А. Т. Каллоглян, Г. М. Товмасян, Сообщ. Бюр. обс., 36, 31, 1964.
15. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюр. обс., 25, 15, 1958.