

ДЕТАЛЬНАЯ ФОТОМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ  
ГАЛАКТИК В СКОПЛЕНИИ VIRGO

Б. Е. МАРҚАРЯН, Э. Я. ОГАНЕСЯН, С. Н. АРАКЕЛЯН  
Поступила 26 декабря 1964

Приводятся результаты детального фотометрического и колориметрического исследования десяти эллиптических и линзовидных галактик (табл. 1). Наблюдения велись на 40" телескопе системы Шмидта в голубых и желтых лучах. Калибровка пластинок производилась по внефокальным изображениям звезд NPS, полученным в одинаковых условиях. Измерения поверхностной яркости в изображениях галактик производились с квадратной диафрагмой на микрофотометре „Schnell“ сплошным образом путем градуированного смещения столика микрофотометра в двух взаимноперпендикулярных направлениях. Яркости в обоих цветах определялись по трем пластинкам, полученным с разными экспозициями. В конце статьи приведены карты распределения яркости и цвета для всех изученных галактик, составленные по результатам двухцветной фотометрии. Каждая пара чисел этих карт дает фотографическую величину с квадратной секунды дуги и показатель цвета в международной системе квадратной площадки ( $9^{\circ} 7' \times 9^{\circ} 7'$ ). Прямоугольные координаты площадок даны сверху и слева карт. На основе этих карт были получены следующие результаты и заключения:

1. Интегральные яркости и показатели цвета галактик путем фотометрического сложения яркостей всех площадок соответствующих карт (табл. 2).
2. Распределения яркости вдоль больших, малых и диагональных полуосей для каждой галактики путем усреднения яркостей площадок, расположенных на одинаковых расстояниях от центра галактики вдоль соответствующих осей и в смежных с ними разрезах (табл. 3 и 5).
3. Распределения цвета вдоль больших и малых диагональных осей галактик, выведенные таким же способом, как распределения яркости (табл. 7).
4. Среднее распределение цвета вдоль большой полуоси путем усреднения распределения цвета всех изученных галактик. В этом случае расстояния от центров галактик были выражены в долях их больших полуосей (рис. 6).
5. Величины эллиптичности— $e$  изофот и их отклонений— $\Delta\alpha$  от геометрических эллипсов в направлениях диагональных осей (табл. 6).
6. Распределения яркости в эллиптических, так же как и в линзовидных галактиках, по общему характеру сходны, но имеющиеся в центральных частях галактик заметные различия затрудняют представление распределения яркости общим законом.

7. Заметные изменения эллиптичности изофот показывают, что поверхности равных плотностей светимости в изученных галактиках не являются подобными эллипсоидами.

8. Цвет в изученных галактиках заметно синее при переходе от их центральных частей наружу. Выявленные изменения цвета следует объяснить изменениями звездного состава населения вдоль радиусов галактик.

9. Если светимости эллиптических и линзовидных галактик в основном обуславливаются красными гигантами и желтыми звездами, то полученное среднее распределение цвета позволяет заключить, что излучение красных гигантов доминирует в ядре галактики и на расстоянии, равном примерно трети ее радиуса. Дальше этого расстояния относительная доля излучения красных гигантов постепенно убывает, а относительная доля излучения желтых звезд, наоборот, возрастает, достигая на периферии наибольшего значения.

1. *Вводные замечания.* Исследование внешних галактик ведется различными методами, среди которых, пожалуй, наибольшее применение нашли фотометрия и колориметрия, которые дают как общие физические характеристики галактик (светимость, цвет, размеры, форму и т. д.), так и более или менее детальные характеристики, относящиеся к их строению (структуру, природу населения, звездный состав и т. д.). Последние обычно получаются на основе изучения распределений яркости и цвета в галактиках.

Общие физические характеристики определены для многих сотен галактик как фотографическим, так и фотоэлектрическим методами, но обстоятельная—детальная фотометрия и колориметрия выполнены лишь для весьма ограниченного числа галактик. Это, по-видимому, следует объяснить большой трудоемкостью работ, связанных с получением распределений яркости и цвета в галактиках. Но необходимость распространения такого рода исследований на большое число галактик очевидна, хотя бы потому, что имеющиеся данные свидетельствуют о наличии заметного различия во внутренних характеристиках галактик, относящихся даже к одному и тому же морфологическому типу.

Наиболее простой структурой обладают эллиптические галактики, общие физические параметры которых меняются в крайне большом диапазоне. Например, отношения светимостей, масс и объемов сверхгигантских эллиптических галактик к таковым у карликовых эллиптических галактик доходят до  $10^6$ . Мало оснований считать, что столь разительно отличающиеся друг от друга объекты должны иметь одинаковое внутреннее строение только потому, что они имеют подобные внешние формы.

Среди эллиптических и линзовидных галактик имеются, по-видимому, относительно молодые объекты, наличие которых вытекает из факта существования реальных цепочек, состоящих из эллиптических и линзовидных галактик [1] и мощных радиисточников, являющихся

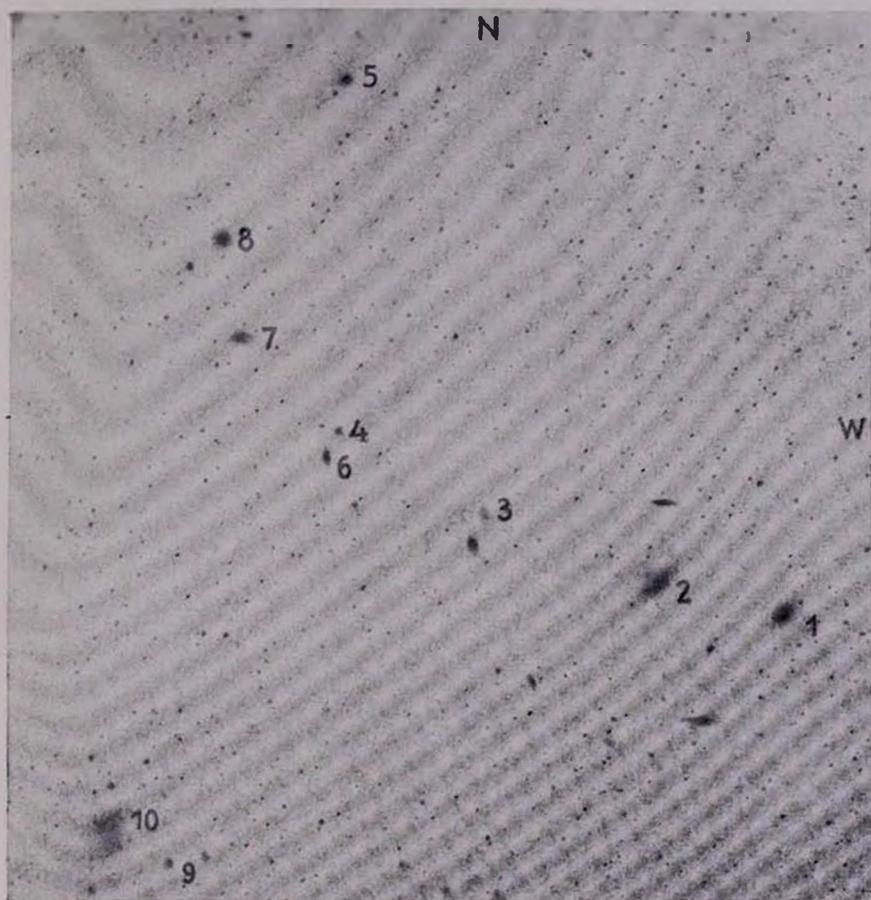
в своем большинстве галактиками указанных типов. Они так или иначе должны обладать внутренними физическими характеристиками, отличающимися от характеристик обычных эллиптических и линзовидных галактик. Поэтому, например, выделение из этих классов специального класса D галактик может иметь большой физический и эволюционный смысл.

Изучение снимков эллиптических галактик показывает, что они сильно отличаются друг от друга по степени конденсации звезд к центру и по природе ядер, деятельностью которых, согласно новой концепции В. А. Амбарцумяна [2, 3], определяется весь ход эволюции галактик.

Из всего этого вытекает, что эллиптические галактики по своим внутренним характеристикам являются далеко не однородным классом объектов. В этом смысле неоднородность должна быть более сильно выражена у класса спиральных галактик, обладающих гораздо более сложной структурой и множеством подсистем звезд разных типов и возрастов.

Как нам представляется, решение многих вопросов внегалактической астрономии встречает серьезные затруднения главным образом из-за крайней ограниченности данных об особенностях строения галактик. Например, все еще окончательно неясно, в каком направлении происходит эволюция галактик. Некоторые исследователи считают, что эволюция галактик происходит вдоль морфологической последовательности Хаббла ( $E \rightarrow S \rightarrow I$ ), но другие придерживаются противоположной схемы ( $I \rightarrow S \rightarrow E$ ). Ни та, ни другая точка зрения в достаточной мере не обоснованы. В свете новых воззрений на роль ядер в эволюции галактик [2, 3] представляется более вероятной первая точка зрения, но вряд ли эволюция через спиральную фазу является обязательной для всех эллиптических галактик. В пользу этого говорит факт существования эллиптических галактик без сколько-нибудь заметных ядер и, отчасти, присутствие эллиптических галактик наряду с развитыми спиральными в двойных, тройных и кратных системах, совместное происхождение компонентов которых не вызывает сомнения. Правда, темп эволюции галактик не может быть одинаковым, но трудно представить себе, что одна из возникших вместе эллиптических галактик, пройдя через фазы Sa и Sb, достигла Sc, а другая не успела хоть сколько-нибудь изменить свою структуру.

По-видимому, развитие эллиптических галактик может происходить двумя разными путями: в одних случаях — через переход в спиральную форму, а в других — без приобретения этой сложной структуры и всех тех физических особенностей, которые отличают спиральные галактики от эллиптических. В этом случае эллиптические



Репродукция снимка, полученного 40" телескопом системы Шмидта на пластинке Eastman Kodak 103a-0.

1—NGC 4374, 2—NGC 4406, 3—NGC 4435, 4—NGC 4458, 5—NGC 4459, 6—NGC 4461,  
7—NGC 4473, 8—NGC 4477, 9—NGC 4478, 10—NGC 4486.

галактики должны разделиться по меньшей мере на два подтипа, существенно отличающихся друг от друга по своим внутренним характеристикам. Выявить эти характеристики, по-видимому, удастся после накопления детальных данных для большого числа галактик. Можно указать немало таких вопросов, окончательное освещение которых возможно лишь при наличии массовых данных о внутренних характеристиках галактик, каковые можно получить посредством обстоятельных спектральных, фотометрических и колориметрических исследований.

В настоящей статье мы приводим результаты детальной фотометрии и двухцветной колориметрии десяти эллиптических и линзовидных галактик, расположенных в центральной части известного скопления Virgo. Список этих галактик, с указанием их морфологических типов по классификации Хаббла и Вокулера [4], приводится в ниже-следующей табл. 1.

Таблица 1

| № | NGC  | Тип по |                       | №  | NGC  | Тип по |                      |
|---|------|--------|-----------------------|----|------|--------|----------------------|
|   |      | Хабблу | Вокулеру              |    |      | Хабблу | Вокулеру             |
| 1 | 4374 | E1     | E <sup>+</sup> 1      | 6  | 4461 | SB0    | SB(s) 0 <sup>+</sup> |
| 2 | 4406 | E3     | E <sup>+</sup> 3      | 7  | 4473 | E5     | E5                   |
| 3 | 4435 | SB0    | SB(s) 0 <sup>o</sup>  | 8  | 4477 | SB0    | SB(s) 0 <sup>o</sup> |
| 4 | 4458 | E0-1   | E0-1                  | 9  | 4478 | E2     | E2                   |
| 5 | 4459 | S0     | SA (r) 0 <sup>+</sup> | 10 | 4486 | E-01   | E0-1p                |

Расположение этих галактик отмечено на приведенной репродукции снимка, полученного 40" телескопом системы Шмидта Бюраканской обсерватории на пластинке Eastman-Kodak 103 аО.

## 2. Инструменты, методика наблюдений и измерений

а) *Инструменты.* В отличие от наших прежних фотометрических и колориметрических исследований [30, 31], выполненных с помощью 21" рефлектора системы Шмидта, наблюдения, на которых основана настоящая работа, велись на новом 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории, изготовленном Ленинградским оптико-механическим заводом, имеющем следующие параметры:

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| диаметр зеркала             | 131 см |
| диаметр коррекционной линзы | 100 см |
| фокусное расстояние         | 213 см |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| светосила                        | 1/2.1  |
| масштаб                          | 97"/мм |
| диаметр неввиньетиrowанного поля | 4.°2   |

Камера снабжена просветленной полевой линзой Пиацци-Смита, фотографирование производится на плоских пластинках размерами  $16 \times 16$  см. Проницающая сила телескопа в фотографических лучах при хороших атмосферных условиях достигает  $20^m.5$ .

Измерения почернений на негативах производились объективным микрофотометром „Schnell“ производства фирмы „Zeiss“, приспособленным в обсерватории для сплошных измерений протяженных объектов. На микрофотометре поставлен второй микрометрический винт, обеспечивающий наряду с имеющимся на микрофотометре винтом плавное и градуированное перемещение его столика в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с точностью, доходящей до 3—4 микронов. Помимо этого, вместо щели микрофотометра может быть вставлена диафрагма той или иной формы и размера. В настоящей работе была употреблена диафрагма, вырезающая на пластинках квадратные площадки со сторонами, равными 0.1 мм, что соответствует в дуговой мере  $9'.7$ .

б) *Методика наблюдений.* Наблюдения велись в фотографических и визуальных лучах, в первом случае на пластинках Eastman—Kodak 103 аО и Agfa-astro, во втором случае на пластинках Eastman-Kodak 103аЕ через желтый светофильтр GG 11. Для уверенного фотометрирования как центральных ярких областей галактик, так и их слабых периферийных частей продолжительность экспозиций изменялась в пределах от 30 сек до 30 мин.

Наблюдения производились следующим образом: на взятых из одной коробки пластинках с одинаковыми экспозициями последовательно снимались области изучаемых галактик в фокусе и NPS—вне фокуса (на расстоянии четырех миллиметров) для привязки. Пластинки затем проявлялись вместе. Таким образом, каждый снимок области галактик имел свой калибровочный снимок, полученный в одинаковых условиях, по которому строилась характеристическая кривая для определения поверхностной яркости в различных точках галактик.

Изучаемые галактики обычно фотографировались на высоте, близкой к высоте полюса, поэтому вводимые за атмосферную экстинкцию поправки не превосходили  $0^m.1$ . Поправки определялись по формуле

$$\Delta m = 2.5 \lg p_\lambda [M(z) - M(z_*)],$$

где  $p_\lambda$  — коэффициент прозрачности для определенного диапазона длин

волн, а  $M(z)$  и  $M(z_0)$  — воздушные массы, соответствующие зенитным расстояниям наблюдаемого объекта и полюса.

Описанная выше методика для получения материала с целью поверхностной фотометрии, на наш взгляд, является наиболее рациональной при применении светосильных телескопов (каким является использованный нами телескоп), позволяющих резко сократить длительность экспозиции, чем почти исключаются ошибки, возникающие из-за изменений атмосферных условий за период наблюдений изучаемых объектов и стандартных звезд.

*в) Методика измерения почернений и переход к яркостям.*

Измерения на негативах почернений в изображениях галактик производились сплошным образом, путем постепенного смещения столика микрофотометра по двум координатным осям, через интервал  $0.1 \text{ мм} = 9.7$ , обусловленный размерами употребленной квадратной диафрагмы микрофотометра. При этом для каждой галактики пластинка устанавливалась на столике таким образом, чтобы смещение последнего происходило параллельно двум главным осям галактики. Измерения обычно охватывали квадратные или прямоугольные области (в зависимости от соотношения главных осей галактик) вокруг галактик, по размерам значительно их превышающие, для уверенного определения границ и среднего значения фона в окружении галактик. Таким образом определялись оптические плотности всех площадок изучаемых галактик, образующихся при проведении линий, параллельных их главным осям, через интервал  $9.7$ .

Переход от почернений к поверхностным яркостям производился обычным способом с помощью характеристических кривых, построенных по соответствующим снимкам NPS. Для построения характеристических кривых использовалось не менее двадцати звезд NPS из числа относительно ярких (не слабее  $14^m$ ), в звездных величинах которых, согласно фотоэлектрическому исследованию Стеббинса, Уитфорда и Джонсона [5], нет заметных погрешностей.

Значения почернений во внефокальных изображениях стандартных звезд и фона в их окружении определялись по четырем измерениям, произведенным в различных точках. Соответствующие поверхностные яркости с одной квадратной секунды дуги определялись по формуле

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

где  $m$  — известная величина стандартной звезды, а  $R$  и  $r$  — большой и малый радиусы кольца ее внефокального изображения, выраженные в секундах дуги.

2) *Об ошибках.* Из полученных для галактик снимков были отобраны для измерения по три пластинки в каждом цвете с разными экспозициями и по каждой из них определялись поверхностные яркости всех доступных на данной пластинке площадок в пределах прямолинейной части соответствующих характеристических кривых. Таким образом, для поверхностной яркости каждой площадки были получены по две-три оценки в обоих цветах, за исключением областей ядер и наиболее отдаленных частей галактик, для яркостей которых было получено по одной оценке.

Значения поверхностной яркости одних и тех же площадок, полученные по разным пластинкам, в подавляющем большинстве случаев мало отличаются друг от друга. Среднее из средне-квадратичных отклонений, которое может служить мерой точности определяемых нами яркостей, в обоих цветах порядка  $0^m06$ . Поэтому ошибки в получаемых показателях цвета должны быть порядка  $0^m08$ .

Здесь следует отметить, что определение яркостей ядер галактик, показывающих разные степени конденсации к центру, требует специальной методики, которой мы не занимались. Определенные же нами поверхностные яркости центральных площадок вокруг ядер галактик, фактически являясь средними для этих площадок, для самих ядер будут заметно заниженными из-за наличия здесь большого градиента яркости.

Необходимо отметить, что при применяемой нами методике измерений почернений на пластинках следует предъявлять жесткое требование к установке пластинок на столике микрофотометра, ибо при неидентичной установке пластинок измерения не будут точно соответствовать одним и тем же площадкам галактики, вследствие чего нельзя достичь хорошего согласия оценок яркостей, получаемых по разным пластинкам. Ввиду этого при измерениях установка пластинок производилась весьма тщательно, с помощью выбранных в качестве «реперов» звезд вокруг каждой галактики.

Проверка, осуществленная путем пробных установок и измерений одних и тех же пластинок, показала, что при тщательных установках ошибки оказываются незначительными. Очевидно, нет нужды особо учитывать ошибки, возникающие из-за не вполне идентичных установок пластинок, так как их учитывает вышеприведенная для яркостей мера точности, выведенная по расхождениям оценок, полученным по разным пластинкам.

О систематических ошибках, возникающих вообще из-за погрешностей в нуль-пункте системы и в фотометрической шкале, речь будет идти в следующих разделах, где производятся сравнения наших данных с данными других исследователей.

3. *Интегральные яркости и цвета галактик.* По описанному в предыдущем разделе способу были определены фотографические и фотовизуальные поверхностные яркости с квадратной секунды дуги в многочисленных площадках размерами  $9.7 \times 9.7$ , которые сплошным образом покрывают поверхности изучаемых галактик NGC 4374, 4406, 4435, 4458, 4459, 4461, 4473, 4477, 4478 и 4486. По этим данным, прежде всего, были определены интегральные яркости указанных галактик в обоих цветах путем фотометрического сложения яркостей отдельных площадок. Полученные результаты, наряду с данными других исследователей, приведены в табл. 2. В этой таблице помещены последовательно интегральные фотографические звездные величины, интегральные показатели цвета и размеры областей галактик, на которые распространялись измерения по данным, соответственно: авторов — М, О, А, Стеббинса-Уитфорда [6] — С, У, Петтита [7] — П, Холмберга [8] — X и Вокулера [9] — В.

Следует отметить, что по нашим измерениям почернений на пластинках размеры галактик получаются гораздо больше, чем приведенные в таблице, которые фактически относятся к изофоте  $24^m4$  в фотографических лучах. Такое ограничение было вызвано тем, что более слабые почернения приходились на недодержанную часть характеристических кривых.

Приведенные в табл. 2 данные Стеббинса-Уитфорда, Петтита и Вокулера получены фотоэлектрическим способом, а данные Холмберга — фотографическим, точность которых, по мнению многих исследователей, достаточно высокая.

Данные Стеббинса-Уитфорда, Петтита и Холмберга приведены без каких-либо изменений, так как их цветовая система не отличается, или незначительно отличается, от международной. Данные же Вокулера из системы  $B, V$  были приведены к международной по введенным им формулам [9]

$$CI = -0.176 + 1.090 (B - V),$$

$$m_{pg} = -0.176 + 1.090 B.$$

Наши результаты тоже даны в международной системе, при этом полученные нами показатели цвета были приведены к международной системе по формуле

$$CI = 0.126 + 0.790 (m_{pg} - m_{pv}),$$

полученной решением систем уравнений по способу наименьших квадратов, которые были составлены на основе расхождений характеристических кривых, построенных по красным и белым звездам NPS.

Таблица 2

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА ГАЛАКТИК

| №  | NGC  | $m_{pg}$           |                   |                    |                    |                    | C1                |                   |                   |                   |                   | Размеры измеренных областей |           |     |             |     |
|----|------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-----------|-----|-------------|-----|
|    |      | М, О, А            | С, У              | П                  | Х                  | В                  | М, О, А           | С, У              | П                 | Х                 | В                 | М, О, А                     | С, У      | П   | Х           | В   |
| 1  | 4374 | 10 <sup>m</sup> 57 | 10 <sup>m</sup> 5 | 10 <sup>m</sup> 49 | 10 <sup>m</sup> 21 | 10 <sup>m</sup> 40 | 0 <sup>m</sup> 96 | 0 <sup>m</sup> 92 | 1 <sup>m</sup> 00 | 0 <sup>m</sup> 85 | 0 <sup>m</sup> 91 | 5.5 × 4.8                   | 5.7       | 5.7 | 10.7 × 10.5 | 4.2 |
| 2  | 4406 | 10.45              | 10.5              | —                  | 10.10              | 10.32              | 0.92              | 0.93              | —                 | 0.85              | 0.81              | 6.5 × 4.2                   | 5.7       | —   | 12.0 × 10.3 | 4.2 |
| 3  | 4435 | 11.89              | —                 | 11.80              | 11.86              | 11.92              | 0.84              | —                 | 0.94              | 0.83              | 0.81              | 2.9 × 2.3                   | —         | 2.3 | 4.1 × 3.1   | 1.8 |
| 4  | 4458 | 13.20              | 13.1              | —                  | —                  | 13.12              | 0.86              | 0.78              | —                 | —                 | 0.77              | 1.3 × 1.3                   | 2.3 × 1.2 | —   | —           | 1.8 |
| 5  | 4459 | 11.29              | —                 | 11.61              | —                  | —                  | 0.87              | —                 | 0.87              | —                 | —                 | 3.9 × 3.2                   | —         | 2.3 | —           | —   |
| 6  | 4461 | 12.23              | —                 | 12.02              | —                  | 12.35              | 0.90              | —                 | 0.77              | —                 | 0.85              | 3.6 × 1.6                   | —         | 4.1 | —           | 1.8 |
| 7  | 4473 | 11.24              | —                 | 11.30              | —                  | —                  | 0.87              | —                 | 0.83              | —                 | —                 | 4.5 × 2.6                   | —         | 4.1 | —           | —   |
| 8  | 4477 | 11.57              | —                 | 11.80              | —                  | —                  | 0.95              | —                 | 0.85              | —                 | —                 | 3.2 × 3.2                   | —         | 2.3 | —           | —   |
| 9  | 4478 | 12.27              | —                 | 12.27              | —                  | 12.33              | 0.86              | —                 | 0.89              | —                 | 0.85              | 1.9 × 1.6                   | —         | 2.4 | —           | 1.8 |
| 10 | 4486 | 10.01              | 9.9               | —                  | 9.56               | 10.26              | 0.92              | 0.89              | —                 | 0.82              | 0.87              | 6.1 × 5.8                   | 5.7       | —   | 10.7 × 10.7 | 3.2 |

Приведенные в табл. 2 звездные величины и показатели цвета одних и тех же галактик, определенные разными исследователями, иногда отличаются друг от друга довольно заметно. Но это, в основном, объясняется различием размеров измеренных областей одних и тех же галактик и частично эффектом посинения галактик при удалении от их центров. За редким исключением при больших размерах измеренных областей галактик, интегральные яркости оказываются больше, а показатели цвета, наоборот, меньше. При близких же размерах измеренных областей как яркости, так и показатели цвета отличаются друг от друга незначительно. Поэтому согласие приведенных в табл. 2 данных можно считать вполне удовлетворительным. Отсюда, очевидно, можно заключить, что в нашей фотометрической системе нет заметных систематических погрешностей.

4. *Распределение яркости в галактиках.* По полученным данным для многочисленных площадок, сплошным образом покрывающих поверхности изучаемых галактик, были составлены детальные карты распределения яркости и цвета. Каждая пара чисел этих карт, которые приведены в конце статьи, дает среднюю поверхностную фотографическую звездную величину с квадратной секунды дуги и показатель цвета в международной системе квадратной площадки со стороной, равной 9.7. Количество площадок в галактиках колеблется в пределах от 70 до 1100, в зависимости от их размеров. Прямоугольные координаты  $x$  и  $y$  центров площадок относительно центров галактик, выраженные в секундах дуги, приведены сверху и слева карт. Координатные оси обычно направлялись таким образом, чтобы ось абсцисс в каждом случае совпадала с большой осью галактики.

Для грубой ориентировки в верхнем правом углу карт указаны направления севера — N и востока — E, а для точной ориентировки можно воспользоваться приведенными на картах звездочками, соответствующими расположению сравнительно ярких звезд фона в области или в окружении галактик.

Эти карты дают наглядное представление о яркости и цвете различных частей галактик и позволяют изучать характер изменения в них яркости и цвета. Распределению цвета посвящен следующий раздел, а в данном — рассматривается распределение яркости.

Изучением распределения яркости в галактиках занимались многие исследователи: Хаббл [10], Редман [11], Редман—Шерли [12], Оорт [13], Вокулер [14], Эванс [15], Хоутен, Оорт и Хильтнер [16], Баум [17], Лиллер [18], Хоутен [19], группа сотрудников Бюраканской обсерватории [30—33] и другие. Основной целью проводимых в этом направлении исследований является получение точных фотометриче-

ских профилей вдоль осей галактик и вывод на их основе закона распределения яркости, необходимого для построения моделей галактик.

Но следует отметить, что даже для эллиптических галактик, обладающих наиболее простой структурой, еще не достигнуто общее согласие относительно формулировки закона распределения поверхностной яркости.

Предложенные Хабблом [10], Вокулером [20] и Баумом [17] законы распределения яркости в эллиптических галактиках:

$$\lg \frac{B}{B_0} = -2.5 \lg \left( \frac{r}{a} + 1 \right), \quad \lg \frac{B}{B_e} = -3.33 \left[ \left( \frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$$

и  $B = \frac{L_0}{2r(r+r_0)},$

где  $B_0$ ,  $B_e$  и  $L_0$  и  $a$ ,  $r_e$  и  $r_0$  представляют собой соответственно некоторые характеристические яркости и радиусы, хорошо представляют распределение лишь в ограниченном диапазоне яркостей, притом в типичных эллиптических галактиках. Эти формулы, благодаря наличию в них указанных параметров, неплохо учитывают различия в размерах и плотности эллиптических галактик, но плохо представляют различия в степени концентрации звезд к центру в них. Они, во всяком случае, не применимы в областях ядер галактик.

Изучение снимков эллиптических галактик показывает, что наряду с аморфными ядрами в них встречаются и сильно конденсированные ядра, доходящие иногда до звездообразного изображения. Встречаются также эллиптические галактики без сколько-нибудь заметных ядер. Знание строения центральных частей галактик, как нам представляется, крайне необходимо при построении моделей галактик, поэтому оно должно находить свое отражение в законе распределения яркости.

Очевидно, для выявления всех структурных и физических особенностей эллиптических галактик и окончательного вывода закона распределения яркости в них потребуются еще много наблюдательного материала, особенно относительно их центральных частей.

На основе вышеупомянутых карт мы вывели распределение поверхностной яркости вдоль главных полуосей изучаемых галактик путем усреднения яркостей равноудаленных от центра площадок, расположенных вдоль осей и в смежных с ними разрезах (начиная с расстояния  $40''$  от центра галактики). Полученные данные приведены в табл. 3.

Следует принять во внимание, что приведенная яркость для центра каждой галактики, являясь средней поверхностной яркостью (с квадратной секунды дуги) площадки вокруг центра размерами



$9.7 \times 9.7$ , для самого центра должна быть сильно заниженной, во-первых, из-за наличия здесь большого градиента яркости, во-вторых, из-за неучета влияния атмосферной и инструментальной дисперсии. В этой связи необходимо отметить, что надежное определение яркости в центрах галактик вообще связано с серьезными затруднениями. Для этого надо, во-первых, располагать длиннофокусным телескопом, чтобы измерения яркости производить с маленькой диафрагмой, а во-вторых, разрабатывать точную методику учета влияния атмосферной и инструментальной дисперсии, которая значительна для точечных источников и следовательно для ядер галактик.

Влияние этой дисперсии иногда учитывают путем сравнения распределения яркости в изображениях звезд и галактик. Полученные таким образом поправки для центров галактик оказываются довольно значительными (порядка одной звездной величины). Однако эти поправки не вполне надежны. Поэтому исправленные за дисперсию яркости пока не внушают доверия.

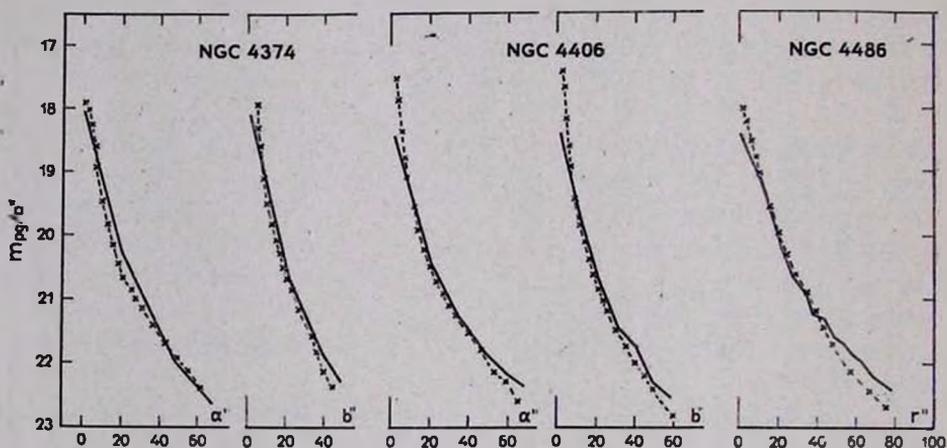


Рис. 1. Распределение поверхностной яркости вдоль главных осей галактик: — данные авторов; - - - данные Хаббла.

Из изучаемых нами галактик для трех — NGC 4374, 4406 и 4486 фотометрические профили ранее были получены Хабблом [10], для семи — NGC 4374, 4406, 4459, 4461, 4473, 4477 и 4486 Лиллер [18] и для одной — NGC 4486 Хоутеном [19] фотографическим методом и Баумом [17] — фотоэлектрическим методом.

Для сравнения на приводимых далее рисунках, наряду с нашими данными, мы нанесли на чертеж данные этих авторов. При этом относительные интенсивности Хаббла, помещенные в табл. 4, в [10]

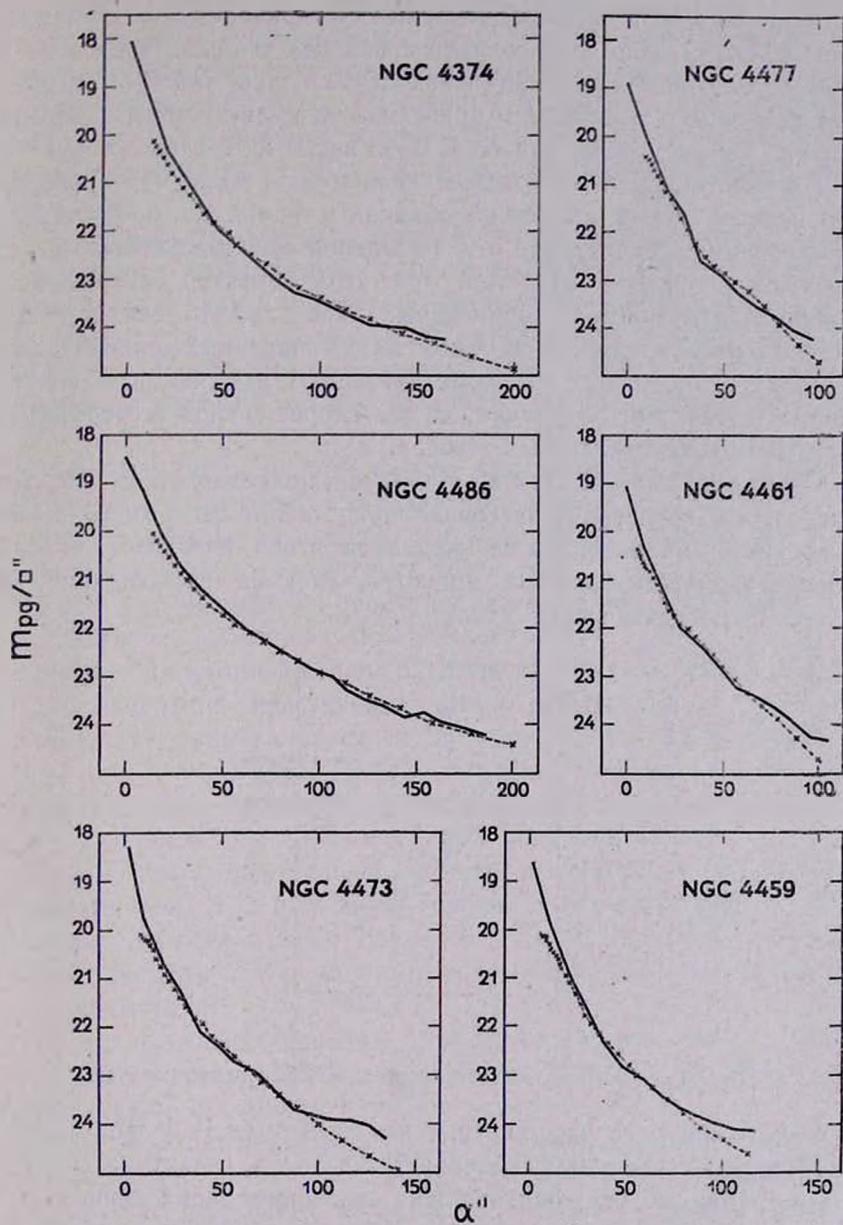


Рис. 2. Распределение поверхностной яркости вдоль большой оси галактик: — данные авторов; - - - данные Лиллер.

были превращены в звездные величины и приведены к нуль-пункту таким образом, чтобы они совпали с нашими данными в средней части интервала расстояний. Интенсивности Лиллер тоже были превращены в звездные величины и приведены к нуль-пунктам, указанным в статье. Данные Баума для NGC 4486 взяты из статьи Хоутена [19].

Из рис. 1 видно, что расхождения между данными Хаббла и нашими незначительны, их можно объяснить ошибками, присущими фотографическому методу. Но эти небольшие расхождения как будто носят систематический характер. При этом характер расхождений не одинаков для всех трех сравниваемых галактик, что свидетельствует о наличии неоднородности в одном из сравниваемых рядов величин. Поскольку наши данные для всех изучаемых нами галактик получены по одним и тем же пластинкам, то мы скорее склонны усомниться в полной однородности данных Хаббла.

Сравнение данных Лиллер с нашими, приведенное на рис. 2, показывает, что согласие в интервале яркостей от  $21^m.5$  до  $23^m.5$  вполне удовлетворительное. Но за пределами этого интервала, в особенности же в области больших яркостей, имеются расхождения, которые носят систематический характер.

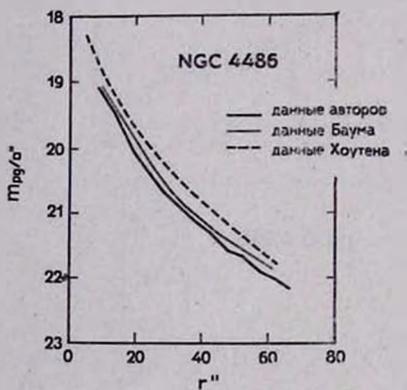


Рис. 3. Распределение поверхностной яркости вдоль радиуса.

Такого же рода расхождения нашел Хоутен [19] при сравнении своих данных с данными Лиллер [18] для пяти галактик. Но не обнаружив такие же расхождения при сравнении своих данных с данными ряда других исследователей, Хоутен пришел к выводу, что в шкале Лиллер в области больших яркостей имеется ошибка. Этим, по-видимому, и следует объяснить расхождения ее данных с нашими в области больших яркостей.

На рис. 3 приведены распределения яркости вдоль радиуса в NGC 4486, полученные нами (жирная линия), Баумом (тонкая линия) и Хоуте-

ном (пунктирная линия). Из этого рисунка видно, что кривые распределения яркости почти параллельны друг другу. Это может служить свидетельством отсутствия заметных погрешностей в фотометрических шкалах сравниваемых рядов яркостей. Но имеется расхождение в нуль-пунктах сравниваемых систем. Нуль-пункты данных Баума и Хоутена отклоняются от нуль-пункта наших данных соответственно на  $0^m10$  и  $0^m30$ .

При применяемой нами методике фотометрии — прямой привязке к внефокальным изображениям стандартных звезд, полученным в таких же условиях, как и снимки изучаемых галактик, нуль-пункт системы определится положением всей характеристической кривой, построенной по многочисленным звездам NPS. В этом случае ошибка в нуль-пункте системы может возникать по следующим трем причинам:

- 1) при заметной разнице между чувствительностями пластинок с изображениями галактик и стандартных звезд,
- 2) при заметных различиях атмосферных условий при фотографировании галактик и стандартных звезд,
- 3) при неправильном определении значений почернения фона вокруг галактик, вызванного освещением неба.

Первые два источника ошибок нами были исключены путем подбора для измерений пластинок с тремя различными экспозициями, дающими для перекрывающихся частей галактик почти одинаковые результаты при измерениях. Третий источник ошибок был исключен путем охвата при измерениях области вокруг галактик значительно больших размеров, чем предполагаемые размеры галактик.

Поэтому нуль-пункт нашей системы яркостей не должен иметь заметных ошибок. В пользу этого говорит и близость наших данных к фотоэлектрическим данным Баума, а также неплохое согласие приведенных в разделе 2 наших интегральных яркостей с данными других исследователей.

Все это позволяет прийти к выводу, что в нуль-пункт яркостей Хоутена для галактики NGC 4486 вкралась ошибка, что вполне возможно при примененной им сложной методике.

Таким образом, сравнение наших данных с имеющимися в литературе данными других исследователей позволяет заключить, что наши данные неотягощены серьезными систематическими ошибками, поэтому полученные по ним распределения яркости должны быть в достаточной мере корректными.

Наряду с фотометрическими разрезами по главным осям галактик мы нашли целесообразным для галактик NGC 4374, 4458, 4459, 4478 и 4486, обладающих формой, мало отличающейся от сферы, вы-

вести зависимость поверхностной яркости от расстояния путем усреднения яркостей площадок, расположенных на одинаковых расстояниях от центров галактик. Полученные данные, приведенные в табл. 4, как и следовало ожидать, не отличаются сильно от соответствующих дан-

Таблица 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЯРКОСТИ ВДОЛЬ  
РАДИУСОВ ГАЛАКТИК

| $r$   | NGC 4374           | NGC 4458           | NGC 4459           | NGC 4478           | NGC 4486           |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.0   | 18 <sup>m</sup> 07 | 19 <sup>m</sup> 72 | 18 <sup>m</sup> 60 | 18 <sup>m</sup> 57 | 18 <sup>m</sup> 41 |
| 9.7   | 19.32              | 21.28              | 20.00              | 20.23              | 19.17              |
| 13.6  | 19.85              | 21.88              | 20.51              | 20.84              | 19.51              |
| 19.4  | 20.40              | 22.44              | 21.10              | 21.76              | 20.08              |
| 21.3  | 20.60              | 22.76              | 21.33              | 22.05              | 20.23              |
| 27.5  | 20.99              | 23.36              | 21.82              | 22.93              | 20.66              |
| 32.5  | 21.25              | 23.68              | 22.14              | 23.26              | 20.88              |
| 37.5  | 21.65              | 23.91              | 22.54              | 23.72              | 21.13              |
| 42.5  | 21.86              |                    | 22.68              | 23.94              | 21.31              |
| 47.5  | 22.15              |                    | 22.93              | 24.06              | 21.58              |
| 52.5  | 22.19              |                    | 23.03              | 24.24              | 21.69              |
| 57.5  | 22.38              |                    | 23.20              | 24.15              | 21.88              |
| 62.5  | 22.60              |                    | 23.42              |                    | 22.01              |
| 67.5  | 22.71              |                    | 23.57              |                    | 22.19              |
| 72.5  | 22.85              |                    | 23.67              |                    | 22.31              |
| 77.5  | 23.00              |                    | 23.81              |                    | 22.43              |
| 82.5  | 23.06              |                    | 23.94              |                    | 22.53              |
| 87.5  | 23.26              |                    | 23.96              |                    | 22.67              |
| 92.5  | 23.38              |                    | 24.01              |                    | 22.78              |
| 97.5  | 23.45              |                    | 24.03              |                    | 22.92              |
| 102.5 | 23.65              |                    | 24.04              |                    | 23.03              |
| 107.5 | 23.70              |                    | 24.04              |                    | 23.16              |
| 112.5 | 23.75              |                    | 24.14              |                    | 23.20              |
| 117.5 | 23.85              |                    | 24.14              |                    | 23.36              |
| 122.5 | 23.90              |                    |                    |                    | 23.47              |
| 127.5 | 23.95              |                    |                    |                    | 23.61              |
| 132.5 | 24.06              |                    |                    |                    | 23.64              |
| 137.5 | 24.04              |                    |                    |                    | 23.74              |
| 142.5 | 24.00              |                    |                    |                    | 23.80              |
| 147.5 | 24.05              |                    |                    |                    | 23.88              |
| 152.5 | 24.06              |                    |                    |                    | 23.86              |
| 157.5 | 24.06              |                    |                    |                    | 23.92              |
| 162.5 | 24.15              |                    |                    |                    | 24.01              |
| 167.5 | 24.16              |                    |                    |                    | 23.98              |
| 172.5 |                    |                    |                    |                    | 24.02              |
| 177.5 |                    |                    |                    |                    | 24.04              |
| 182.5 |                    |                    |                    |                    | 24.16              |

ных табл. 3, но дают более верную картину распределения яркости постольку, поскольку они получены путем использования яркостей всех площадок карт распределения яркости.

5. *Наблюдаемая эллиптичность галактик.* Сплюснутость, как известно, является одной из важных характеристик галактик. Истинная сплюснутость галактик определяется на основе наблюдаемой

сплюснутости, или эллиптичности, которая характеризуется выражением

$$\varepsilon = 1 - b/a.$$

Значения  $a$  и  $b$ , представляющие собой большую и малую полуоси эллипса, получаются путем непосредственных измерений главных осей галактик на снимках.

Исследователи отмечают, что изофоты эллиптических галактик часто отклоняются от эллипсов и кроме того их сплюснутость возрастает при удалении от центров галактик наружу.

На составленных нами картах распределения яркости можно провести изофоты и изучать их природу для рассматриваемых здесь галактик. Но мы ограничились определением сплюснутости изофот по значениям полуосей, взятых просто из кривых распределения яркости по главным осям галактик, построенных по данным табл. 3 предыдущего раздела.

Таблица 5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЯРКОСТИ ГАЛАКТИК  
ВДОЛЬ ГЛАВНЫХ ОСЕЙ

| $r$   | NGC 4374           | NGC 4406           | NGC 4435           | NGC 4458           | NGC 4459           | NGC 4461           | NGC 4473           | NGC 4477           | NGC 4478           | NGC 4486           |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.0   | 18 <sup>m</sup> 07 | 18 <sup>m</sup> 43 | 18 <sup>m</sup> 49 | 19 <sup>m</sup> 72 | 18 <sup>m</sup> 60 | 19 <sup>m</sup> 06 | 18 <sup>m</sup> 07 | 18 <sup>m</sup> 89 | 18 <sup>m</sup> 67 | 18 <sup>m</sup> 41 |
| 13.6  | 19.84              | 20.10              | 20.86              | 21.88              | 20.51              | 21.08              | 20.57              | 20.69              | 20.84              | 19.51              |
| 27.2  | 20.97              | 21.07              | 22.34              | 23.32              | 21.73              | 22.65              | 22.01              | 22.10              | 22.74              | 20.60              |
| 40.7  | 21.75              | 21.76              | 23.34              | 24.05              | 22.62              | 23.87              | 22.71              | 22.53              | 23.90              | 21.23              |
| 55.3  | 22.39              | 22.27              | 24.00              |                    | 23.11              | 24.29              | 23.28              | 22.86              |                    | 21.75              |
| 68.9  | 22.70              | 22.64              | 24.29              |                    | 23.55              |                    | 23.76              | 23.45              |                    | 22.16              |
| 82.4  | 23.14              | 22.96              |                    |                    | 23.85              |                    | 24.21              | 23.74              |                    | 22.46              |
| 96.0  | 23.44              | 23.40              |                    |                    | 24.24              |                    | 24.15              | 24.11              |                    | 22.87              |
| 109.6 | 23.60              | 23.56              |                    |                    | 24.40              |                    | 24.35              |                    |                    | 23.24              |
| 123.2 | 23.73              | 23.75              |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 23.51              |
| 136.8 | 24.00              | 24.05              |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 23.74              |
| 151.3 | 24.33              | 24.22              |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 23.93              |
| 164.9 | 24.33              |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 23.84              |
| 178.5 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 23.93              |
| 192.1 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 24.20              |

Об отклонении же изофот от геометрических эллипсов можно получить представление путем сравнения значений радиусов-векторов —  $\rho$  вдоль диагональных осей, определенных по формуле

$$\rho = \frac{\sqrt{2} ab}{\sqrt{a^2 + b^2}},$$

получаемой из уравнения эллипса, и фактически наблюдаемых распределений яркости вдоль диагональных осей галактик, которые приведены в табл. 5.

Таблица 6

| $m_{pg}/\square^\circ$ | NGC 4374 |            |          |          |              | NGC 4406 |            |          |          |              | NGC 4435 |            |          |          |              | NGC 4458 |            |          |          |              | NGC 4459 |            |          |          |              |   |
|------------------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|---|
|                        | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ |   |
| 19 <sup>m</sup> 0      | 8°3      | 0.13       | 7°7      | 7°8      | -0°1         | 5°5      | 0.13       | 5°1      | 5°0      | +0°1         | 4°2      | 0.38       | 3°1      | 3°3      | -0°2         | —        | —          | —        | —        | —            | —        | —          | —        | —        | —            | — |
| 19.5                   | 12.2     | 0.10       | 11.5     | 11.5     | 0.0          | 9.3      | 0.25       | 7.9      | 8.2      | -0.3         | 8.4      | 0.42       | 6.0      | 6.2      | -0.2         | —        | —          | —        | —        | —            | —        | —          | —        | —        | —            |   |
| 20.0                   | 16.5     | 0.11       | 15.5     | 15.8     | -0.3         | 14.2     | 0.17       | 12.8     | 12.7     | +0.1         | 12.8     | 0.44       | 8.8      | 8.8      | 0.0          | —        | —          | —        | —        | —            | —        | —          | —        | —        | —            |   |
| 20.5                   | 23.2     | 0.17       | 21.0     | 21.5     | -0.5         | 20.3     | 0.19       | 18.1     | 18.5     | -0.4         | 17.1     | 0.44       | 11.7     | 11.7     | 0.0          | 5°0      | 0.10       | 4°7      | 5°0      | -0°3         | 15.8     | 0.18       | 14.1     | 13.7     | +0.4         |   |
| 21.0                   | 29.5     | 0.13       | 27.4     | 27.8     | -0.4         | 29.1     | 0.23       | 25.2     | 25.8     | -0.6         | 22.5     | 0.43       | 15.7     | 15.2     | +0.5         | 8.1      | 0.07       | 7.8      | 8.2      | -0.4         | 21.1     | 0.20       | 18.6     | 18.8     | -0.2         |   |
| 21.5                   | 38.0     | 0.12       | 35.5     | 35.7     | -0.2         | 40.0     | 0.20       | 35.3     | 35.2     | +0.1         | 27.8     | 0.42       | 19.6     | 19.7     | -0.1         | 12.0     | 0.09       | 11.4     | 11.4     | 0.0          | 27.2     | 0.20       | 24.0     | 24.3     | -0.3         |   |
| 22.0                   | 47.5     | 0.10       | 44.8     | 45.0     | -0.2         | 53.4     | 0.19       | 47.6     | 47.5     | +0.1         | 33.0     | 0.41       | 23.8     | 21.7     | +0.1         | 16.2     | 0.09       | 15.5     | 15.0     | +0.5         | 34.0     | 0.19       | 30.2     | 30.4     | -0.2         |   |
| 22.5                   | 63.0     | 0.08       | 60.2     | 60.0     | +0.2         | 74.2     | 0.24       | 63.6     | 63.3     | +0.3         | 38.5     | 0.37       | 29.0     | 29.3     | -0.3         | 20.8     | 0.09       | 19.9     | 19.7     | +0.2         | 42.0     | 0.17       | 37.9     | 37.9     | 0.0          |   |
| 23.0                   | 76.8     | 0.00       | 77.2     | 77.5     | -0.3         | 94.7     | 0.23       | 81.8     | 82.0     | -0.2         | 45.6     | 0.31       | 35.7     | 35.7     | 0            | 26.1     | 0.03       | 25.0     | 21.2     | +0.8         | 56.3     | 0.19       | 50.0     | 51.7     | -1.7         |   |
| 23.5                   | 102.0    | 0.04       | 99.9     | 100.0    | -0.1         | 121.2    | 0.23       | 104.5    | 104.2    | +0.3         | 54.8     | 0.31       | 44.0     | 43.5     | +0.5         | 31.5     | 0.13       | 32.0     | 30.7     | +1.3         | 71.7     | 0.17       | 64.9     | 68.0     | -3.2         |   |
| 24.0                   | 143.3    | (0.13)     | 133.4    | 136.7    | -3.3         | 158.0    | 0.28       | 130.2    | 133.3    | -3.1         | 66.0     | 0.23       | 57.1     | 56.7     | +0.4         | 47.5     | 0.16       | 43.3     | 41.7     | +1.6         | 100.6    | 0.22       | 87.5     | 87.8     | -0.3         |   |

| $m_{pg}/\square^\circ$ | NGC 4461 |            |          |          |              | NGC 4473 |            |          |          |              | NGC 4477 |            |          |          |              | NGC 4478 |            |          |          |              | NGC 4486 |            |          |          |              |
|------------------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|------------|----------|----------|--------------|
|                        | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ | $\alpha$ | $\epsilon$ | $\rho_s$ | $\rho_N$ | $\Delta\rho$ |
| 19 <sup>m</sup> 0      | —        | —          | —        | —        | —            | 6°8      | 0.41       | 4°9      | 5°0      | -0°1         | —        | —          | —        | —        | —            | —        | —          | —        | —        | —            | —        | —          | —        | —        | —            |
| 19.5                   | —        | —          | —        | —        | —            | 10.1     | 0.39       | 7.5      | 8.0      | -0.5         | 6°3      | 0.29       | 5°2      | 5°0      | +0°2         | 6°0      | 0.23       | 5°2      | 5°0      | +0°2         | 8°2      | 0.00       | 8°2      | 8°2      | 0°0          |
| 20.0                   | 7°4      | 0.22       | 6°5      | 6°7      | -0°2         | 14.5     | 0.42       | 10.3     | 11.0     | -0.7         | 10.0     | 0.19       | 8.9      | 8.5      | +0.4         | 9.3      | 0.24       | 8.0      | 8.1      | -0.1         | 13.3     | 0.01       | 13.2     | 13.5     | -0.3         |
| 20.5                   | 11.6     | 0.24       | 9.9      | 10.0     | -0.1         | 18.6     | 0.39       | 13.6     | 13.6     | 0.0          | 15.0     | 0.21       | 13.1     | 12.7     | +0.4         | 12.9     | 0.22       | 11.2     | 11.3     | -0.1         | 26.2     | 0.05       | 25.6     | 26.5     | +0.1         |
| 21.0                   | 16.7     | 0.30       | 13.6     | 13.5     | +0.1         | 24.7     | 0.40       | 17.9     | 17.8     | +0.1         | 20.2     | 0.25       | 17.1     | 16.7     | +0.4         | 16.2     | 0.19       | 14.4     | 14.8     | -0.4         | 35.0     | 0.05       | 34.1     | 35.0     | -0.9         |
| 21.5                   | 23.0     | 0.36       | 17.5     | 17.7     | -0.2         | 31.2     | 0.42       | 22.0     | 22.0     | 0.0          | 26.3     | 0.24       | 22.5     | 21.5     | +1.0         | 19.7     | 0.18       | 17.6     | 18.0     | -0.4         | 48.4     | 0.11       | 45.4     | 48.0     | -2.6         |
| 22.0                   | 30.0     | 0.42       | 21.4     | 21.7     | -0.3         | 39.0     | 0.43       | 27.5     | 27.5     | 0.0          | 32.0     | 0.19       | 28.5     | 26.5     | +2.0         | 24.0     | 0.20       | 21.3     | 21.3     | 0.0          | 63.0     | 0.11       | 59.3     | 62.7     | -3.4         |
| 22.5                   | 43.3     | 0.52       | 26.5     | 26.2     | +0.3         | 52.5     | 0.46       | 35.1     | 38.3     | -1.2         | 38.3     | 0.04       | 37.5     | 39.3     | -1.8         | 28.0     | 0.20       | 24.7     | 25.2     | -0.5         | 82.5     | 0.08       | 79.1     | 83.3     | -4.2         |
| 23.0                   | 54.8     | 0.54       | 32.2     | 31.6     | +0.6         | 68.5     | 0.46       | 45.8     | 47.8     | -2.0         | 50.3     | -0.13      | 53.3     | 57.8     | -4.5         | 33.2     | 0.23       | 28.7     | 29.7     | -1.0         | 105.0    | 0.08       | 100.4    | 100.7    | -0.3         |
| 23.5                   | 71.5     | 0.58       | 39.0     | 37.5     | +1.5         | 84.5     | 0.44       | 58.0     | 61.0     | -3.0         | 65.8     | -0.11      | 69.1     | 71.2     | -2.1         | 39.5     | 0.27       | 32.9     | 35.5     | -2.6         | 126.0    | 0.04       | 123.3    | 122.5    | +0.8         |
| 24.0                   | 90.0     | 0.62       | 49.5     | 46.8     | +2.7         | 123.3    | 0.46       | 82.3     | 82.5     | -0.2         | 86.0     | -0.10      | 90.1     | 91.5     | -1.4         | 49.0     | 0.22       | 42.4     | 42.5     | -0.1         | 169.0    | (0.14)     | 155.9    | 166.7    | -10.8        |

В табл. 6 мы приводим последовательно следующие величины:  
 $a$  — большая полуось галактики, выраженная в секундах дуги,  
 $\varepsilon$  — сплюснутость,  
 $\rho_v$  — радиус-вектор, вычисленный по указанной выше формуле,  
 $\rho_n$  — радиус-вектор, определенный из наблюдаемого распределения,  
 $\Delta\rho$  — разность  $\rho_v$  и  $\rho_n$  для изофот, начиная от  $19^m$  до  $24^m$  включительно.

Из данных этой таблицы видно, что отклонения изофот от формы эллипса —  $\Delta\rho$  за редкими исключениями незначительны. При этом отклонения бывают как в одну, так и в другую сторону, то есть изофоты между ссями располагаются иногда внутри, а иногда снаружи соответствующих геометрических эллипсов.

Что же касается эллиптичности изофот, то надо сказать, что она вообще меняется довольно заметно при удалении от центров галактик наружу, причем в разных галактиках разным образом.

Наряду со случаями, когда эллиптичность изофот почти монотонно убывает или возрастает (NGC 4435, 4461 и 4477), имеются случаи, когда она вначале возрастает, а затем начинает убывать (NGC 4374 и 4486). Но чаще всего при удалении от ядер эллиптичность изофот меняется нерегулярно в сравнительно небольших пределах. Вообще же изменения эллиптичности у линзовидных галактик больше, чем у эллиптических.

Все это свидетельствует о том, что поверхности одинаковой яркости в эллиптических и линзовидных галактиках не являются *подобными* концентрическими эллипсоидами, как это допускают при построении моделей галактик.

Изменения форм изофот в эллиптических и линзовидных галактиках могут быть результатом суперпозиции различных подсистем звезд, о чем, как это видно из следующего раздела, более веско свидетельствует распределение цвета. По-видимому, в эллиптических и линзовидных галактиках процесс массового формирования звезд, подобно спиральным галактикам [21], происходит неоднократно, то есть имеет рекуррентный характер.

6. *Распределение цвета в галактиках.* Изучение распределения цвета в галактиках велось двумя способами: путем сравнения фотометрических разрезов вдоль осей, полученных в разных цветах фотографическим методом, и интегральных показателей цвета, измеренных через серию диафрагм фотоэлектрическим методом.

Первый способ применяли Сейферт [22], Линдبلاد [23, 24], Фрике [25], Шеголев [26] и другие для получения колориметрических профилей вдоль осей ряда спиральных галактик. Основным резуль-

татом исследований этих авторов явилось подтверждение уже сложившегося представления о том, что в спиральных галактиках ядра являются наиболее красными, а сгущения и узлы рукавов наиболее голубыми образованиями.

Вывод же некоторых исследователей относительно постоянства цвета непрерывного фона, наблюдаемого между спиральными рукавами, как показали наши исследования [30, 31], оказался не соответствующим действительности.

Второй способ, являющийся сравнительно менее трудоемким, широко применялся в работах Стеббинса-Уитфорда [6], Петгита [7], Вокулера [9], Тифта [27, 28] и Биге [29]. Эти исследователи, однако, не преследовали специальную цель изучения распределения цвета в галактиках. Первые два из них занимались определением точных интегральных яркостей и показателей цвета для большого числа галактик, а последние, ведя наблюдения в трех и более цветах, изучали, главным образом, зависимости, существующие между разными цветами галактик различных морфологических типов. Но поскольку наблюдения для ряда галактик были выполнены через две-три диафрагмы разной апертуры (Тифт и Биге иногда применяли даже большее число диафрагм), то их данные дают все же некоторое представление об общем характере изменения цвета в галактиках разных типов. Вокулер, например, объединив данные Джонсона и Тифта со своими, вывел на их основе зависимости показателей цвета (в системе  $U, B, V$ ) от апертуры примененных диафрагм для различных типов галактик. Согласно Вокулеру, показатели цвета в эллиптических и линзовидных галактиках монотонно, но весьма незначительно убывают при увеличении апертуры диафрагмы. Например, в системе  $B - V$  разница между центральными и интегральными показателями цвета эллиптических и линзовидных галактик по Вокулеру составляет всего  $0^m07 - 0^m08$ .

Начиная с середины пятидесятых годов в Бюраканской обсерватории ведется подробное исследование распределения цвета в ярких галактиках путем двухцветной детальной фотометрии фотографическим способом.

Результаты исследования для примерно полутора десятков спиральных галактик разных подтипов и некоторых иррегулярных галактик уже опубликованы [30, 31, 32, 33].

В этих работах был установлен эффект посинения к краю, то есть систематическое убывание показателей цвета при удалении от центров галактик к краям и изучено поведение в этом отношении населений разных типов, присутствующих в спиральных галактиках. При этом выяснилось, что собственный цвет спиральных рукавов на



их протяжении меняется незначительно\*, в то время как цвет населения диска, наблюдаемого между рукавами, значительно синее при переходе от ядра наружу. Следует, однако, отметить, что небольшая часть галактик показывает обратный эффект, то есть они краснеют при удалении от их центров к краям. Эти аномальные галактики обладают и рядом других особенностей, которым было посвящено специальное исследование [21] одного из авторов настоящей работы.

В этом разделе мы приводим результаты детальной колориметрии рассмотренных выше десяти эллиптических и линзовидных галактик. Как уже упоминалось выше, на приведенных в конце статьи картах, наряду с поверхностными яркостями, даны показатели цвета в международной системе в площадках размерами  $9.7 \times 9.7$ , которые сплошным образом покрывают поверхности изучаемых галактик. По данным этих карт были составлены колориметрические профили вдоль главных полуосей галактик путем усреднения показателей цвета равноудаленных от центра галактики площадок, расположенных по осям и в смежных с ними разрезах (в последнем случае начиная с  $40''$  от центра галактики). Полученные данные приведены в табл. 7 и представлены на рис. 4 и 5 наряду с колориметрическими профилями по диагональным осям, составленными путем усреднения показателей цвета площадок, расположенных вдоль этих осей, на одинаковых расстояниях от центра данной галактики. Помимо этого, для галактик NGC 4374, 4458, 4459, 4478 и 4486, обладающих малой эллиптичностью, зависимость показателя цвета от расстояния до центра галактики была выведена также путем усреднения показателей цвета площадок, расположенных на одинаковых расстояниях от центров галактик. Результаты, приведенные в табл. 8, дают более гладкое и уверенное распределение цвета в этих галактиках, так как они получены путем использования данных всех площадок упомянутых выше карт.

На рис. 4 и 5 по горизонтальным осям отложены расстояния от центров галактик в секундах дуги, а по вертикальным осям—показатели цвета в международной системе.

Как было отмечено в разделе 4, средние поверхностные яркости центральных площадок вокруг ядер для самых центров галактик являются заметно заниженными из-за больших размеров употребленной нами

---

\* Задолго до наших исследований Карпенгер [39], изучив распределение цвета вдоль спиральных рукавов M51 и M81, пришел к выводу, что они у M51 синее при переходе от ядра наружу, а у M81 остаются без изменения. Наши исследования [30, 31] показали, что в обеих галактиках происходит значительное посинение при удалении от ядер к краям, которое, однако, обусловлено главным образом изменением цвета населения диска.

диафрагмы микрофотометра (что вызвано небольшим масштабом снимков) и неучета влияния атмосферной и инструментальной дисперсии. Но, судя по всему, требуемые поправки для яркостей центров галактик в фотографических и визуальных лучах должны быть одинакового порядка, поэтому показатели цвета в центрах галактик не должны заметно отличаться от приведенных нами показателей цвета центральных площадок галактик. Тем не менее следует принимать во внимание, что имеется некоторая неуверенность в положении начальных точек кривых распределения показателей цвета.

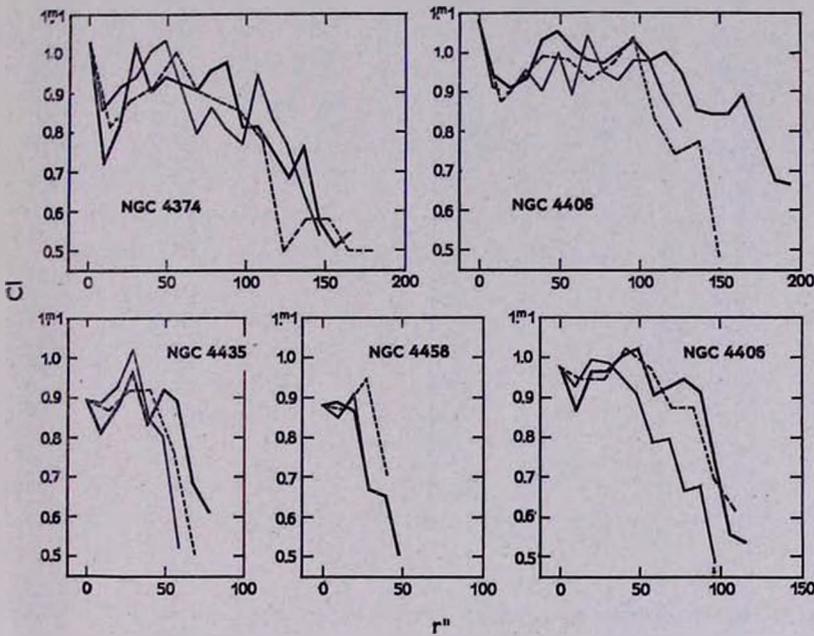


Рис. 4. Распределение показателей цвета вдоль главных и диагональных осей галактик: ——— большая ось; ——— малая ось; — — — диагональная ось.

На рис. 4 и 5 видно, что цвет в эллиптических и линзовидных галактиках, вопреки сложившемуся мнению, меняется довольно заметно. Характер изменения цвета вдоль больших, малых и диагональных осей галактик почти одинаковый. При переходе от центров наружу показатели цвета в рассматриваемых галактиках вообще убывают, но это происходит не монотонно. Почти на всех кривых распределения цвета заметно небольшое, но резкое падение показателей цвета в непосредственном окружении ядер, за которым следует их возрастание до расстояния, равного примерно трети радиуса галактики. Далее показатели цвета, после небольших колебаний на более

или менее значительном промежутке, начинают интенсивно убывать.

Указанные участки кривых распределения показателей цвета у разных галактик имеют различную протяженность по обеим координатам. Если, однако, расстояние от центров галактик выразить в долях соответствующих полуосей, то эти расхождения заметно сгладятся.

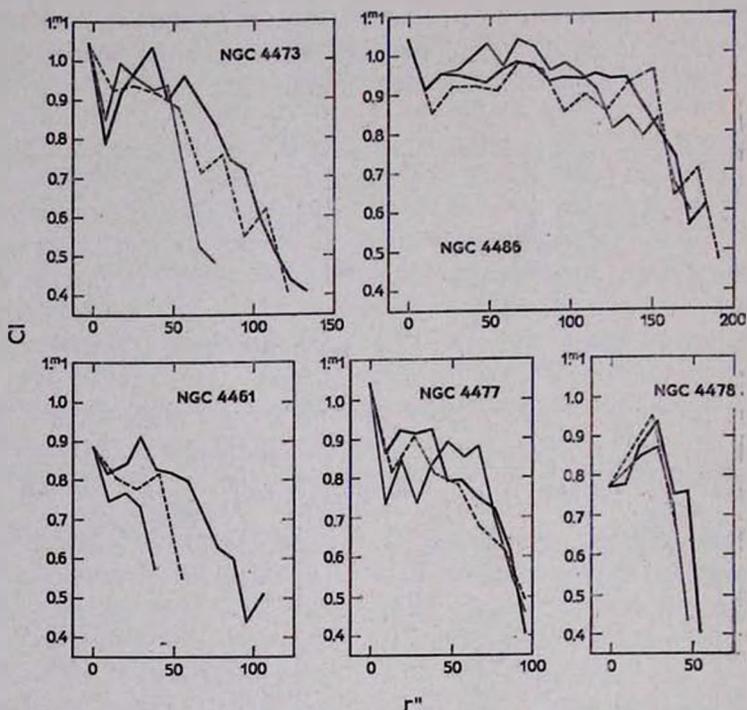


Рис. 5. Распределение показателей цвета вдоль главных и диагональных осей галактик; ——— большая ось; ——— малая ось; — — — диагональная ось.

В этом случае кривые распределения показателей цвета изучаемых галактик располагаются в довольно узкой полосе, откуда следует, что характер изменения цвета в них одинаковый. Поэтому для рассматриваемых галактик можно вывести среднее распределение показателей цвета по осям, выражая при этом расстояние в долях полуосей.

На рис. 6 представлено составленное таким образом среднее распределение показателей цвета вдоль большой полуоси с указанием величин дисперсии в отдельных точках в виде вертикальных отрезков. Эта кривая, дающая общее представление об изменении цвета в эллиптических и линзовидных галактиках, как по общему характеру, так и в деталях заметно отличается от кривых (средние распределения цвета), полученных для галактик рассматриваемых типов Воку-

лером [9] и Тифтом [27] на основе фотоэлектрических наблюдений через серию диафрагм. Они дают для эллиптических и линзовидных галактик монотонное и незначительное посинение вдоль радиуса, тогда как у нас получается довольно значительное посинение, доходящее

Таблица 8

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА ВДОЛЬ  
РАДИУСОВ ГАЛАКТИК

| $r$   | NGC 4374          | NGC 4458          | NGC 4459          | NGC 4478          | NGC 4486          |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0.0   | 1 <sup>m</sup> 04 | 0 <sup>m</sup> 88 | 0 <sup>m</sup> 96 | 0 <sup>m</sup> 77 | 1 <sup>m</sup> 04 |
| 9.7   | 0.79              | 0.87              | 0.88              | 0.80              | 0.91              |
| 13.6  | 0.82              | 0.87              | 0.92              | 0.85              | 0.85              |
| 19.4  | 0.87              | 0.89              | 0.97              | 0.87              | 0.95              |
| 21.3  | 0.89              | 0.91              | 0.96              | 0.90              | 0.88              |
| 27.5  | 0.94              | 0.85              | 0.95              | 0.93              | 0.94              |
| 32.5  | 0.96              | 0.72              | 0.96              | 0.80              | 0.93              |
| 37.5  | 0.96              | 0.76              | 0.96              | 0.73              | 0.96              |
| 42.5  | 0.99              |                   | 0.94              | 0.61              | 0.95              |
| 47.5  | 0.99              |                   | 0.94              | 0.63              | 0.96              |
| 52.5  | 0.94              |                   | 0.92              | 0.56              | 0.92              |
| 57.5  | 0.95              |                   | 0.86              | 0.56              | 0.96              |
| 62.5  | 0.92              |                   | 0.86              |                   | 0.95              |
| 67.5  | 0.87              |                   | 0.81              |                   | 0.98              |
| 72.5  | 0.92              |                   | 0.83              |                   | 0.96              |
| 77.5  | 0.92              |                   | 0.78              |                   | 0.96              |
| 82.5  | 0.85              |                   | 0.76              |                   | 0.96              |
| 87.5  | 0.89              |                   | 0.76              |                   | 0.93              |
| 92.5  | 0.90              |                   | 0.65              |                   | 1.00              |
| 97.5  | 0.84              |                   | 0.64              |                   | 0.96              |
| 102.5 | 0.82              |                   | 0.60              |                   | 0.96              |
| 107.5 | 0.83              |                   | 0.53              |                   | 0.95              |
| 112.5 | 0.82              |                   | 0.57              |                   | 0.96              |
| 117.5 | 0.81              |                   | 0.48              |                   | 0.95              |
| 122.5 | 0.75              |                   |                   |                   | 0.94              |
| 127.5 | 0.74              |                   |                   |                   | 0.94              |
| 132.5 | 0.77              |                   |                   |                   | 0.93              |
| 137.5 | 0.68              |                   |                   |                   | 0.93              |
| 142.5 | 0.60              |                   |                   |                   | 0.89              |
| 147.5 | 0.58              |                   |                   |                   | 0.83              |
| 152.5 | 0.62              |                   |                   |                   | 0.78              |
| 157.5 | 0.57              |                   |                   |                   | 0.80              |
| 162.5 | 0.55              |                   |                   |                   | 0.73              |
| 167.5 | 0.56              |                   |                   |                   | 0.72              |
| 172.5 |                   |                   |                   |                   | 0.71              |
| 177.5 |                   |                   |                   |                   | 0.67              |
| 182.5 |                   |                   |                   |                   | 0.76              |

почти до 0<sup>m</sup>5, и заметный изгиб в начальной части кривой распределения цвета, обусловленный резким падением и последующим подъемом показателей цвета в центральных частях галактик.

Небольшой диапазон изменения цвета, полученный указанными исследователями, следует объяснить тем, что их измерения, судя по размерам диафрагм, вообще не охватывают слабые периферийные части

галактик. А отсутствие на их кривых обнаруженного нами изгиба в распределении показателей цвета объясняется сглаживающим действием значительно отличающихся друг от друга размерами употребленных ими диафрагм.

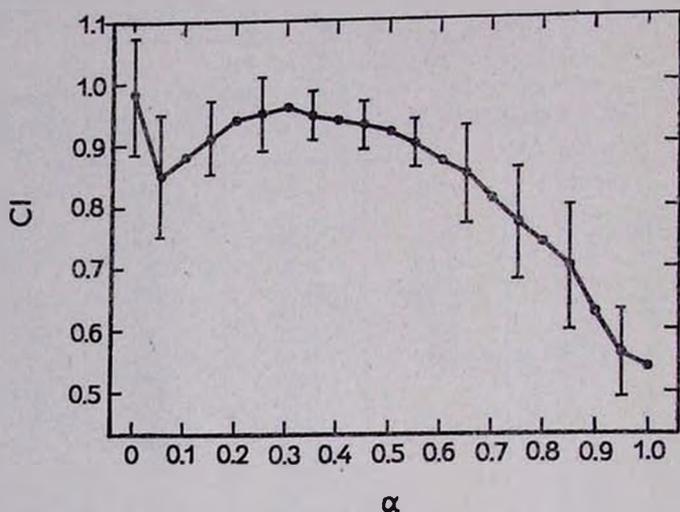


Рис. 6. Среднее распределение показателей цвета вдоль больших полуосей эллиптических и линзовидных галактик.

Таким образом, мы приходим к выводу, что *посинение цвета к краю, обнаруженное вначале в спиральных галактиках* [30, 31], является как бы характерной особенностью строения галактик всех типов. При этом, однако, следует отметить, что диапазон и характер изменения цвета в галактиках разных типов различны. Заметим, что вследствие проектирования внешних, относительно более голубых частей галактики на внутреннюю область, наблюдаемое нами распределение „поверхностных цветов“ должно быть менее контрастным, чем реально существующее распределение „объемных цветов“. Иными словами, действительные различия в цвете излучения от центральных и внешних частей галактики должны быть больше, чем получаемые из наблюдений. Поэтому нам представляется, что средние показатели цвета звездного населения близ центра и на периферии отличаются друг от друга во всяком случае не менее чем на пол-величины.

Заметные изменения цвета вдоль осей галактик вообще свидетельствуют о неоднородности состава их звездного населения вдоль радиуса. Наиболее сложным является звездный состав населения спиральных галактик, где присутствует множество подсистем звезд, обладающих различным возрастом и различными физическими характеристиками.

Как по форме, так и по звездному составу эллиптические и линзовидные галактики имеют гораздо более простое строение. В настоящее время, в особенности после работ Моргана и Мейолла [34, 35], сложилось такое представление, что светимости эллиптических и линзовидных галактик, как и ядер спиральных галактик, в основном обуславливаются красными и оранжевыми гигантами.

Это, однако, весьма общая и приближенная характеристика; согласно [36], расчеты, основанные на данных шестичветной колориметрии галактик, приводят к выводу, что распределение парциальных светимостей звезд по разным физическим типам в галактиках сильно меняется вдоль спектра. В светимостях эллиптических (надо полагать и линзовидных) галактик и ядер спиралей в красных и желтых лучах на самом деле преобладает излучение красных гигантов. А в синих и фиолетовых лучах излучение красных гигантов хотя и преобладает над излучением красных карликов, но заметно уступает излучению желтых звезд.

Итак, можно полагать, что светимости эллиптических галактик, в основном, обуславливают красные и желтые звезды. Но возможность наличия в них голубых звезд низкой светимости, таких, какие встречаются в шаровых скоплениях, по-видимому, не следует отрицать. Присутствие подобных звезд, например, можно заподозрить в карликовых эллиптических галактиках NGC 221, 4008, 4168, 4478, 4627 и т. д., показывающих небольшие ультрафиолетовые избытки [9].

Но поскольку обычные показатели цвета этих галактик находятся в пределах нормы, то парциальные светимости голубых звезд в визуальных и фотографических лучах должны быть незначительными. Ввиду этого с достаточным основанием можно полагать, что полученные распределения цвета в изучаемых нами галактиках почти всецело обуславливаются распределением в них красных гигантов и желтых звезд.

Поэтому кривую среднего распределения показателей цвета вдоль больших полуосей галактик (рис. 6) можно интерпретировать следующим образом:

Если исключить возможность наличия темной материи в ядрах галактик, то, судя по цвету, светимости ядер почти всецело должны обуславливаться красными гигантами. В этом случае изгиб кривой может быть результатом резкого падения и последующего подъема относительного парциального излучения красных гигантов при удалении от ядер галактик, что может быть вызвано большей степенью концентрации к центру желтых звезд, чем степень концентрации красных гигантов.

На участке кривой, соответствующем расстоянию, равному при-

мерно трети радиуса галактик, где цвет является наиболее красным после ядра, должно преобладать парциальное излучение красных гигантов. Далее, при удалении от этого участка к краю, довольно интенсивное убывание показателей цвета можно объяснить постепенным относительным возрастанием парциального излучения желтых звезд, которые, по-видимому, на перифериях галактик обуславливают основное излучение.

Сказанное заставляет считать, что у каждой из изученных галактик имеется по крайней мере две подсистемы звезд: красных гигантов и желтых звезд. Пространственное распределение звезд в этих подсистемах различно, что и вызывает наблюдаемые различия в цвете разных частей галактики.

Более подробное и обстоятельное представление относительного распределения звезд различных физических типов в галактиках можно получить на основе многоцветной детальной колориметрии.

7. *Замечания об отдельных галактиках.* 1. NGC 4374. Сверхгигантская галактика, которая обладает заметным радиоизлучением, но не показывает каких-либо аномальных структурных особенностей, наблюдаемых обычно у мощных внегалактических радиисточников.

По структуре она занимает промежуточное положение между поздними E и ранними S0. Возможно, что в ней идет процесс формирования оболочки, характерной для линзовидных галактик. Ее центральная часть обладает высокой яркостью; на снимках, полученных в синих лучах с короткими экспозициями ( $10^5$ — $15^5$ ), в центре намечается маленькое, слабое и как будто сильно конденсированное образование. По-видимому, она обладает слабым звездообразным ядром.

2. NGC 4406. Сверхгигантская эллиптическая галактика, которая вместе с NGC 4374, по-видимому, составляет широкую физическую пару.

На мало экспонированных пластинках в центре этой галактики, подобно NGC 4374, намечается маленькое, слабое и конденсированное ядро. В северо-восточном направлении на расстоянии  $80''$  от центра имеется слабое образование, которое выделяется на сравнительно слабом фоне галактики. Область этого образования обведена пунктиром на карте распределения яркости и цвета. Судя по яркости и цвету этой области, указанное образование может быть иррегулярной галактикой низкой светимости (какие в Virgo нередко встречаются), спроектировавшейся на периферии NGC 4406. При выводе распределения яркости и цвета вдоль осей область этого образования, приходящаяся на малую ось галактики, была исключена.

3. NGC 4458 и NGC 4461. Судя по всему, эти две галактики

образуют физическую пару. Их ядра имеют умеренную яркость, но более компактны и конденсированы, чем у других галактик изучаемой группы, хотя они в этом отношении заметно уступают звездообразным ядрам, встречающимся часто у спиральных галактик.

4. NGC 4477. Центральная часть — ядро этой галактики имеет почти сферическую форму, а ее главное тело вытянуто по  $\delta$  и оставляет впечатление заметно сплюснутой эллиптической галактики.

Она обладает слабой, но довольно протяженной оболочкой, которая, однако, вытянута по  $\alpha$ . Таким образом, большие оси главного тела галактики и оболочки составляют между собой угол порядка  $90^\circ$ . Значения эллиптичности изофот, приведенные в табл. 6, подтверждают описанную картину.

5. NGC 4478. Небольшая эллиптическая галактика почти сферической формы, обладающая довольно высокой поверхностной яркостью, имеет маленькое, но не сильно конденсированное ядро.

Непосредственно к северу от ядра имеется звездообразный объект ярче ядра, природа которого не ясна. Принимая во внимание его несколько эксцентричное положение, можно полагать, что это скорее всего спроектировавшаяся звезда фона.

6. NGC 4486. Это сверхгигантская эллиптическая галактика, являющаяся мощным радиоисточником. В центральной части наблюдается редкое явление — выброс из ядра в виде струи. Другая особенность этой галактики заключается в присутствии на ее периферии большого количества шаровых скоплений, которые, однако, настолько слабы, что не влияют сколько-нибудь заметно на распределение яркости. К юго-западу от центра галактики, на расстоянии примерно  $130''$  присутствуют две слабые галактики, как будто соединенные между собой мостиком. Область этих объектов (связь которых с NGC 4486 сомнительна) на карте распределения яркости и цвета обведена пунктиром.

В окружении NGC 4486 имеются четыре галактики, расположенные от ее центра на расстоянии менее чем  $13'$ , которые могут быть ее спутниками. Две из них — NGC 4476 и NGC 4478, являющиеся небольшими галактиками умеренной яркости, располагаются к востоку от NGC 4486, третья — сферическая карликовая компактная галактика 14—15 величины, которая располагается к северо-западу от нее, а четвертая расположена к юго-западу от NGC 4486 на расстоянии немногим более семи минут. Это на вид сфероидальная карликовая галактика с поперечником порядка  $30''$ , обладающая, однако, большой яркостью — порядка  $11^m.5$ . Несмотря на это, данный объект не занесен ни в NGC, ни в его дополнения. Это, видимо, следует объяснить тем, что на обычных снимках, в особенности же при небольших экс-



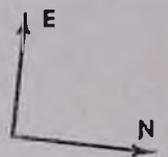
# КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА В NGC 4499

| ★     | 164.9 | 168.2 | 145.8 | 176.9 | 128.1 | 118.4 | 108.7 | 97.0         | 87.3          | 77.6          | 67.9          | 58.2          | 48.5          | 38.8          | 28.1          | 19.4          | -9.7          | 0             | +9.7          | 19.4          | 28.1          | 38.8          | 48.5          | 58.2          | 67.9         | 77.6          | 87.3 | 97.0 | 108.7 | 118.4 | 128.1 | 138.8 | 148.5 | 158.2 | 169.9 |  |  |  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
| ★     |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 108.7 |       |       |       |       |       |       |       |              | 24.28<br>0.4  | 24.24<br>0.4  | 24.24<br>0.50 |               | 23.99<br>0.73 | 23.57<br>0.43 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 97.0  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               | 24.28<br>0.48 | 24.28<br>0.41 |               |               |               | 24.05<br>0.4  |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 87.3  |       |       |       |       |       |       |       |              |               | 24.28<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.18<br>0.73 |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 77.6  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               | 24.31<br>0.68 |               | 23.93<br>0.1  |               |               |               |               |               |               | 24.07<br>0.78 | 24.30<br>0.77 | 24.31<br>0.83 | 24.30<br>0.83 | 24.38<br>0.63 | 24.38<br>0.4 | 21.02<br>0.43 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 67.9  |       |       |       |       |       |       |       | 24.38<br>0.4 | 24.38<br>0.80 | 24.31<br>0.81 | 24.13<br>0.95 | 23.92<br>0.31 | 24.28<br>0.83 | 24.28<br>0.72 | 24.20<br>1.08 | 23.93<br>0.83 | 24.13<br>1.08 | 23.93<br>1.08 | 23.93<br>1.08 | 24.30<br>0.83 | 24.31<br>0.83 | 24.30<br>1.20 | 24.38<br>0.93 | 24.38<br>0.73 |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 58.2  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               | 24.06<br>0.80 | 24.05<br>0.94 | 23.85<br>0.52 | 23.59<br>0.45 | 23.59<br>1.13 | 23.36<br>0.63 | 23.58<br>0.82 | 23.34<br>0.81 | 23.38<br>0.82 | 23.08<br>0.87 | 23.08<br>0.85 | 23.08<br>0.86 | 23.05<br>0.82 |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 48.5  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 38.8  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 28.1  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 19.4  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| +9.7  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 0     |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| -9.7  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 19.4  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 28.1  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 38.8  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 48.5  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 58.2  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 67.9  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 77.6  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 87.3  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 97.0  |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 108.7 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 118.4 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 128.1 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 138.8 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 148.5 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 158.2 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 169.9 |       |       |       |       |       |       |       |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |               |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА В NGC 4477

| γ°    | 116.4         | 106.7         | 97.0          | 87.3          | 77.6          | 67.9          | 58.2          | 48.5          | 38.8          | 29.1          | 19.4          | -9.7          | 0             | 9.7           | 19.4          | 29.1          | 38.8          | 48.5          | 58.2          | 67.9          | 77.6          | 87.3          | 97.0          | 106.7         | 116.4 |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 116.4 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.25<br>0.73 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| 106.7 |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.16<br>0.71 |               |               | 24.16<br>0.51 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| 97.0  |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.23<br>0.44 | 24.40<br>0.76 |               | 24.13<br>0.75 | 23.91<br>0.53 |               |               |               | 24.25<br>0.44 | 24.25<br>0.80 |               |               |               |               |               |       |
| 87.3  |               |               |               | 24.36<br>0.4  |               |               |               |               |               | 24.04<br>0.4  |               |               | 23.57<br>0.65 | 24.07<br>0.88 | 24.09<br>0.67 | 24.23<br>0.95 | 24.23<br>0.45 |               |               |               | 24.40<br>0.67 |               |               |               |       |
| 77.6  |               |               |               |               | 24.03<br>0.43 |               |               |               | 24.09<br>0.64 | 24.04<br>0.65 | 24.33<br>0.86 | 23.65<br>0.4  |               | 23.72<br>0.92 | 23.83<br>0.84 | 23.89<br>0.95 | 24.13<br>1.03 | 24.11<br>0.89 |               |               |               |               |               |               |       |
| 67.9  |               | 24.10<br>0.50 | 24.36<br>0.50 |               | 24.14<br>0.96 |               |               |               | 23.81<br>0.41 | 23.94<br>0.97 | 23.83<br>0.92 | 23.48<br>0.79 | 23.45<br>1.05 | 23.17<br>0.98 | 23.85<br>0.80 | 23.57<br>0.96 | 24.13<br>1.03 | 24.11<br>0.4  | 24.28<br>0.87 | 24.13<br>0.50 | 24.31<br>0.4  |               |               |               |       |
| 58.2  |               | 24.36<br>0.44 |               | 24.09<br>0.96 | 23.84<br>0.99 | 23.73<br>0.82 | 23.83<br>1.15 | 23.32<br>0.90 | 23.07<br>0.63 | 22.87<br>0.95 | 22.90<br>0.87 | 22.97<br>0.90 | 22.97<br>0.91 | 23.18<br>1.13 | 23.57<br>0.83 | 23.18<br>0.63 | 23.57<br>0.67 | 24.28<br>0.87 |               |               | 24.01<br>0.62 |               |               | 23.97<br>0.40 |       |
| 48.5  |               | 24.20<br>0.4  |               | 23.95<br>0.74 | 23.55<br>1.09 | 23.58<br>1.08 | 23.35<br>1.08 | 23.09<br>0.82 | 22.93<br>0.85 | 22.83<br>0.90 | 22.91<br>1.13 | 22.93<br>1.02 | 23.18<br>1.02 | 23.06<br>1.25 | 22.87<br>0.71 | 23.23<br>0.69 | 23.51<br>0.57 | 24.07<br>0.97 |               |               | 24.25<br>0.73 |               |               | 24.33<br>0.75 |       |
| 38.8  |               | 24.25<br>0.4  | 24.23<br>0.78 | 23.82<br>0.79 | 23.79<br>1.03 | 23.37<br>0.82 | 23.32<br>1.02 | 22.77<br>0.81 | 22.64<br>0.84 | 22.74<br>1.00 | 22.75<br>1.09 | 22.52<br>0.91 | 22.70<br>0.95 | 23.08<br>1.29 | 22.88<br>0.75 | 22.98<br>0.81 | 23.57<br>1.02 | 23.74<br>1.02 | 24.18<br>0.81 |               |               |               |               |               |       |
| 29.1  | 24.20<br>0.54 | 24.31<br>0.73 | 24.26<br>0.93 | 23.85<br>0.53 | 23.30<br>0.83 | 23.26<br>1.08 | 23.20<br>1.10 | 22.90<br>1.17 | 22.51<br>0.86 | 22.22<br>1.09 | 22.36<br>1.08 | 22.27<br>1.01 | 22.51<br>0.92 | 22.55<br>0.98 | 22.66<br>1.05 | 23.03<br>0.97 | 23.53<br>0.94 | 23.62<br>0.94 | 23.84<br>0.62 | 23.68<br>0.63 |               |               |               | 24.37<br>0.4  |       |
| 19.4  |               | 24.37<br>0.70 | 24.15<br>0.98 | 23.81<br>0.98 | 23.69<br>1.06 | 23.38<br>1.08 | 23.09<br>1.21 | 22.60<br>0.92 | 22.25<br>0.98 | 21.97<br>1.01 | 21.70<br>1.03 | 21.65<br>0.94 | 21.85<br>0.98 | 22.16<br>1.06 | 22.46<br>1.03 | 22.81<br>0.91 | 23.05<br>0.74 | 23.33<br>0.55 | 23.49<br>0.73 | 23.79<br>0.64 | 24.26<br>0.73 | 23.97<br>1.06 | 23.97<br>0.47 |               |       |
| +9.7  | 24.40<br>0.57 | 24.09<br>0.48 | 23.79<br>0.72 | 23.73<br>1.02 | 23.55<br>1.06 | 23.21<br>0.76 | 22.96<br>0.88 | 22.75<br>1.15 | 21.94<br>1.13 | 21.32<br>0.96 | 20.82<br>0.84 | 20.27<br>0.94 | 20.81<br>0.84 | 21.54<br>1.02 | 22.04<br>0.88 | 22.63<br>0.96 | 22.87<br>1.10 | 23.45<br>0.87 | 23.55<br>0.93 | 23.98<br>0.93 | 24.23<br>0.91 |               |               |               |       |
| 0     |               |               | 24.40<br>0.67 | 23.91<br>0.78 | 23.44<br>0.73 | 23.27<br>0.85 | 22.79<br>0.70 | 22.54<br>0.91 | 21.58<br>0.95 | 20.98<br>1.02 | 19.97<br>0.97 | 18.89<br>1.14 | 19.99<br>0.95 | 20.97<br>1.02 | 21.77<br>1.07 | 22.53<br>1.10 | 22.94<br>0.95 | 23.27<br>0.85 | 23.77<br>1.00 | 23.82<br>1.00 | 23.70<br>0.75 | 23.79<br>0.65 | 24.37<br>0.53 |               |       |
| -9.7  |               |               |               | 23.95<br>0.79 | 23.33<br>1.03 | 23.38<br>1.04 | 22.91<br>0.91 | 22.75<br>1.04 | 22.04<br>0.94 | 21.64<br>1.12 | 20.74<br>0.87 | 20.15<br>0.82 | 20.61<br>0.88 | 21.27<br>0.87 | 21.83<br>1.02 | 22.58<br>0.91 | 23.09<br>0.64 | 23.67<br>0.90 | 23.87<br>0.64 | 24.05<br>0.85 | 24.05<br>0.64 |               |               |               |       |
| 19.4  |               |               |               | 24.40<br>1.13 | 23.57<br>0.52 | 23.34<br>1.09 | 23.14<br>0.98 | 22.81<br>0.91 | 22.41<br>0.92 | 22.30<br>1.05 | 21.66<br>0.96 | 21.58<br>0.93 | 21.67<br>0.95 | 21.98<br>0.88 | 22.36<br>1.11 | 22.49<br>1.02 | 22.91<br>0.98 | 23.03<br>0.76 | 23.30<br>0.98 | 23.64<br>0.69 | 24.31<br>0.79 |               |               | 24.36<br>0.67 |       |
| 29.1  |               |               |               | 24.13<br>0.4  | 23.91<br>0.76 | 23.75<br>0.69 | 23.44<br>1.13 | 23.08<br>0.91 | 22.22<br>1.13 | 22.46<br>0.86 | 22.31<br>0.98 | 22.25<br>0.90 | 21.96<br>0.57 | 22.32<br>0.87 | 22.20<br>0.94 | 22.50<br>1.05 | 22.61<br>1.03 | 23.02<br>1.03 | 23.21<br>1.02 | 23.55<br>0.87 | 23.61<br>0.69 | 24.36<br>0.79 |               |               |       |
| 38.8  | 24.33<br>0.68 |               |               |               | 23.93<br>0.92 | 23.28<br>0.41 | 23.49<br>0.76 | 22.99<br>0.93 | 22.84<br>0.92 | 22.49<br>0.75 | 22.63<br>0.93 | 22.57<br>0.79 | 22.54<br>0.91 | 22.59<br>0.91 | 22.67<br>1.06 | 22.70<br>0.96 | 23.22<br>1.07 | 23.39<br>0.90 | 23.78<br>0.97 | 23.64<br>0.51 | 24.31<br>0.50 | 24.25<br>0.42 |               |               |       |
| 48.5  |               |               |               |               | 23.91<br>0.69 | 23.72<br>0.70 | 23.50<br>1.13 | 23.00<br>0.87 | 22.85<br>1.13 | 22.67<br>0.87 | 22.69<br>0.99 | 22.62<br>0.90 | 22.66<br>0.89 | 22.84<br>1.11 | 23.05<br>1.06 | 23.23<br>0.69 | 23.42<br>0.72 | 23.45<br>0.52 | 23.79<br>0.52 | 24.36<br>0.79 |               |               |               |               |       |
| 58.2  | 24.31<br>0.52 |               | 24.26<br>0.59 |               | 23.89<br>0.49 | 23.99<br>0.54 | 23.47<br>0.49 | 23.55<br>0.87 | 23.21<br>0.59 | 23.11<br>0.85 | 22.89<br>0.73 | 23.17<br>1.17 | 23.03<br>1.14 | 22.73<br>0.77 | 22.95<br>1.04 | 23.04<br>0.79 | 23.16<br>0.61 | 23.51<br>0.79 | 24.36<br>0.83 | 24.31<br>0.4  |               |               |               |               |       |
| 67.9  |               | 24.40<br>0.50 |               |               | 23.88<br>0.50 | 24.01<br>0.4  |               | 23.95<br>1.09 | 23.44<br>0.50 | 23.62<br>0.87 | 23.44<br>1.00 | 23.35<br>1.14 | 23.13<br>1.04 | 23.39<br>1.06 | 23.72<br>1.02 | 24.04<br>1.02 | 23.57<br>0.57 | 24.29<br>0.85 |               |               |               |               |               |               |       |
| 77.6  |               |               |               |               |               |               |               | 23.93<br>0.61 | 23.99<br>0.83 | 24.40<br>0.88 | 23.70<br>0.62 | 23.75<br>0.78 | 23.59<br>0.79 | 23.65<br>0.88 | 23.70<br>0.88 | 23.57<br>0.89 |               | 23.97<br>0.56 | 24.26<br>0.50 |               |               |               |               | 24.37<br>0.51 |       |
| 87.8  |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.28<br>0.4  | 24.36<br>0.73 | 24.25<br>0.71 | 24.37<br>0.57 | 23.93<br>0.54 | 23.88<br>0.50 |               |               |               |               |               |               | 24.22<br>0.55 |               | 24.29<br>0.56 |               |       |
| 97.0  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.09<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.36<br>0.4  |               |               |       |
| 106.7 |               |               |               |               |               | 24.18<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.31<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| 116.4 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 23.85<br>0.84 |               |               |               |               | 24.37<br>0.4  |               |               |       |

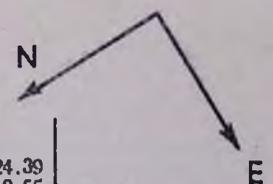






КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА В NGC 4478

| $x''$<br>$y''$ | 77.6         | 67.9         | 58.2         | 48.5          | 38.8          | 29.1          | 19.4          | -9.7          | 0             | +9.7          | 19.4          | 29.1          | 38.8          | 48.5          | 58.2 | 67.9          |  |  |  |  |
|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|---------------|--|--|--|--|
| 48.5           |              |              |              |               |               |               | 24.32<br>0.53 |               |               |               |               | 24.29<br>0.69 |               |               |      |               |  |  |  |  |
| 38.8           |              |              |              | 24.35<br>0.40 |               |               |               | 24.20<br>0.76 | 23.83<br>0.86 |               | 24.24<br>0.4  |               |               |               |      |               |  |  |  |  |
| 29.1           |              |              |              | 24.32<br>0.57 |               | 23.89<br>0.68 | 23.55<br>0.91 | 23.33<br>0.90 | 23.29<br>0.96 | 23.49<br>0.86 | 23.67<br>0.68 | 23.68<br>0.73 |               | 24.39<br>0.62 |      |               |  |  |  |  |
| 19.4           |              | 24.32<br>0.4 |              | 24.01<br>0.55 | 23.76<br>0.87 | 23.32<br>0.73 | 22.61<br>0.98 | 22.06<br>0.83 | 22.03<br>0.96 | 22.03<br>0.68 | 22.63<br>0.86 | 23.29<br>0.99 | 23.51<br>0.43 | 24.39<br>0.58 |      | 24.39<br>0.55 |  |  |  |  |
| +9.7           | 24.26<br>0.4 |              |              |               | 23.61<br>0.90 | 22.62<br>0.67 | 21.75<br>0.83 | 20.81<br>0.87 | 22.39<br>0.83 | 20.86<br>0.85 | 22.02<br>1.08 | 22.69<br>0.81 | 23.32<br>0.60 | 24.39<br>0.96 |      |               |  |  |  |  |
| 0              |              |              | 24.08<br>0.4 | 23.81<br>0.4  | 23.36<br>0.67 | 22.61<br>1.06 | 21.45<br>0.80 | 19.80<br>0.70 | 18.67<br>0.77 | 20.27<br>0.87 | 21.54<br>0.97 | 22.61<br>0.82 | 23.49<br>0.81 | 23.95<br>0.82 |      |               |  |  |  |  |
| -9.7           |              |              |              | 24.32<br>0.91 | 23.65<br>0.61 | 22.73<br>0.75 | 21.99<br>0.95 | 20.70<br>0.78 | 20.47<br>0.79 | 20.99<br>0.89 | 22.00<br>1.00 | 22.88<br>0.95 | 23.31<br>0.94 | 23.51<br>0.69 |      |               |  |  |  |  |
| 19.4           |              |              |              |               | 23.83<br>0.58 | 23.03<br>0.56 | 22.97<br>0.95 | 22.37<br>0.95 | 22.01<br>0.74 | 22.22<br>0.92 | 22.77<br>1.01 | 23.18<br>0.70 | 24.15<br>0.52 |               |      |               |  |  |  |  |
| 29.1           |              |              |              | 24.20<br>0.52 |               | 23.99<br>0.64 | 23.59<br>0.74 | 23.31<br>0.69 | 23.83<br>0.78 | 23.62<br>0.82 | 23.97<br>1.08 | 24.04<br>0.63 | 24.12<br>0.61 |               |      |               |  |  |  |  |
| 38.8           |              |              |              | 24.20<br>0.49 |               |               |               | 24.29<br>0.82 | 23.65<br>0.58 | 24.32<br>0.57 | 24.24<br>0.4  |               |               | 24.17<br>0.4  |      |               |  |  |  |  |
| 48.5           |              |              |              |               |               |               |               | 24.32<br>0.4  | 24.24<br>0.48 | 23.83<br>0.4  |               |               |               |               |      |               |  |  |  |  |
| 58.2           |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |               |  |  |  |  |
| 67.9           |              |              |              |               |               |               |               | 24.15<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |      |               |  |  |  |  |



\*

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА В NGC 4458



| $x' \backslash y'$ | 58.2  | 48.5          | 38.8          | 29.1          | 19.4          | -9.7          | 0             | +9.7          | 19.4          | 29.1          | 38.8          | 48.5          | 58.2          |
|--------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 38.8               |       |               |               | 24.19<br>0.58 | 23.92<br>0.55 |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 29.1               |       |               |               | 24.19<br>0.66 | 23.47<br>0.55 | 23.27<br>0.70 | 23.15<br>0.67 | 24.29<br>0.50 | 24.19<br>1.12 | 24.32<br>0.92 |               |               |               |
| 19.4               |       |               | 24.37<br>1.02 | 23.43<br>0.47 | 23.43<br>1.10 | 22.89<br>1.02 | 22.61<br>0.99 | 22.77<br>0.69 | 23.45<br>0.90 | 24.11<br>0.84 |               | 24.26<br>0.52 | E             |
| +9.7               |       |               | 23.48<br>0.70 | 23.21<br>0.67 | 22.80<br>1.04 | 21.82<br>0.97 | 21.33<br>0.84 | 21.83<br>0.81 | 22.80<br>1.09 | 23.41<br>0.51 | 24.37<br>0.61 |               | 24.29<br>0.67 |
| 0                  | 24.34 | 23.93<br>0.47 | 23.45<br>0.58 | 23.03<br>0.68 | 22.22<br>0.88 | 21.16<br>0.89 | 19.72<br>0.88 | 21.26<br>0.90 | 22.52<br>0.87 | 23.37<br>0.67 | 24.15<br>0.65 |               |               |
| -9.7               | 24.37 |               | 23.96<br>0.64 | 23.55<br>0.90 | 22.73<br>0.91 | 21.97<br>0.87 | 21.35<br>0.86 | 21.89<br>0.82 | 22.72<br>0.87 | 23.47<br>0.90 | 24.08<br>0.68 |               |               |
| 19.4               |       | 24.05<br>0.47 |               | 23.37<br>0.64 | 23.16<br>0.83 | 22.72<br>0.87 | 22.43<br>0.84 | 22.65<br>0.81 | 23.22<br>0.98 | 23.83<br>0.83 | 24.06<br>0.86 |               |               |
| 29.1               |       | 24.25<br>0.4  | 24.08<br>0.81 |               |               | 24.15         | 24.05         | 23.37<br>0.58 | 24.08<br>0.90 | 23.62<br>0.51 |               | 24.08         |               |
| 38.8               |       |               |               |               |               | 23.83<br>0.85 |               | 23.83<br>0.61 | 24.19         | 23.70<br>0.4  |               |               |               |



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА В НРС 3435

| $\lambda^\circ$ |   | 77.6  | 67.9          | 58.2          | 48.5          | 38.8          | 29.1          | 19.4          | -9.7          | 0             | +9.7          | 19.4          | 29.1          | 38.8          | 48.5          | 58.2 | 67.9 | 77.6 |       |
|-----------------|---|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|------|-------|
| 87.3            |   |       |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.35<br>0.4  |               |               |               |               |      |      |      |       |
| 77.6            |   |       |               |               |               |               |               |               | 23.97<br>0.74 |               |               |               |               |               |               |      |      |      |       |
| 67.9            |   |       |               |               |               | 24.34         |               | 24.12<br>0.59 | 23.93<br>0.55 | 24.39<br>1.01 |               | 24.45<br>0.59 | 24.45<br>0.48 |               |               |      |      |      |       |
| 58.2            |   |       |               |               |               |               | 24.35<br>0.82 | 23.95<br>0.82 | 23.47<br>0.76 | 23.67<br>1.05 | 23.95<br>1.09 | 23.63<br>0.63 | 23.71<br>0.64 | 24.45<br>0.69 |               |      |      |      | 24.34 |
| 48.5            |   |       |               |               | 23.85         | 24.17<br>0.70 | 23.66<br>1.02 | 23.26<br>0.89 | 23.00<br>0.91 | 23.08<br>0.75 | 23.55<br>0.91 | 23.22<br>0.62 | 24.19<br>0.61 | 24.23<br>0.58 |               |      |      |      | *     |
| 38.8            |   |       |               |               | 23.88         | 23.59<br>1.04 | 22.95<br>0.81 | 22.79<br>0.95 | 22.33<br>0.81 | 22.51<br>0.74 | 22.51<br>1.00 | 23.25<br>0.98 | 23.48<br>0.87 | 24.15<br>0.87 |               |      |      |      |       |
| 29.1            | * |       | 24.29<br>0.74 |               | 24.39<br>1.02 | 23.29<br>0.85 | 22.87<br>1.02 | 22.80<br>1.02 | 21.55<br>0.97 | 22.01<br>0.80 | 22.65<br>0.82 | 23.36<br>0.97 | 23.50<br>0.73 |               |               |      |      |      |       |
| 19.4            |   |       | 24.13<br>0.55 | 24.02<br>0.88 | 23.85<br>0.87 | 22.75<br>0.69 | 22.30<br>0.97 | 21.47<br>1.02 | 20.75<br>0.88 | 21.41<br>0.94 | 22.38<br>0.87 | 23.03<br>0.77 | 23.93<br>0.83 | 24.45<br>0.71 | 24.01<br>0.47 |      |      |      | 24.31 |
| +9.7            |   | 24.34 | 24.12<br>0.40 | 24.07<br>0.96 | 23.59<br>0.84 | 22.83<br>1.02 | 22.06<br>0.87 | 20.97<br>0.95 | 19.57<br>0.79 | 20.74<br>0.79 | 21.97<br>0.50 | 22.73<br>0.90 | 23.47<br>0.80 | 23.83<br>0.76 | 23.95<br>0.4  |      |      |      |       |
| 0               |   |       | 24.15         | 24.09<br>0.78 | 23.63<br>0.95 | 23.01<br>1.09 | 21.94<br>0.98 | 20.60<br>0.91 | 18.49<br>0.50 | 20.47<br>0.84 | 22.02<br>0.87 | 22.79<br>0.95 | 23.39<br>0.74 | 24.09<br>0.82 | 24.34<br>0.57 |      |      |      |       |
| -9.7            |   | 24.15 | 24.34<br>0.80 | 24.04<br>0.78 | 23.79<br>0.95 | 23.06<br>1.09 | 22.07<br>0.78 | 20.91<br>0.91 | 19.78<br>0.63 | 20.84<br>0.82 | 22.03<br>0.78 | 22.65<br>0.72 | 23.49<br>0.81 | 23.57<br>0.81 | 24.29<br>0.81 |      |      |      | 24.25 |
| 19.4            | * |       | 24.25<br>0.70 | 24.45<br>0.88 | 23.79<br>1.06 | 23.02<br>1.04 | 22.42<br>0.95 | 21.55<br>1.02 | 20.75<br>0.88 | 21.38<br>0.84 | 22.28<br>0.89 | 23.23<br>0.78 | 23.51<br>0.76 | 23.78<br>0.55 |               |      |      |      |       |
| 29.1            |   |       |               |               | 23.79<br>0.83 | 23.67<br>0.73 | 23.39<br>1.05 | 22.55<br>0.78 | 22.11<br>0.87 | 21.55<br>0.98 | 22.06<br>0.86 | 22.70<br>0.85 | 23.33<br>0.80 | 23.89<br>0.65 | 24.39<br>0.65 |      |      |      |       |
| 38.8            |   |       |               |               |               | 24.02<br>0.87 | 23.67<br>1.16 | 22.94<br>0.81 | 22.68<br>0.85 | 22.38<br>0.89 | 22.64<br>0.74 | 23.47<br>0.82 | 23.53<br>0.79 | 23.97<br>0.55 |               |      |      |      |       |
| 48.5            |   |       |               | 24.29<br>0.43 |               | 24.25<br>0.98 | 23.33<br>0.79 | 23.23<br>0.98 | 23.27<br>1.12 | 23.27<br>0.87 |               | *             |               | 24.22<br>0.50 | *             |      |      |      |       |
| 58.2            |   |       |               |               |               | 24.25<br>0.95 | 23.77<br>0.78 | 23.57<br>0.87 | 23.63<br>0.84 | 23.77<br>0.70 |               |               |               |               |               |      |      |      |       |
| 67.9            |   |       |               |               |               | 24.04         | 24.03<br>0.52 | 24.01<br>0.65 | 23.88<br>0.57 | 24.12<br>0.64 |               |               |               |               |               |      |      |      |       |
| 77.6            |   |       |               |               |               |               | 24.36<br>0.67 | 24.34<br>0.4  | 24.21<br>0.50 | 24.21<br>0.58 |               |               |               |               |               |      |      |      |       |
| 87.3            |   |       |               |               |               |               |               | 24.36<br>0.4  |               | 24.45<br>0.46 |               |               |               |               |               |      |      |      |       |





позициях, он не отличается от звезд. Указанный объект как галактика впервые фигурирует в каталогах Цвикки, Герцога и Вилда [37] и Воронцова-Вельяминова и Архиповой [38]. Если здесь не имеет места чрезвычайно маловероятный случай проектирования посторонней звезды прямо на ядро галактики, то рассматриваемый объект благодаря исключительно большой конденсации может оказаться весьма интересным.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## A DETAILED PHOTOMETRY AND COLORIMETRY OF GALAXIES IN THE VIRGO CLUSTER

V. E. MARKARIAN, E. Y. HOVHANNISIAN, S. N. ARAKELIAN

The results of detailed photometric and colorimetric investigations of ten elliptical and lenticular galaxies (table 1) are presented.

The observations were made with 40" Schmidt telescope in blue and yellow colors, using Eastman-Kodak 103aO and 103aE+GG11 plates respectively. The calibration of plates have been done by extrafocal exposures of NPS obtained under identical conditions.

The measurements of the surface brightnesses on the images of galaxies were made with the „Schnell“ microphotometer using the square diaphragm ( $9.7 \times 9.7$ ). The measurements were made all-over the image of the galaxy by means of the gradual displacement of the microphotometer table in two perpendicular directions.

Every galaxy has been measured on three plates taken with different exposures in each color.

The charts of the brightness and color distributions (composed on the basis of the results of two color photometry) for investigated galaxies are presented at the end of the paper. Every pair of the figures on these charts gives the photographic magnitude per square second of arc and the color index (in the international system) of square area ( $9.7 \times 9.7$ ), the rectangular coordinates of which respective to the galaxy center are given at the upper and the left sides of the chart.

On the base of the brightness and color distribution charts the following results and conclusions were obtained:

1. The integrated brightnesses and colors of the galaxies (table 2) obtained by means of photometric integration of the brightnesses of all areas on each chart.

2. The distributions of the surface brightness along the major, minor and diagonal semiaxes (tables 3 and 5) by averaging the bright-

nesses of the areas situated on equal distances from the galaxy centre along the corresponding axes and adjacent cuts (in the latter cases for areas farther than  $40''$  from the centre).

3. The color distributions along the major, minor and diagonal semi-axes (tables 7 and 8, fig. 4 and 5) obtained in the same way as the brightness distribution.

4. The mean color distribution along the major semi-axis (fig. 6) by averaging the color distributions over all the investigated galaxies. In this case the distance from the centre of each galaxy was expressed in parts of its major semi-axis properly determined.

5. The ellipticities— $e$  of isophots and their deflections— $\Delta\rho$  from geometrical ellipses in the directions of diagonal axes (table 6).

6. The general nature of brightness distributions in the elliptical, as well as in the lenticular galaxies is almost the same. But the appreciable differences in the central parts of galaxies hamper the expression of brightness distribution by a common law.

7. The noticeable changes of the ellipticity of isophots show that surfaces of equal luminosity density in the investigated galaxies are not similar ellipsoids.

8. The color in the investigated galaxies becomes noticeably bluer when moving from their centres to the border. The revealed considerable changes of the colors along the axes of galaxies may be explained by changes of the stellar content along their radii.

9. If the luminosities of elliptical and lenticular galaxies are due principally to red giants and yellow stars, then the received mean color distribution suggests that the radiation of red giants predominates in the nucleus of galaxy and at the distance of nearly one third of the galaxy radius. At larger distances the relative part played by red giants decreases while the relative part of the radiation due to the yellow stars, on the contrary, increases reaching the highest value on the periphery of galaxy.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюро. общ., 33, 29, 1963.
2. V. A. Ambartsumian, Solvay Conference Report, Brussels, 1958.
3. V. A. Ambartsumian, Transactions of the IAU, XI B, 145, 1962.
4. G. de Vaucouleurs, Ap. J., Suppl. series, 74, Vol. VII, 31, 1963.
5. J. Stebbins, A. E. Whitford, H. Z. Johnson, Ap. J., 112, 469, 1950.
6. J. Stebbins, A. E. Whitford, Ap. J., 115, 284, 1952.
7. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
8. E. Holmberg, Medd. Lund Obs., Ser. 11, 136, 1958.
9. G. de Vaucouleurs, Ap. J., Suppl. Ser., 48, Vol. V, 233, 1961.

- 10 *E. Hubble*, *Ap. J.*, **71**, 231, 1930.
- 11 *R. O. Redman*, *M. N.*, **96**, 558, 1936.
- 12 *R. O. Redman, E. G. Shirley*, *M. N.*, **98**, 613, 1938.
- 13 *J. H. Oort*, *Ap. J.*, **91**, 273, 1940.
- 14 *G. de Vaucouleurs*, *Ann. d'Astrophys.*, **11**, 247, 1948.
- 15 *D. S. Evans*, *M. N.*, **111**, 526, 1951; **112**, 605, 1952.
- 16 *C. J. van Houten, J. H. Oort, W. A. Hiltner*, *Ap. J.*, **120**, 459, 1954.
- 17 *W. A. Baum*, *Publ. A.S.P.*, **67**, 328, 1955.
- 18 *M. H. Liller*, *Ap. J.*, **132**, 306, 1960.
- 19 *C. J. van Houten*, *B.A.N.*, **16**, 1, 1961.
- 20 *G. de Vaucouleurs*, *M. N.*, **113**, 134, 1953.
- 21 *Б. Е. Маркарян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, **34**, 3, 1953.
- 22 *C. A. Seyfert*, *Ap. J.*, **91**, 528, 1940.
- 23 *B. Lindblad*, *Ann. Stockholm Obs.*, **13**, 8, 1941.
- 24 *B. Lindblad, J. Delhaye*, *Ann. Stockholm Obs.*, **15**, 9, 1949.
- 25 *W. Fricke*, *Z. f. Astrophys.*, **34**, 137, 1954.
- 26 *Д. Е. Щеголев*, *Изв. ГАО*, **20**, № 156, 87, 1956.
- 27 *W. G. Tifft*, *A. J.*, **66**, 390, 1961.
- 28 *W. G. Tifft*, *A. J.*, **68**, 302, 1963.
- 29 *J. H. Bigay*, *Ann d'Astrophys.*, **27**, 170, 1964.
- 30 *Б. Е. Маркарян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, **24**, 3, 1957; **25**, 15, 1958.
- 31 *Б. Е. Маркарян, Э. Я. Оганесян, С. Н. Аракелян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, **30**, 3, 1962.
- 32 *А. Т. Каллоглян*, *ДАН Арм.ССР*, **26**, 217, 1958; **33**, 205, 1961.
- 33 *А. Т. Каллоглян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, **25**, 35, 1958; **30**, 21, 1962; **34**, 31, 1963.
- 34 *W. W. Morgan, N. U. Mayall*, *Publ. A.S.P.*, **69**, 291, 1957.
- 35 *W. W. Morgan*, *Publ. A.S.P.*, **70**, 364, 1958.
- 36 *Б. Е. Маркарян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, **28**, 51, 1960.
- 37 *F. Zwicky, E. Harzog, P. Wild*, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, Vol. I, 1961.
- 38 *В. А. Воронцов-Вельяминов, В. П. Архипова*, *Морфологический каталог галактик*, часть III, 1963.
- 39 *E. F. Carpenter*, *Publ. A.S.P.*, **43**, 294, 1931.