

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

## АСТРОФИЗИКА

ТОМ 2

МАРТ, 1966

ВЫПУСК 1

### ДЕТАЛЬНАЯ ФОТОМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ ШЕСТИ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК В ОБЛАСТИ СКОПЛЕНИЯ VIRGO

Б. Е. МАРКАРЯН, Э. Я. ОГАНЕСЯН, С. Н. АРАКЕЛЯН

Поступила 2 февраля 1966

Приводятся результаты детального двухцветного фотометрического исследования спиральных галактик: NGC 4371, 4388, 4402, 4438, 4440 и 4501, расположенных в области скопления Virgo. Исследование велось по методике, описанной в предыдущей работе авторов [1], продолжением которой может рассматриваться настоящая. Сплошные измерения яркости (в синих и желтых лучах) в изображениях галактик позволили составить для них детальные карты распределения яркости и цвета, которые приведены в конце статьи. Каждая пара чисел этих карт дает фотографическую звездную величину с квадратной секунды дуги и показатель цвета в международной системе квадратной площадки со стороной, равной  $9''.7$ . Прямоугольные координаты центров площадок относительно центров галактик даны сверху и слева карт.

На основании данных карт были выведены интегральные яркости и цвета галактик, приведенные в табл. 1, и распределения яркости и цвета вдоль главных осей галактик, представленные на рис. 1 — 6. Полученные результаты позволили отметить главные особенности строения рассматриваемых галактик. Этим особенностям посвящен пятый пункт статьи. Особый интерес из исследованных галактик представляют NGC 4402 и 4438. Приводятся некоторые доводы и соображения в пользу принадлежности первой из них к числу иррегулярных галактик типа M 82 и относительной молодости второй.

1. *Вводные замечания.* Внутреннее строение галактик известно лишь в общих чертах, и, фактически, не имеется пока сколько-нибудь подробного представления об особенностях внутреннего строения галактик разных морфологических типов, в особенности же спиральных, являющихся наиболее сложными как по структуре, так и по составу населения.

Имеющиеся данные позволяют заподозрить большие различия в особенностях внутреннего строения галактик, даже имеющих сходную морфологию. Различия же в этом отношении у галактик разной

морфологии огромные. Можно указать, например, заметное расхождение, существующее в структуре и природе населения как рукавов, так и дисков спиральных галактик, отнесенных к одному и тому же подтипу по морфологии.

Часто рукава спиралей одинаковых подтипов заметно отличаются друг от друга по ширине и степени разветвления, по богатству звездными ассоциациями и газовыми туманностями и по размерам и светимостям последних.

Данные же о распределении яркости и цвета свидетельствуют о некотором различии в распределении звездного населения дисков в спиральных галактиках, имеющих сходную морфологию. Такого рода различия наблюдаются также у эллиптических и линзовидных галактик, наряду с замеченными в них изменениями изофот, которые имеют место по-разному в разных галактиках, при удалении от центров наружу.

Наибольшие же различия наблюдаются в структуре и природе ядер галактик одних и тех же морфологических типов, причем как у всех подтипов спиралей, так и у эллиптических и линзовидных галактик.

Можно сказать, что ядра по своей структуре образуют последовательность, начиная от аморфного вида до звездообразного, когда их изображения, при увеличении экспозиции (необходимой для получения слабого следа) в два-три раза, меняются по размерам таким же образом, как изображения звезд равной им яркости.

Столь же сильно отличаются друг от друга ядра галактик со сходной морфологией по своим физическим характеристикам — по светимости, цвету, спектру и, надо полагать, по массе и размерам.

Существование же ядер с эмиссией, избыточным ультрафиолетовым излучением, радиоизлучением и ядер с выбросами и взрывами говорит о наличии огромного разнообразия в физическом состоянии ядер и происходящих в них процессов.

Отмеченные выше различия в особенностях внутреннего строения подобных по морфологии галактик частично могут быть обусловлены различием начальных физических условий, в основном же они, по-видимому, отражают факт нахождения их в различных стадиях эволюции.

Поэтому тонкие особенности внутреннего строения галактик так или иначе должны быть связаны с ходом их эволюции. Очевидно, выявление таких закономерностей будет возможно лишь при наличии данных об особенностях внутреннего строения большого числа галактик.

Значительную информацию в этом направлении можно получить путем детальной многоцветной фотометрии галактик. Наряду со светимостями и цветами отдельных образований и подсистем галактики, детальная многоцветная фотометрия может дать ясное представление о звездном составе ее населения и о распределении в ней звезд разных физических типов.

Такого рода исследования, однако, довольно трудоемки, поэтому проводившиеся до сих пор исследования вообще и в Бюраканской обсерватории в частности, ограничиваются двумя цветами, которые, к сожалению, дают сравнительно меньше информации о внутреннем строении галактик.

Ввиду этого авторы планируют в дальнейшем вести исследование в трех цветах. В этой же статье мы приводим результаты детальной двухцветной (в синих и желтых лучах) фотометрии и колориметрии шести спиральных галактик: NGC 4371, 4388, 4402, 4438, 4440 и 4501, расположенных в области скопления Virgo. Эта работа может рассматриваться как продолжение нашего предыдущего исследования десяти ярких галактик в том же скоплении [1].

*2. О методике наблюдений и обработки материала.* При исследовании указанных выше галактик были применены те же инструменты и методика наблюдений, измерений и обработки материала, которые применялись в предыдущем, уже опубликованном исследовании авторов, посвященном эллиптическим и линзовидным галактикам, расположенным в центральной части скопления Virgo [1]. Поэтому, считая лишним останавливаться здесь на методике исследования, отметим лишь, что и в этом случае яркости как в синих, так и в желтых лучах, определены по измерениям трех пластинок, и что величины их ошибок порядка приведенных в [1].

Выполненные сплошные измерения, покрывающие полностью поверхности изучаемых галактик, позволили составить для последних детальные карты распределения яркости и цвета, которые приведены в конце статьи. Каждая пара чисел этих карт представляет собою среднюю поверхностную фотографическую звездную величину с квадратной секунды дуги и показатель цвета (в международной системе) квадратной площадки со стороной, равной 9.7. Прямоугольные координаты  $x$  и  $y$  центров площадок относительно центра галактики, выраженные в секундах дуги, приведены на каждой карте сверху и слева. Координатные оси обычно направлены 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 областях или в окружении галактик.

Следует отметить, что данные карт фактически распространяются до изофоты, соответствующей  $24^m.4$  с квадратной секунды дуги в фотографических лучах, так как данные для более отдаленных слабых частей галактик получаются недостаточно надежными.

3. *Интегральные яркости и цвета.* Путем фотометрического сложения поверхностных яркостей (вплоть до  $24^m.4$  с квадратной секунды дуги) отдельных площадок, сплошным образом покрывающих всю поверхность галактик, была определена интегральная величина каждой из них как в фотографических, так и в визуальных лучах, разностью которых и определялся интегральный показатель цвета.

В табл. 1 приведены по лученные для всех изучаемых галактик результаты, наряду с данными других исследователей, соответственно: авторов — *M*, *O*, *A*, Стеббинса-Уитфорда [2] — *C*, *U*, Петтита [3] — *P*, Холмберга [4] — *X*, Вокулера [5] — *B* и Бигаи [6] — *B*.

В этой таблице последовательно даны: морфологические типы согласно Вокулеру [7], интегральные фотографические звездные величины, интегральные показатели цвета и размеры областей галактик, на которые распространялись измерения.

В нашем случае размеры галактик ограничиваются изофотой, соответствующей  $24^m.4$  с квадратной секунды дуги.

Поскольку системы Стеббинса-Уитфорда, Петтита, Холмберга и Бигаи либо не отличаются от международной совсем, либо отличаются незначительно, то их данные приведены без изменения. Данные же Вокулера из системы *B*, *V* приведены к международной по формулам

$$CI_{\text{int}} = -0.176 + 1.090 (B - V)$$

$$m_{\text{pg}} = -0.176 + 1.090 B - 0.090 V,$$

согласно [8].

Можно сказать, что приведенные в табл. 1 данные находятся, во всяком случае, в неплохом согласии между собой, если учитывать различия размеров измеренных областей галактик и наблюдаемый в галактиках эффект посинения к краю.

Некоторое недоумение вызывают данные Бигаи и Петтита, относящиеся к галактикам NGC 4388 и 4438. Данные Бигаи по галактикам NGC 4402 и 4440 находятся в исключительно хорошем согласии с нашими данными. Однако, его данные, относящиеся к галактике NGC 4388, расходятся как с нашими данными, так и с данными Холмберга, находящимися в хорошем согласии с нашими. Следует отме-

Таблица 1

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА

| NGC  | Тип                  | $m_{pg}$  |        |       |       |       |          | $CI$      |        |       |      |      |          | Размеры   |         |       |          |     |          |
|------|----------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|----------|-----------|--------|-------|------|------|----------|-----------|---------|-------|----------|-----|----------|
|      |                      | $M, O, A$ | $C, Y$ | $\Pi$ | $X$   | $B$   | $\delta$ | $M, O, A$ | $C, Y$ | $\Pi$ | $X$  | $B$  | $\delta$ | $M, O, A$ | $C, Y$  | $\Pi$ | $X$      | $B$ | $\delta$ |
| 4371 | SB(r)0 <sup>+</sup>  | 11.81     |        |       | 11.83 |       |          | 0.88      |        |       | 0.92 |      |          | 4.3×2.1   |         |       | 6.3×3.9  |     |          |
| 4388 | SB:c sp              | 11.81     |        |       | 11.73 |       | 12.25    | 0.72      |        |       | 0.67 |      | 0.44     | 5.8×1.8   |         |       | 8.6×2.6  |     | 5.0      |
| 4402 | S: sp                | 12.60     |        |       | 12.47 | 13.24 | 12.55    | 0.78      |        |       | 0.69 | 0.72 | 0.74     | 4.2×1.3   |         |       | 5.6×2.1  | 1.8 | 3.4      |
| 4438 | SA:(s)0/ap           | 11.16     |        | 11.14 | 10.92 | 11.93 |          | 0.77      |        | 0.87  | 0.72 | 0.87 |          | 8.6×3.9   |         | 5.7   | 10.5×5.5 | 1.8 |          |
| 4440 | SB(rs)a              | 12.78     |        |       |       |       | 12.76    | 0.84      |        |       |      |      | 0.81     | 1.9×1.9   |         |       |          |     | 1.8      |
| 4501 | SA(rs)b,<br>SA(rs)bc | 10.28     | (14.1) |       | 10.07 | 10.42 |          | 0.74      | 1.03   |       | 0.59 | 0.70 |          | 6.8×3.4   | 0.2×0.2 |       | 9.4×5.5  | 4.2 |          |

тить, что согласие между данными Холмберга и нашими вполне удовлетворительно не только для этой галактики, но и в других случаях. Необходимо принять во внимание, что наиболее слабые периферийные области галактик, на которые распространялись измерения Холмберга, но которые не охвачены нашими измерениями, имея поверхностную яркость порядка  $25 - 26^m$ , вносят относительно немного в интегральные излучения галактик.

Отклонение данных Бигаи от наших и Холмберга в случае NGC 4388, по-видимому вызвано случайной ошибкой, вкравшейся в его оценки. Центральная яркая часть этой галактики содержит много темной материи и является очень красной, поэтому низкий показатель цвета, порядка  $0^m4$ , нельзя признать для нее реальным, не говоря уже об указанном выше расхождении с другими оценками.

Другой случай расхождения данных имеет место для галактики NGC 4438. Принимая во внимание размеры измеренных областей галактики, можно сказать, что у Петтита галактика получилась несколько ярче и краснее, чем у нас и у других исследователей. Если это не результат случайной ошибки, встречающейся иногда в списке Петтита, то можно допустить, что из-за неточной наводки телескопа на центр этой галактики была прихвачена часть соприкасающейся с ней линзовидной галактики NGC 4435.

В остальных случаях согласие между приведенными в табл. 1 данными можно считать вполне удовлетворительным. Заметим здесь, что приведенные в этой таблице данные Стеббинса и Уитфорда для ядра галактики NGC 4501 следует сравнивать с данными центральной площадки, приведенной для нее в конце статьи карты распределения яркости и цвета. Нетрудно убедиться, что и в этом случае согласие хорошее.

**4. Распределение яркости и цвета.** Детальную картину распределения яркости и цвета в изучаемых галактиках дают составленные для них карты, приведенные в конце статьи. На основании данных этих карт были выведены распределения яркости и цвета вдоль главных осей галактик, которые представлены в виде кривых на рис. 1 — 6. На этих рисунках по горизонтальным осям отложены расстояния от центров галактик вдоль их больших и малых осей, выраженные в секундах дуги, а по вертикальным осям — поверхностные яркости с квадратной секунды дуги в фотографических лучах и показатели цвета в международной системе. При этом сплошными кривыми представлены распределения яркости, а пунктирными — показатели цвета. Кривые для галактик NGC 4371, 4438 и 4501 составлены путем усреднения данных центральных и двух непосредственно смежных с ними разре-



зов. По понятным соображениям такое усреднение по трем разрезам производилось лишь начиная с расстояния в  $40''$  от центра. Для более близких расстояний брались только данные центрального разреза. Что касается галактик NGC 4388, 4402 и 4440, кривые построены только по данным площадок центральных разрезов, так как по разным причинам яркости и показатели цвета в соседних площадках центральных и смежных с ними разрезах отличаются друг от друга значительно.

Из приведенных рисунков, так же, как и из самих карт распределения яркости и цвета, видно, что как яркость, так и показатель цвета вообще убывают при удалении от центров галактик наружу, то есть происходит посинение по мере удаления от центра галактики, свидетельствующее об увеличении относительной роли излучения белых звезд.

Но изменение яркости вдоль осей галактик, в особенности же показателя цвета, происходит далеко не монотонно, а с заметными колебаниями. Эти колебания обуславливаются спиральными рукавами и неравномерным распределением темной материи в галактиках.

Об этом говорят, по крайней мере качественно, кривые распределения яркости и цвета вдоль главных осей галактик, представленные на рис. 1—6.

В самом деле, сравнение распределений яркости и цвета на этих рисунках показывает, что наблюдаемый подъем или отсутствие убывания яркости при удалении от центра наружу обычно сопровождается падением значений показателя цвета, и, наоборот, падение яркости сопровождается подъемом значений показателя цвета. При этом, однако, следует отметить, что не всегда наблюдается количественное согласие между изменениями яркости и показателя цвета, что является естественным следствием особенностей строения спиральных галактик и условий их наблюдений.

Дело в том, что спиральные галактики в отличие от эллиптических и линзовидных галактик, не обладают строгой симметрией формы и распределения в них структурных образований. В спиральных, наблюдаемых анфас, почти всегда наблюдается некоторая асимметрия в распределении как светлой, так и темной материи. В тех же случаях, когда они наблюдаются наклонно, почти всегда бросается в глаза разница в яркостях двух половин, разделенных большой осью галактики. Эта асимметрия обуславливается двумя факторами: имеющимся в спиральных слоем темной материи и наклонным положением галактики в отношении наблюдателя.

Поскольку темная материя в спиральных распределяется крайне неравномерно, то ее влияние на распределение яркости и цвета должно носить нерегулярный характер.

Наряду с этим, принимая во внимание существующие значительные флуктуации в распределении яркости, обусловленные спиральными рукавами и их ветвями и узлами, а также отсутствие строгой симметрии в их положении, нельзя всегда ожидать количественного согласия между колебаниями в распределении яркости и цвета, в особенности же в направлениях, перпендикулярных к большой оси наклонно наблюдаемой галактики. Поэтому в менее яркой половине наклонно наблюдаемой спирали могут встречаться области, имеющие большую яркость, также как и области, имеющие меньший показатель цвета, чем расположенные симметрично им области в яркой половине галактики. В таких случаях тонкие особенности строения галактики можно выявить только с помощью многоцветной детальной фотометрии, а при двухцветной фотометрии можно отметить в основном главные особенности строения галактик, что мы и сделаем далее.

5. *Главные особенности строения галактик.* а) NGC 4371. Это галактика раннего морфологического типа, которая имеет интересные структурные особенности. В ее центральной части по яркости выделяется небольшое эллиптическое образование с осями примерно  $25''$  и  $15''$ . Большая ось этого образования направлена почти по  $\alpha$ , отклонение ее от круга прямого восхождения не более  $10^\circ$ . На снимках, полученных с малыми экспозициями, в центре указанного эллиптического образования хорошо заметно довольно конденсированное ядро, почти сферической формы, с поперечником порядка  $5''$ .

Эта галактика имеет сравнительно неяркую, но широкую перемычку, расположенную почти перпендикулярно к большой оси центрального эллиптического образования. Продольная протяженность перемычки порядка  $70''$ , а поперечная —  $40''$ .

Галактика имеет и обширную слабую оболочку, вытянутую в направлении, перпендикулярном к перемычке.

Эти структурные образования на приведенной в конце статьи карте распределения яркости и цвета получились несколько размазанными из-за малого масштаба снимка и больших размеров употребленной при измерениях диафрагмы. Их тем не менее можно заметить на кривых распределения яркости и цвета вдоль главных осей галактики, приведенных на рис. 1.

Из этого рисунка видно, что раствор кривой распределения яркости вдоль большой оси галактики больше, чем у кривой распределения яркости вдоль малой оси галактики до расстояния  $20''$  от центра галактики. Это обуславливается центральным эллиптическим образованием, вытянутым вдоль большой оси галактики.



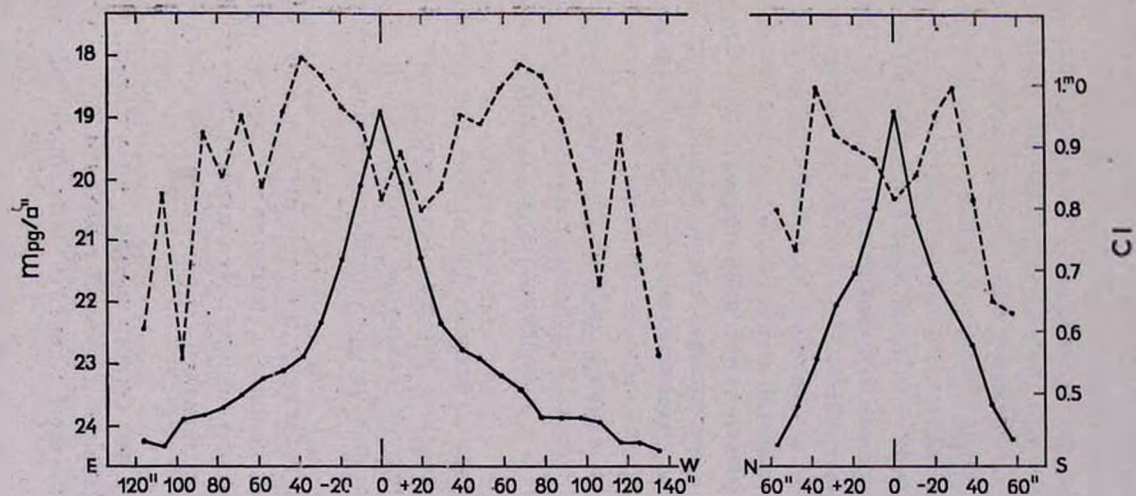


Рис. 1. NGC 4371. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) вдоль большой и малой осей галактики.

Дальше, до расстояния  $40''$  от центра, наоборот, становится большим растров кривой распределения яркости вдоль малой оси, из-за присутствия перемычки, вытянутой вдоль малой оси галактики. Затем довольно быстро снова увеличивается растров кривой распределения яркости вдоль большой оси, обусловленный присутствием сильно вытянутой оболочки вдоль большой оси галактики.

Как из карты, так и из кривых распределения цвета вдоль осей галактики (рис. 1) видно, что ядро галактики менее красно, чем его непосредственное окружение, то есть упомянутое выше центральное эллипсоидальное образование. Последнее в свою очередь менее красно, чем его непосредственное окружение. Посинение в этой галактике начинается от  $30 - 40''$  по малой оси и от  $40 - 70''$  по большой оси.

Наиболее красными образованиями являются перемычка и часть оболочки, простирающейся с  $10''$  до  $50''$  от центра в восточной половине и с  $40''$  до  $90''$  в западной половине галактики. Следует отметить, что в этой галактике заметна небольшая асимметрия: оболочка ее в западной половине тянется примерно на  $20''$  дальше, чем в восточной половине, и интересно, что примерно на столько же сдвинута от центра наиболее красная часть оболочки в западной половине. Таким образом, мы приходим к заключению, что в этой галактике при удалении от центра наружу сначала происходит покраснение, продолжающееся до расстояния в среднем порядка  $1/3$  ее большой полуоси, после чего начинается посинение, происходящее с некоторыми колебаниями.

Такая же картина изменения цвета, которая, по-видимому, отражает относительное изменение парциального излучения красных гигантов при удалении от центра галактики наружу, была получена нами для других галактик ранних морфологических типов скопления Virgo [1].

6) NGC 4388. Эту галактику Вокулер отнес к типу SB: с sp, то есть считает ее поздней спиралью, возможно с перемычкой, в целом имеющей веретенообразную форму. Это отчасти пекулярная по структуре галактика, которую, пожалуй, трудно отнести к подтипу поздних спиралей.

Имеющаяся у нас серия снимков, полученных с разными экспозициями, и составленная для этой галактики карта распределения яркости и цвета позволяют отметить некоторые особенности ее строения.

На нормально экспонированных пластинках центральная — яркая часть галактики получается в виде пересеченного эллипса, сильно вытянутого в направлении, почти совпадающем с кругом прямого восхождения. Концы этого эллипса вдоль большой оси слабы, поэтому

на малоэкспонированных пластинках получается лишь его центральная часть, оставляющая впечатление спирали с небольшой перемычкой. Но реальность этой спирали нельзя считать достоверной, так как наблюдаемая картина может обуславливаться и присутствием темных туманностей, расположенных у ядра галактики с востока и запада.

Хотя наличие темной материи в центральной части галактики не вызывает сомнения, но распределения яркости и цвета как будто говорят в пользу первой возможности, то есть о реальности указанной выше спирали. На карте распределения яркости и цвета там, где предполагается присутствие темных туманностей, не заметно понижение яркости и повышение показателя цвета. Наоборот, в местах предполагаемых рукавов спирали заметно некоторое повышение яркости и понижение показателя цвета. Поэтому можно считать весьма вероятным присутствие в центральной части галактики спирали с перемычкой, которая, судя по нашим снимкам и распределению яркости в центре, не обладает заметно конденсированным ядром.

Протяженность яркой центральной части галактики по  $\alpha$  порядка  $60''$ , а по  $\delta$   $25''$ . С обеих сторон этой яркой части галактики тянется по  $\alpha$  почти аморфное, неоднородное образование, протяженность которого достигает  $6'$ .

Яркость и цвет в этой галактике меняется нерегулярно. Их распределения отличаются друг от друга значительно даже в соседних разрезах. Поэтому распределения яркости и цвета вдоль осей галактики, приведенные на рис. 2, составлены только по данным центральных разрезов.

На кривой распределения яркости вдоль малой оси хорошо заметен большой градиент яркости, начиная с расстояния  $10''$  от центра, обусловленный переходом через границу центральной яркой части галактики. Примерно здесь же происходит резкое падение показателей цвета, свидетельствующее о значительном изменении состава звездного населения при этом переходе.

Кроме этого, из кривых распределения яркости цвета вдоль малой оси, так же как и из данных карты вообще, видно, что северная половина галактики несколько ярче южной, а последняя несколько краснее северной половины. Если это обусловлено наклоном галактики и присутствующим в ней слоем темной материи, то южная половина галактики должна быть расположена к нам ближе.

Асимметрия имеется и в отношении малой оси галактики: из рис. 2 видно, что кривые распределения яркости и цвета вдоль большой оси в западной половине тянутся на  $40''$  дальше, чем в восточной



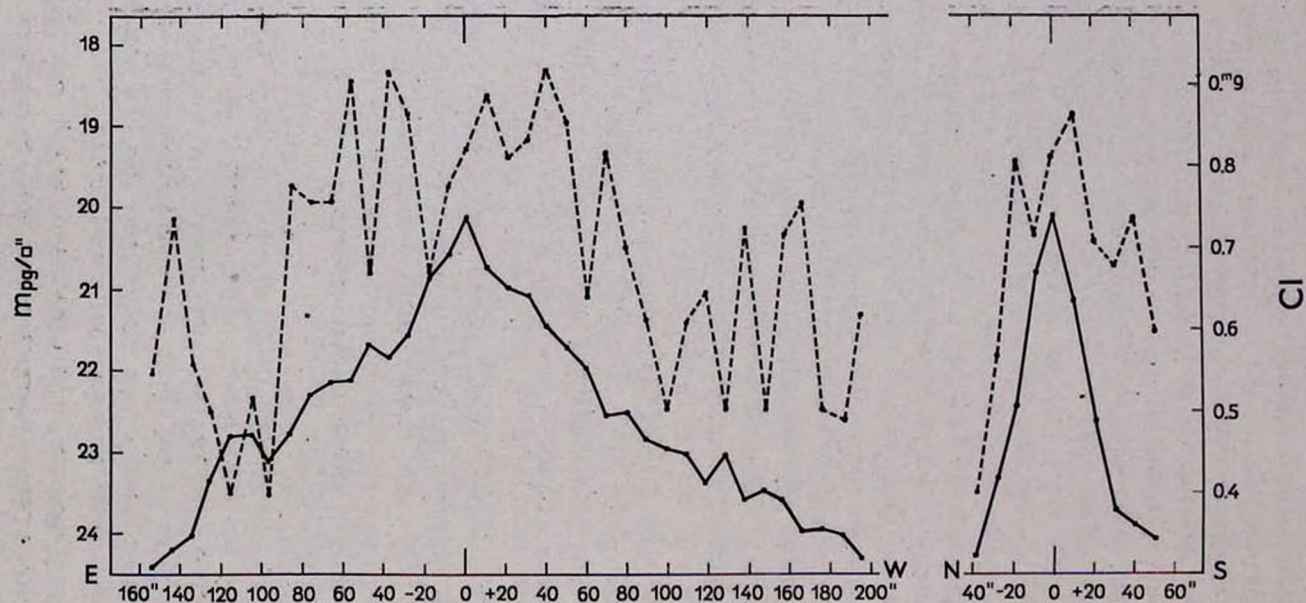


Рис. 2. NGC 4388. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) вдоль большой и малой осей галактики.

половине. Эту асимметрию, пожалуй, трудно объяснить условиями наблюдений, и она, по-видимому, реальна.

Яркость и показатель цвета вдоль большой оси галактики показывают значительные колебания. При этом показатели цвета вплоть до расстояния  $80-90''$  от центра колеблются в пределах  $0^m7$  и  $0^m9$ , а дальше — в пределах  $0^m4$  и  $0^m7$ . Как будто в этом случае происходит заметное изменение звездного состава населения, начиная с расстояния  $80''$  от центра галактики. Судя по показателям цвета, наружные части этой галактики не богаты голубыми и белыми звездами. Принимая во внимание этот факт, а также интегральный цвет и отмеченные выше особенности, трудно отнести эту галактику к подтипу поздних спиралей. Наиболее вероятным для нее, как нам кажется, был бы тип SBb.

в) NGC 4402. Общий вид этой галактики веретенообразный, вытянута она почти по кругу прямого восхождения. По нашим измерениям протяженность ее по  $\alpha$  равна  $4.2$ , а по  $\delta$   $1.3$ .

В центральной части галактики наблюдается довольно сильная темная полоса, имеющая форму дуги, направленной выпуклостью к югу. Наблюдаемое положение темной полосы как будто свидетельствует о значительном отклонении слоя темной материи от экваториальной плоскости галактики.

Эта полоса темной материи сильно затрудняет определение морфологического типа галактики. Ее вообще считают спиральной, но без определенного подтипа.

Вокулер, исходя из ее структуры, считает возможным тип Sa или IO [5].

Принадлежность этой галактики к типу Sa или Sb нам кажется маловероятной по следующей причине. Для галактик указанных типов характерна исключительно высокая яркость в центральных частях. В центральной же части рассматриваемой галактики наблюдается очень низкая яркость. Для того, чтобы это объяснить влиянием темной материи, надо допустить, что ее там чрезвычайно много и распределена она очень специфично. Это нам кажется маловероятным, но если это тем не менее так, то показатели цвета в центральной части галактики должны быть необычно большими. На самом же деле из данных карты распределения яркости и цвета видно, что показатели цвета в центральной части даже несколько меньше, чем обычно наблюдаются в центральных частях нормальных галактик типов Sa и Sb. Большие показатели цвета — порядка единицы, у NGC 4402 наблюдаются непосредственно к северу от упомянутой выше темной полосы, как раз там, где поверхностная яркость сравнительно высока.

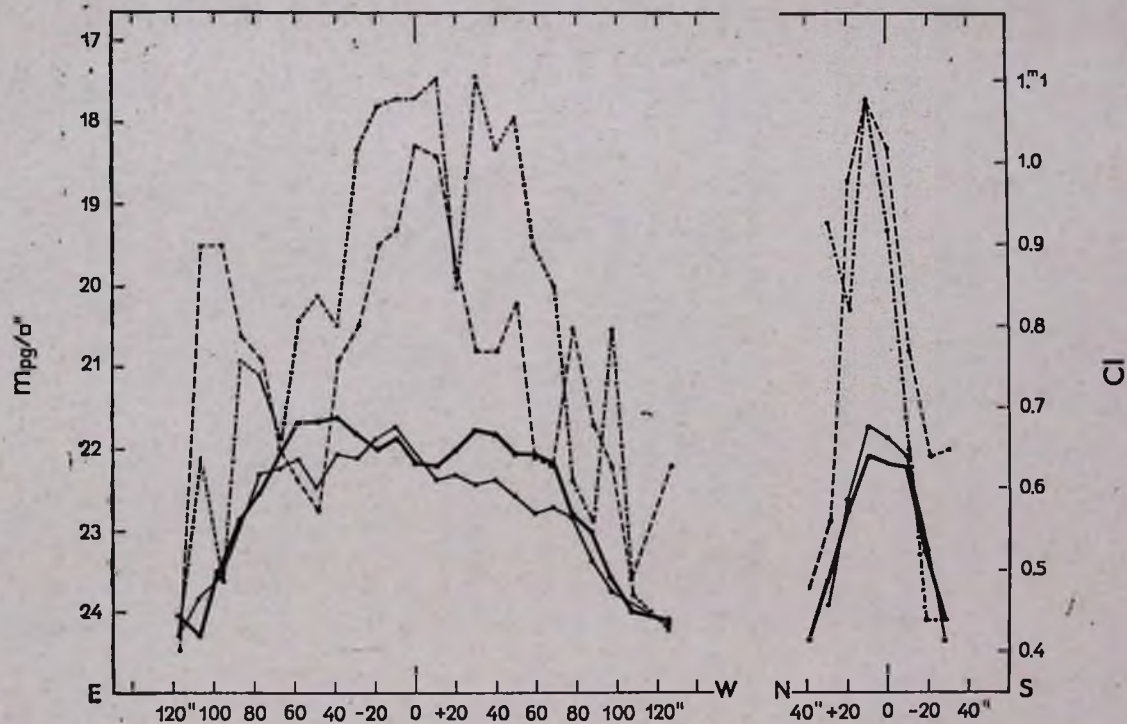


Рис 3. NGC 4402. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) в двух центральных разрезах вдоль  $\alpha$  и  $\delta$  (справа).



К этому следует добавить, что для центральной части этой галактики, согласно [5],  $U - B = 0^m16$  — величина довольно малая для центральных частей галактик типов Sa и Sb даже при отсутствии заметного внутреннего поглощения.

Из приведенной карты видно, что яркость и цвет в этой галактике вообще распределены крайне нерегулярно, настолько, что даже трудно сколько-нибудь надежно определить положение ее осей. Для иллюстрации сказанного на рис. 3 приведены распределения яркости и цвета по данным двух центральных разрезов как вдоль  $\alpha$ , так и вдоль  $\delta$ . Все это говорит против принадлежности NGC 4402 к подтипам ранних спиралей, возможность же позднего подтипа исключается вследствие ее общей структуры и отсутствия звездных ассоциаций, хотя бы на периферии.

Поэтому нам представляется более вероятным принадлежность NGC 4402 к иррегулярным галактикам типа M 82.

г) NGC 4438. Известная пекулярная галактика типа S0 ap, состоящая из двойной системы с линзовидной галактикой NGC 4435, расположенной к северо-западу от нее на расстоянии 4.3.

Она сильно вытянута в направлении, отклоняющемся от круга склонения примерно на  $23^\circ$ .

В этой галактике, в особенности в центральной части ( $100'' \times 50''$ ), имеется много темной материи, сильно искажающей ее структуру. Тем не менее в центральной части заметны признаки возможно ранней стадии спиральной структуры и, как будто, перемычки. В пользу этого говорит и характер распределения яркости и цвета в этой галактике, что будет рассмотрено далее.

Из приведенных на рис. 5 кривых видно, что распределения яркости и цвета почти симметричны в отношении осей до расстояния  $100''$  от центра вдоль большой оси и  $50''$  вдоль малой оси. Далее указанных границ наблюдается большая асимметрия в распределении яркости по обеим осям, которая обуславливается наблюдаемой у этой галактики своеобразной оболочкой, занимающей крайне эксцентричное положение в галактике. Фактически яркая центральная часть галактики располагается на юго-восточном краю этого обширного образования, распространяющегося к северо-западу вплоть до периферии NGC 4435. Происхождение этого необычного образования, из-за которого галактика отнесена к числу пекулярных, по всей вероятности, непосредственно связано с формированием пары NGC 4435 — 38, которую Б. А. Воронцов-Вельяминов включил в свой каталог взаимодействующих галактик [9] как пару галактик, имеющих общую оболочку.

Из данных карты распределения яркости и цвета и из кривых, представленных на рис. 4, видно, что показатели цвета в центральной части рассматриваемой галактики довольно большие — порядка наблюдаемых у исследованных нами линзовидных галактик скопления Virgo [1]. Но следует принять во внимание, что наблюдаемые показатели цвета у NGC 4438 должны быть несколько завышены присутствующими здесь заметными скоплениями темной материи.

При удалении от центра галактики наружу показатели цвета, вместе с яркостью, убывают, то есть происходит посинение с некоторыми, однако, колебаниями, характерными для спиральных галактик.

За пределами яркой центральной части галактики почти во всей области, занимаемой протяженной оболочкой, показатели цвета в большинстве своем находятся в пределах  $0^m4$  и  $0^m6$ . Правда, встречаются и большие показатели цвета, но их мало и, судя по всему, они в основном обусловлены влиянием темных облаков, которыми довольно богата оболочка. Наиболее массивные из них хорошо заметны на прямых фотографиях, полученных в синих лучах. Например, весьма интересная цепочка таких облаков тянется от юга к северу у западной границы центральной яркой части галактики.

Малые показатели цвета и наличие темных облаков в оболочке роднят ее по природе населения с периферийными областями поздних спиралей. Это позволяет высказать предположение о возможной молодости оболочки как образования. В пользу этого говорит и сам факт существования оболочки. Ибо столь протяженное петлевидное образование\*, расположенное крайне эксцентрично в отношении, судя по яркости, слабого центра галактики, не может быть устойчивым, в особенности же по соседству с другой галактикой — NGC 4435.

Вопрос о том, какую роль в этом отношении играет NGC 4435 может служить предметом специального исследования, но нам кажется, что она скорее всего должна ускорить разрушение и диссипацию рассматриваемой оболочки.

Хотя нельзя исключить возможность возникновения этой оболочки путем выброса вещества из ядра давно оформившейся галактики, согласно концепции В. А. Амбарцумяна [10], но нам представляется более вероятным возможность ее образования в период формирования пары галактик.

---

\* Протяженность оболочки порядка  $10'$ , что в линейной мере, при расстоянии 15 мпс для скопления Virgo, соответствует 45 000 пс.



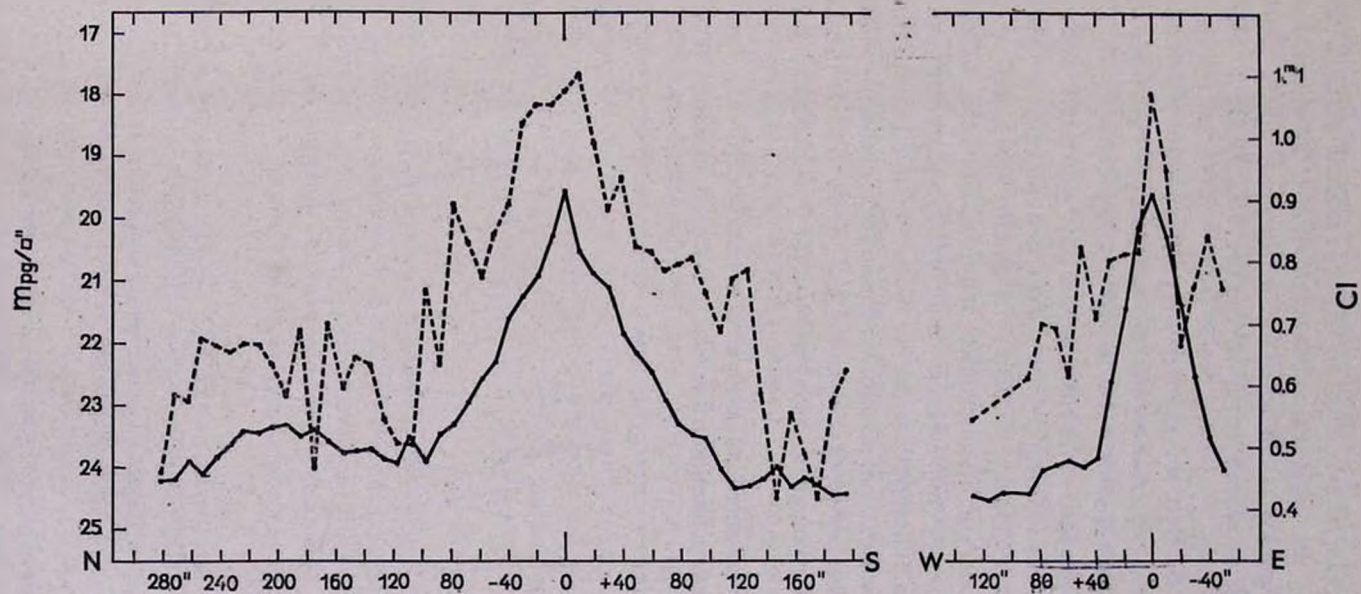


Рис. 4. NGC 4438. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) вдоль большой и малой осей галактики.



В этом случае наш вывод об относительной молодости оболочки распространится на пару галактик, что будет дополнительным доводом в пользу относительной молодости цепочки ярких галактик скопления Virgo [11], в состав которой входят NGC 4335 и 4438.

д) NGC 4440. Это маленькая и сравнительно неяркая галактика, расположенная в центральной части скопления Virgo, но, по всей вероятности, не являющаяся членом этого скопления.

Общая структура галактики видна без заметных искажений. Она имеет отчетливо выделяющуюся тонкую перемычку, в середине которой наблюдается довольно большое и яркое сферическое ядро. Протяженность перемычки превосходит поперечник ядра лишь в полтора раза. С двух концов перемычки тянутся полукругом еле заметные аморфные рукава. Поверхностная яркость за пределами перемычки и ядра довольно низкая, возможно, что имеется немного темной материи в промежутках между рукавами и перемычкой. Таким образом, можно сказать, что эта галактика обладает всеми признаками, характерными для типа SBa.

Перемычка принята за малую ось галактики, так как в перпендикулярном ей направлении галактика тянется немного больше.

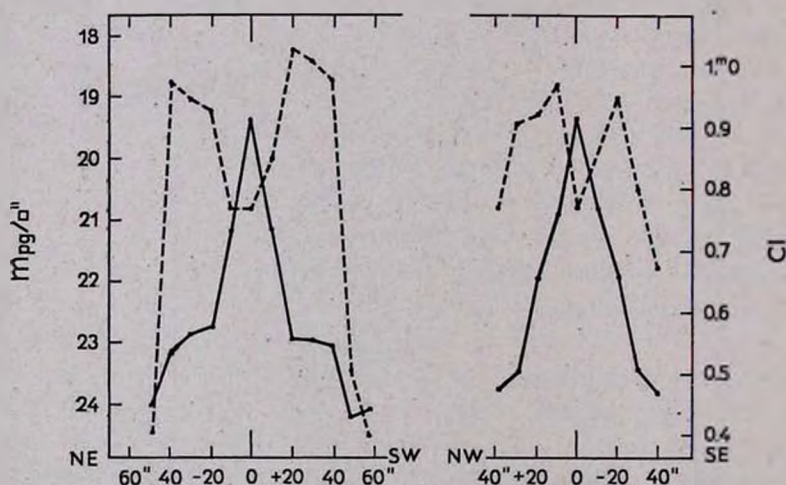


Рис. 5. NGC 4440. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) вдоль большой и малой осей галактики.

Из карты распределения яркости и цвета видно, что вдоль малой оси на протяжении 50'' яркость почти на одну величину больше, чем в соседних площадках. Этим фактически определяется протяжен-

ность перемишки, хорошо заметной и на кривых распределения яркости вдоль осей, приведенных на рис. 5.

Раствор кривой распределения яркости вдоль малой оси, вплоть до расстояния  $25''$  от центра, больше, чем у кривой распределения яркости вдоль большой оси. Помимо этого, у последней хорошо заметен исключительно большой градиент яркости около центра галактики, обусловленный сравнительно резкими границами яркого ядра.

Цвет этой галактики довольно красный, только на периферии у нее встречаются отдельные площадки с низкими показателями цвета. Это говорит о том, что основное излучение ее обуславливается красными гигантами, может быть за исключением ядра, которое, как видно из карты и из кривых, приведенных на рис. 5, заметно менее красно, чем перемишка и остальные части галактики.

Обычно в спиральных галактиках самыми красными образованиями являются ядра. Исключения составляют редкие спирали, имеющие голубое или относительно голубое ядро, обладающее обычно аномальными физическими характеристиками [12].

В рассматриваемом случае, однако, расхождение в показателях цвета ядра и окружающих областей не такое большое и нет других признаков, свидетельствующих о каких-либо других необычных свойствах ядра рассматриваемой галактики. Хотя нельзя отрицать возможность наличия в этом большом ядре небольшого голубого ядрышка, но нам представляется более вероятным присутствие в ядре, наряду с красными гигантами, значительного количества желтых звезд, а может быть небольшого количества и белых, снижающих значения показателя цвета ядра, обусловленного, в основном, излучением красных гигантов.

е) NGC 4501. Это яркая и большая галактика, которая по классификации Хаббла отнесена к типу Sb; но она, во-первых, не обладает такой выдающейся по яркости центральной частью, как галактики M 31 и 81, являющиеся типичными для спиралей подтипа Sb, а, во-вторых, рукава ее заметно разветвлены, что характерно для поздних спиралей.

NGC 4501 по своей общей структуре довольно похожа на хорошо известные галактики NGC 5005 и 7331, которые по классификации Хаббла также отнесены к подтипу Sb. В сущности все эти три галактики — NGC 4501, 5005 и 7331 по структуре занимают промежуточное положение между типичными спиралями подтипов Sb (M 31 и 81) и Sc (M 33 и 101), поэтому их следует отнести к подтипу Sbc.

Так поступил Вокулер в отношении NGC 5005 и 7331 при пересмотре классов ярких галактик [7], но почему-то в отношении



NGC 4501 проявил сомнение и не решил окончательно, к которому из двух типов: SA(rs)b или SA(rs)bc следует отнести эту галактику.

NGC 4501 наблюдается наклонно, по нашим данным отношение ее главных осей равно  $1/2$ . По этой причине заметно затрудняется обстоятельное изучение природы распределения в ней яркости и цвета.

Распределения яркости и цвета этой галактики вдоль ее главных осей представлены на рис. 6. Они выведены путем усреднения данных центральных и смежных с ними разрезов карты распределения яркости и цвета.

Как видно из рис. 6, при удалении от центра галактики наружу заметно убывает как яркость, так и показатель цвета, но это происходит далеко не монотонно, а с колебаниями, в особенности в случае показателя цвета.

Заслуживает внимания то обстоятельство, что имеется хорошее согласие между колебаниями показателя цвета и отклонениями яркости от плавного и регулярного хода убывания в том смысле, что заметное повышение или неубывание яркости при удалении от центра галактики, влечет за собой падение значения показателя цвета и, наоборот, при падении яркости наблюдается повышение значения показателя цвета. Поэтому вышеупомянутые колебания яркости и цвета с достаточным основанием можно объяснить влиянием спиральных рукавов и неравномерной структурой распределения темной материи в галактике.

Распределение яркости и цвета вдоль большой оси галактики в первом приближении можно считать симметричным в отношении центра галактики. Имеющиеся небольшие расхождения между двумя половинами кривых распределения яркости и цвета свидетельствуют о наличии лишь небольшой реальной асимметрии в распределении светлой и темной материи вдоль главной оси галактики.

Этого, однако, нельзя сказать относительно распределения яркости и цвета вдоль малой оси галактики. Здесь наблюдается явная асимметрия: северо-восточная (NE) половина вплоть до расстояния  $60''$  от центра галактики слабее и краснее юго-западной (SW), но дальше этого расстояния, наоборот, ярче NE половина, которая к тому же тянется на  $20''$  дальше, чем SW половина. Но эта картина не является характерной для всех разрезов, проведенных перпендикулярно к большой оси галактики. Начиная с расстояния  $50''$  от центра галактики, в таких разрезах частью преобладают суммарные яркости NE половин. Поэтому, как видно из данных табл. 2, где приведены интегральные яркости и показатели цвета разрезов, проведенных параллельно большой оси, хотя и не намного, но почти систематически пре-



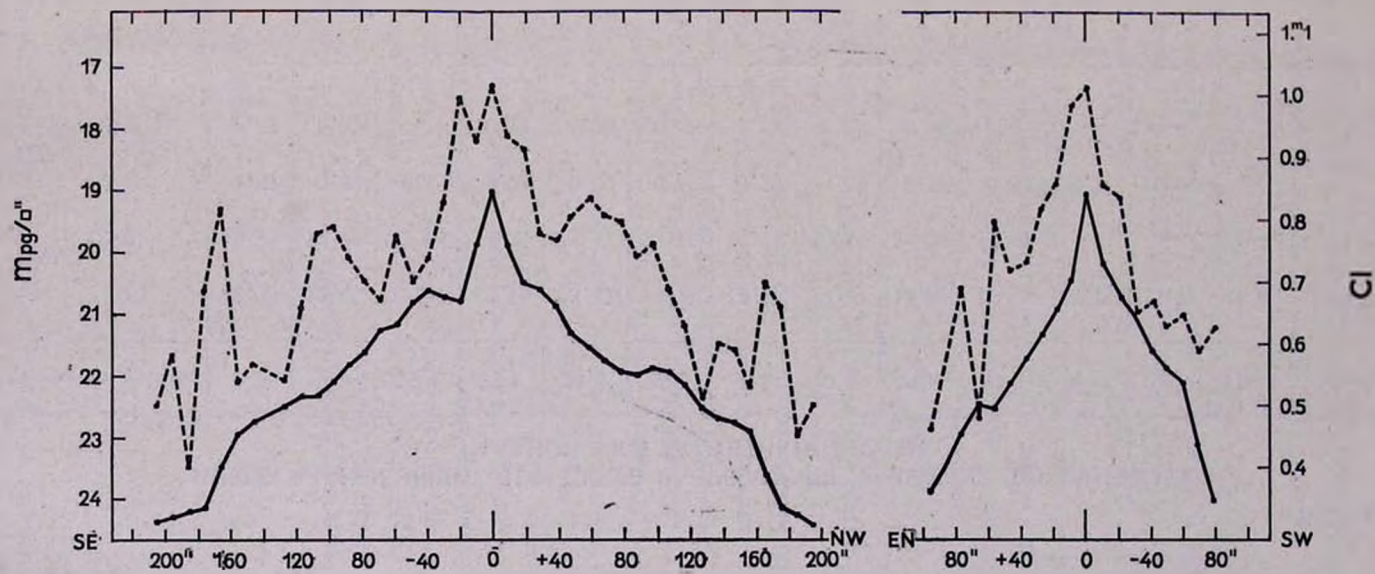


Рис. 6. NGC 4501. Распределения поверхностной яркости (сплошные линии) и показателей цвета (пунктирные линии) вдоль большой и малой осей галактики,

Таблица 2

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА РАЗРЕЗОВ, ПРОВЕДЕННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНО  
ГЛАВНОЙ ОСИ ГАЛАКТИКИ NGC 4501

| Расстояние от центра |    | 0°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 | Суммарн. |
|----------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| $m_{pg}$             | NE | 12.35 | 12.69 | 12.88 | 13.16 | 13.52 | 13.71 | 14.17 | 14.39 | 14.81 | 15.29 | 16.11 | 16.77 | 16.47 | 10.98    |
|                      | SW | 12.35 | 12.62 | 12.88 | 13.25 | 13.57 | 13.76 | 14.24 | 15.34 | 16.73 | 17.17 | —     | —     | —     | 11.09    |
| $CI$                 | NE | 0.87  | 0.80  | 0.75  | 0.73  | 0.70  | 0.62  | 0.70  | 0.55  | 0.58  | 0.58  | 0.44  | 0.40  |       |          |
|                      | SW | 0.87  | 0.81  | 0.79  | 0.72  | 0.70  | 0.69  | 0.66  | 0.75  | 0.60  | 0.4   | —     | —     |       |          |

обладают яркости разрезов, расположенных в NE половине галактики. В целом SW половина галактики на  $0^m11$  слабее и немного краснее NE половины.

Как видно, картина распределения яркости и цвета в этой галактике очень осложнена ее значительным наклоном и присутствующими в ней скоплениями темной материи. Тем не менее полученные результаты как будто позволяют заключить, что ее SW половина расположена к нам ближе.

Из кривой распределения показателей цвета вдоль большой оси галактики видно, что в центральной части галактики до расстояния  $20''$  от центра показатели цвета больше  $0^m9^*$ . Здесь, судя по всему, излучение, в основном, обуславливают красные гиганты. Далее по обеим сторонам ядра происходит резкое падение показателей цвета, достигающих значения  $0^m7$  на расстоянии  $30-40''$  от центра, что вызвано наложением здесь спиральных рукавов на общий фон галактики, обусловленный, в основном, населением диска и частично населением II типа. После этого показатели цвета снова поднимаются до значения  $0^m8$ , а затем, убывая с некоторыми колебаниями, доходят до значений  $0.4-0^m5$  на периферии галактики. Любопытно, что вплоть до расстояния  $100''$  от центра галактики, составляющего половину большой полуоси, показатели цвета остаются довольно большими — не менее  $0^m7$ . Такое медленное убывание показателя цвета при удалении от центра характерно для галактик сравнительно ранних морфологических типов. Здесь это, по-видимому, вызвано отчасти влиянием темной материи, которой очень богата эта галактика, и отчасти относительной бедностью населения диска белыми звездами, излучение которых становится значительным лишь на самой периферии галактики. При справедливости этого вывода следует полагать, что NGC 4501 приобрела спиральную структуру относительно недавно, в противном случае население ее диска было бы обогащено белыми звездами за счет диссипации спиральных рукавов и их ветвей.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

---

\* Подъем показателя цвета и падения яркости на расстоянии  $20''$  от ядра галактики в юго-восточном направлении вызваны присутствующей здесь значительной темной туманностью, хорошо заметной на снимках.



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА НДС 4371

|      | 126.1         | 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         | 126.1         | 135.8         | 145.5         |
|------|---------------|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 77.6 |               |               |       |               |               |               |               |               |               |               | 24.27<br>0.4  |               |               |               |               |               | 24.11<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | N             |
| 67.9 |               |               |       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.08<br>0.4  |               | 24.15<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |
| 58.2 |               |               |       |               |               |               | 24.36<br>0.46 |               |               |               |               | 23.80<br>0.63 | 24.33<br>1.01 |               | 24.22<br>0.56 | 24.27<br>0.46 | 24.27<br>0.4  | 24.37<br>0.71 |               |               |               |               |               |               |               |               | 24.33<br>0.4  |               |               |
| 48.6 |               |               |       |               | 24.33<br>0.82 | 24.05<br>0.57 |               | 24.15<br>0.4  | 24.33<br>0.73 | 23.86<br>0.42 | 24.27<br>0.91 | 23.65<br>0.53 | 23.47<br>0.53 | 23.54<br>0.77 | 24.11<br>0.90 | 23.90<br>0.91 | 23.59<br>0.4  |               | 24.11<br>0.80 | 24.05<br>0.53 |               |               |               | 24.22<br>0.56 |               |               |               |               |               |
| 38.8 |               |               |       |               | 24.00<br>0.51 | 24.00<br>0.50 | 23.80<br>0.45 | 23.67<br>0.79 | 23.49<br>0.55 | 23.49<br>0.91 | 23.29<br>0.91 | 23.10<br>0.97 | 22.86<br>0.98 | 22.88<br>1.05 | 23.12<br>0.98 | 23.15<br>0.78 | 23.08<br>0.91 | 23.68<br>1.16 | 24.05<br>1.16 | 23.96<br>0.50 | 23.96<br>0.4  |               | 24.00<br>0.63 | 24.36<br>0.60 | 24.36<br>0.4  |               |               |               |               |
| 29.1 |               |               |       |               | 24.15<br>0.92 | 23.61<br>0.53 | 24.05<br>0.93 | 23.51<br>0.72 | 23.61<br>0.61 | 22.92<br>0.78 | 22.37<br>0.88 | 22.26<br>0.87 | 22.05<br>0.92 | 21.94<br>1.02 | 22.19<br>0.91 | 22.80<br>1.01 | 22.85<br>0.93 | 22.48<br>0.93 | 22.85<br>1.02 | 23.20<br>1.10 | 23.67<br>0.98 | 23.90<br>0.98 | 23.79<br>0.83 | 23.63<br>0.72 | 24.11<br>0.72 | 23.96<br>0.55 | 24.22<br>0.72 | 24.36<br>0.65 | 24.27<br>0.71 |
| 19.4 |               |               |       | 23.64<br>0.4  | 23.54<br>0.44 | 23.55<br>0.52 | 23.36<br>0.83 | 23.36<br>1.04 | 23.93<br>0.98 | 22.61<br>1.05 | 22.36<br>1.02 | 21.87<br>0.87 | 21.57<br>0.90 | 21.69<br>1.05 | 22.03<br>0.91 | 22.48<br>0.93 | 22.85<br>1.02 | 23.01<br>1.13 | 22.95<br>0.91 | 23.05<br>0.83 | 23.43<br>0.93 | 23.80<br>0.77 | 23.86<br>1.13 | 24.15<br>1.05 | 24.22<br>1.13 | 24.15<br>1.02 | 24.24<br>1.04 | 24.33<br>0.56 | 24.22<br>0.43 |
| +9.7 |               |               |       | 23.49<br>0.40 | 23.81<br>0.76 | 24.15<br>0.93 | 23.20<br>0.79 | 23.77<br>1.00 | 23.96<br>1.01 | 22.62<br>1.08 | 21.74<br>0.94 | 20.90<br>0.89 | 20.51<br>0.88 | 20.83<br>0.85 | 21.60<br>0.91 | 22.39<br>1.10 | 23.01<br>1.13 | 22.95<br>1.01 | 23.05<br>0.91 | 23.43<br>0.98 | 23.80<br>1.10 | 24.05<br>1.13 | 24.11<br>1.05 | 24.03<br>1.17 | 23.96<br>0.62 | 24.22<br>0.72 | 24.15<br>1.04 | 24.33<br>0.56 | 24.22<br>0.43 |
| 0    | 24.22<br>0.73 | 24.11<br>0.81 |       | 23.90<br>0.65 | 23.64<br>0.86 | 23.44<br>0.75 | 23.51<br>0.92 | 23.36<br>0.94 | 23.11<br>1.02 | 22.90<br>0.98 | 22.36<br>1.01 | 21.33<br>0.96 | 20.13<br>0.93 | 18.94<br>0.81 | 20.06<br>0.89 | 22.33<br>0.83 | 22.56<br>0.73 | 22.83<br>0.87 | 22.83<br>0.98 | 23.25<br>1.10 | 23.35<br>1.13 | 24.05<br>1.13 | 24.11<br>1.05 | 24.03<br>1.17 | 23.96<br>0.62 | 24.22<br>0.72 | 24.15<br>1.04 | 24.33<br>0.56 | 24.22<br>0.43 |
| -9.7 | 24.11<br>0.48 |               |       | 24.27<br>0.61 | 24.11<br>0.96 | 23.72<br>0.85 | 23.80<br>1.14 | 23.13<br>0.77 | 23.02<br>0.84 | 22.83<br>1.13 | 22.33<br>0.83 | 21.82<br>1.08 | 20.96<br>0.91 | 20.65<br>0.85 | 21.17<br>1.02 | 21.83<br>1.12 | 22.50<br>1.12 | 22.85<br>0.98 | 23.29<br>1.02 | 23.29<br>1.15 | 23.68<br>1.13 | 23.95<br>1.13 | 24.11<br>1.13 | 24.03<br>1.17 | 23.96<br>0.62 | 24.22<br>0.72 | 24.15<br>1.04 | 24.33<br>0.56 | 24.22<br>0.43 |
| 19.4 |               | 24.22<br>0.4  |       |               | 23.80<br>0.50 | 23.72<br>0.98 | 23.56<br>1.04 | 23.82<br>0.82 | 23.67<br>0.78 | 22.87<br>0.68 | 22.37<br>0.88 | 21.82<br>0.91 | 21.96<br>1.08 | 22.14<br>1.05 | 22.43<br>1.04 | 22.71<br>1.10 | 23.05<br>1.10 | 23.29<br>0.82 | 23.29<br>0.81 | 23.68<br>1.02 | 23.95<br>1.01 | 24.11<br>1.01 | 24.03<br>1.17 | 23.96<br>0.62 | 24.22<br>0.72 | 24.15<br>1.04 | 24.33<br>0.56 | 24.22<br>0.43 |               |
| 29.1 |               | 24.33<br>0.4  |       |               | 24.05<br>0.4  | 24.33<br>0.58 | 24.33<br>0.50 | 24.44<br>0.4  | 23.56<br>0.43 | 23.23<br>0.64 | 23.27<br>0.88 | 22.57<br>0.64 | 22.57<br>0.76 | 22.85<br>0.82 | 23.15<br>1.10 | 23.53<br>1.10 | 23.84<br>0.87 | 24.00<br>0.81 | 24.00<br>0.87 | 24.37<br>0.71 | 24.49<br>0.63 | 24.22<br>0.58 | 24.22<br>0.4  | 24.36<br>0.60 | 24.22<br>0.72 | 24.33<br>0.71 | 24.27<br>0.4  | 24.36<br>0.51 |               |
| 38.8 | 24.33<br>0.4  | 24.05<br>0.4  |       |               | 24.33<br>0.58 | 24.33<br>0.50 | 24.00<br>0.70 | 23.44<br>0.4  | 23.56<br>0.43 | 23.23<br>0.64 | 23.27<br>0.88 | 22.57<br>0.64 | 22.57<br>0.76 | 22.85<br>0.82 | 23.15<br>1.10 | 23.53<br>1.10 | 23.84<br>0.87 | 24.00<br>0.81 | 24.00<br>0.87 | 24.37<br>0.71 | 24.49<br>0.63 | 24.22<br>0.58 | 24.22<br>0.4  | 24.36<br>0.60 | 24.22<br>0.72 | 24.33<br>0.71 | 24.27<br>0.4  | 24.36<br>0.51 |               |
| 48.5 |               |               |       |               |               | 24.36<br>0.4  |               |               |               | 24.01<br>0.71 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 | 24.27<br>0.88 |
| 58.2 |               |               |       |               |               | 24.36<br>0.4  |               |               |               | 24.15<br>0.57 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 | 24.22<br>0.50 |
| 67.9 |               |               |       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 77.6 |               |               |       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 87.3 |               |               |       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА МОС. 4700

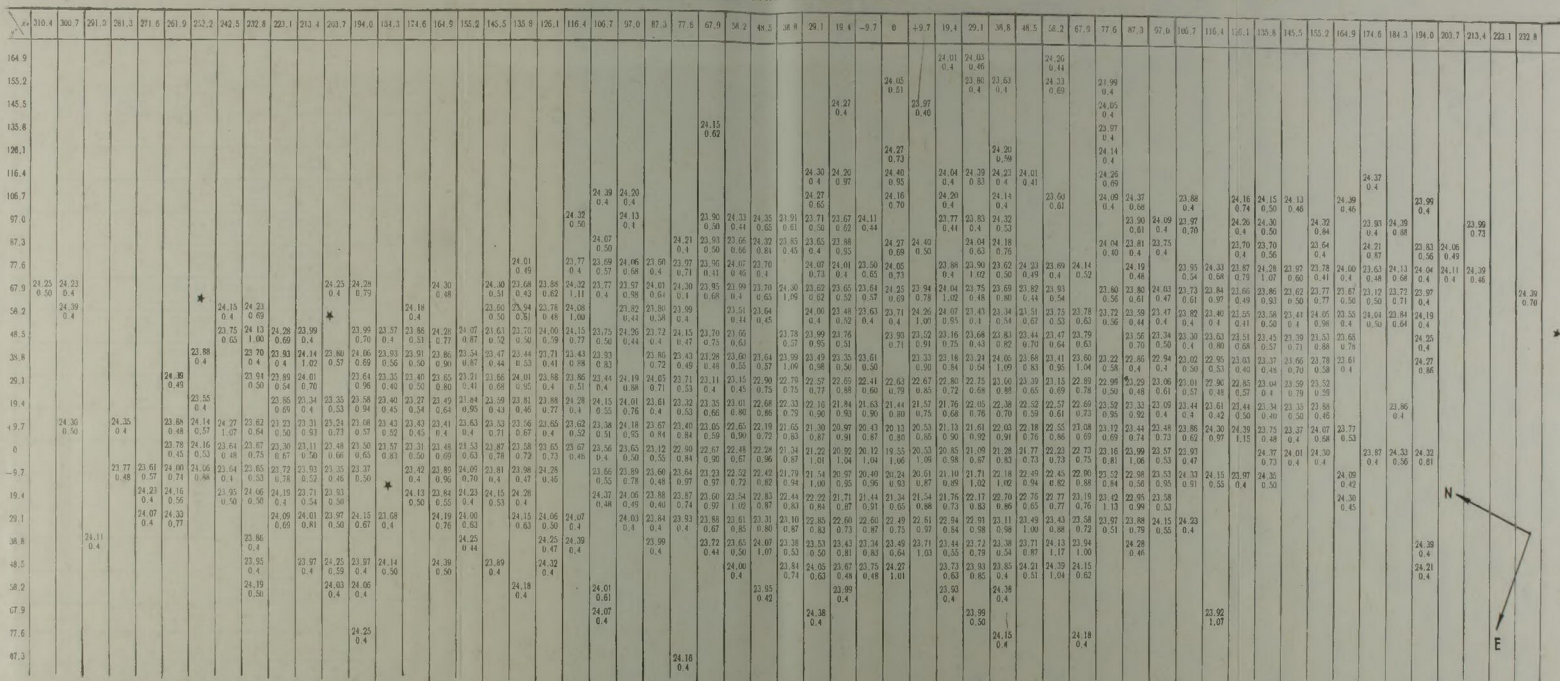
[illegible]

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА NGC 4402

[illegible]



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА NGC 4438



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА NGC 4440

| $x''$<br>$y''$ | 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 |
|----------------|------|------|---------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|------|------|
| 116.4          |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               | *             |               |               |      |      |      |      |
| 106.7          |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 97.0           |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 87.3           | *    |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 77.6           |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 67.9           |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 58.2           |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 48.5           |      |      |               |      |               | 24.03<br>0.45 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 38.8           |      |      |               |      |               |               | 24.03<br>0.93 | 23.77<br>0.80 |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 29.1           |      |      |               |      | 24.37<br>0.40 | 23.75<br>0.48 | 23.55<br>1.09 | 23.36<br>0.84 | 23.34<br>0.48 | 23.47<br>0.91 | 23.51<br>0.93 | 23.55<br>0.80 | 24.33<br>0.96 | 24.07<br>0.4  |               |      |      |      |      |
| 19.4           |      |      |               |      |               | 23.43<br>0.65 | 23.18<br>0.94 | 23.28<br>0.95 | 22.54<br>0.89 | 21.94<br>0.92 | 22.48<br>1.13 | 22.78<br>0.80 | 23.43<br>1.07 | 23.83<br>0.76 |               |      |      |      |      |
| +9.7           |      |      |               |      |               | 24.25<br>0.63 | 23.21<br>0.97 | 22.86<br>0.78 | 22.87<br>1.01 | 22.01<br>0.83 | 20.92<br>0.97 | 21.74<br>0.97 | 22.86<br>0.82 | 22.59<br>0.83 |               |      |      |      |      |
| 0              |      |      |               |      |               | 23.98<br>0.4  | 23.13<br>0.98 | 22.85<br>0.95 | 22.71<br>0.93 | 21.20<br>0.77 | 19.32<br>0.77 | 21.15<br>0.85 | 22.94<br>1.03 | 22.95<br>1.01 | 23.05<br>0.98 |      |      |      |      |
| -9.7           |      |      | 24.18<br>0.65 |      |               | 23.93<br>0.4  | 23.29<br>0.95 | 22.75<br>0.98 | 22.79<br>0.93 | 21.80<br>0.90 | 20.82<br>0.87 | 21.95<br>1.00 | 22.91<br>0.98 | 22.76<br>0.98 | 23.13<br>1.08 |      |      |      |      |
| 19.4           |      |      |               |      |               |               | 24.07<br>0.74 | 23.16<br>0.92 | 22.65<br>0.78 | 22.87<br>0.94 | 21.91<br>0.95 | 22.73<br>0.95 | 22.98<br>0.75 | 22.95<br>0.78 | 23.39<br>0.70 |      |      |      |      |
| 29.1           |      |      |               |      |               |               |               | 24.39<br>0.95 | 23.77<br>0.83 | 23.26<br>0.80 | 23.45<br>0.80 | 23.48<br>0.48 | 23.37<br>0.94 | 23.23<br>0.75 | 23.78<br>0.73 |      |      |      |      |
| 38.8           |      |      |               |      |               |               |               |               | 24.01<br>0.4  | 24.18<br>0.51 | 23.83<br>0.67 | 23.57<br>0.60 | 24.23<br>0.95 | 24.18<br>0.68 |               |      |      |      |      |
| 48.5           |      |      |               |      |               |               |               |               |               | 24.37<br>0.71 |               | 23.78<br>0.4  | 23.78<br>0.59 |               |               |      |      |      |      |
| 58.2           |      |      |               |      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 67.9           |      |      |               |      |               |               | 24.19<br>0.4  |               |               |               |               |               |               |               |               |      |      |      |      |
| 77.6           |      |      |               |      |               |               |               |               |               | 24.31<br>0.53 |               |               |               |               |               |      |      |      |      |



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

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

The results of a detailed two color photometry investigation of spiral galaxies NGC 4371, 4388, 4402, 4438, 4440 and 4501 in the field of the Virgo cluster are presented. The investigation has been carried out by the method described in the previous paper [1].

This paper is a continuation of the quoted one. All-over measurements (in blue and yellow colors) of the images of the galaxies have permitted to compile detail charts of brightness and color distribution presented at the end of the paper. Every pair of numbers of these charts reveals the photographic magnitude per square of arc and the color index (in the international system) of a square area ( $9.7 \times 9.7$ ), the rectangular coordinates of which respective the galaxy centre are given at the upper and the left sides of the chart.

On the base of these charts the integral brightnesses and colors of the galaxies (Table 1) and the distributions of the brightnesses and colors along the main axes of the galaxies (Fig. 1—6) have been obtained.

The obtained results have allowed to note (chapter 5) the main structural features of the considered galaxies. Among the investigated galaxies NGC 4402 and NGC 4438 are of particular interest. Some argument permit to suggest that NGC 4402 is perhaps an irregular galaxy of M 82 type and that NGC 4438 is a relatively young object.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б. Е. Маркарян, Э. Я. Оганесян, С. Н. Аракелян, *Астрофизика*, 1, 33, 1965.
2. J. Stebbins, A. E. Whitford, *Ap. J.*, 115, 284, 1952.
3. E. Pettit, *Ap. J.*, 120, 413, 1954.
4. E. Holmberg, *Medd. Lund obs.*, ser. II, 136, 1958.
5. G. de Vaucouleurs, *Ap. J.*, Suppl. ser., 48, vol. 5, 223, 1961.
6. J. H. Bigay, R. Dumont, *Ann. d' Astrophys.*, 17, 78, 1954.
7. G. de Vaucouleurs, *Ap. J.*, Suppl. ser. 74, vol. VIII, 31, 1963.
8. H. L. Johnson, *Ap. J.*, 116, 640, 1952.
9. Б. А. Воронцов-Вельяминов, *Атлас и каталог взаимодействующих галактик*, М., 1959.
10. V. A. Ambartsumian, *Transactions IAU*, XIB, 145, 1962.
11. B. E. Markarian, *A. J.*, 66, 555, 1961.
12. Б. Е. Маркарян, *Сообщ. Бюр. обс.*, 34, 3, 1963.



КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА NGC 4501