

УДК: 524.7—42:520.82

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ VV150 — ЦЕПОЧКИ
ГАЛАКТИК, СОДЕРЖАЩЕЙ СЕЙФЕРТОВСКУЮ
ГАЛАКТИКУ Mrk176

В.П.РЕШЕТНИКОВ

Поступила 30 мая 1988

Принята к печати 27 октября 1988

Приведены результаты детальной поверхностной *UBV*-фотометрии VV150 — цепочки из четырех взаимодействующих галактик, одна из которых является известной сейфертовской галактикой второго типа Mrk176. Определены стандартные фотометрические параметры галактик: интегральные видимые и абсолютные звездные величины, показатели цвета, индексы концентрации, параметры приближения галактик двухкомпонентной моделью (балдж + экспоненциальный диск) и некоторые другие. Приведены распределения поверхностной яркости галактик в разных цветовых полосах, распределение цвета $B - V$ вдоль большой оси Mrk176. Показано, что ярчайшая галактика системы — Mrk176 — обладает сложной асимметричной внутренней структурой, в которой можно выделить балдж, бар, деформированный и изогнутый приливным влиянием спутников диск и возможно, внутреннее псевдокольцо (кольцо).

1. Введение. Настоящая работа продолжает серию статей, посвященных ведущемуся в АО ЛГУ детальному изучению пекулярных и взаимодействующих галактик [1 — 2]. В ней рассматривается система взаимодействующих галактик VV150 (Arg 322, I Zw 27), снимок которой приведен на рис. 1.

В каталоге взаимодействующих галактик [3] эта система рассматривается как цепочка из четырех галактик. Однако примерно в $1'$ к *SE* от ярчайшей галактики находится еще одна — видимая с ребра спиральная галактика, лучевая скорость которой (8030 км/с) близка к лучевым скоростям остальных галактик [4]. Согласно стандартным критериям выделения пространственных группировок объектов, эта галактика образует с остальными группу (как группа из пяти галактик VV150 отмечена в списке групп Хиксона под номером 56 [5]), однако она не показывает искажений формы и не погружена в общую оболочку, окружающую приведенную на рис. 1 галактики [6]. В настоящей работе VV150 рассматривается как объект каталога взаимодействующих галактик [3] и изучаются лишь галактики, изображенные на рис. 1. Там, где обсуждаются интегральные характеристики группы (раздел 3.1), привлекаются данные и о пятой галактике. В

дальнейшем во всей работе используется идентификация галактик, введенная в [5], — отсутствующая на рис.1 галактика обозначается А, а остальные — с востока на запад — В, С, D и Е.

Главная особенность VV150 состоит в том, что ее ярчайший член (В) является известной сейфертовской галактикой второго типа M₈₁176. В настоящее время известен и частично исследован ряд тесных групп и взаимодействующих систем, в состав которых входят галактики с активными ядрами (например, [7—9]), однако их детальное фотометрическое изучение не проводилось. Как показано в последние годы (см., например, [10]), взаимодействие галактик является, по - видимому, одной из причин, обуславливающих активность их ядер, и поэтому исследование сейфертовских галактик в составе взаимодействующих систем представляет большой интерес с точки зрения понимания природы их активности.

2. Наблюдения и обработка. Фотографические наблюдения VV150 были выполнены в марте 1979 г. в прямом фокусе 2.6 - метрового телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории (масштаб снимков 21".7/мм). Сведения о наблюдательном материале приведены в табл.1, где в первом столбце — дата наблюдений, во втором — номер пластинки в соответствии с нумерацией стеклотеки БАО и далее — фильтр, тип эмульсии, продолжительность экспозиции. Качество изображения во время наблюдений составляло 2" — 3".

Таблица 1

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Дата	№	Фильтр	Эмульсия	Экспозиция
2/3.03.1979	1158	УФСЗ	103а О	50"
3/4	1169	УФСЗ	103а О	50
2/3	1070	GG13	103а О	30
2/3	1157	БС8	103а О	40
2/3	1072	ЖС18	103а D	40
2/3	1159	ЖС18	103а D	45

Калибровка производилась по маркам трубочного фотометра. Для стандартизации фотографических данных использованы фотоэлектрические наблюдения галактики С, выполненные на 60 - см телескопе САО АН СССР с диафрагмой 28".9 : $V = 14.71 \pm 0.02$, $B - V = +1.00 \pm 0.04$, $U - B = +0.36 \pm 0.06$ [11]. Инструментальная система 2.6 - метрового телескопа близка к стандартной [12] и поправки за нее не вводились.

Пластинки были записаны на магнитную ленту на микрофотометре AMD САО АН СССР. Размер измерительной диафрагмы составлял 20×20 мкм (0".4 × 0".4), шаг записи по сканам и отсчетам — 20 мкм, размер записанного участка — 300 × 300 (2'.17 × 2'.17). Вся дальнейшая

обработка произведена в АО ЛГУ при помощи комплекса программ для цифровой обработки фотографических наблюдений протяженных объектов [13].

3. Результаты и обсуждение.

3.1) *Интегральные характеристики VV150.* На рис.2 показаны изофоты исследуемой системы в цветовых полосах B и V . Интегральные (асимптотические) видимые звездные величины, цвета и светимости галактик приведены в табл.2. Поправки на внутреннее поглощение в галактиках не вводились, так как из-за частичного контакта и искажения внешних областей галактик их наклоны и, следовательно, величины поправок определяются неуверенно. Абсолютные звездные величины рассчитаны при $H = 75$ км/с Мпк и галактоцентрической лучевой скорости группы в целом V инд $R1 = 8060$ км/с (медианное значение для пяти галактик по [4]). Принятым значениям V_R и H соответствует масштаб $1'' = 0.52$ кпк.

С учетом видимой светимости галактики A ($B = 16.58$ по [14]) интегральная видимая звездная величина системы $B = 14.30$. Согласно [15] видимая звездная величина всех пяти галактик $m_{zв} = 14.7$. Редуцировав систему звездных величин каталога Цвикки в стандартную B - систему [16, 17], получаем $B = 14.1 - 14.3$, т.е. значение, хорошо согласующееся с полученным в настоящей работе. Для Mгk 176 приведенные в табл.2 звездные величины и цвета находятся в прекрасном согласии с фотоэлектрическими наблюдениями этой галактики в диафрагме $37''.5$ (в эту диафрагму проваливается практически вся галактика): $B = 15.30$, $B - V = +0.96$ и $U - B = +0.09$ [11], однако это согласие может быть отчасти случайным из-за переменности ядра Mгk 176 [18].

Основные динамические параметры группы из пяти галактик, вычисленные с учетом взвешивания по светимостям (формулы см. в [19]), следующие:

вириальный радиус группы $R_{VT} = 73''.6$ (38.3 кпк);

дисперсия лучевых скоростей (с учетом ошибок измерения $v_V = 75$ км/с [4]) $\sigma_V = 119$ км/с; вириальная масса $M_{VT} = 3.8 \cdot 10^{11} M_{\odot}$; отношение вириальной массы к светимости в фильтре B (в солнечных единицах) $f_{VT}^B = 11$; вириальное время пересечения $\tau_{VT} H = 0.01$.

Указанное выше значение f_{VT}^B несколько завышено, так как при его вычислении использована наблюдаемая полная светимость группы. С учетом внутреннего поглощения в галактиках, найденного согласно рекомендациям RC2 [20], отношение M_{VT}/L_{B_0} уменьшается до 8. Следовательно, для рассматриваемой компактной группы значение f_{VT}^B близко к отношению масса/светимость, полученному для одиночных и двойных галактик ранних

морфологических типов.

3.2) Основные фотометрические параметры и морфологическая классификация галактик. В нижней части табл.2 приведены стандартные фотометрические характеристики галактик VV150.

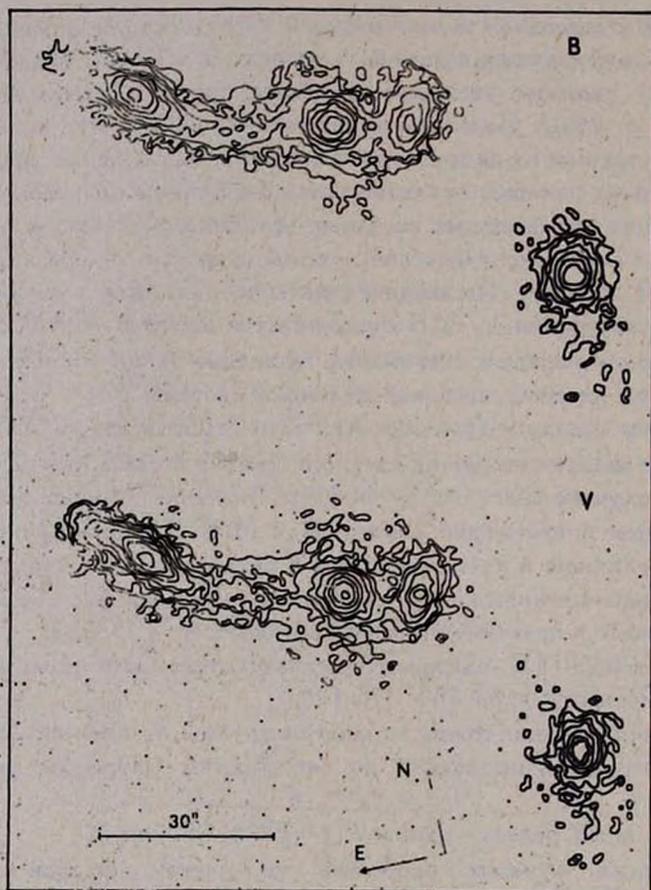


Рис.2. Распределение поверхностной яркости VV, 150 в цветовых полосах B и V. Ярчайшая изофота в фильтре B — 20.0, крайняя — 24.0; в V — 19.0 и 23.0 соответственно. Шаг по изофотам — 0.5.

Параметры стандартной двухкомпонентной модели галактик (балдж с распределением поверхностной яркости

Таблица 2

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ VV150

Параметр/Галактика	Mrk 176 (B)	C	D	E
α, δ (1950)		11 ^h 29 ^m .8,	+53 ^o 13'	
l, b		147 ^o .16,	60 ^o .31	
Поглощение в Галактике, A_B [21]		0.0		
V_B (км/с)[4]	8000	8300	8060	8280
Морфологический тип*	SB(rs)в	S0/a	Sab	S ^o
Интегральная видимая звездная величина, $B_T (\pm 0.1)$	15.29	16.01	16.71	16.29
Интегральные показатели цвета (± 0.1), $(B-V)_T$	+0.91	+1.00	+0.95	+0.68
$(U-B)_T$	+0.11	+0.36	+0.24	+0.22
Абсолютная зв. вел., M_{B_T}	-19.87	-19.15	-18.45	-18.87
Большая ось, $a (\mu_B=24)$ **	40,21.0	24,12.5	19,9.8	20.5, 10.7
Позиционный угол б.оси	44 ^o	39 ^o :	140 ^o	0 ^o
Видимое сжатие, $b/a (\mu_B=24)$	0.3	0.7:	0.6	0.7
Наклон плоскости галактики***	75 ^o :	42 ^o :	54 ^o	38 ^o
Эффективный радиус в B: r_e *	4.8, 2.5	3.8, 2.0	4.7, 2.4	4.4, 2.3
Индексы концентрации в B				
C_{21}	1.85	1.73	1.88	1.89
C_{32}	1.74	1.70	1.48	1.85
Балдж μ_B^B	22.44	21.5	21.8	22.3
r_e	7.3.6	2.1.0	1.5.0.8	3.0.1.5
b/a	0.65:	1.0	0.6:	1.0.
Диск μ_B^B	21.48	20.65	21.8	21.5
α^{-1}	8.4.2	3.1.6	4.5, 2.3	2.1.0
b/a	0.3	0.75	0.6	0.8
Наблюдаемое отношение светимостей диска и балджа, D/B ****	≥ 0.4	1.2	2.3	≥ 0.2

* Морфологическая классификация галактик основана на данных, полученных в настоящей работе. Детальное обсуждение морфологии Mrk 176 см. в разделе 3.1.

** Здесь и далее: первое число — в с. дуги, второе — в лпк.

*** Приводимый в таблице наклон получен усреднением двух оценок наклона: 1) по видимому сжатию галактики в целом, приняв истинное сжатие по [22], и 2) по видимому сжатию дисковой составляющей — $i = \arccos \frac{b}{a}$.

**** У Mrk 176 из-за присутствия перемычки, по-видимому, завышена светимость балджа, у галактики E не учтен слабый хвост (см. рис.2).

$$\mu_{bulge}(r) = \mu_0 + 8.327 \cdot \left\{ \left(\frac{r}{r_0} \right)^{1/4} - 1 \right\}$$

+ экспоненциальный диск — $\mu_{disk}(r) = \mu_0 + 1.086 \cdot \alpha \cdot r$ найдены методом наименьших квадратов по фотометрическим разрезам вдоль больших осей в фильтре *B* (пример см. на рис.3). Погрешности приведенных в табл.2 значений μ_0 и μ_0 не превышают 0.3, r_0 и $\alpha^{-1} - 0''$.5. Модели галактик самосогласованы — найденные по параметрам моделей абсолютные звездные величины галактик отличаются от наблюдаемых в среднем не более, чем на 0.2.

По четырем исследованным галактикам среднее наблюдаемое значение яркости центра экспоненциального диска $\mu_0 = 21.36 \pm 0.25(\sigma)$. С учетом поправок за наклон галактик это значение составляет $\mu_0(0) = 20.8 \pm 0.3(\sigma)$, что ярче полученных ранее для дисков спиральных и S0-галактик значений $21.65 \pm 0.30(\sigma)$ [23], $21.79 \pm 0.78(\sigma)$ [24], однако в пределах указанных ошибок это различие незначимо. Для Mrk 176 неисправленное значение $\mu_0 = 21.48$ находится в согласии со средним, также не исправленным за наклон значением, полученным для дисков шести сейфертовских галактик второго типа, — $\mu_0 = 21.47 \pm 0.13(\sigma)$ [25]. На плоскостях $\mu_0 - r_0$ и $\mu_0 - \alpha^{-1}$ параметры галактик VV 150 попадают в области, где согласно, например, [26, 27] лежат характеристики балджа и дисков спиральных и S0-галактик.

В последней строке табл.2 указаны наблюдаемые отношения светимостей диска и балджа в цветовой полосе *B*. С учетом наклона галактик эти отношения возрастают до ≥ 0.6 , 1.5, 2.3 и ≥ 0.3 , соответственно. Приведенные выше значения отношения *D/B* характерны для галактик ранних типов (S0 — Sab) [28], что подтверждается как цветовыми характеристиками галактик, так и их морфологией.

В противоречие с выводом о принадлежности членов VV 150 к ранним морфологическим подклассам вступают величины их индексов концентрации, характерные скорее для галактик Sc — Sd типов (определения индексов концентрации см. в [29]). Противоречие это, однако, кажущееся и связано, вероятно, с тем, что рассматриваемые галактики входят в состав взаимодействующей системы, в то время, как стандартные значения индексов концентрации получены относительно изолированным галактикам. Как показывают наблюдения и численные расчеты, в результате взаимного влияния у галактик меняется радиальное распределение массы за счет притока вещества во внешние области: образуются приливные хвосты и перемычки, протяженные внешние оболочки, в которые обычно погружены взаимодействующие системы. Это, очевидно, приводит к уменьшению их индексов концентрации. Косвенным подтверждением этих рассуждений

служит то, что у галактики E, наиболее удаленной в проекции от остальных членов VV 150 и поэтому, вероятно, деформированной в относительно

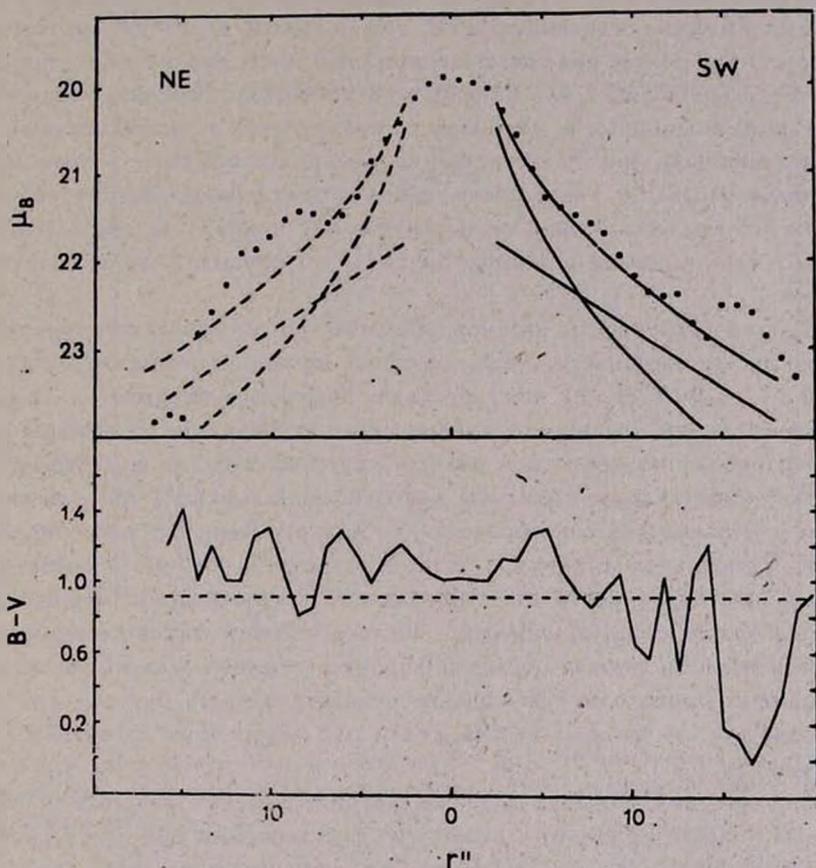


Рис.3. Вверху — фотометрический разрез M81 вдоль большой оси в фильтре V (точки). Непрерывными линиями изображены полученные по SW крылу разреза распределения яркости в балдже и диске, а также результирующее приближение наблюдаемого профиля яркости. Пунктир — приближение для SW крыла, симметрично перенесенное относительно $r=0$ на NE крыло разреза. Внизу — распределение наблюдаемого показателя цвета $B-V$ вдоль большой оси галактики. Пунктир — средний для всей галактики показатель цвета. Депрессия цвета в области $|r| < 3'$ обусловлена вкладом нетеплового излучения активного ядра галактики.

меньшей степени, индексы концентрации максимальны.

3.3) Структура Mrgk 176. а) Главное тело галактики. На рис.3 изображен фотометрический разрез галактики вдоль большой оси в фильтре B . Параметры простой двухкомпонентной модели Mrgk 176 приведены в табл.2. Параметры найдены по SW крылу разреза, но это приближение хорошо описывает нижнюю огибающую и NE крыла вплоть до $15''$ (8 кпк) от ядра, где происходит резкое падение поверхностной яркости до уровня, примерно соответствующего диску или балджу по отдельности. Учитывая относительно большую подвижность дисковой составляющей, а также красный цвет этой области (см. рис.3), естественно предположить, что в этом районе происходит обрезание диска (часть этого эффекта, безусловно, обусловлена изгибом NE края галактики, но изогнут и SW край). Следовательно, диск Mrgk 176, по - видимому, асимметричен — он смещен в сторону соседних галактик.

Другая особенность рассматриваемого фотометрического разреза — наличие избытков яркости, расположенных примерно симметрично на расстоянии $8'' - 10''$ (4 — 5 кпк) от ядра. Подобным образом на профилях яркости выглядят обычно спиральные ветви и кольцевые структуры галактик. Распределения яркости в разных цветовых полосах показывают, что ближние к ядру края избытков яркости представляют, по - видимому, кольцо или псевдокольцо, образованное внутренними частями спиральных ветвей. Спиральная структура и предполагаемое кольцо асимметричны — поверхностная яркость избытков на SW крыле разреза меньше и они выглядят более раздробленными. Подтверждением такой интерпретации избытков яркости служат цветовые характеристики — как видно на рис.3, в их районах происходит уменьшение показателя цвета $B - V$, что характерно как для спиральных ветвей, так и для внутренних кольцевых структур галактик [30].

Вид ядерной области, а также фотометрических разрезов в разных цветовых полосах приводит к выводу о существовании еще одной составляющей Mrgk 176 — бара. Действительно, как видно на рис.3, вплоть до расстояния $5''$ от ядра профиль яркости выглядит выпуклым (в области $|r| \leq 2''$ это обусловлено атмосферным размытием). Существование бара должно было привести к завышению светимости балджа, параметры которого были найдены в рамках простой двухкомпонентной модели ($D + B$). Это, по - видимому, и произошло — абсолютная звездная величина Mrgk 176, найденная по двухкомпонентной модели, на 0.3 ярче, чем наблюдаемая.

Рассмотрим теперь распределение яркости вдоль малой оси. На рис.4 изображен разрез Mrgk 176, полученный усреднением восьми параллельных малой оси разрезов, расположенных на расстояниях $3'' - 15''$ от ядра (ядерная область исключена, чтобы ослабить влияние балджа). Очевидно, что z - распределение поверхностной яркости у Mrgk 176 отличается от распределения для нормальных спиральных галактик, хорошо описываемого зако-

ном $I(z) \propto \text{sech}^2 \frac{z}{z_0}$ [31]. В нашем случае поверхностная яркость падает с возрастанием z более медленно и в области $|z| \geq 1''$ это падение аппроксимируется экспоненциальным законом $I(z) \propto e^{-z/z_0}$, где $z_0 = 2''.1 \pm 0''.1(\sigma)$.

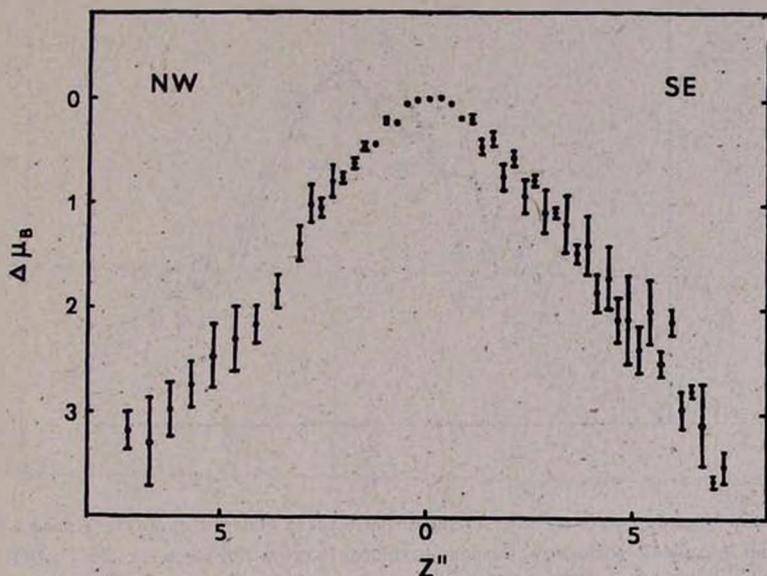


Рис.4. Распределение относительной яркости M176 вдоль малой оси, полученное усреднением фотометрических разрезов на расстояниях (в угл. секундах) от ядра 3, 6, 9, 12, 15 с NE края галактики и 3, 6, 9 — с SW края.

Структура z -профиля яркости галактики подтверждает ее многокомпонентное строение. Например, в [32] сходный с представленным на рис.4 разрез получается как сумма трех независимых составляющих — бара, диска и кольца, каждая из которых представляется законом $\text{sech}^2 \left(\frac{z}{z_0} \right)$ со своим z_0 .

Согласно стандартным критериям определения ориентации галактик (асимметрия распределения цветов и поверхностной яркости вдоль малой оси) M176 обращен к нам SE краем.

б) *Изогнутый хвост.* На рис.5 показаны четыре произвольно совмещенных поперечных разреза изогнутого хвоста, соединяющего M176

с галактикой С. Градиент яркости вдоль хвоста мал — менее 0.1/кпк. Распределение яркости вдоль z - координаты, как видно из сравнения рис.5 и 4, в целом схоже с распределением для основного тела галактики, средние

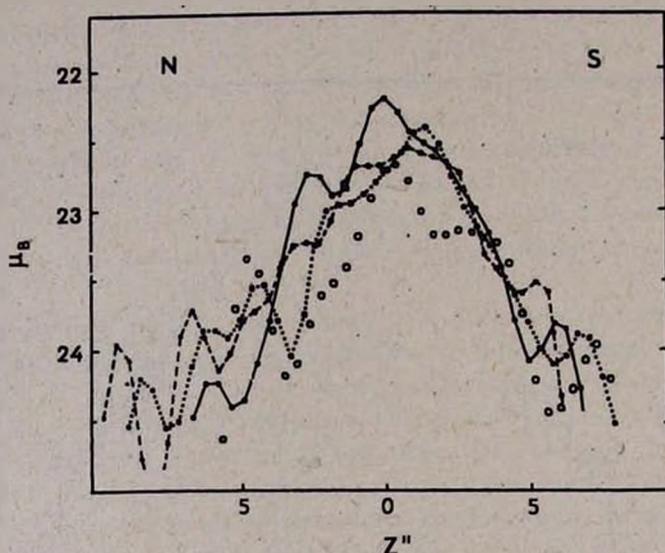


Рис.5. Четыре произвольно совмещенных разреза поперек изогнутого хвоста M31. Непрерывной линией обозначен разрез, проекция центра которого на ось $z=0$ (P.A.=38°) находится на расстоянии 12.7 от ядра, пунктиром — 17.6, точками — 20.8 и кружками — 22.7.

показатели цвета хвоста несколько голубее — $\bar{B}-\bar{V} = +0.8$, $\bar{U}-\bar{B} = +0.3$.*

В хвосте выделяется ряд голубых ($B-V = 0.1 \div 0.3$, $U-B < 0$) конденсаций с характерными размерами ≤ 1 кпк и светимостями $M_B \approx -13$, являющимися, по всей видимости, гигантскими областями III. Суммируя эти данные, можно заключить, что хвост образован немного «потрепанной», вытянутой и изогнутой в сторону спутников дисковой составляющей M31.

В заключение обсудим происхождение изгиба диска M31. На рис.6 в увеличенном масштабе показано отклонение плоскости галактики от исходной плоскости $z=0$. В качестве ориентации исходной плоскости приня-

* Средние цвета главного тела M31 вне области $|r| < 3''$, где заметный вклад даст тепловое излучение ядра галактики, $\bar{B}-\bar{V} = +1.0$, $\bar{U}-\bar{B} = +0.3 \div +0.4$.

та ориентация внутренней части галактики ($|r| \leq 5''$) — $P.A. = 38^\circ$. (В табл. 2 приведен средний позиционный угол для $|r| \leq 13''$). Как видно на этом рисунке, на краю изогнутого хвоста отклонение плоскости галактики дости-

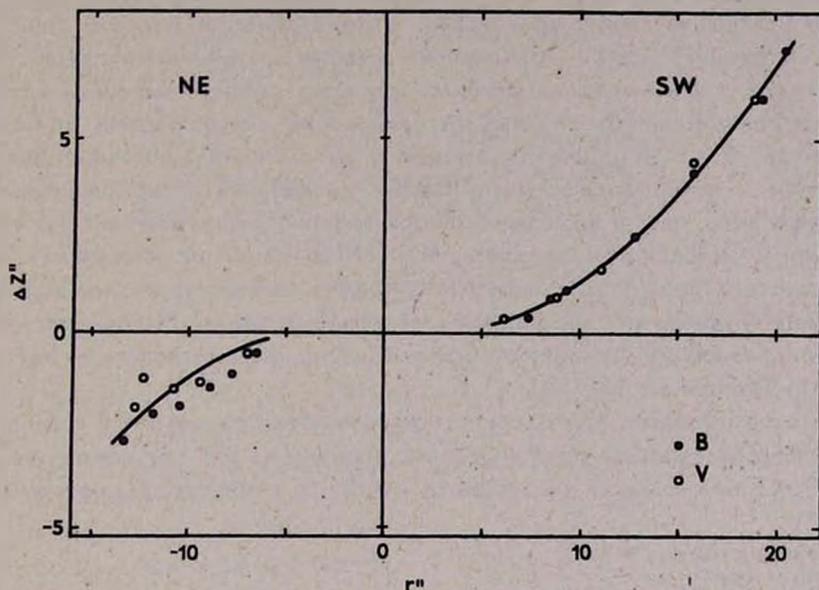


Рис. 6. Отклонение плоскости Mrk 176 от $z = 0$ ($P.A. = 38^\circ$). Заполненные кружки — данные по изофотам в фильтре B , пустые — V . Непрерывная линия — приближение наблюдаемого изгиба зависимостью $\Delta z/r = A \cdot r/r_{max} + B$, где $A = 0.44$, $B = -0.09$ и $r_{max} = 20.''7$.

гает одной трети радиуса (3.5 кпк). Может ли столь сильный изгиб объясняться приливным влиянием соседних галактик? Воспользуемся результатами работы [33], позволяющими оценить величину приливного изгиба диска под действием стационарной приливной силы. Взяв массы галактик по их светимостям при $M/L_B = 10$ и наблюдаемые параметры их взаимного положения, получаем, что галактики с несколько меньшей, чем у нашей Галактики поверхностной плотностью максимальное отклонение края диска под действием постоянно действующей приливной силы может достигать 3 кпк, т.е. примерно наблюдаемой величины. Полученная оценка, конечно, очень груба, но она свидетельствует о принципиальной возможности объяснения наблюдаемого изгиба диска Mrk 176 приливным влиянием его спутников.

4. Заключение. Вопрос о связи взаимного влияния галактик друг на друга с активностью их ядер очень сложен. В ряде работ (например, [10]) продемонстрировано существование такой связи, однако конкретные выводы о ее природе затрудняет почти полное отсутствие детальной информации об активных галактиках в составе взаимодействующих систем.

В настоящей работе произведено фотометрическое изучение одной из таких систем (VV 150) — цепочки из четырех взаимодействующих галактик ранних типов, одна из которых является сейфертовской галактикой второго типа Mrk 176. Анализ распределения поверхностной яркости и цветов по Mrk 176 привел к выводу о ее сложной многокомпонентной структуре, в которой выделяются балдж, смещенный и деформированный звездный диск, бар и, возможно, асимметричное внутреннее кольцо (псевдокольцо). Особенности структуры Mrk 176 связаны, по-видимому, с тем, что галактика входит во взаимодействующую систему и, по крайней мере частично, обусловлены приливным влиянием спутников. Несомненно, необходимо дальнейшее детальное спектральное и фотометрическое изучение объектов, подобных VV 150.

Автор выражает благодарность руководству Бюраканской астрофизической обсерватории за предоставление времени на 2.6 - метровом телескопе и В.А.Гаген—Торну за просмотр рукописи и полезные замечания.

Ленинградский государственный
университет

A PHOTOMETRIC STUDY OF THE SYSTEM VV150 :
A CHAIN OF GALAXIES INCLUDING THE SEYFERT
GALAXY MRK176

V.P.RESHETNIKOV

The paper describes a detailed UBV—photometric study of VV150 : a chain of four interacting galaxies, one of which is a known as Seyfert 2 galaxy Mrk 176. The standard photometric parameters are determined: the total and absolute magnitudes, colour and concentration indices, parameters of two—component models (bulge + exponential disk) and others. The surface brightness distribution of VV 150 in various colour bands and the B—V colour distribution along the major axis of Mrk 176 are given. Mrk 176 is shown to have a composite and asymmetric inner structure : bulge, bar, stellar disk, distorted by the tidal forces, and perhaps an inner pseudoring (ring).

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Гаген—Торн, И.И.Попов, В.А.Яковлева, *Астрофизика*, **19**, 599, 1983.
2. В.П.Решетников, *Астрофизика*, **27**, 91, 1987.
3. В.А.Vorontsov—Veljaminov, *Astron. and Astrophys.*, **28**, 5, 1977.
4. Н.А.Тихонов, Диссертация, ЛГУ, 1987.
5. P.Hickson, *Astrophys. J.*, **255**, 382, 1982.
6. P.A.Wehinger, S.Wyckoff, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **181**, 211, 1977.
7. В.Л.Афанасьев, А.И.Шаповалова, *Астрофизика*, **17**, 403, 1981.
8. A.J.Wasilewski, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **93**, 560, 1981.
9. W.C.Keel, *Astron. J.*, **90**, 1449, 1985.
10. O.Dahari, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **57**, 643, 1985.
11. С.И.Неизвестный, *Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР*, **51**, 5, 1986.
12. А.С.Амирханян, И.И.Попов, *Сообщ. Бюракан. обсерв.*, **52**, 89, 1980.
13. В.В.Макаров, В.П.Решетников, В.А.Яковлева, *Тр. АО ЛГУ*, **41**, 112, 1987.
14. Н.А.Тихонов, *Астрофизика*, **27**, 253, 1987.
15. F.Zwicky, E.Herzog, P.Wild, M.Karłowicz, C.T.Kowal, *Galatogue of Galaxies and Glusters of Galaxies*, v. 1 — 6, 1961 — 1968.
16. J.Huchra, *Astron. J.*, **81**, 952, 1976.
17. G.D.Bothum, R.A.Schommer, *Astrophys. J.*, **255**, L23, 1982.
18. С.И.Неизвестный, *Изв. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР*, **24**, 27, 1987.
19. Я.А.Венник, Диссертация, Тарту, 1986.
20. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H.G.Corwin, *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*, Univ. Texas, Austin, 1976.
21. D.Burstein, C.Heiles, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **54**, 33, 1984.
22. L.Bottinelli, L.Gouguenheim, G.Paturel, G. de Vaucouleurs, *Astron. and Astrophys.*, **118**, 4, 1983.
23. K.C.Freeman, *Astrophys.J.*, **160**, 811, 1970.
24. T.Borosan, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **46**, 177, 1981.
25. H.K.C.Yee, *Astrophys.J.*, **272**, 473, 1983.
26. J.Kormendy, *Astrophys. J.*, **218**, 333, 1977.
27. D.Burstein, *Astrophys. J.*, **234**, 435, 1979.
28. F.Simien, G. de Vaucouleurs, *Astrophys. J.*, **302**, 564, 1986.
29. G. de Vaucouleurs, *The Evolution of Galaxies and Stellar Populations*, Eds. B.Tinsley, R.B.Larson, Yale Univ. Observ., New Haven, 1977, p.43.
30. R.Buta, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **64**, 1, 1987.
31. P.C. van der Kruit, L.Searle, *Astron. and Astrophys.*, **95**, 105, 1981.

32. *R.R.de Carvalho, L.N. da Costa, Astron. and Astrophys., 171, 66, 1987..*

33. *C.Hunter, A.Toomre, Astrophys. J., 155, 747, 1969.*

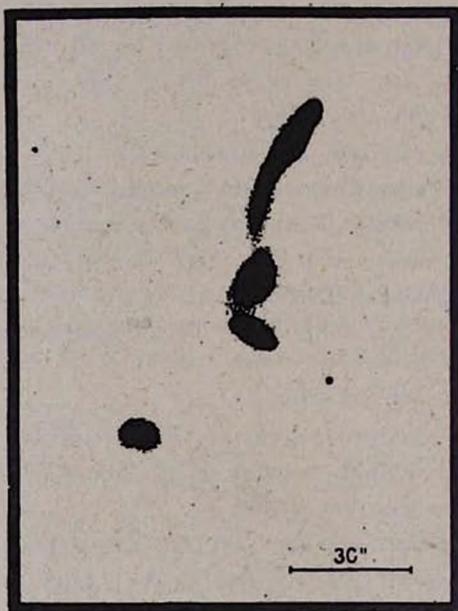


Рис.1. Репродукция снимка VV 150 из Атласа пекулярных галактик Арпа. Север справа, запад внизу.

К ст. В. П. Решетникова