

УДК: 524.726—33

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЯРКОСТИ В ГАЛАКТИКАХ СЕЙФЕРТА. III. АНАЛИЗ ДАННЫХ

В. Л. АФАНАСЬЕВ, В. Т. ДОРОШЕНКО, В. Ю. ТЕРЕБИЖ

Поступила 3 декабря 1985

Рассматриваются наблюдательные данные о распределении поверхностной яркости $\mu(r)$ в нормальных и сейфертовских галактиках, приведенные в первых частях данной работы [1, 2]. Общий вид $\mu(r)$ при $r \lesssim 2$ кпк одинаков для рассматриваемых двух групп галактик. Найдены значения параметров, характеризующих центральную часть сферической составляющей: поверхностной яркости $\mu_1^{(0)}$, градиента яркости μ_1 , показателей цвета $(U-B)_1^{(0)}$, $(B-V)_1^{(0)}$ на расстоянии 1 кпк от центра. Диапазон изменения основных параметров и корреляции параметров между собой и с абсолютной величиной галактик $M_B^{(0)}$ находят естественное объяснение в рамках стандартных моделей сферических подсистем галактик. Указанные соотношения имеют приблизительно одинаковый вид для нормальных и сейфертовских галактик. Фотометрические характеристики центральных областей галактик типов Sy 1' и Sy 2 сходны между собой. Полученные результаты не противоречат представлению о том, что все достаточно яркие спиральные галактики могут проходить сейфертовскую стадию с характерным временем $\sim 10^8$ лет.

1. *Введение.* В первых двух частях данной работы [1, 2] были представлены наблюдательные данные о распределении поверхностной яркости вдоль радиуса для 26 нормальных и 19 сейфертовских галактик. Настоящая статья, являющаяся продолжением I и II частей, посвящена более подробному анализу данных и сопоставлению их с ожидаемыми для сферических подсистем галактик характеристиками.

2. *Общие характеристики распределений поверхностной яркости.* Наблюдаемые распределения яркости в полосе B вдоль больших осей для ряда галактик рассматриваемой выборки представлены на рис. 1 части I данной работы. Принятый способ представления данных, когда вдоль оси абсцисс откладываются значения логарифма расстояния от центра галактики, определяет некоторое «растягивание» интересующей нас центральной области (балджа) и «сжатие» значительно более обширных наружных

частей галактик $r \geq 3$ кпк, где доминирует спиральная структура. При этом непосредственно из рисунка можно получить представление и об изменении вдоль радиуса градиента яркости $n(r)$, определяемого соотношением

$$n(r) \equiv \frac{1}{2.5} \frac{d\mu(r)}{d \lg(r)} \quad (1)$$

На этом же рисунке приведено и распределение яркости в сфероидальной подсистеме согласно формуле де Вокулёра [3, 4]:

$$\mu(r) = \mu_* + \frac{2.5q}{\ln 10} [(r/r_*)^{1/4} - 1], \quad (2)$$

где r_* — радиус круга, содержащего 1/2 полной светимости галактики, μ_* — значение поверхностной яркости в точке $r = r_*$, выраженное в звездных величинах с кв. с. дуги, и q — корень уравнения

$$e^{-q} \sum_0^7 \frac{q^k}{k!} = \frac{1}{2}, \quad (3)$$

равный 7.66925. Распределение де Вокулёра на рис. 1, ч. I соответствует некоторому произвольно принятому значению $r_* = 10$ кпк, так что при сопоставлении наблюдаемых и вокулёровского профилей последний следует надлежащим образом смещать вдоль оси абсцисс.

Рассмотрение рис. 1, ч. I показывает, что подбором параметра r_* , т. е. горизонтальным сдвигом кривой V , можно добиться неплохого согласия наблюдаемых распределений поверхностной яркости в области $r \lesssim 2$ кпк и распределения де Вокулёра для большинства как нормальных, так и сейфертовских галактик. Приближенную количественную оценку степени согласия можно получить следующим образом.

Из (1) и (2) следует, что градиент поверхностной яркости для закона де Вокулёра равен

$$n(r) = \frac{q}{4} (r/r_*)^{1/4}. \quad (4)$$

Соотношение (4) представлено на рис. 1. Если известно значение градиента $n_1 \equiv n(r_1)$ на некотором фиксированном расстоянии r_1 от центра, то из (4) можно найти эффективный радиус:

$$r_* = r_1 \left(\frac{q}{4n_1} \right)^4 \simeq r_1 \left(\frac{1.917}{n_1} \right)^4. \quad (5)$$

В частности, среднее значение градиента на расстоянии $r_1 = 1$ кпк для рассматриваемой выборки галактик равно, согласно табл. 4, ч. II, $\langle n_1 \rangle = 1.32$; этому значению соответствует $r_s \approx 4.5$ кпк (пунктир на рис. 1).

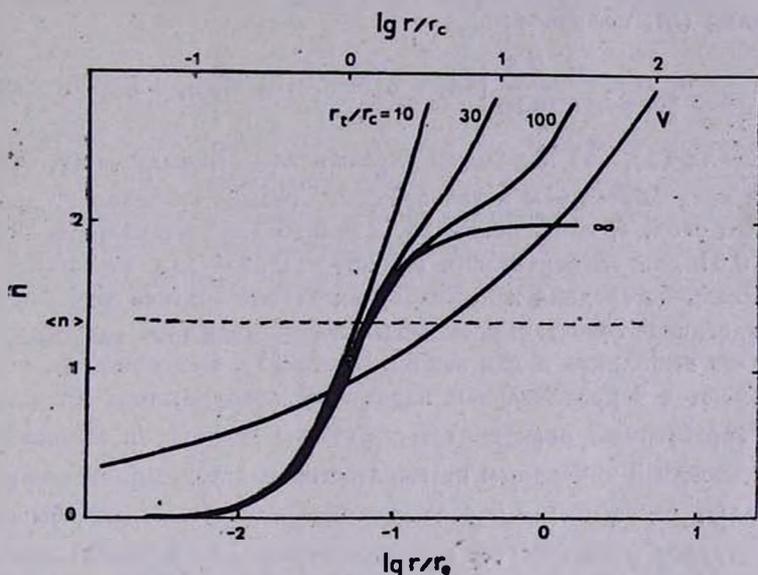


Рис. 1. Значения градиента поверхностной яркости $n(r)$ на разных расстояниях от центра галактики для законов де Вокулёра, Кинга, согласно (4) и (7) соответственно.

Ввиду существенной нелинейности (5) более корректный подход должен заключаться в подстановке индивидуальных значений n_1 для галактик и дальнейшем усреднении r_s . Таким путем, используя данные из табл. 4, ч. II, находим $\langle r_s \rangle \approx (12.5 \pm 3.7)$ кпк. Значение эффективного радиуса $r_s \approx 10$ кпк для сферических подсистем спиральных галактик представляется разумным, и мы можем заключить отсюда, что численные оценки n_1 для галактик выборки удовлетворительно согласуются с ожидаемыми для сферических подсистем значениями градиента поверхностной яркости. Средние значения r_s для нормальных и сейфертовских галактик, равные соответственно (13.0 ± 4.9) и (12.0 ± 5.8) кпк, различаются незначимо.

Восстановление характеристик всей сферической подсистемы галактики по наблюдаемому в центральной области градиенту яркости содержит, разумеется, значительную долю неопределенности. По этой причине мы не придаем особого значения индивидуальным оценкам r_s и оперируем лишь со средними r_s для выборок.

Заметим еще, что знание n_1 позволяет перейти от параметров (μ_s, r_s) , однозначно характеризующих распределение де Вокулёра, к параметрам (μ_1, n_1) — поверхностной яркости и градиенту яркости на фиксированном расстоянии r_1 . Действительно, полагая в (2) $r = r_1$ и подставляя (5), получаем:

$$\mu_s = \mu_1 - \frac{2.5}{\ln 10} [4n_1 - q] \simeq \mu_1 - 4.343 n_1 + 8.327. \quad (6)$$

Соотношения (5), (6) и должны служить для перехода от (μ_s, r_s) к (μ_1, n_1) . Они понадобятся нам в дальнейшем. Средние значения μ_s , найденные по данным табл. 4, ч. II, равны 23.12 ± 0.36 для нормальных галактик, 22.01 ± 0.61 для сейфертовских и 22.65 ± 0.34 — для всех галактик выборки. Различия средних в подвыборках нельзя считать значимым.

Аналогичное сопоставление наблюдаемых профилей яркости с модельным можно выполнить и для закона Кинга [5]. Как известно, в формуле Кинга имеются 3 произвольных параметра: поверхностная яркость в центре μ_0 , характерный радиус изотермического ядра r_c и внешний радиус r_t , определяемый приливным взаимодействием с другими системами (чаще употребляют отношение r_t/r_c , составляющее для галактик обычно 100—200). Нетрудно показать, что градиент яркости $n(r)$, определяемый соотношением (1), равен для модели Кинга

$$n(r) = \frac{2x^2}{1+x^2} \left[1 - \sqrt{\frac{1+x^2}{1+x_t^2}} \right]^{-1}, \quad (7)$$

где $x \equiv r/r_c$, $x_t \equiv r_t/r_c$. В центральной области, где $r \ll r_t$, множитель в квадратных скобках мало отличается от 1, и выражение для $n(r)$ совпадает с таковым для полностью изотермической системы ($r_t/r_c = \infty$).

Поскольку найденные нами из наблюдений значения параметров $\mu_1^{(0)}$, n_1 относятся к центральным областям галактик, определение с их помощью параметров μ_0 , r_c в модели Кинга является более оправданным, чем определение μ_s , r_s в формуле де Вокулёра. В настоящей статье мы ограничимся лишь общим замечанием о типичных значениях r_c для галактик рассматриваемой выборки.

На рис. 1 представлены значения $n(r)$ согласно (7), вычисленные для $r_t/r_c = 10, 30, 100$ и ∞ , в зависимости от r/r_c (сдвиг шкалы $\lg r/r_c$ относительно $\lg r/r_c$ сделан произвольно). Мы видим, что среднему значению градиента $\langle n_1 \rangle = 1.32$ отвечает $r_t/r_c \simeq 1.44$, и, по-

сколькx $r_1 = 1$ кпк, получаем $r_c \simeq 0.69$ кпк. Среднее значение r_c для 19 эллиптических галактик, изученных Корменди [6], равно $\langle r_c \rangle = 0.51 \pm 0.05$, т. е. того же порядка, что и приведенное выше для сферических подсистем спиральных галактик рассматриваемой выборки.

3. *Диаграмма $\mu_1^{(0)} - n_1$.* На рис. 2 представлены основные диаграммы $\mu_1^{(0)} - n_1$ для фильтров U , B и V , построенные на основании описанных в ч. I, II наблюдательных данных. Поскольку распределения для всех фильтров сходны между собой, мы ограничимся здесь рассмотрением характеристик распределений для полосы B , тем более, что они в значительной мере основаны на результатах сканирования.

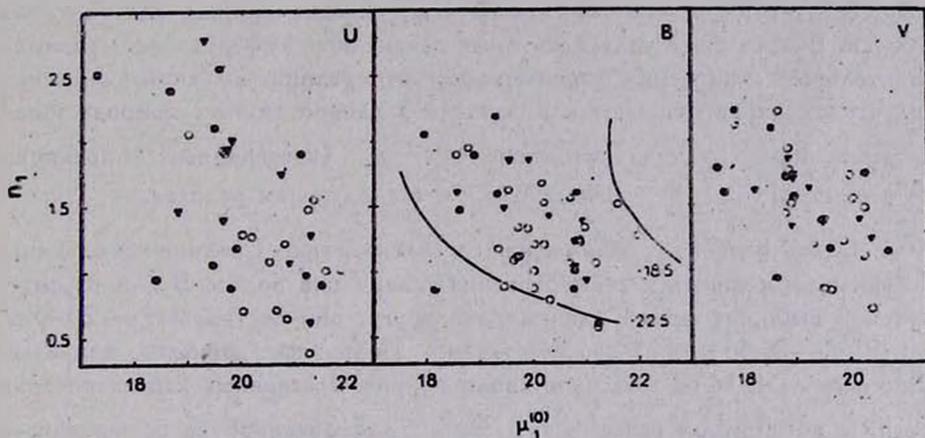


Рис. 2. Диаграмма $\mu_1^{(0)} - n_1$ для фильтров U , B , V . Открытые кружки — нормальные галактики, заполненные кружки — Sy 1, заполненные треугольники — Sy 2. Указаны линии $M_{V,abs} = \text{const}$ согласно (12).

Укажем прежде всего, что средние значения основных параметров равны:

$$\begin{cases} \langle \mu_1^{(0)} \rangle = 20.07 \pm 0.14, \\ \langle n_1 \rangle = 1.32 \pm 0.06 \end{cases} \quad (8)$$

для всех 45 галактик выборки,

$$\begin{cases} \langle \mu_1^{(0)} \rangle = 20.22 \pm 0.16, \\ \langle n_1 \rangle = 1.25 \pm 0.06 \end{cases} \quad (N) \quad (9)$$

— для 26 нормальных галактик и

$$\begin{cases} \langle \mu_1^{(0)} \rangle = 19.86 \pm 0.24, \\ \langle n_1 \rangle = 1.42 \pm 0.10 \quad (\text{Sy}) \end{cases} \quad (10)$$

— для 19 галактик Сейферта (см. табл. 1, ч. I, табл. 4, ч. II). Дисперсии распределений $\mu_1^{(0)}$ и n_1 для нормальных и сейфертовских галактик можно считать равными по критерию Фишера с уровнями значимости $P = 24\%$ и $P = 17\%$ соответственно. Применение критерия Стьюдента к сравнению средних $\langle \mu_1^{(0)} \rangle$, $\langle n_1 \rangle$ для этих двух групп объектов показывает, что соответствующие средние можно считать равными с уровнями значимости $P \simeq 20\%$ и $P \simeq 15\%$.

Таким образом, распределения показателей цвета (см. ч. II), поверхностной яркости и градиентов поверхностной яркости в центральных областях нормальных и сейфертовских галактик сходны между собой. Этот вывод следует из рассмотрения всей совокупности данных для галактик выборки. Вместе с тем, для некоторых галактик Сейферта наблюдаются значительные отклонения характеристик от средних значений. Значения этих отклонений обсуждаются в разделе 5 данной статьи; природа намечающейся корреляции на диаграмме $\mu_1^{(0)} - n_1$ (коэффициент корреляции для всех галактик $\rho = -0.46 \pm 0.12$) — в следующем разделе.

4. *Связь основных параметров со светимостью.* Средние абсолютные величины нормальных и сейфертовских галактик в полосе B для рассматриваемой выборки весьма близки друг другу; они составляют -20.45 ± 0.19 и -20.66 ± 0.21 соответственно. Пользуясь данными, приведенными в табл. 4, ч. II, мы сопоставили на рис. 3 основные характеристики $\mu_1^{(0)}$, n_1 с абсолютной светимостью $M_B^{(0)}$, исправленной за поглощение в Галактике, внутреннее поглощение в объекте и K -эффект.

Как свидетельствует рис. 3, градиент поверхностной яркости n_1 не обнаруживает явной корреляции с $M_B^{(0)}$, в то время как для $\mu_1^{(0)}$ имеется линейная связь с абсолютной величиной ($\rho = 0.76 \pm 0.06$).

Мы приходим, таким образом, к необходимости объяснить представленные на рис. 2 и 3 соотношения основных параметров $\mu_1^{(0)}$, n_1 между собой и абсолютной величиной $M_B^{(0)}$. Возникает естественный вопрос: какого рода зависимости между указанными величинами следует ожидать в общем случае для сферических подсистем галактик? Для ответа на этот вопрос рассмотрим, как наиболее простую, формулу де Вкулёра, имея в виду, что и другие законы распределения яркости приводят к сходным результатам.

Найдем сначала выражение для абсолютной величины $M_{\text{в.с.}}(\mu_e, r_e)$, соответствующее распределению поверхностной яркости в форме (2). Нетрудно показать, что

$$M_{\text{в.с.}} = \mu_e - 5 \lg r_e^{(\text{кпк})} - 2.5 \lg \left[\frac{10^4 (8!) S^2}{4q^3} \right] \simeq \mu_e - 5 \lg r_e^{(\text{кпк})} - 39.961, \quad (11)$$

где $q \simeq 7.66925$ — корень уравнения (3) и $S \simeq 5.34638 \cdot 10^{11}$ — число квадратных секунд дуги, соответствующее телесному углу 4π ср. Для перехода от (μ_e, r_e) к величинам (μ_1, n_1) , характеризующим профиль яркости на некотором фиксированном расстоянии r_1 , следует, очевидно, воспользоваться выражениями (5) и (6). Таким путем получаем из (11):

$$\begin{aligned} M_{\text{в.с.}} &= \mu_1 - 5 \lg r_1^{(\text{кпк})} - \frac{10}{\ln 10} n_1 + 20 \lg n_1 - 2.5 \lg \left[\frac{10^4 (7!) S}{2^{13}} \right] \simeq \\ &\simeq \mu_1 - 5 \lg r_1^{(\text{кпк})} - 4.343 n_1 + 20 \lg n_1 - 37.288. \end{aligned} \quad (12)$$

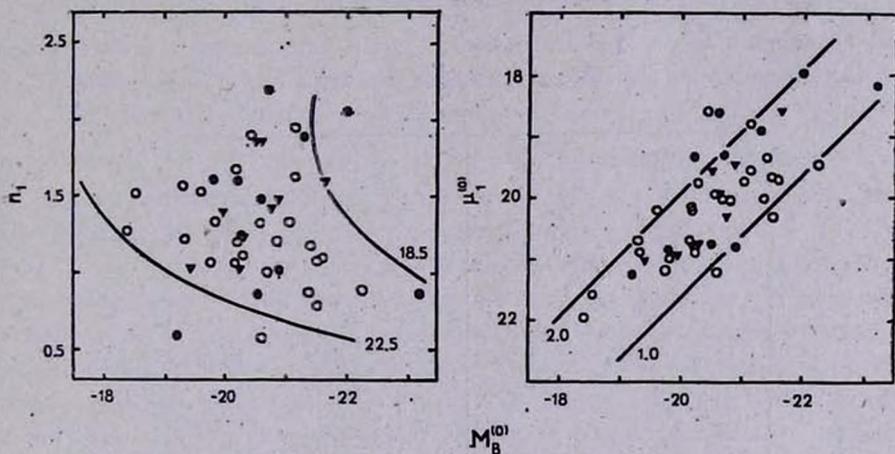


Рис. 3. Сопоставление параметров $\mu_1^{(0)}$, n_1 и абсолютной величин галактик $M_B^{(0)}$. На рис. 3а указаны линии $\mu_1^{(0)} = \text{const}$ и на рис. 3б — линии $n_1 = \text{const}$ согласно (12).

Обратим внимание, что в (12) уже не входит величина q — она сопутствует лишь переменным (μ_e, r_e) . Следует также отметить, что в (12) не появляется третий свободный параметр, т. к. в законе де Вокулёра r_e — вполне определенное расстояние, заключающее $1/2$ полной светимости, а r_1 в (12) — произвольное расстояние.

Итак, мы представили светимость сферической подсистемы в виде функции наблюдаемых на произвольном фиксированном расстоянии r , значений поверхностной яркости μ_1 и градиента μ_1 . Трудно ожидать, что, подставив $\mu_1^{(0)}$ и μ_1 из табл. 4, ч. II в (12), мы получим близкие к реальным значения светимостей сферических подсистем — для восстановления всего профиля яркости по локальным параметрам $\mu_1^{(0)}$, μ_1 необходимо знать последние весьма точно. Кроме того, известно, что формула де Вокулёра недостаточно корректно описывает самые центральные и, что особенно важно, наиболее удаленные области галактик, и это вносит систематическую ошибку в (12). Для нас, однако, наиболее существенным является то обстоятельство, что формула (12) позволяет понять характер зависимостей между величинами M , μ_1 и μ_1 , т. е. интерпретировать диаграммы на рис. 2, 3.

Прежде чем перейти к рассмотрению указанных диаграмм, убедимся, что (12) дает разумные оценки (с точностью до сдвига) абсолютных величин сферических подсистем галактик. Следует ожидать, что в этом случае $M_{V_{\text{вус.}}}$ будет достаточно тесно коррелировать с полной абсолютной величиной галактики $M_B^{(0)}$. Действительно, такая корреляция имеет место (рис. 4а). Если не принимать во внимание галактик NGC 5364 и NGC 4051,

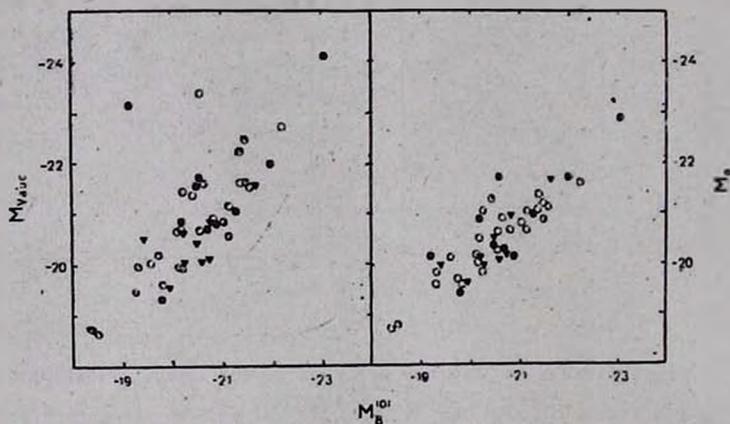


Рис. 4. а) Соотношение между абсолютной величиной галактики $M_B^{(0)}$ и $M_{V_{\text{вус.}}}$, вычисленной согласно (12) по наблюдаемым значениям $\mu_1^{(0)}$ и μ_1 . б) Соотношение между $M_B^{(0)}$ и наилучшим линейным представлением светимости $M_g(\mu_1^{(0)}, \mu_1)$.

для которых, по-видимому, формула де Вокулёра неприменима, коэффициент корреляции между $M_{V_{\text{вус.}}}$ и $M_B^{(0)}$ оказывается равным $\rho = 0.87 \pm 0.04$.

Весьма важно подчеркнуть, что $M_{V_{auc}}$ определяется из (12) только по наблюдаемым значениям μ_1 и n_1 (взятым из табл. 4, ч. II), т. е. мы нашли такую комбинацию наблюдаемых параметров, которая оказалась тесно связанной с абсолютной величиной галактики $M_B^{(0)}$. Конкретная форма этой комбинации μ_1 и n_1 зависит от используемой при поисках модели (скажем, для закона Кинга она несколько отличается от (12)), однако в любом случае она должна быть близка к наилучшей зависимости, которая существует между светимостью сферической составляющей и величинами μ_1 , n_1 . Лучшее линейное соотношение между абсолютной величиной галактики M_B , μ_1 и n_1 , найденное методом множественной регрессии по данным табл. 4, ч. II, имеет вид:

$$M_B = 0.970 \mu_1^{(0)} + 1.15 n_1 - 41.52. \quad (13)$$

Соотношение $M_B - M_B^{(0)}$ представлено на рис. 4b, коэффициент корреляции для всех 45 объектов в данном случае $\rho = 0.87 \pm 0.04$ равен коэффициенту корреляции зависимости $M_{V_{auc}} - M_B^{(0)}$, так что последняя действительно может считаться в определенном смысле близкой к оптимальной.

Вернемся к вопросу об интерпретации диаграмм, представленных на рис. 2, 3. Ввиду сказанного выше представляется вероятным, что распределения $[\mu_1^{(0)} - n_1]$, $[n_1 - M_B^{(0)}]$, $[\mu_1^{(0)} - M_B^{(0)}]$ представляют собой проекции на соответствующие плоскости общего 3-мерного соотношения между M , μ_1 и n_1 , определяемого формулами типа (12) или (13). В частности, если воспользоваться соотношением (12), то для проверки сделанного предположения следует положить в нем последовательно $M_{V_{auc}} = \text{const}$, $\mu_1 = \text{const}$ и $n_1 = \text{const}$. Соответствующие линии фиксированных светимостей, поверхностной яркости и градиента при $r_1 = 1$ кпк указаны на рис. 2 и 3. Мы видим, что наблюдаемые двумерные распределения действительно сосредоточены в областях, соответствующих достаточно четко выраженной 3-мерной зависимости между M , μ_1 и n_1 . Происхождение последней было выяснено нами ранее.

Распределения параметров на всех рассмотренных в данном разделе диаграммах для нормальных и сейфертовских галактик существенно не различаются.

5. *Близкие сейфертовские галактики. Классы Sy 1 и Sy 2.* В I части мы отмечали, что при сопоставлении характеристик нормальных и сейфертовских галактик возможно влияние дифференциальных эффектов селекции ввиду различия средних расстояний этих двух групп объектов. С це-

лью выяснения этого вопроса мы исключили из выборки сейфертовских галактик, перечисленных в табл. 1, ч. I, 9 объектов с расстояниями, превосходящими 50 Мпк. Оставшуюся выборку 10 сейфертовских галактик будем для краткости называть $Sy (D \leq 50)$, в то время как исходную выборку 19 галактик — $Sy (D \leq 100)$. Для выборки $Sy (D \leq 50)$ среднее расстояние галактик $\langle D \rangle = (22.3 \pm 3.4)$ Мпк приблизительно равно таковому для группы нормальных галактик (без М31) $\langle D \rangle = (20.2 \pm 2.2)$ Мпк.

Значения основных параметров для указанных трех групп объектов приведены в табл. 1. Из нее видно, что ближайшие сейфертовские галактики меньше отличаются от нормальных спиральных систем, чем все объекты выборки $Sy (D \leq 100)$. Исключение составляют показатели цвета на расстоянии 1 кпк от центра $(U-B)_1^{(0)}$ и $(B-V)_1^{(0)}$, в среднем несколько уменьшившие свои значения (см. ч. II), однако различие соответствующих показателей для нормальных галактик и объектов $Sy (D \leq 50)$ все еще остается незначимым. В частности, показатель цвета $(U-B)_1^{(0)}$ можно считать одинаковым с уровнем значимости $P \simeq 13\%$. Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что вопрос о различии цвета центральных областей галактик нуждается в дальнейшем изучении на основе расширенной сводки наблюдательных данных. Приведенные в табл. 1 значения средне-

Таблица 1

Параметры	Нормальные галактики	$Sy (D < 100)$	$Sy (D < 50)$	Sy 1	Sy 2
N	26	19	10	10	9
$M_B^{(0)}$	-20.45 ± 0.19	-20.66 ± 0.21	-20.50 ± 0.36	-20.83 ± 0.35	-20.46 ± 0.21
n_1	1.25 ± 0.06	1.42 ± 0.10	1.26 ± 0.15	1.41 ± 0.17	1.43 ± 0.10
$\mu_1^{(0)}$	20.22 ± 0.16	19.86 ± 0.24	20.08 ± 0.36	19.60 ± 0.35	20.15 ± 0.28
$(U-B)_1^{(0)}$	0.28 ± 0.07	0.11 ± 0.11	0.07 ± 0.13	-0.04 ± 0.16	0.15 ± 0.14
$(B-V)_1^{(0)}$	0.76 ± 0.05	0.69 ± 0.06	0.67 ± 0.07	0.65 ± 0.11	0.74 ± 0.05
$\rho[n_1 - \mu_1^{(0)}]$	-0.31 ± 0.18	-0.54 ± 0.17	-0.40 ± 0.30	-0.53 ± 0.26	-0.69 ± 0.20
$\rho[n_1 - M_B^{(0)}]$	0.30 ± 0.19	-0.23 ± 0.23	-0.08 ± 0.35	-0.14 ± 0.35	-0.57 ± 0.26

квадратичных ошибок коэффициентов корреляции ρ при малом объеме выборок плохо характеризуют действительную неопределенность оценки

ρ (см. [7]). Преобразование Фишера $z = \frac{1}{2} \ln (1 + \rho)/(1 - \rho)$ позволяет

заключить, что зависимости в табл. 1 весьма слабы.

Таким образом, рассмотрение выборки близких сейфертовских галактик согласуется со сделанным выше выводом о том, что фотометрические характеристики их центральных областей не являются пекулярными.

Что касается возможного различия характеристик галактик типов Sy 1 и Sy 2, то здесь качественную информацию можно получить из рассмотрения рисунков, помещенных в частях I, II данной работы. Именно, рисунки показывают, что распределения объектов обоих классов весьма сходны друг с другом. Это заключение подтверждается и анализом численных значений основных параметров (табл. 1).

6. *Морфологические типы.* Одним из условий составления выборки нормальных галактик, рассматривающейся в настоящей работе (см. раздел 2, ч. I), являлась принадлежность галактики к ранним подклассам спиральных систем, как это наблюдается для галактик Сейферта. Полученное в итоге распределение нормальных галактик по подклассам Sa—Sb—Sc хаббловской классификации приблизительно совпадает с таковым для сейфертовских объектов (рис. 5), однако в выборку по случайным обстоятельствам не вошли нормальные галактики типов S0 и S0/a. Это следует иметь в виду при интерпретации диаграмм, представленных на рис. 5.

Рассмотрение указанных диаграмм позволяет заключить, что зависимость светимости $M_B^{(0)}$ и поверхностной яркости на 1 кпк $\mu_1^{(0)}$ от морфологического класса отсутствует в равной степени как для нормальных, так и для сейфертовских объектов. Однако градиент n_1 на расстоянии 1 кпк от центра в среднем систематически уменьшается при переходе от ранних подклассов к поздним. Это особенно заметно для галактик Сейферта, но в данном случае тенденция подчеркнута галактиками типов S0 и S0/a, отсутствующими среди нормальных галактик. Представляется весьма вероятным, что при равном представительстве типов S0, S0/a среди рассматриваемых двух групп галактик зависимость градиент — тип для них имела бы сходный вид.

Необходимо отметить, что при рассмотрении лишь сейфертовских галактик, находящихся ближе 50 Мпк, тенденция уменьшения n_1 при переходе к поздним классам сохраняется в столь же явном виде, как и для всех галактик Sy ($D \leq 100$). Природу зависимости градиента яркости от морфологического типа мы обсудим в дальнейшем; здесь же лишь обратим внимание на тот факт, что распределения нормальных и сейфертовских галактик на диаграммах $M_B^{(0)}$, $\mu_1^{(0)}$, n_1 — морфологический класс имеют сходный вид. Аналогичный вывод следует и для галактик типов Sy 1 и Sy.2.

7. Заключение. Перечислим основные результаты данной работы.

1. Получены фотоэлектрические оценки распределения поверхностной яркости в 17 галактиках, в том числе в 9-и сейфертовских объектах. Сопо-

ставление сканов с данными, найденными обычным методом круговых апертур, показывает, что для не слишком сильно наклоненных к лучу зрения галактик мультиапертурная фотометрия точна в пределах ~ 0.2 .

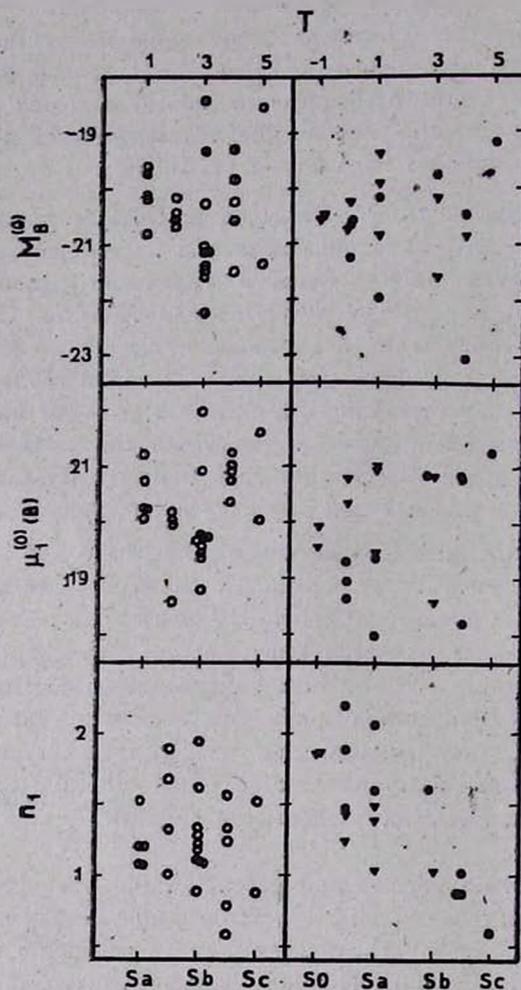


Рис. 5. Распределение основных параметров в зависимости от морфологического типа для нормальных и сейфертовских галактик.

2. Образована выборка, включающая 26 нормальных и 19 сейфертовских галактик. Определены основные наблюдательные параметры, характеризующие объекты выборки, в частности, поверхностная яркость $\mu_1^{(0)}$, градиент яркости n_1 , показатели цвета $(U - B)_1^{(0)}$ и $(B - V)_1^{(0)}$ на расстоянии 1 кпк от центра.

3. Диапазон изменения характерных параметров, а также корреляции этих параметров между собой и с абсолютной светимостью галактик $M_B^{(0)}$ находят естественное объяснение в рамках стандартных моделей сферических подсистем галактик.

4. Общий вид распределений поверхностной яркости в области $r \leq \leq 2$ кпк одинаков для нормальных и сейфертовских галактик. Не различаются значимо и распределения параметров $\mu_1^{(0)}$, n_1 , $(U - B)_1^{(0)}$, $(B - V)_1^{(0)}$.

5. Соотношения между $M_B^{(0)}$, $\mu_1^{(0)}$, n_1 и морфологическим классом для нормальных и сейфертовских галактик имеют приблизительно одинаковый вид.

6. Фотометрические характеристики галактик типов Sy 1 и Sy 2 сходны между собой.

Перечисленные результаты согласуются с точкой зрения, согласно которой галактики, содержащие сейфертовские ядра, не отличаются в других отношениях от обычных галактик, так что последние тоже, по-видимому, могут проходить сейфертовскую стадию.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что вопрос о существовании различий других, не рассмотренных в данной работе, характеристик сейфертовских и нормальных спиральных галактик остается открытым, и поиски в этом направлении представляют несомненный интерес.

Специальная астрофизическая
 обсерватория АН СССР,
 Крымская лаборатория
 Государственного астрономического
 института им. П. К. Штернберга

SURFACE BRIGHTNESS DISTRIBUTIONS IN SEYFERT GALAXIES. III. DATA ANALYSIS

V. L. AFANAS'EV, V. T. DOROSHENKO, V. Yu. TEREbizH

Observational data obtained in our previous papers [1, 2] on surface brightness distributions $\mu(r)$ are discussed for normal and Seyfert galaxies. The profile $\mu(r)$ is the same in general for both considered groups of objects. The values of surface brightness $\mu_1^{(0)}$, brightness gradient n_1 and color indexes $(U - B)_1^{(0)}$, $(B - V)_1^{(0)}$ are calculated for the central parts of spheroidal components at the distance 1 kpc away



from the centers of galaxies. The range of main parameter variations, mutual correlations of parameters and their correlations with absolute galactic magnitude are naturally explained in the standart model frames of galactic spheroidal components. The relations mentioned above are approximately the same for normal and Seyfert galaxies. Photometric characteristics of central regions of Sy 1 and Sy 2 galaxies are similar. The results agree with the suggestion that all the bright enough spiral galaxies spent approximately 10^8 years in the Seyfert stage.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Афанасьев, В. Т. Дорошенко, В. Ю. Тербиж, *Астрофизика*, 24, 333, 1986.
2. В. Л. Афанасьев, В. Т. Дорошенко, В. Ю. Тербиж, *Астрофизика*, 24, 425, 1986.
3. G. de Vaucouleurs, *Ann. d'Ap.*, 11, 247, 1948.
4. G. de Vaucouleurs, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 113, 134, 1953.
5. I. King, *Astron. J.*, 67, 471, 1962.
6. J. Kormendy, *Astrophys. J.*, 218, 333, 1977.
7. М. Кендалл, А. Стюарт, *Статистические выводы и связи*, Наука, М., 1973, стр. 390.