

УДК: 524.45—323.2

ПРЕИМУЩЕСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК КАК СЛЕДСТВИЕ ЭФФЕКТА СЕЛЕКЦИИ

В. П. РЕШЕТНИКОВ

Поступила 12 января 1984

Принята к печати 25 июля 1984

Показано, что наблюдаемая преимущественная ориентация сейфертовских галактик «плашмя» по отношению к наблюдателю в значительной степени связана с эффектами селекции — выбором их из галактик Маркаряна, для которых этот эффект естественно объясняется самопоглощением в ультрафиолете.

1. *Введение.* Известно [1, 2], что сейфертовские галактики показывают тенденцию быть видимыми преимущественно под малыми углами к лучу зрения («плашмя»). Этот вывод сделан на основании сопоставления распределений галактик по видимому отношению осей b/a в сходных выборках сейфертовских и нормальных спиральных галактик. В качестве физических причин, объясняющих эту тенденцию, рассматриваются две: поглощение света в галактиках и асимметрия движения газа в центральных областях [3]. В работе Кила [1] исследовалась еще одна возможная причина, связанная с эффектами селекции: поскольку большая часть сейфертовских галактик обнаружена среди галактик из списков Маркаряна, то наличие преимущественной ориентации «плашмя» среди галактик Маркаряна могло бы объяснить аналогичную тенденцию у сейфертовских галактик. Килом была образована выборка, содержащая 45 галактик Маркаряна с известным отношением осей и спектром типа «S» — сильная концентрация к ядру, и изучено распределение в ней галактик по b/a . Распределение оказалось сходным с распределением для нормальных галактик.

Из-за ограниченного объема выборки этот результат, однако, не кажется убедительным. В настоящей статье проводится сопоставление распределений по наклону нормальных, сейфертовских и маркаряновских галактик по данным Морфологического каталога (MCG) [4] и показывает, что эффекты селекции могут играть заметную роль.

2. *Интервалы углов MCG.* В Морфологическом каталоге галактик, содержащем более 30 000 галактик ярче 15^m , для каждого объекта приве-

дена оценка наклона по «визуальному впечатлению». Точность такой оценки невелика, но, вероятно, немногим уступает оценке наклона по видимому отношению осей, для которой необходимо знать истинную форму галактики. В пользу визуальной оценки говорит также возможность судить о наклоне по условиям видимости различных структурных образований галактики — ядра, спиралей и т. п. Наклон в MCG выражен в пятибалльной шкале: I—V, где I соответствует галактике, видимой «плашмя», V — «с ребра», а II, III, IV — промежуточным положениям.

MCG состоит из пяти частей. Ограничимся рассмотрением первых четырех, материал которых, по-видимому, однороден (Пятая, вышедшая заметно позже предыдущих, по мнению авторов, включает галактики лишь до 14^m). Из 29 000 пронумерованных галактик у 23 158 приведены оценки наклона (включены оценки со знаком вопроса). Доля галактик с неоцененным наклоном составляет 20.1%. Считаем, что наклон приведен для всех спиральных и части иррегулярных галактик, а к галактикам, для которых наклон не указан, относятся все эллиптические. Это предположение, по-видимому, с достаточной степенью точности справедливо: согласно Достаю [5] в Морфологическом каталоге содержится 73.5% спиральных, 1.5% иррегулярных 24.3% эллиптических галактик. Распределение галактик каталога по классам, характеризующим наклон, представлено в табл. 1.

Таблица 1

i	p_i	$\Delta\omega^\circ$
I	0.357	0.0—50.0
II	0.278	50.0—68.6
III	0.191	68.6—80.0
IV	0.093	80.0—85.4
V	0.081	85.4—90.0

Зная это распределение, по формуле $p_i = \cos \omega_i - \cos \omega_{i-1}$ (см., например, [6]) оцениваются вероятные границы интервалов углов наклона (третий столбец табл. 1). Подобная оценка была произведена Фесенко [7] по выборке 1762 галактик из MCG, размеры которых превышают $2'$. Однако, если использовать, как это делаем мы, весь каталог, в которых включены галактики до некоторой предельной величины ($15^m.1$ в MCG), то необходимо учесть поправку за самопоглощение, искажающее распределение. Действительно, если выборка галактик сделана до некоторой предельной звездной величины, из-за самопоглощения в каталоге окажется заметным

недостаток галактик, видимых под большими углами и избыток — видимых «плашмя». Учитывая, что рассматриваемая выборка содержит более 20 000 галактик, следует ожидать, что, несмотря на невысокую точность оценок звездных величин и наклонов в Морфологическом каталоге, этот эффект окажет заметное влияние на наблюдаемое в каталоге распределение по наклонам. Оценим эти соображения количественно.

Пусть g — доля галактик каталога с оцененным наклоном — одинаково для всех m (в MCG $g = 0.799$), q_i — истинное содержание галактик в интервале наклона i , $S(\square^\circ)$ — площадь охватываемого каталогом участка небесной сферы и Δm_i — самопоглощение для галактики с наклоном i относительно галактики, видимой „плашмя“. Тогда, пользуясь формулой полного числа галактик в 1 кв. град. до звездной величины m ($\lg N(m) = 0.6m + \text{const}$), получаем число галактик с наклоном i в каталоге с предельной величиной m :

$$N_i = S \cdot g \cdot q_i \cdot 10^{\text{const}} \cdot 10^{0.6(m - \Delta m_i)}.$$

Следовательно, наблюдаемое в каталоге содержание галактик в интервале наклона i :

$$p_i = \frac{q_i \cdot 10^{-0.6\Delta m_i}}{\sum_{i=1}^5 q_i \cdot 10^{-0.6\Delta m_i}}. \quad (1)$$

Пользуясь (1), найдем q_i . В первом приближении берем границы углов Морфологического каталога без учета самопоглощения — из табл. 1. Далее для каждого интервала углов по работе Хейдмана и др. [8] оцениваем среднее самопоглощение $\Delta m_i(B)$, подставляем вместе с p_i из табл. 1 в (1), решаем систему и находим свое приближение q_i . По q_i находим более точные границы углов MCG и снова повторяем описанные выше операции. Результат приводится в табл. 2 (во втором столбце — среднее самопоглощение для данного класса наклона). Считаем, что возможная ошибка Δm_i менее $0^m 10$; тогда погрешность q_i не более 0.020.

Таблица 2

i	Δm_i	q_i	$\Delta \omega^\circ$
I	$0^m 0$	0.268	0.0—42.9
II	0.14	0.243	42.9—60.7
III	0.27	0.200	60.7—73.2
IV	0.45	0.125	73.2—80.6
V	0.75	0.164	80.6—90.0

Необходимо отметить, что полученные выше оценки интервалов углов Морфологического каталога находятся в хорошем согласии с результатом Фесенко [7], который использовал выборку, ограниченную не по звездной величине, а по видимому диаметру, что позволяло не учитывать самопоглощение. Это согласие подтверждает предположение о том, что эффекты, связанные с собственным поглощением в галактиках, действительно присутствуют в МСГ и оказывают заметное влияние на истинное распределение галактик по классам наклона.

3. *Распределение по наклонам МСГ галактик Сейферта и Маркаряна.* На основе работ Терезижа [9] и Хукра и др. [10] была образована выборка, состоящая из 110 сейфертовских галактик, имеющих номер по Морфологическому каталогу. У 87 из них приведены оценки наклона. Состав выборки:

i	p_i
I	0.471
II	0.310
III	0.138
IV	0.069
V	0.012

(I)

Распределение (I) сильно асимметрично (асимметрия здесь и в дальнейшем понимается по отношению к данным табл. 1) — заметно преобладание галактик, видимых «плашмя». Вероятность случайного возникновения асимметрии (1) как случайной выборки из совокупности Морфологического каталога по критерию χ^2 не более 0.04.

Аналогичное распределение для галактик Маркаряна, входящих в МСГ и не являющихся сейфертовскими (их 535), таково:

i	p_i
I	0.416
II	0.373
III	0.138
IV	0.041
V	0.032

(II)

Как и в случае галактик Сейферта, заметно преобладание галактик, видимых под малыми углами. Вероятность случайного образования такой выборки из МСГ по χ^2 менее 0.001.

Для проверки реальности обнаруженной тенденции были привлечены данные UGCG [11]. В этом каталоге для спиральных галактик приведены оценки наклона по семибальной шкале: 1 — «плашмя», 7 — «с ребра». По I—XV спискам Маркаряна была составлена выборка из 128 галактик, входящих в UGCG и имеющих оценку наклона. Выяснилось, что более 60% галактик выборки имеют наклоны 1—3. Выборка галактик Маркаряна сравнивалась с четырьмя случайными выборками нормальных спиральных галактик (каждая включала 128 галактик). Все контрольные выборки продемонстрировали полное отсутствие тенденции, обнаруженной для галактик Маркаряна, и даже более — показали противоположную тенденцию (некоторое преобладание галактик, видимых «с ребра»). По χ^2 вероятность совпадения выборок галактик Маркаряна и контрольных менее 0.001.

Сравним распределения галактик Сейферта (I) и Маркаряна (II). По χ^2 вероятность их совпадения около 0.4. Это дает основание для предположения, что хотя бы часть наблюдаемой асимметрии распределения сейфертовских галактик есть следствие существования аналогичной асимметрии у галактик Маркаряна. В свою очередь, вероятной причиной асимметрии (II) является наблюдательная селекция при отборе галактик Маркаряна по УФ-избыткам, т. е. самопоглощение галактик в ультрафиолете. Оценим величину этого поглощения. Подставляем в (1) p_i из (II), q_i из табл. 2 и получаем:

i	Δm_i
I	0 ^m 0
II	0.01
III	0.59
IV	1.13
V	1.50

Точность оценок Δm_i невелика и они характеризуют лишь некое эффективное самопоглощение в том диапазоне длин волн, в котором галактики отбирались. По III, IV и V наклонам оценки Δm_i примерно в два раза больше, чем в табл. 2. Считая, что данные табл. 2 относятся к оптическому диапазону с $\lambda \approx 0.5$ мкм, получаем, что Δm_i галактик Маркаряна соответствуют $\lambda \approx 0.2—0.3$ мкм, т. е. ультрафиолету, что и предполагалось с самого начала. Вообще говоря, применение формулы (1) к выборке галактик Маркаряна предполагает, что, ограничив выборку по видимой звездной величине, мы ограничили ее и по «УФ звездной величине», что, в среднем, по-видимому, справедливо.

Возвращаясь к сравнению распределений (I) и (II), следует отметить, что асимметрия распределения галактик Сейферта несколько более ярко

выражена. Если для них по (1) найти оценки эффективного самопоглощения, которое могло бы произвести наблюдаемую асимметрию, то они окажутся в среднем больше, чем для галактик Маркаряна.

Таким образом, наблюдаемая преимущественная ориентация сейфертовских галактик в значительной степени связана с эффектами селекции (выбором их из галактик Маркаряна, для которых этот эффект естественно объясняется самопоглощением в УФ). Возможными физическими причинами являются также: аномальность поглощения — в сейфертовских галактиках больше поглощающей материи и/или сильнее ее концентрация к галактической плоскости и анизотропия зоны эмиссионных линий.

Автор благодарен В. А. Гаген-Торну за полезное обсуждение и большую помощь в подготовке статьи.

Ленинградский государственный
университет

THE PREFERABLE ORIENTATION OF SEYFERT GALAXIES AS THE RESULT OF SELECTION EFFECT

V. P. RESHETNIKOV

The observed preferable orientation of Seyfert galaxies "face on" is shown to be presumably the result of selection effect, that is the choice of these galaxies from Markarian objects for which this effect is naturally explained by self-absorption in ultraviolet.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. C. Keel, A. J., 85, 198, 1980.
2. В. Т. Дорошенко, В. Ю. Теребиж, *Астрофизика*, 16, 393, 1980.
3. В. Ю. Теребиж, Автореферат диссертации, М., 1982.
4. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, В. П. Архипова, Морфологический каталог галактик, МГУ, М., 1962—1974.
5. В. А. Досталь, *Астрон. ж.*, 56, 247, 1979.
6. Т. А. Азекян, Теория вероятностей для астрономов и физиков, Наука, М., 1974, стр. 67.
7. Б. И. Фесенко, *Астрон. ж.*, 49, 97, 1972.
8. J. Heidmann, N. Heidmann, G. de Vaucouleurs, *Mem. RAS*, 75, 85, 1972.
9. В. Ю. Теребиж, *Астрофизика*, 16, 45, 1980.
10. J. P. Huchra, W. F. Wyatt, M. Davis, A. J., 87, 1628, 1982.
11. P. Nilson, *Uppsala Astr. Obs. Ann.*, No. 6, 1973.