

# Балдж-диск декомпозиция ультратонких галактик

Антипова А.В., Макаров Д.И.

## Введение

Тонкими называют галактики, которые располагаются под очень большим углом к наблюдателю (практически с ребра), у которых видимое отношение осей  $a/b > 7$  в фильтре В. Этот простой критерий ограничивает галактики до Sc - Sd морфологических типов (Karachentsev et al. 1999).

Из данного типа галактик следует выделить объекты с еще большим отношением осей  $a/b > 10$ , такие галактики называют ультратонкими (Goad et al. 1979). Исследования этих объектов чрезвычайно важно для понимания эволюции галактик поздних типов. Теория формирования и эволюции галактик предсказывают большое количество малых слияний за время жизни галактики, что должно приводить к разогреву диска и последующему росту балджа. Согласно предсказаниям моделей иерархического сгущения (White et al. 1991) в ходе космологической эволюции к настоящему моменту должна сохраниться только малая доля простых дисковых галактик.

Галактики, видимые с ребра, являются практически единственными объектами за пределами Млечного Пути, в которых возможно непосредственное исследование вертикального распределения вещества в дисках, что в свою очередь открывает возможность изучения трехмерного распределения вещества в галактиках. Несмотря на то, что галактики, видимые с ребра, активно изучались различными группами, только сравнительно небольшая доля объектов имеет фотометрию хорошего качества. Хотя, совместно с данными о кинематике, надежная фотометрия галактик могла бы являться прекрасной базой для исследования распределения светящейся и темной материи в этих галактиках.

## Формирование выборки и данные

Наша выборка основана на каталоге тонких галактик RFGC (Karachentsev 1999) и включает 150 галактик с наблюдаемым отношением осей  $a/b > 10$  в фильтре В и  $a/b > 8.5$  в фильтре R. Мы отобрали галактики со склонением  $\delta < -25^\circ$  и размером большой оси  $a < 4'$ , не имеющих известных кривых вращения. Данные критерии были подобраны из соображений удобства спектроскопических наблюдений с редуктором светосилы SCORPIO на 6-м телескопе CAO PAH-B данной работе мы используем изображения полученные в ходе обзора неба Pan-STARRS1 (DR2). Выбор этого обзора основан на том, что Pan-STARRS доступно 3/4 всего неба, что значительно увеличивает вероятность наличия данных для всей нашей выборки.

## Декомпозиция

В нашей работе проводилась декомпозиция двумерных изображений ультратонких галактик с помощью программного пакета DECA (Mosenkov 2014). В данной работе мы ограничиваемся декомпозицией галактик на два компонента, балдж и диск, с определением параметров этих компонентов, поскольку для галактик, расположенных под большим углом к наблюдателю, сложно определить наличие спиральных ветвей, бара и других структур. В данной работе для аппроксимации профиля галактик используется двухкомпонентная модель, включающая дисковый компонент и балдж. Диск описывается законом  $\text{sech}^2$  вдоль вертикальной шкалы и модифицированной функции Бесселя в радиальном направлении, балдж описывается законом Серсика.

## Сравнение параметров с SDSS

Для пересекающихся выборок мы приводим сравнение параметров, полученных в ходе декомпозиции, с данными из Catalog of Edge-on Disk Galaxies from SDSS (EGIS) (EGIS2014). Мы привели сравнение интегральных звездных величин, поскольку они наименее подвержены влиянию методики измерений, используемой разными авторами. С учетом поглощения в нашей Галактике по работе (Schlafly et al. 2011) для фильтра g разность величин с каталогом EGIS  $-0.25 \text{ mag} \pm 0.03$ . Разность для фильтров r и i соответственно равна  $-0.18 \text{ mag} \pm 0.02$ ,  $-0.11 \text{ mag} \pm 0.03$ . Таким образом, наши измерения показывают статистически более высокий поток, чем приводится в каталоге EGIS. Мы связываем это с разницей применяемых подходов. В каталоге EGIS звездные величины галактик определяются в конечных аперттурах, что приводит к недооценке их блеска. В нашей работе для определения звездных величин галактик мы используем аналитическую модель, что позволяет получать оценки в бесконечной апертуре.

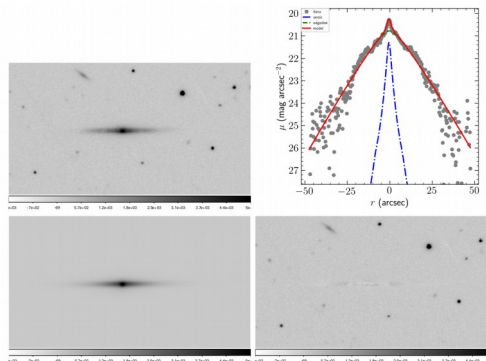


Рис. 1. Декомпозиция галактики RFGC2714 в фильтре g. Левая верхняя панель - прямое изображение галактики. Правая верхняя панель - фотометрический разрез галактики вдоль большой оси в фильтре g и аппроксимирующее его модели. Зеленой пунктирной линией показан экспоненциальный диск, синей пунктирной линией с точкой - балдж, описываемый законом Серсика. Красная сплошная линия - суммарная модель. Левая нижняя панель - суммарная модель диска и балджа. Правая нижняя панель - разностное изображение, полученное вычитанием суммарной модели из изображения галактики.

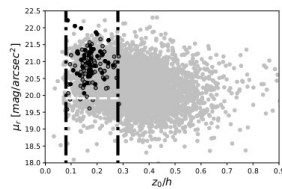


Рис. 6. Зависимость поверхностной яркости от отношения шкал в фильтре g.

Поверхностная яркость не пересчитывалась в положение плашмя. Серые точки - данные, взятые из каталога EGIS; серые кружки - галактики нашей выборки без центрального компонента, черные кружки - галактики нашей выборки с центральным компонентом)

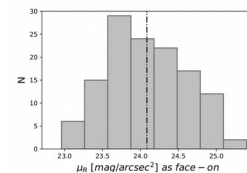


Рис. 4. Распределение галактик из нашей выборки по поверхностной яркости в фильтре В в положении "плашмя".

Средняя поверхностная яркость нашей выборки галактик  $20.86 \pm 0.04$ , медиана 20.88. Выборка сформированная из каталога EGIS дает среднее значение (в диапазоне  $z_0/h$  от 0.08 до 0.28)  $20.47 \pm 0.01$ , медианное значение 20.49.

В результате сравнения галактик морфологических типов Sc и Sd по поверхностным яркостям и отношению шкал показано, что галактики Sd типа имеют более низкую поверхностную яркость и в среднем являются чуть более тонкими. Тест Колмогорова-Смирнова для распределения по поверхностной яркости дает  $p\text{-value} = 0.001$ . Различные выборки проявляются сильнее ( $p\text{-value} = 1.2 \cdot 10^{-9}$ ) при сравнении распределений по отношению шкал, которые были взяты из каталога EGIS. Среднее арифметическое значение отношения шкал Sc галактик  $0.236 \pm 0.004$ , Sd галактик -  $0.200 \pm 0.004$ .

Мы нашли, что количество спутников может оказывать влияние на поверхностную яркость галактики и ее относительную толщину. Средняя поверхностная яркость галактик, имеющих более 3 спутников, равна  $20.51 \pm 0.04 \text{ mag/arcsec}^2$ , во время как у галактик, имеющих менее 3 спутников,  $20.60 \pm 0.02 \text{ mag/arcsec}^2$ . Этот эффект проявляется на уровне 2 сигма и нуждается в дополнительном исследовании.

- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, Y. N. Kudrya, et al., Bulletin of the Special Astrophysics Observatory 47, 5 (1999).  
J. W. Goad and M. S. Roberts, Astrophys. J. 250, 79 (1981).  
S. D. M. White and C. S. Frenk, Astrophys. J. 379, 52 (1991).  
A. V. Mosenkov, Astrophysical Bulletin 69, 99 (2014).  
D. V. Bizyaev, S. J. Kautsch, N. Y. Sotnikova, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. 465, 3784 (2017).  
S. S. McGaugh, Monthly Notices Royal Astron. Soc. 280, 337 (1996).  
K. C. Freeman, Astrophys. J. 160, 811 (1970).  
A. Kostov and T. Bonev, Bulgarian Astronomical Journal 28, 3 (2018).  
A. V. Mosenkov, N. Y. Sotnikova, and V. P. Reshetnikov, Monthly Notices Royal Astron. Soc. 441, 1066 (2014).

## Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-50129/19.