



Глубокие изображения галактик с полярными кольцами

1. Абстракт

Приливные структуры низкой поверхностной яркости, расположенные вокруг галактик, служат важным ключом к разгадке образования этих объектов. В данной работе мы изучаем 13 галактик из каталога SDSS-based Polar Ring Catalogue (SPRC), изображения для которых присутствуют в глубоком обзоре SDSS Stripe 82 (глубина изображений - $28.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$ в полосе r). Путем сложения изображений в разных фильтрах SDSS, глубина результирующего изображения достигает $30 \text{ mag arcsec}^{-2}$ (калибровка к полосе r). В процессе исследования нам удалось обнаружить очень слабые приливные структуры у 10 объектов. В работе приведены оценки геометрических характеристик и светимостей этих структур. Для объектов SPRC-73, 74, 188 и 238, мы можем непосредственно наблюдать формирующиеся полярные кольца. Для нескольких галактик выборки помимо полярных колец мы также наблюдаем еще одну полярную структуру - слабую полярную оболочку, или полярное звездное гало. Изучение глубоких изображений галактик с полярными кольцами должно способствовать открытию таких слабых полярных оболочек вокруг многих галактик.

2. Выборка

Выборка состоит из 13 объектов, принадлежащих каталогу SPRC (Moiseev et al. 2011), для которых мы используем глубокие оптические изображения из полосы SDSS Stripe82. Галактики были разделены на четыре группы: три галактики относятся к группе лучших кандидатов в галактики с полярными кольцами (PRGs), пять объектов мы отнесли к хорошим кандидатам, четыре — к галактикам, возможно связанным с PRGs, и один объект классифицировали, как возможную кольцевую структуру, видимую плашмя.

3. Данные и их обработка

Для нашего исследования все изображения выбранных галактик были взяты из данных SDSS Stripe 82 Imaging Data, обработанных Jiang et al. (2014). Для подготовки и анализа изображений галактик мы использовали пакет IMAN (Mosenkov et al. 2020).

4. Описание структур

Мы получили следующие суммарные изображения, которые в дальнейшем использовали для описания структур галактик:

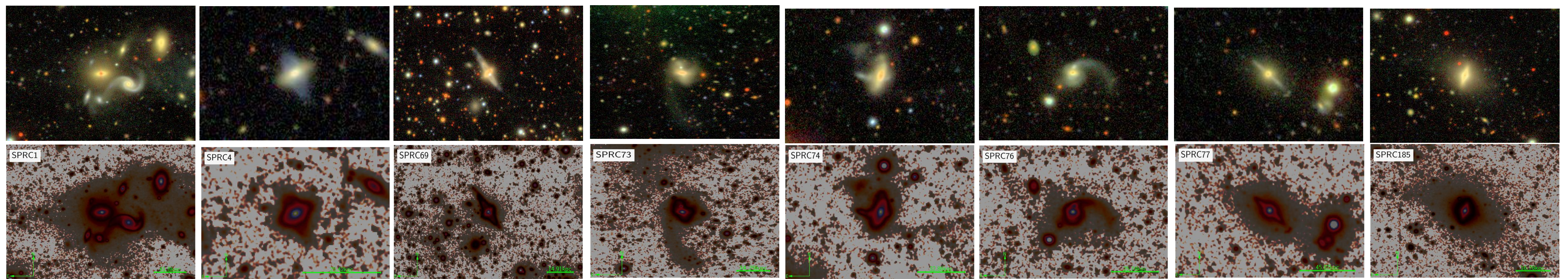


Рис.1 Примеры суммарных изображений (нижняя панель) и цветных RGB изображений (верхняя панель), созданных из изображений Stripe 82 в полосах g , r и i .

На них мы видим различные структуры низкой поверхностной яркости: приливные хвосты, звездные потоки, арки, оболочки и мосты.

На глубоком изображении галактики **SPRC-73** наблюдается протяженный изогнутый приливной хвост, огибающий галактику и протягивающийся к югу примерно на 1 arcmin (около 70 кпк). Также видим слабую диффузную полярную структуру, главная ось которой находится под углом 68° к главной оси изучаемого объекта. Чуть выше центра галактики находится яркий точечный источник, который лежит точно в плоскости полярного компонента и имеет абсолютно такое же значение красного смещения ($z \sim 0.059$), как и SPRC-73. Помимо вышеописанных структур имеется длинный звездный поток, соединяющий исследуемый объект (с западной его стороны) с соседской карликовой галактикой SDSS J003210.30+010853.0, и слабая арка, являющаяся признаком слияния с еще одной карликовой галактикой SDSS J003208.55+010834.5, расположенной на западной стороне.

Еще один интересный объект, галактика **SPRC-238**, обладающая множеством признаков взаимодействия с окружающими ее объектами. Мы наблюдаем арку над плоскостью галактики, простирающуюся в северо-западном направлении. На глубоком изображении виден ярко выраженный прямой приливной хвост с восточной части галактики. Мы считаем, что этот хвост образовался вследствие взаимодействия SPRC-238 с расположенной рядом галактикой, видимой с ребра. Этот сценарий согласуется с тем фактом, что форма галактики сильно деформирована, ее западная часть вытянута в сторону той самой соседской галактики. Кроме того на изображении имеется полярная структура, находящаяся еще в процессе формирования. Она могла образоваться вследствие слияния главного объекта с другой галактикой, которая либо находится вне зоны видимости, либо же растянута приливными силами. Также на изображении видны мосты, соединяющие SPRC-238 с ее окружением: SDSS J233954.96+000755.4 (PGC2799400), SDSS J233958.84+000718.2 (все эти объекты имеют одинаковое значение красного смещения $z \sim 0.060$).

Последний объект для примера — галактика **SPRC-234**. Ее особенность — наличие двух слабовыраженных спиральных рукавов, которые не видны на обычном SDSS изображении, но заметны на глубоком изображении галактики. Эти спиральные рукава не являются полярным кольцом, однако есть вероятность, что они плотно скручены в кольцевую структуру, аналогично рукавам галактики NGC 660. Интересен тот факт, что рядом с SPRC-234 мы не нашли никаких массивных галактик, которые могли бы повлиять на формирование таких рукавов. Однако же имеются небольшие галактики, визуально близкие к исследуемому объекту, но значение их красного смещения нам не известно, и на глубоком изображении также нет признаков взаимодействия галактики с ее окружением.

5. Результаты

Мы проанализировали очень глубокие изображения 13 кандидатов в галактики с полярными кольцами, используя глубокие изображения из SDSS Stripe 82. Можно сформулировать следующие итоги:

- Для выбранных галактик мы улучшили данные Stripe 82, сложив вместе три полосы g , r , i . Это позволило нам достичь глубину $\mu_r \approx 30 \text{ mag arcsec}^{-2}$ для суммарного изображения. Все галактики, кроме SPRC-69, 186 и 275, имеют структуры низкой поверхностной яркости: рассеянный свет в группе (SPRC-1), приливные хвосты и потоки (SPRC-4, 73, 74, 76, 185 и 238), арки (SPRC-74 и 238), слабые оболочки (SPRC-77 и 185), очень слабые спиральные рукава (SPRC-234). Мы пришли к выводу, что структуры низкой поверхностной яркости почти повсеместны у этих редких объектов.
- Для SPRC-73, 74, 76, 188 и 238 мы можем непосредственно наблюдать образование полярных колец за счет слияния галактик, либо приливной аккреции газа с последующим его слиянием с галактикой-донором. Кроме того в SPRC-73, 74 и 76 мы наблюдаем возможные остатки претерпевших разрушение галактик. В работе предоставлено количественное описание и анализ трех галактик с характерными приливными хвостами: SPRC-73, 76 и 238.
- SPRC-77 и 185 имеют оболочки, образовавшиеся, вероятно, вследствие приливного разрушения аккрецирующей карликовой галактики в потенциале галактики темной материи родительской галактики.

Список литературы: