

КОМПАКТНЫЕ ГРУППЫ КОМПАКТНЫХ ГАЛАКТИК

Изучение компактных галактик и их систем указывает на необычную физическую природу этих объектов, на важное значение их в физике и эволюции галактик.

Цвикки [1] был первым, кто оценил важность компактных галактик и провел их систематическое изучение. Он выявил следующие закономерности:

1. Среди компактных галактик встречаются и синие и довольно красные объекты.

2. Часто компактные галактики входят в состав пар, триплетов и т. д.

3. Существуют скопления компактных галактик. Они состоят из нескольких дюжин объектов, многие из которых описаны как довольно красные. Синие объекты в этих скоплениях встречаются очень редко. Размеры скоплений компактных галактик сравнимы с размерами обычных скоплений галактик.

Важное исследование Робинсона и Бамплера [2] дало новый импульс поискам компактных галактик; они показали, что скопление Шахбазян 1, обнаруженное в Бюракане [3], является далеким скоплением компактных галактик, обладающим довольно необычными свойствами. Это побудило Арпа, Барбиджа и Джонсона [4] рассматривать его как уникальное по своим характеристическим свойствам скопления галактик. Фактически Паломарский Атлас не содержит другой группы галактик, равной или превосходящей группу Шахбазян 1 одновременно по числу членов, по компактности и по компактности членов групп.

Однако группа Шахбазян 1 может также рассматриваться как экстремальный представитель более широкого класса групп компактных галактик, которые либо беднее по числу членов, либо богаче, но менее компактны. Такой подход к проблеме о существовании компактных групп компактных галактик обещает быть довольно плодотворным.

Компактность—основная характеристика галактик—членов компактных групп обзора. Поэтому, чтобы выделить компактные галактики и их группы из совокупности всех галактик, нужно прежде всего располагать определенным практическим критерием, позволяющим отнести галактику к типу компактной. Иными словами, нужно иметь определенные критерии компактности.

Цвикки был совершенно прав, когда предлагал рассматривать высокую поверхностную яркость как критерий компактности галактик. Высокое значение этой величины фактически характеризует как-то состояние «возбужденности», вызывающей необычно высокую поверхностную яркость компактных галактик.

Доклад на Третьей Европейской астрономической конференции, Тбилиси, 1—5 июля 1975 г., 251.

(Соавторы: Л. В. Мирзоян, М. Б. Петросян, Р. К. Шахбазян).

Доклад был представлен Л. В. Мирзояном.

Опыт изучения компактных галактик привел к выводу [5], что в качестве поправки к этому определению, предложенному Цвикки, удобно считать компактными те галактики, средняя поверхностная яркость которых в красном цвете выше 20^m с квадратной секунды дуги.

Изучение карт Паломарского обзора неба показало, что существует некоторое число компактных групп компактных галактик, содержащих небольшое число (порядка дюжины) членов. Большая часть членов этих групп удовлетворяет установленному определению компактности.

С другой стороны, согласно данным каталога Вокулера [6], только $1/25$ часть всех галактик имеет среднюю поверхностную яркость в красном цвете выше $20^m/D''$, т. е. являются компактными [4]. Однако нет сомнений, что подавляющее большинство наблюдаемых компактных групп компактных галактик являются не результатом случайного проектирования, а реальными физическими системами. Большинство галактик этих групп имеют красные звездные величины в пределах $17^m.5-18^m.5$. Как было показано [5], насыщенность изображений на картах Паломарского обзора является для них достаточным условием компактности.

Спектроскопические наблюдения группы Шахбазян 78 [5, 7] показали, что ярчайшие его члены—звезды. На фотографии группы Шахбазян 129, полученной на 5-метровом телескопе Паломарской обсерватории [5], все объекты имеют звездоподобные изображения. Однако только спектроскопические наблюдения членов этой группы позволят нам определить их истинную природу. Эти данные указывают на то, что в опубликованных списках компактных групп компактных галактик [8—12] может встречаться некоторое число групп, состоящих на самом деле из звезд или из случайных группировок галактических звезд и галактик. Однако большая часть этих групп является, без сомнения, реальными физическими системами, состоящими из компактных и нескольких некомпактных галактик. Естественно, что объекты, проектирующиеся на группы, также были включены в списки членов компактных групп [8—12].

Более 250 систем [8—10, 12] включены до сих пор в списки компактных групп компактных галактик, составленных астрономами Бюраканской астрофизической обсерватории Академии наук Армянской ССР и Центрального института астрофизики Академии наук ГДР. Несомненно, общее число компактных групп компактных галактик до предела Паломарского атласа по всему небу должно быть значительно больше: порядка одной тысячи.

Группа Шахбазян 1 [2, 3], содержащая, по меньшей мере, 20 галактик, является сравнительно богатой группой компактных галактик. Линейный диаметр этой группы порядка 200—300 тысяч парсек [2, 5]. Некоторые члены группы довольно компактны.

Среди компактных групп компактных галактик, включенных в списки, встречаются и группы более компактные, чем группа Шахбазян 1, однако большинство из них менее компактны.

Спектроскопические наблюдения компактной группы Шахбазян 1 [2], а также ярчайших галактик компактной группы Шахбазян 123 [7] свидетельствуют об очень малой дисперсии лучевых скоростей в этих системах по сравнению с другими группами из некомпактных галактик. Однако, как показали наблюдения группы Шахбазян 4 [13], малая дисперсия лучевых скоростей не является характерным свойством всех компактных групп компактных галактик. Тем не ме-

нее, существование среди этих групп систем с малой дисперсией скоростей галактик является очень важным свойством этого класса.

В отличие от случая большой дисперсии лучевых скоростей, когда имеют место сильные отклонения от теоремы вириала, подобные отклонения в этом случае исключены. Иными словами, даже в случае неустойчивости системы дисперсия скоростей не может быть во много раз меньше, чем вириальная, если мы не поймали систему прямо во время начала коллапса. Последнее, конечно, невероятно. Следовательно, значение массы системы, полученное из теоремы вириала должно быть близким к реальному. Это приводит к очень низкому значению (порядка единицы и меньше) отношения массы к светимости— M/L . Отсюда следует, что, по крайней мере, некоторые члены компактных групп компактных галактик по своей природе отличаются от обычных галактик таких же светимостей.

Предположив, что красные компактные галактики состоят из физически однородного класса объектов, нужно будет принять, что даже в случае, когда дисперсия лучевых скоростей в группе большая, например, в группе Шахбазян 4 [13], отношение M/L имеет такое же малое значение. Большая дисперсия лучевых скоростей в этом случае может быть отнесена за счет нарушения состояния равновесия системы.

В связи с обсуждаемой проблемой нужно отметить, что данные о вращении компактных галактик I ZW 129 и II ZW 70 подтверждают малое значение отношения M/L [14]. В частности, для компактной галактики I ZW 129 это отношение оценено равным 0.18 [14]. С другой стороны, хорошо известно, что для нормальных галактик это отношение равно нескольким единицам или значительно больше. Согласно исследованиям О'Коннелла и Крафта [14] малое отношение M/L и наблюдаемое распределение энергии в спектре галактики I ZW 129 свидетельствует о том, что функция светимости звезд, возникших в ней, существенно отличается от соответственной функции для окрестности Солнца. Однако, как показывают наблюдения [14], компактная галактика I ZW 129 кинематически отличается, но мало, от нормальных галактик.

Нужно отметить, что компактные галактики, включенные в списки компактных групп, часто являются очень красными объектами. Так, например, согласно определениям Бернгена и Каллогляна [15], большая часть компактных галактик в компактных группах Шахбазян 17, 18, 41 и 42 имеют показатели цвета $B-V$, значительно превышающее 1. Это не удивительно, поскольку при поисках компактных групп [8—12] особое внимание уделялось цвету и были отобраны группы, состоящие в основном из объектов красного цвета.

Однако существование голубых компактных галактик не подлежит сомнению. Исходя из этой общей точки зрения Саргент [15] полагает, что компактные галактики представляют чрезвычайно неоднородный класс объектов.

Среди голубых компактных галактик известны, например, I ZW 17 и II ZW 40, для которых отношение масса—светимость значительно превышает единицу [17]. Компактные галактики заметно различаются друг от друга по относительному содержанию газа. Так, например, масса ионизованного водорода в галактике I ZW 129 по приближенным оценкам достигает 0.07 его общей массы [14], в то время как его доля в галактиках I ZW 17 и II ZW 40, по меньшей мере, на порядок меньше [17].

Нельзя исключить и то, что имеется некоторая неоднородность

также среди красных компактных галактик. Высокая поверхностная яркость компактных галактик может быть обусловлена как необыкновенно низким отношением масса-светимость, так и необычно высокой концентрацией звезд в них. Какая из этих возможностей имеет место в каждом отдельном случае—предмет специального исследования.

Большая часть компактных групп компактных галактик содержит в своем составе также и некомпактные галактики. Однако интересно отметить, что большая часть галактик в скоплениях компактных галактик, особенно в скоплениях компактных галактик Цвикки ZWCl 0152+3337, ZWCl 1700+3322, ZWCl 0054.6—127, ZWCl 1710.4+6401 [1], в определенном интервале абсолютных звездных величин являются компактными. Это означает, что в вышеприведенных скоплениях значительное число компактных галактик имеют близкие друг к другу светимости. В результате, наблюдается уверенный максимум в функции светимости этих галактик, соответствующий упомянутому выше интервалу абсолютных звездных величин.

Подобное распределение компактных галактик по их светимостям указывает на то, что наблюдаемая стадия компактной галактики может простираться на существенную часть возраста скопления.

Компактные галактики в компактных группах по форме большей частью эллиптические или сферические. Кроме того, среди них встречаются спиральные галактики, число которых значительно меньше. Однако яркие иррегулярные галактики, по-видимому, в компактных группах отсутствуют [5].

Геометрические конфигурации компактных групп представляют большой интерес. В отличие от обычных групп и скоплений галактик большая часть компактных групп не показывает заметной концентрации к центру системы. Меньше чем 10% всех известных групп показывают признаки концентрации. Более того, наблюдается низкая плотность галактик в центральных областях некоторых групп. Значительная часть компактных групп аномальны по форме. Среди компактных групп компактных галактик часто встречаются цепочки и системы цепочек. Особенно интересны группы, которые имеют формы незамкнутых кривых (с пустотой посередине). Мы можем характеризовать их как группы периферийной структуры.

Эти структуры иногда крайне необычны. Так, например, структура группы Шахбазян 65 так необычна, что нуждается в специальной интерпретации. Это не группа, а скорее скопление галактик в форме греческой буквы Ω с пустотой посередине. Скопление галактик Шахбазян 65, несомненно, находится на большем от нас расстоянии, чем группа Шахбазян I и значительно богаче последней. Если принять, судя по видимым яркостям галактик, что лучевая скорость группы Шахбазян 65 близка к 50000 км/сек, мы получим для его диаметра значение около 800 кпс. Это значительно больше диаметра группы Шахбазян I. Группа Шахбазян 65 превосходит группу Шахбазян I также по другим характеристикам (число членов, масса и т. д.).

Большая часть компактных групп компактных галактик выглядит хорошо изолированными, однако не исключено, что та или иная группа является ядром более широкой системы, периферийная часть которой состоит из значительно более слабых галактик. Подсчеты числа галактик в последовательных кольцах, окружающих системы Шахбазян 31, 41 и 84 на снимках, полученных в первичном фокусе 4-метрового телескопа Национальной обсерватории Китт Пик [5], показывают заметное убывание их плотности по мере удаления от

ядра, что определенно указывает на наличие объектов, накладывающихся на галактики фона и связанных с данной группой. В случае групп Шахбазян 34, 35 и 43 это убывание менее выражено. Итак, можно полагать, что, по крайней мере, в некоторых случаях компактные группы компактных галактик являются достаточно плотными ядрами более широких и протяженных скоплений. Этот вопрос заслуживает серьезного внимания.

В этой связи нужно отметить интерпретацию компактных групп компактных галактик, данную Эйнасто и др. [18]. Они рассматривают их как ядра так называемых гипергалактик, систем, совершенно отличных от скоплений галактик. Добавим, что группа *Apop* [4] кажется наиболее богатой из исследованных компактных групп компактных галактик. Она состоит, по меньшей мере, из двух дюжин компактных галактик [8—12].

В заключение хотелось бы отметить, что компактные группы компактных галактик образуют интересный класс систем галактик и их детальное изучение может пролить свет на физику и эволюцию галактик.

ДИСКУССИЯ

Дейч. Не трудно ли определять средние поверхностные яркости компактных объектов, поскольку рассеяние света на фотографической эмульсии увеличивает изображение?

Мирзоян. Нет, критерий средней поверхностной яркости в самом деле очень полезен для определения компактности галактик. Однако совершенно другой вопрос, как определить этот параметр на снимках, полученных с разными телескопами.

Гугенайм. Вы отметили, что красные компактные галактики выглядят как эллиптические галактики, но по наблюдениям в линии 21 см в Нанси мы нашли, что содержание нейтрального водорода в них довольно большое. Как вы определяете массы?

Мирзоян. Основную разницу, которую мы отметили, это то, что красные компактные галактики в компактных группах выглядят более сферическими, чем классические эллиптические галактики. Мы оценили массы по теореме вириала, используя практическое отсутствие дисперсии в радиальных скоростях галактик в группах Шахбазян 1 и 123. Мы использовали также данные О'Коннелля и Крафта из их исследования вращения двух компактных галактик I ZW 129 и II ZW 70.

Примечание. Этот доклад был сделан в то время, когда списки групп компактных галактик еще не были подвергнуты подробной проверке. Как оказалось, многие из галактик, включенных в эти списки, имеют средние поверхностные яркости ниже 20^m с квадратной секунды.

Дело еще в том, что имея центральную область высокой поверхностной яркости, многие из этих галактик показывают при фотометрировании обширную периферию низкой поверхностной яркости. Поэтому требуется включить в определение компактной галактики также указание на слабейшую изофоту, до которой распространяется интегрирование при усреднении.

Неучет указанного эффекта внес в прошлое много неопределенностей в опубликованные списки компактных галактик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zwicky F., Zwicky M. Catalogue of Selected Compact Galaxies and Post-Eruptive Galaxies, 1971.
2. Robinson L. B., Wampler E. J., Ap. J., 179, 135, 1973.
3. Шахбазян Р. К. Астрон. Цирк. СССР, № 177, II, 1957.
4. Arp H. C., Burbidge G. R., Jones T. W. P.A.S.P., 85, 423, 1973.
5. Ambartsumian V. A., Arp H. C., Hoag A. A., Mirzoyan L. V. Astrofizika, 11, 193, 1975.
6. Vaucouleurs G. de, Vaucouleurs A. de. Reference Catalogue of Bright Galaxies, 1964.
7. Mirzoyan L. V., Millen J. S., Osterbrock D. E. Ap. J., 193, 637, 1975.
8. Шахбазян Р. К. Астрофизика, 9, 495.
9. Шахбазян Р. К., Петросян М. Б. Астрофизика, 10, 13, 1974.
10. Петросян М. Б. Астрофизика, 10, 471, 1974.
11. Байер Ф. В., Петросян М. Б., Тирш Г., Шахбазян Р. К. Астрофизика, 10, 327, 1974.
12. Байер Ф. В., Тирш Г. Астрофизика, 11, 217, 1975.
13. Линдс С. Р., Хачикян Э. Е. Частное сообщение.
14. O'Connell R., Kraft R. P. Ap. J., 175, 335, 1972.
15. Бернген Ф., Каллоглян А. Т. Астрофизика, 10, 21, 1974.
16. Sargent W. L. W. Ap. J., 160, 405, 1970.
17. Sargent W. L. W., Searle L., Ap. J., 162, L155, 1970.
18. Einasto J., Jaaniste J., Jõeveer M., Kaasik A., Kalamees P., Saar E., Tago E., Traat P., Vennik J., Chernin A. D. Tartu Astr. Obs. Preprint № 48, 1974.