

В. А. Амбарцумян, академик

Кратные галактики и радиогалактики

Сообщение 1. О светимостях радиогалактик

(Представлено 10. XI. 1956)

1. Радиогалактики остаются до сих пор сравнительно мало изученными объектами. Это отчасти объясняется их отдаленностью. В частности, знаменитая радиогалактика в Лебеде, выделяющаяся исключительной мощностью радиоизлучения среди других радиогалактик и представляющая собой, в этом смысле, уникальный объект, находится от нас на расстоянии порядка трехсот миллионов световых лет. Трудность изучения радиогалактик объясняет, почему до сих пор остается нерешенным вопрос о причине, вызывающей процессы, приводящие к интенсивному радиоизлучению этих галактик. Были высказаны две точки зрения: согласно первой из них, радиогалактики представляют собой столкнувшиеся пары галактик, в то время, как согласно второй точке зрения, они являются результатом процессов внутреннего развития и соответствуют критическим периодам в жизни галактик, в частности, периоду разделения галактики на две части, или выбросу из центрального ядра тех или иных образований.

Само собой разумеется, нельзя а priori утверждать, что радиогалактики представляют собой совершенно однородную группу объектов. Поэтому возможна и такая точка зрения, что каждое из этих объяснений справедливо для некоторой части радиогалактик.

Следует сказать, что в начальный период изучения радиогалактик безраздельно господствовала первая из указанных точек зрения. Однако приведенные нами статистические оценки вероятности столкновения с полной определенностью показали, что, по крайней мере в некоторых случаях, (например, в случае NGC 5128 в Центавре), гипотеза о столкновениях совершенно несостоятельная. С другой стороны, геометрическое расположение сгущений в сферической галактике NGC 4486 (Дева) является прямым указанием на выброс этих сгущений из центрального ядра этой галактики. Это дало автору настоящих строк основание выдвинуть предположение о том, что наблюдаемые в радиогалактиках признаки двойственности и усложненной структуры свидетельствуют вообще не о столкновениях, а о делениях (галактик или их ядер) или выбросах из ядра.

Окончательное решение вопроса затрудняется тем, что многие аргументы, приводимые для доказательства столкновения, могут быть легко обращены в аргументы в пользу гипотезы о делении, и наоборот. Такой неоднозначный характер носят, в частности, многие аргументы, которые опираются на те или иные особенности геометрической структуры, или на различия лучевых скоростей различных частей данной галактики. В этой связи желательно изучение критериев, которые не зависят от указанных характеристик и дают большую возможность однозначного суждения.

Мы рассмотрим ниже вопрос об абсолютных величинах радиогалактик. Уже в предыдущей работе (1) нами было обращено внимание на то, что они являются объектами весьма высокой светимости. Ниже, в таблице, приводятся данные об абсолютной фотографической величине для пяти галактик, которые наиболее надежным образом отождествлены с наблюдаемыми дискретными источниками радиоизлучения. Принятые при определении абсолютной величины модули расстояний были вычислены на основании красных смещений, исправленных за движение солнца в Галактике, причем, для коэффициента перехода от расстояния к красному смещению было принято новое значение

$$H = 180 \frac{\text{км}}{\text{сек. мегапарсек}}$$

Кроме того, были введены поправки: 1) за изменение блеска в фотографических лучах вследствие красного смещения, 2) за поглощение света в нашей Галактике и 3) за размеры апертуры при фотоэлектрических наблюдениях, если использовались данные, основанные на них. Исправленная таким образом фотоэлектрическая величина m_0 дана в третьем столбце таблицы.

При этом, для Лебедь А последняя поправка была взята из работы Бааде (2), хотя нам кажется, что она должна быть гораздо большей. В связи с этим приведенная в таблице фотографическая светимость объекта Лебедь А является несколько уменьшенной.

Источник	Красное смещение	m_0	M^{pg}
Лебедь А	+ 17.098 $\frac{\text{км}}{\text{сек}}$	14.79	-20.1
Персей А	+ 5.293	11.74	-20.5
Центавр А	+ 0.261	6.1	-19.7
Дева А	+ 1.218	9.62	-19.5
Печь А	+ 1.723	9.67	-20.2

$$\text{Среднее } M^{pg} = -20.0 \pm 0.4$$

Обращает на себя внимание очень высокое значение средней абсолютной величины и сравнительно малая дисперсия отдельных значений вокруг этого среднего. Практически все абсолютные величины отличаются от среднего не больше чем на полвеличины. Каковы бы ни были ошибки, внесенные нами при вычислении абсолютных величин, перечисленных в таблице галактик, такое совпадение нельзя

считать случайным и приходится сделать вывод, что наиболее надежно отождествленные *радиогалактики являются галактиками — сверхгигантами*. Точно также можно привести данные, свидетельствующие в пользу того, что и в отношении своих линейных размеров все пять указанных галактик также являются сверхгигантами.

2. Было бы однако неосторожно сделать отсюда вывод, что все радиогалактики являются сверхгигантами, так как нами еще не учтено возможное влияние избирательности при отождествлении. Поскольку отождествление радиоисточника с галактикой слабой видимой величины требует знания точных координат этого источника, то такое отождествление может быть произведено уверенно лишь при наличии точных радиоизмерений координат источника. Наоборот, отождествление интенсивного радиоисточника с яркой (для земного наблюдателя) галактикой производится легко.

При этом не исключена возможность ошибок, т. е. неправильного отождествления с проектирующейся поблизости галактикой с достаточной видимой яркостью. Такие ошибки отождествления должны привести к тому, что среди отождествленных радиогалактик будут относительно часто встречаться те, которые имеют большую видимую яркость, например, те, которые входят в каталог NGC. Но среди ярких по видимой величине галактик процент сверхгигантов должен быть гораздо выше, чем процент сверхгигантов среди всех галактик, заключенных в некотором заданном объеме пространства. Поэтому полученный в предыдущем параграфе результат следует скорее сопоставить не с процентом сверхгигантов среди галактик, заключенных в единице объема, а с процентом галактик сверхгигантов среди всех галактик ярче некоторой видимой величины. Нетрудно убедиться, что этот последний процент не изменится, если из всех галактик, которые ярче некоторой видимой величины, будет отобрана некоторая часть, причем отбор будет произведен по каким-либо признакам, независимым от абсолютной величины, либо же совершенно случайно. Этому условию в довольно хорошем приближении удовлетворяет совокупность тех галактик каталога NGC, для которых определены как лучевые скорости, так и фотоэлектрические величины, если при этом исключить галактики, входящие в те из ближайших скоплений (например Дева или Волосы Вероники), для которых производились сравнительно многочисленные определения лучевых скоростей их членов. Последняя предосторожность нам кажется необходимой, так как, стремясь определить лучевые скорости возможно большего числа членов скопления, мы поневоле включаем в список галактик с известными лучевыми скоростями все большее число галактик низкой светимости.

На основании списков, приведенных в работе Хюмасона, Мейола и Сандеджа⁽³⁾, было таким образом отобрано 479 галактик, для которых на основании лучевых скоростей и видимых фотографических величин были определены абсолютные фотографические величины

с учетом тех же поправок, которые были введены выше при определении M^{pg} для радиогалактик. При этом, разумеется, было принято то же значение постоянной в законе красного смещения. Полученное в результате распределение абсолютных величин оказалось таким, что: 1) процент галактик с абсолютными не ниже -19^m . 5 равен десяти и 2) средняя абсолютная величина галактик всего списка равна $-17.^m6$, т.е. на $2^m 4$ ниже средней абсолютной величины радиогалактик.

Понятно, что средняя абсолютная величина всех галактик, заключенных в данном объеме пространства, должна быть гораздо ниже (во всяком случае ниже -15^m), поскольку именно в результате наблюдательной селекции в наш список 479 галактик вошли преимущественно гигантские галактики. Но и при наличии этой селекции средняя абсолютная величина галактик нашего списка оказалась на $2^m 4$ ниже средней абсолютной величины для радиогалактик. Таким образом, совершенно очевидно, что установленные выше весьма высокие светимости радиогалактик не являются следствием одностороннего влияния ошибок отождествления.

Есть еще одно обстоятельство, свидетельствующее о том, что избирательность при отождествлении не может играть в исследуемом вопросе решающей роли. Дело в том, что все радиообъекты с интенсивностью, превосходящей 10^{-23} ватт $M^{-2} \left(\frac{\text{цикл}}{\text{сек}} \right)^{-1}$ в области 100

мегагерц, можно считать совершенно надежно отождествленными. В число этих объектов входят три радиогалактики нашего списка: Лебедь А, Дева А и Центавр А, являющиеся сверхгигантами в фотографических лучах. Между тем, для объектов столь большой радиоинтенсивности не может быть и речи о влиянии какой-либо избирательности, вытекающей из трудности отождествления. Поэтому нет сомнений, что высокая абсолютная фотографическая величина радиогалактик нашего списка является следствием соответствующего вида фотографической функции светимости радиогалактик, от которых до нас доходит интенсивный поток радиоизлучения.

Если вместо потока радиоизлучения, падающего на квадратный метр поверхности, расположенной на Земле, перпендикулярно к лучам источника, введем для данной длины волны видимые радиовеличины m_k и соответствующие абсолютные величины M^k , то, в согласии с Хенбери Брауном и Хазардом, нульпункт радиовеличин можно выбрать так, чтобы для какой-либо нормальной галактики (скажем $M 31$ или подобной ей) видимая радиовеличина была бы равна фотографической.

Тогда радиогалактиками будут считаться те из галактик, для которых разность:

$$C = m_{pg} - m_k,$$

характеризующая степень отклонения радиоизлучения галактики от „нормы“, больше некоторого постоянного C_0 .

Распределение всех галактик, заключенных в единице объема пространства по диаграмме M^{pg} , M^k , можно охарактеризовать некоторой функцией $\psi(M^{pg}, M^k)$. При этом радиогалактики будут на диаграмме находиться по одну сторону от прямой

$$M^k = M^{pg} - C_0.$$

Очевидно, что тогда функция распределения абсолютных фотографических величин радиогалактик среди объектов, радиосветимости которых выше некоторого предела, будет выражаться, с точностью до постоянного множителя, функцией:

$$\psi(M^{pg}) = \int_{-\infty}^{M^{pg}-C_0} \psi(M^{pg}, M^k) 10^{-0.6M^k} dM^k$$

Из этой формулы видно, что поведение функции $\psi(M^{pg})$ определяется главным образом галактиками высокой радиосветимости, если только между M^k и M^{pg} нет отрицательной корреляции. При этом заслуживает особого внимания то, что дисперсия M^k очень велика.

Поэтому полученное нами преобладание галактик высокой фотографической светимости (сверхгигантов) среди радиогалактик есть свойство, относящееся прежде всего к радиогалактикам высокой радиосветимости. Тем не менее этот факт имеет глубокое физическое значение. Во всяком случае, мы еще не имеем оснований утверждать, что все радиогалактики являются галактиками-сверхгигантами. Вполне возможно, что существуют радиогалактики, имеющие в фотографических лучах низкую светимость. Не исключена в частности возможность, что среди галактик низкой фотографической светимости много радиогалактик с низкой радиосветимостью. Вместе с тем, совершенно очевидно, что процент сверхгигантов среди радиогалактик с мощным радиоизлучением больше, чем среди всех галактик вообще.

3. Совершенно очевидно, что факт относительного преобладания сверхгигантов среди радиогалактик представляет большие трудности для гипотезы о столкновениях. Разумеется, трудно отрицать возможность столкновений между галактиками. Но поскольку мы можем судить, данные о двойственности радиогалактик говорят о том, что гипотеза о столкновениях должна предполагать, что в наблюдаемых случаях между собой сталкиваются сравнимые по светимости объекты. Иными словами, мы должны допустить, что мы имеем дело со столкновениями между сверхгигантами. Это очень странно, поскольку столкновения между сверхгигантами должны происходить в сотни тысяч раз реже, чем столкновения между карликовыми галактиками.

Понятно, что для возбуждения интенсивного радиоизлучения необходимы определенные условия столкновений. Вероятно большую роль играет относительная скорость сталкивающихся галактик и воз-

можно их массы. Поэтому могла получиться и некоторая зависимость от светимости галактики. Однако, столь резкое преобладание сверхгигантов среди наблюдаемых радиогалактик требует искусственного предположения о чрезвычайно сильной зависимости возбуждаемого радиоизлучения от масс сталкивающихся галактик.

Кроме того, галактики—сверхгиганты столь высокой светимости (порядка — 20^m) встречаются в скоплениях галактик лишь единицами, в качестве их самых ярких членов. Различные же скопления расходятся между собой. Это устраняет возможность столкновений между собой галактик, входящих в разные скопления, а тем самым сильно уменьшает возможность столкновений сверхгигантов.

Гораздо более естественным является допущение, что галактики сверхгиганты могут расщепляться или выбрасывать из глубины своих ядер большие космические массы со значительной скоростью. В таком случае возможны две различные причины появления частиц, производящих радиоизлучение: 1) частицы высоких энергий, производящие радиоизлучение, возникают в результате взаимодействия газов отделившейся массы с газовыми облаками первоначальной галактики; с физической точки зрения это тот же механизм, который предполагается при гипотезе столкновения и 2) частицы высоких энергий, вызывающие радиоизлучение, испускаются звездами, входящими в выброшенную массу — звездами, которые, вероятно, находятся в стадии становления.

Таким образом факт относительного преобладания сверхгигантов среди радиогалактик представляет собой аргумент в пользу гипотезы деления (расщепления), который, по-видимому, нельзя обратить в аргумент, свидетельствующий в пользу гипотезы столкновений.

Нам кажется, что дальнейшие аргументы подобного рода могут быть получены на основе изучения данных, относящихся к кратным галактикам. Попытка представления таких аргументов была сделана в нашей недавней работе ⁽¹⁾ о кратных галактиках. Но более детальное изучение кратных галактик может, по-видимому, пролить дополнительный свет на изучаемый вопрос.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Վ. Ն. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ

Բազմազալակտիկաները և ռադիոզալակտիկաները

Հաղորդում I. Ռադիոզալակտիկաների լուսավարչությունների մասին

Ռադիոզալակտիկաները մինչև այժմ պատկանում են շատ քիչ ուսումնասիրված օբյեկտների թվին: Այդ բացատրվում է մասամբ նրանց մեծ հեռավորություններով: Օրինակ, կարապ Ա ռադիոզալակտիկան գտնվում է մեզանից երեք հարյուր միլիոն լույսի տարի հեռավորության վրա, չնայած, որ նրանից մեզ հասնող ռադիոճառագայթման հոսքը ամենից հզորն է բոլոր ռադիոզալակտիկաների մեջ:

Այդ պատճառով մնում է չսլարգոված նրանց ռադիոճառագայթումը առաջացնող պատճառի բնույթը: Մի կողմից (Բաադե) ենթադրվում է, որ նրանք ներկայացնում են բախվող Գալակտիկաների զույգեր: Մյուս կողմից այս տողերի հեղինակը առաջադրել է ռադիոգալակտիկաների վերաբերյալ հայտնի փաստերի հակառակ մեկնարանում: Համաձայն այդ մեկնարանման ռադիոգալակտիկաները ներկայացնում են իրենցից երկու մասի բաժանվող գալակտիկաներ կամ որոշ դեպքերում գալակտիկաներ, որոնց միջուկից տեղի է ունեցել նյութի մեծ գանգվածների արտավիժում:

Անհրաժեշտ է հավաքել տվյալներ, որոնք թույլ կտան ընտրություն կատարել այդ երկու ենթադրությունների միջև: Այս տեսակետից հետաքրքիր են այն տվյալները, որոնք բերված են ալյուսակում և վերաբերվում են ռադիոգալակտիկաների լուսանկարչական լուսատվություններին: Համաձայն այդ տվյալների մինչև այժմ որոշակիորեն նույնացված ռադիոգալակտիկաները գերհսկաներ են, որոնց բացարձակ լուսանկարչական մեծությունները—19,5-ից բարձր են:

Ցույց է տրվում, որ այս արդյունքը չի կարող լինել դիտողական ընտրության հետևանք: Մյուս կողմից այսպիսի մի փաստ դժվար է բացատրել ելնելով ընդհարումների տեսակետից: Ավելի բնական է ենթադրել, որ բարձր լուսատվություն ունեցող գալակտիկաների կորիզները իրենց զարգացման որոշ փուլում բաժանվում են երկու մասի՝ կամ դուրս են նետում գանգվածներ, որոնցից առաջանում են գալակտիկայի սպիրալաձև թևեր կամ ուրիշ բաղադրիչ մասեր: Հենց այդպիսի երևույթների ժամանակ կարող է ուժեղանալ ռադիոճառագայթումը:

Հօգուտ այս տեսակետի խոսում են նաև բազմադալակտիկաներին վերաբերյալ շատ փաստեր, որոնք բերված են «Բազմադալակտիկաների մասին» մեր վերջին աշխատության մեջ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. А. Амбарцумян, Известия Академии наук АрмССР, серия физ.-мат. и техн. наук, 9, 23, 1.55. ² В. Бааде и Р. Минковский, Aph J., 119, 206, 1954, ³ М. Л. Хюмасон, Н. У. Мейол и А. Р. Сандедж, А. J. 61, 97, 1956.