

АСТРОФИЗИКА

В. А. Амбарцумян, академик, и Р. К. Шахбазян

Кратные галактики и радиогалактики

Сообщение II. Голубые выбросы и спутники эллиптических галактик

(Представлено 15. VIII. 1957)

Существенной особенностью радиогалактики Virgo A (M 87=NGC 4486) является наличие струи, исходящей из ее центра и содержащей три заметных сгущения. Поляриметрические наблюдения В. Бааде <sup>(1)</sup> позволили установить, что излучение этих сгущений в значительной мере поляризовано. Это означает, что оно имеет нетепловое происхождение. Согласно М. Л. Хьюмасону <sup>(2)</sup> и Р. Минковскому <sup>(3)</sup> спектр сгущений является непрерывным. Все это позволяет думать, что механизм излучения в данном случае аналогичен механизму непрерывной эмиссии в Крабовидной туманности. Эта эмиссия, как известно, объясняется, обычно, как тормозное излучение релятивистских электронов в магнитном поле (синхротронное излучение). Поэтому возможно, что непрерывный спектр сгущений в NGC 4486 происходит от релятивистских электронов. Однако в настоящей статье мы считаем правильным не вводить никаких предположений о механизме излучения и говорить просто о явлении непрерывной эмиссии, подразумевая, что речь идет об эмиссии, имеющей нетепловую природу.

Встает вопрос, нет ли других галактик, в которых наблюдались бы струи со сгущениями, дающими непрерывную эмиссию. Если вспомнить, что упомянутые сгущения в NGC 4486 доступны только крупным инструментам и обуславливают сравнительно слабый контраст на общем фоне рассматриваемой галактики, а также, если учесть, что поиски следует вести среди более отдаленных галактик, поскольку более близкие объекты сразу обнаружили бы себя как интенсивные радиоисточники, задача обнаружения галактик с подобными сгущениями представляется крайне трудной.

Однако нам с самого начала казалось, что могут быть объекты, в которых сгущения рассматриваемого вида могут достигать гораздо более крупных размеров и более высокой светимости. Если это так, то представлялось интересным изучить возможность исполь-

зования карт звездного атласа Паломарской обсерватории для поисков подобных объектов.

Однако на этом пути встречаются большие препятствия. Сгущения в NGC 4486 находятся столь близко к центру этой галактики и в столь яркой ее области, что соответствующие области в других галактиках обычно бывают на картах атласа передержаны. Кроме того, если бы даже не было передержки, то у более отдаленных галактик, вследствие малости масштаба карт, указанные сгущения сливались бы с центральным ядром. Даже если бы подобное сгущение было бы обнаружено, то всегда оставалась бы вероятность, что мы видим сквозь данную галактику некоторую более отдаленную галактику, обладающую малым угловым диаметром.

Если, однако, допустить возможность столь длинной струи, что эта струя, начинаясь в центре галактики, выходит за пределы передержанной и даже нормально выдержанной на фотографии области этой галактики, то первая трудность отпадает. С другой стороны, если имеются случаи, когда весьма голубой цвет сгущения исключает возможность того, что оно, на самом деле, представляет отдаленную слабую галактику или слабую звезду, то можно пытаться обнаружить такие случаи на картах Паломарского атласа. Очевидно, что при поисках подобных объектов надо было ограничиться высокими галактическими широтами, где число слабых голубых звезд мало.

Мы ясно понимали, что, выставляя приведенные три требования (большая светимость, значительная длина струи и интенсивно голубой цвет), мы останавливались на объектах, у которых свойства, наблюдаемые в сгущениях NGC 4486, сильно гипертрофированы, т. е., что мы ограничиваемся поисками крайних случаев подобных объектов. Именно поэтому нельзя было надеяться на обнаружение большого числа голубых выбросов из галактик.

При наших поисках мы заранее исключали все спиральные и нерегулярные галактики, так как тривиальные случаи ветвей с содержащимися в них отдельными ассоциациями, обладающими часто интенсивно голубым цветом, для нас не представляли интереса. Таким образом, мы ограничились изучением эллиптических галактик, а также галактик типа So.

С другой стороны, мы считали очевидным, что сама струя, которая содержит сгущение, может быстрее рассеяться или потерять способность излучать, чем само сгущение. Такой подход к вопросу привел к обнаружению ряда случаев, когда мы наблюдаем голубые спутники у эллиптических галактик. Разумеется, что в этом случае мы не можем быть уверены в том, что имеем дело с фактом выброса. Более того, вопрос о физической связи между таким спутником и эллиптической галактикой подлежит дальнейшему изучению, тем более, что существование слабых одиночных галактик с отрицательным показателем цвета, как показали наши поиски, является (в полном соответствии с исследованиями Г. Аро<sup>(4)</sup>) несомненным. Тем не менее

мы приведем здесь несколько разительных примеров обнаруженных нами голубых объектов, находящихся близ эллиптических галактик.

Методика определения цвета звезд на основе сравнения между собой Паломарских карт в синих и красных лучах была разработана нами уже некоторое время тому назад. Она была применена к одному шарообразному скоплению<sup>(6)</sup>. В дальнейшем она была нами несколько усовершенствована и мы стали применять ее также к отдельным сгусткам, изображения которых напоминают звездные изображения. Наша методика совершенно неприменима к галактикам и сгущениям, имеющим на картах значительный диаметр.

Ниже приводятся данные о некоторых наиболее интересных объектах.

1. *Двойная галактика NGC 3561*. Двойная галактика, с приближенными координатами (1950)  $\alpha = 11^{\text{h}} 8^{\text{m}} 30^{\text{s}}$ ,  $\delta = +28^{\circ} 58'$ , может быть отождествлена с NGC 3561. Южная и более яркая составляющая этой галактики, которую мы будем обозначать через NGC 3561a, имеет сферическую форму и выброс в виде струи, направленной на юг. Струя видна как на синей, так и на красной картах Паломарского атласа. Струя заканчивается сгущением, довольно ярким на синей карте, и почти незаметным на красной карте. Показатель цвета сгущения в интернациональной системе, полученный из сравнения двух карт, оказывается равным  $-0^{\text{m}}.5$ . Звездная величина сгущения в фотографических лучах  $19^{\text{m}}.2$ . Снимок рассматриваемой двойной галактики, снятый двухсотдюймовым телескопом Паломарской обсерватории, в фотографических лучах приводится в интересной статье Ф. Цвикки<sup>(6)</sup>, посвященной кратным галактикам.

Двойная галактика NGC 3561 входит в состав довольно богатого скопления галактик. По своему видимому блеску галактика NGC 3561a занимает среди членов скопления второе или третье место, обладая большей светимостью, чем, например, ряд спиральных галактик, входящих в это скопление. Поэтому нет сомнений, что NGC 3561a является сверхгигантской галактикой с абсолютной фотографической величиной порядка  $-20^{\text{m}}.0$ . Поскольку лучевые скорости членов скопления до сих пор не опубликованы, для определения расстояния мы должны воспользоваться оценкой абсолютной величины. Для осторожности при дальнейшем расчете будем считать, что  $M = -19^{\text{m}}.5$ .

Как указывалось выше, в отношении ярких галактик, занимающих заметную площадь, трудно получать сколько-нибудь точные оценки блеска и цвета на основе карт Паломарского атласа. Однако сравнение с галактиками, для которых блеск известен, позволяет сделать грубую оценку. Мы нашли  $m_{\text{pg}} = 14^{\text{m}}.7$ . Чтобы не переоценить расстояние, мы примем для расчета несколько больший блеск,  $m_{\text{pg}} = 14^{\text{m}}.5$ . Тогда для модуля расстояния имеем  $m - M = 34^{\text{m}}$ , что соответствует расстоянию около 60 миллионов парсек. Учитывая также наличие галактического поглощения, нужно считать, что расстояние, равное 50

миллионам парсек, будет первым грубым приближением. Таким образом, речь идет о галактике, находящейся в довольно отдаленном скоплении.

Размеры галактики на фотографии порядка  $22'' \times 20''$ . Конечно, эти размеры зависят от экспозиции. Для диаметра галактики получается значение порядка 5000 парсек. Длина струи порядка  $0'.5$ , т. е. около 7000 парсек.

Из приведенной выше оценки блеска голубого сгущения получаем  $M_{ст} = -14^m.5$ . Эта последняя цифра весьма существенна. Она свидетельствует о том, что сгущение не является простой ассоциацией голубых звезд обычного типа. Как известно, средняя абсолютная величина O-ассоциаций порядка  $-10^m$ , лишь изредка достигая  $-11^m$ . С другой стороны, светимость рассматриваемого сгущения выше светимости многих карликовых галактик. Поэтому можно считать установленным, что это сгущение является объектом порядка галактики. Многие галактики высокой светимости имеют спутников такой же светимости, как рассматриваемое сгущение. Например, таковы светимости спутников туманности Андромеды M 32 и NGC 205.

Вследствие необычно большого показателя цвета, который получается у рассматриваемого сгущения ( $-0^m.5$ ), было весьма желательно проверить это значение на основе оригинальных негативов. Ф. Цвикки по нашей просьбе произвел эту приближенную оценку в июле этого года. Полученная им оценка показателя цвета совпадает с нашей.

Интересно отметить, что на Паломарских фотографиях наблюдается широкая слабая струя межгалактического вещества, выброшенная из двойной галактики NGC 3561 в направлении на север. Вид этой широкой струи напоминает другие аналогичные образования, открытые Цвикки.

2. IC 1181. Галактика с голубой струей обнаружена в известном скоплении галактик в Геркулесе. Ее координаты (1950),  $\alpha = 16^h 3^m.3$ ,  $\delta = +17^\circ 43'$ , соответствуют приблизительно объекту IC 1181. Рассматриваемая галактика не принадлежит к числу самых ярких объектов скопления в Геркулесе. Однако можно считать, что она входит во вторую пятерку членов скопления, когда они расположены в порядке убывающей яркости. Цвет струи отличается от цвета галактики. Он более голубой. Это следует из того, что на синем снимке струя видна гораздо лучше, чем на красном.

Особенностью рассматриваемой галактики является то, что струя, направленная на восток, как бы обрывается на расстоянии примерно двадцати секунд от центра галактики. Однако на ее продолжении наблюдаются два слабых обрывка, причем второй обрывок струи, находящийся примерно на расстоянии  $1'$  от центра галактики, содержит два голубых сгущения. Эти сгущения очень слабы на красном снимке, но достигают значительной яркости на синем (см. схему 1). Сгущения А и В имеют следующие фотографические величины и показатели цвета:

Объект	$m_{pk}$	$Cl$
A	19.4	0.0
B	19.0	-0.2

Расстояние скопления в Геркулесе, судя по лучевым скоростям его членов, порядка 60 миллионов парсек. Фотографическая величина галактики IC 1181 около  $15^m.5$ . Таким образом, абсолютная величина этой галактики около  $-18^m.5$ . Для абсолютной величины голубого выброса В получаем тогда  $M = -15^m$ . Таким образом, выброс В также, как и выброс, рассмотренный в предыдущем примере, имеет абсолютную величину, характерную для многих галактик. Поэтому было бы правильно рассматривать изучаемые сгущения как крайне голубые галактики. Судя по тому, что

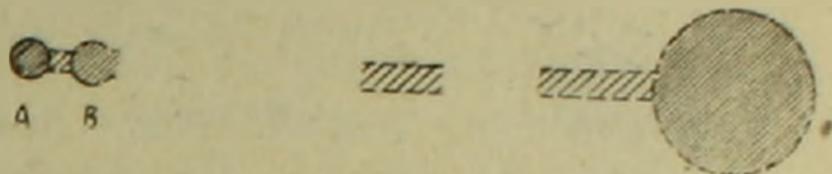


Схема 1

изображения рассматриваемых объектов, особенно объекта В, отличаются от изображения звезд, можно заключить, что их диаметры, во всяком случае, превосходят  $3''$ . Это означает, что яркие части рассматриваемых сгущений имеют поперечники больше чем 1000 парсек. Тем самым вновь подтверждается, что наши сгущения являются объектами масштаба небольших галактик.

3. *Аноп 1*. В области вокруг точки  $5^h 47^m, -25^\circ.5$  (1950) находится весьма интересное скопление галактик. Оно замечательно тем, что среди своих наиболее ярких членов содержит значительное число (около двух десятков) объектов круглой формы, по-видимому, эллиптических галактик, имеющих приблизительно одинаковые диаметры и видимые величины. Их диаметры заключены в пределах от  $0'.3$  до  $0'.6$ . Бросается в глаза также то, что эти галактики не разбросаны случайно по скоплению, а образуют большей частью более тесные группы, содержащие иногда две или три подобные галактики. Мы не имеем сведений о лучевых скоростях галактик этого скопления. Поэтому трудно оценить расстояние до него. Однако видимые величины наиболее ярких галактик также, как их видимые диаметры, позволяют заключить, что скопление находится на расстоянии порядка сорока миллионов парсек или несколько больше. Одна из ярких эллиптических галактик скопления, имеющая координаты  $5^h 40^m.3, -26^\circ 8'$  (1950 г.), имеет спутника, расположенного на  $0'.4$  севернее и на  $0'.6$  западнее него. Этот спутник не является точечным объектом и поэтому при оценке как его блеска, так и цвета возможны ошибки. Оценка блеска в синих лучах дает  $18^m.5$ , а в красных лучах  $19^m.1$ . Для показателя цвета в интернациональной системе получаем  $-0^m.4$ . Учитывая возможность ошибки, происходящей от протяженности объекта, мы примем, что действительный показатель цвета порядка  $-0^m.2$ . Принимая для расстояния галактики и спутника приведенное выше расстояние скопления, мы получаем, что абсолютная величина спутника должна быть около  $-14^m.5$ , т. е. такая же, как и абсолютная

величина двух предыдущих голубых объектов. В этом случае струя, соединяющая голубой спутник с центром эллиптической туманности, отсутствует.

4. *Апоп 2*. Может быть, самыми интересными из голубых объектов, связанных с эллиптическими галактиками, являются спутники туманности, имеющей координаты  $11^{\text{h}}8^{\text{m}}.0$  и  $+28^{\circ}36'$  (1950). Эта галактика имеет трех спутников, расположенных почти по направлению север—юг (см. схему 2). Видимые величины этих трех спутников и показатели цвета  $C_I$  в интернациональной системе оказываются равными:

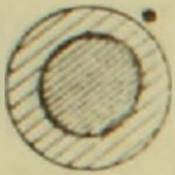


Схема 2. Апоп 2.

Спутник	$m_{pg}$	$m_r$	$C_I$	$(C_I)_0$
1	20.1	19.8	0.2	0.3
2	18.6	19.8	-0.8	-0.7
3	19.6	19.9	-0.2	-0.1

В последнем столбце этой таблички даны исправленные показатели цвета в связи с тем, что использованная пара карт Паломарского атласа дает показатели цвета, систематически уменьшенные на  $0^{\text{m}}.1$ . Спутники расположены в таблице в порядке возрастающих расстояний от центральной галактики.

У второго спутника показатель цвета оказывается совершенно необычным. Трудно представить такой состав звездного населения этого спутника, который мог бы дать подобный показатель цвета. Однако и третий спутник является довольно голубым, имея показатель цвета такой же, как у звезд В5. Наконец обращает на себя внимание то, что три спутника вытянуты в цепочку, что напоминает о голубых спутниках, являющихся сгущениями в струе.

5. *Апоп 3*. Весьма голубой цвет имеет также один из спутников галактики, имеющей координаты  $\alpha=11^{\text{h}}13^{\text{m}}.9$ ;  $\delta=+29^{\circ}31'$  (1950), входящий в состав сравнительно небольшого скопления ярких галактик. Эта галактика, по существу, является составляющей пары эллиптических галактик, каждая из которых имеет примерно 15-ую величину, а расстояние между составляющими равно примерно двадцати секундам. На расстоянии около полминуты к юго-востоку от этой пары находится голубой спутник. Его фотографическая величина равна  $18^{\text{m}}.2$ , а визуальная величина— $19^{\text{m}}.2$ . Определенный отсюда показатель цвета равен  $-0^{\text{m}}.6$ . Однако, внося поправку, выведенную для данной пары карт, получаем  $C_I=-0^{\text{m}}.5$ .

6. *Белый выброс из двойной галактики*. Двойная галактика с координатами  $\alpha=10^{\text{h}}3^{\text{m}}.8$ ,  $\delta=-1^{\circ}19'$  (1950) окружена выброшенными слабосветящимися массами и с этой точки зрения очень напоминает двойную галактику NGC 3561, о которой уже говорилось выше. Выброшенная материя простирается как на север, так и на юг от двойной галактики. На юге это вещество доходит до звездообразного сгущения, находящегося на расстоянии  $1'.8$  от центра эллиптического (юж-

ного) компонента двойной галактики. В рассматриваемом случае связь между звездообразным сгущением и двойной галактикой осуществляется не посредством прямолинейной струи, а посредством более диффузного образования. Видимая фотографическая величина выброса равна  $19^m.3$ . Показатель цвета звездообразного сгущения равен приблизительно нулю. Таким образом, рассматриваемый объект является белым.

**Заключение.** Нам кажется, что приведенные выше примеры с несомненностью устанавливают наличие голубых спутников у некоторых эллиптических галактик. В трех случаях спутники связаны с центральной галактикой струями или разреженным диффузным образованием. Это позволяет говорить о голубых выбросах из эллиптических галактик. В других случаях такой связи между спутниками и центральной галактикой нет, однако генетическая связь несомненна. Мы не исключаем возможности существования желтых и красных выбросов, дающих непрерывную эмиссию в соответствующих участках спектра, однако спутников такого типа мы не можем отличить от обычных спутников тех же цветов, дающих обычное тепловое излучение звезд. Однако наше внимание в первую очередь привлекают голубые объекты и не только потому, что физическая связь их с соответствующими галактиками почти достоверна. Дело в том, что сама природа указанных объектов должна быть весьма интересна. В случае выброса из NGC 3561 аналогия с NGC 4486 настолько сильна, что можно предполагать наличие непрерывной эмиссии. Вследствие этого представляется крайне интересным провести поляризационные измерения блеска этого выброса. Но и в случае спутников, не соединенных струей с центральной галактикой, объяснение больших отрицательных показателей цвета (порядка  $-0^m.5$ ) является затруднительным. Трудно представить себе, чтобы почти все излучение этих спутников в видимой области спектра было обусловлено одними лишь звездами типа O. Между тем, иначе невозможно дать объяснение на основе теплового излучения. Поэтому и в этих случаях не исключена возможность того, что непрерывная эмиссия, возникающая в межзвездной среде, играет очень большую роль.

Бюраканская астрофизическая обсерватория  
Академии наук Армянской ССР

#### Վ. Ն. ՇԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ ԵՎ Ռ. Կ. ՇԱՀԲԱԶՅԱՆ

##### Բազմազգալակաթիկաները և ռադիոզգալակաթիկաները

Հ ա դ ո Ր Ղ ու Վ II: Էլիպտիկ զալակաթիկաների կապույտ վիժվածքները  
և սրբանյակները

ԿՁԵՅ Ա = M87 = NGC 4486 ռադիոզգալակաթիկան, ինչպես հայտնի է պարունակում է իր մեջ մի «չիթ», որը գուրս է զալիս այդ զալակաթիկայի կենտրոնից: Շիթն իր ձևով ունի իր մեջ երեք խտացումներ (վիժվածքներ), որոնց գույնն ազելի կապույտ

է քան գալակտիկայի մյուս մասերի գույնը: Համաձայն Բաադեի այդ խոսքումներէ լույսը բնկոացված է: Իրանից կարելի է եզրակացնել, որ այստեղ մենք գործ ունենք անընդհատ առարման հետ: Նման շիթ ունեցող այլ գալակտիկաներ հայտնի չեն եղել մինչև այժմ:

Հարց է ծագում թե ննարավոր չէ՞ արդյոք գտնել նման գալակտիկաներ Պալոմարի քարտեզների վրա, քանի որ այդ քարտեզները պարունակում են տասնյակ հազարավոր համեմատաբար պայծառ էլիպտիկ գալակտիկաների պատկերներ:

Պարզվում է, որ վերոհիշյալ տիպի սխտեմներ կարող են հայտնաբերվել հետավոր գալակտիկաների մեջ այն դեպքերում, երբ համապատասխան վիժվածքները բաժարարում են հետևյալ երեք պայմանները՝

ա. նրանք բացարձակորեն շատ ավելի պայծառ են քան NGC 4486-ում:

բ. նրանք այնքան հեռու են համապատասխան գալակտիկայի կենտրոնից, որ մնում են քարտեզի վրա ստացված գալակտիկայի պատկերից դուրս:

գ. նրանք շատ ավելի կապույտ են, քան համապատասխան գալակտիկաների ճառագայթումը:

Այս երեք պայմանները նշանակում են, որ վիժվածքներ պարունակող գալակտիկաներ կարելի է հայտնաբերել Պալոմարի քարտեզների վրա այն դեպքում, երբ վիժվածքների մի շարք առանձնահատկութունները ծայրահեղորեն շեշտված են: Այդ պատճառով հենց սկզբից պարզ էր, որ նման գալակտիկաների թիվը պետք է լինի շատ փոքր: Այնուամենայնիվ քարտեզների մի մասի ուսումնասիրութունից հետո հաջողվել է գտնել մի քանի այդպիսի սխտեմներ: Ստորև աղյուսակում բերվում է կապույտ արբանյակներ ունեցող վեց գալակտիկաների ցուցակը: Այդ գալակտիկաներից երեքում վիժվածքը կապված է գալակտիկայի կենտրոնական մասի հետ շիթով կամ միջգալակտիկ դիֆուզ նյութով:

Գալակտիկայի համարը	$\alpha(1950)$	$\delta(1950)$	$m_{rg}$	CI	նշումներ
NGC 3561	11h8m.5	+28°58'	19.2	-0m.5	շիթով
IC 1181	16 3,3	+17 43	19.0	-0.2	ընդհատվող շիթով
Anon 1	5 40.3	-26 8	18.5	-0.4	առանց շիթի
Anon 2	11 8.0	+28 36	18.6	-0.7	առանց շիթի
Anon 3	11 13.9	-29 31	18.2	-0.5	առանց շիթի
Anon 4	10 3.8	- 1 19	19.3	0.0	դիֆուզ նյութով

Աղյուսակի երկրորդ և երրորդ սյունակներում բերվում են էլիպտիկ գալակտիկայի կորդինատները, իսկ չորրորդ և հինգերորդ սյունակներում համապատասխան վիժվածքների լուսանկարչական մեծութունները և գույնի ցուցիչները բերված միջապային սխտեմի: Վերջին սյունակում բերվում են նշումներ այն մասին, թե վիժվածքը կապված է գալակտիկայի կենտրոնական մասի հետ շիթով կամ որևէ դիֆուզ նյութով, թե ոչ: Վիժվածքների գասավորութունը կենտրոնական գալակտիկայի նկատմամբ տրված է ուսերեն տերմինով:

Վիժվածքների համար ստացված գույնի ցուցիչները ցույց են տալիս, որ նրանց ճառագայթման գույնը կարող է բացատրվել այն դեպքում, եթե ենթադրվի, որ այդ ճառագայթումը զուտ մասամբ իրենից ներկայացնում է ոչ ջերմային անընդհատ առարման հակառակ դեպքում անհրաժեշտ է ընդունել, որ վիժվածքի ճառագայթումը հիմնականում պայմանավորված է O աստղերով: Այդ կնշանակել, որ վիժվածքը ներկայացնում է իրենից մի հսկայական O-աստղասփյուռ կամ աստղասփյուռների խումբ:

Որն է այդ երկու ենթադրութուններից համապատասխանում իրականությանը ցույց կտան հետագա հետազոտութունները: Այս պահին մեզ թվում է, որ համեմայն դեպք մի շարք դեպքերում կարևոր դեր է խաղում անընդհատ ճառագայթումը:

### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> В. Бааде, Ар. Ј. 123, 540, 1956. <sup>2</sup> В. Бааде и Р. Минковский, Ар. Ј. 119, 222, 1954. <sup>3</sup> Р. Минковский, Устное сообщение. <sup>4</sup> Г. Аро, Boletin Obs. Tonantzintla y Tacubaya № 14, 8, 1956 <sup>5</sup> Р. К. Шахбазян, Астрономический циркуляр №: 171, 11, 1957. <sup>6</sup> Ф. Цвикки, Multiple galaxies, Ergebn. der exakten Naturwissenschaften, 29, 344, 1956.