

Б. Е. Маркарян

О ПРИРОДЕ ЦЕПОЧЕК ГАЛАКТИК

Среди малых групп галактик, также как и в скоплениях, нередко встречаются цепочки, оставляющие впечатление реальных образований. Такие объекты заслуживают серьезного внимания, ибо если они не являются случайными конфигурациями, появляющимися вследствие беспорядочных движений галактик наряду со многими другими конфигурациями разного вида, их изучение может дать ценные сведения о процессе происхождения и эволюции галактик и их систем.

Изучение давно привлекшей наше внимание цепочки, состоящей из восьми эллиптических и линзовидных галактик (находящейся в скоплении Девы), привело к выводу, что вероятность ее случайного образования чрезвычайно мала — порядка 10^{-8} [1].

Этот результат был получен при рассмотрении возможности образования случайной цепочки из галактик, отнесенных к типам E и S0 ярче 13^m в области всего скопления Девы с диаметром в 14° .

Но, согласно исследованию Г. Вокулера [2], эллиптические и линзовидные галактики составляют отдельную подсистему в этом скоплении и проявляют тенденцию сгущивания к его центру, где как раз находится цепочка. Хотя это сгущивание фактически обуславливается составляющими цепочки, тем не менее для осторожности следует выяснить возможность образования случайной цепочки и в том случае, когда мы ограничиваемся рассмотрением небольшой — центральной области скопления. Расчеты показывают, что вероятность образования случайной цепочки и в этом случае

очень мала—порядка 10^{-6} . Это объясняется тем, что в окружности, описанной вокруг центра скопления с радиусом, равным двум градусам, где наблюдается большая концентрация эллиптических и линзовидных галактик, имеется всего 12 галактик указанных типов ярче 12^m и семь из них образуют цепочку.

Малая вероятность, конечно, не исключает полностью возможность случайной природы этой цепочки, но наряду с другими данными делает ее физическую природу весьма вероятной.

Если эта цепочка реальная, то она должна представлять собой линейную систему, для распада которой, при наблюдаемой у нее дисперсии скоростей, потребуется время порядка 10^8 лет, откуда следует, что возраст цепочки как образования и, следовательно, ее составляющих не может заметно превзойти 10^8 лет.

Очевидно, столь необычный вывод требует более строгого обоснования физической природы цепочки. Для этого, однако, необходимо знание точных расстояний отдельных составляющих цепочки, получение которых в настоящее время, к сожалению, не представляется возможным.

Поэтому для принципиального решения вопроса о возможности существования реальных цепочек галактик целесообразно искать и рассматривать другие ей подобные объекты, шансы для случайного образования которых также ничтожно малы.

Просмотр карт атласа Паломарской обсерватории показывает, что цепочки, состоящие из 4—5 компонентов, встречаются довольно часто, в особенности же в скоплениях. Сравнительно реже встречаются цепочки, состоящие из шести и более компонентов, расстояние между которыми не более 3—4 диаметров галактик. Именно такие цепочки, состоящие из не менее чем шести компонентов и притом расположенные либо вне скоплений, либо в бедных рассеянных скоплениях, рассматриваются в настоящей статье.

Среди подобных объектов особый интерес представляет группа галактик, расположенная в созвездии Рыб вокруг точки с координатами: $\alpha_{1950} = 1^h 4^m 6$ и $\delta_{1950} = +32^\circ 9'$, для со-

ставляющих которой имеются более или менее полные данные. Группа эта, расположенная в поле очень бедного и рассеянного скопления, отмеченного Э. Хабблом и М. Хюмасоном [3], привлекает к себе внимание благодаря тому, что ее наиболее яркие члены (являющиеся галактиками типов E и S0) образуют довольно четко выраженную цепочку, направленную почти по δ . Составляющими цепочки являются следующие галактики: NGC 379, 380, 382, 383, 384, 385 и 386, фотографические яркости которых находятся в пределах $13^m.5$ и $15^m.4$. Наиболее яркая из них—NGC 383 расположена в середине цепочки и составляет вместе с NGC 382 тесную пару.

Пять из семи составляющих цепочки ярче $14^m.5$, между тем, в окружности, описанной вокруг центральной галактики цепочки—NGC 383 с радиусом, равным $30'$, нет ни одной другой эллиптической или линзовидной галактики ярче $14^m.5$. При увеличении же радиуса этой окружности до одного градуса, встречаются только три такие галактики. А общее число галактик в этой окружности, не слабее слабейшего члена цепочки, доходит до 25, но из них только 18 можно отнести к типам E и S0, и из этих 18 галактик семь образуют рассматриваемую цепочку.

Протяженность цепочки по α и δ соответственно составляет $2'.5$ и $14'$, так что занимаемая ею область на небе не более 35 квадратных минут.

Таким образом, в области вокруг цепочки, превосходящей область, занятую цепочкой более чем в 300 раз, имеется всего 11 галактик с такими же типами и яркостями, какие имеют составляющие цепочки. Поэтому вероятность случайного образования рассматриваемой цепочки должна быть чрезвычайно мала.

В самом деле, при случайном распределении N галактик в области S , вероятность наличия n галактик внутри данной фиксированной области s , определится биномиальным законом

$$P = C_N^n p^n q^{N-n},$$

где p — вероятность случайного попадания одной галактики в фиксированную область s , равная s/S , а q — вероятность обратного события, которая будет равна $1 - s/S$.

Рассматриваемая цепочка почти прямолинейная, поэтому целесообразно в качестве фиксированной области, для которой вычисляется вероятность, выбрать наименьший, вытянутый прямоугольник, включающий в себя всю цепочку. Поскольку каждые две галактики обуславливают собой некоторый прямоугольник, то для определения вероятности случайного образования цепочки следует возможное количество случайных пар галактик (расстояние между составляющими которых не более протяженности цепочки) умножить на вероятность попадания в один из прямоугольников, содержащих в себе случайные пары, еще $n-2$ галактик.

Возможное количество случайных пар галактик определится выражением

$$M = C_N^2 \frac{\pi l^2}{S},$$

где $\frac{\pi l^2}{S}$ — вероятность того, что расстояние между составляющими случайной пары не более протяженности цепочки — l .

А вероятность попадания в один из прямоугольников, содержащих случайные пары, еще $n-2$ галактик определится выражением

$$P = C_{N-2}^{n-2} \left(\frac{s}{S}\right)^{n-2} \left(1 - \frac{s}{S}\right)^{N-n}.$$

Поэтому вероятность случайного образования цепочки с протяженностью l , состоящей из n галактик будет

$$P = \pi C_N^2 C_{N-2}^{n-2} \frac{l^2}{S} \left(\frac{s}{S}\right)^{n-2} \left(1 - \frac{s}{S}\right)^{N-n}.$$

Или, обозначая через λ отношение продольной и поперечной протяженностей цепочки и принимая во внимание, что $\frac{s}{S}$ в данном случае достаточно мало, окончательно получаем

$$P = \frac{\pi \lambda}{2} \cdot \frac{N!}{(N-n)!(n-2)!} \left(\frac{s}{S} \right)^{n-1}.$$

Входящие в эту формулу параметры для рассматриваемой цепочки имеют следующие значения

λ	N	n	s	S
			в квадратных	минутах
5.6	18	7	35	11304

Вычисленная по этим данным вероятность случайного образования цепочки оказывается порядка 10^{-8} .

Столь малая вероятность для случайного образования этой цепочки обуславливается двумя обстоятельствами: очень малыми отклонениями большого числа звеньев от одной прямой линии и бедностью поля вокруг цепочки галактиками с такими же типами и яркостями, какими обладают составляющие цепочки.

Может показаться, что полученная нами чрезвычайно малая вероятность как для этой цепочки, так и для цепочки в Деве, обуславливается тем обстоятельством, что заранее выбирается область с цепочкой, а затем подсчитывается вероятность ее случайного образования в ней.

Но расчеты показывают, что и при ином подходе, когда определяется вероятность образования случайной цепочки из всей совокупности наблюдаемых на небе эллиптических и линзовидных галактик, она оказывается настолько малой, что нельзя ожидать образования ни одной случайной цепочки, состоящей из четырех и более компонентов* среди галактик ярче 13^m , цепочки, состоящей из пяти и более компонентов среди галактик ярче 15^m и так далее. Между тем, такие цепочки наблюдаются, притом не так уж редко, чтобы можно было считать их исключениями.

Но, разумеется, нельзя без специального исследования все наблюдаемые цепочки признать физическими образованиями, в особенности же в тех случаях, когда они находятся

* Имеется в виду цепочка, расстояние между компонентами которой не более трех диаметров галактик.

в богатых скоплениях, так как шансы образования в них случайных цепочек не очень малы.

Поэтому мы считаем более целесообразным изучение индивидуальных цепочек, с определенными характеристиками в конкретных условиях.

Исследование показывает, что вероятность случайного образования цепочек, состоящих из 5—6 и более компонентов (расстояние между которыми порядка трех диаметров галактик) в общем поле галактик, так же как и в бедных рассеянных скоплениях, исключительно мала. А такие цепочки наблюдаются. Ниже, в табл. 1, в качестве примеров мы приводим координаты и некоторые другие данные для шести таких цепочек, вероятность случайного образования которых порядка того, что получена для цепочек, находящихся в созвездиях Рыб и Девы.

Таблица 1

№	α_{1950}	δ_{1950}	Количество составляющих	Яркость	Протяжен- ность
1	0 ^h 8 ^m 2	— 6 50'	9—10	15 ^m —17 ^m	10'
2	2 25. 9	— 2 52'	6—7	16.5—18	3
3	11 47. 0	— 3 15'	5—6	14 --16.5	4
4	15 58. 5	+16 5'	6—7	14.5—17	10
5	16 48. 1	+53 30'	8—9	15.5—18	5
6	16 55. 0	+ 81 39'	9—10	15 —18	8

Есть еще одно важное обстоятельство, которое, наряду с указанным выше, делает физическую природу этих и подобных им цепочек почти достоверным. Дело в том, что все составляющие рассматриваемых и им подобных цепочек являются эллиптическими и линзовидными галактиками. Лишь изредка в них могут присутствовать галактики типа Sa, которые на мелкомасштабных снимках трудно отличить от галактик указанных выше типов.

Отсутствие спиральных галактик в рассматриваемых и им подобных цепочках почти полностью исключает возможность их случайной природы, так как количество спиральных галактик в общем поле и в рассеянных скоплениях не уступает количеству эллиптических и линзовидных галактик. При этом следует заметить, что рассматри-

ваемые цепочки не являются специально отобранными так, чтобы в них не присутствовали спиральные галактики. Поиски цепочек, содержащих спиральные галактики с вероятностью случайного образования не менее 10^{-6} , не увенчались успехом.

Наконец, следует отметить, что нередко встречаются и более тесные цепочки, иногда с соприкасающимися компонентами, состоящие, однако, из более слабых галактик типов E и S0. В таких случаях трудно усомниться в физической природе цепочки, если она не находится в поле богатого скопления. Примеры таких цепочек имеются в атласе взаимодействующих галактик Б. А. Воронцова-Вельяминова [4]. Между прочим, одна из них — № 172 была изучена Е. М. и Г. Р. Барбиджами [5] на крупномасштабном снимке. Они находят, что только у одной из пяти составляющих этой цепочки можно заподозрить спиральную структуру, исходя из наличия в ней темной материи, а остальные четыре галактики несомненно относятся к типам E и S0.

Все вышеизложенное приводит к выводу, что *многие из наблюдаемых цепочек галактик должны быть реальными физическими образованиями*. В частности, реальная природа цепочки, находящейся в созвездии Рыб, на наш взгляд, не вызывает никакого сомнения, так как, *случайный характер этой цепочки исключается малым значением вероятности случайного образования и близостью кинематических и физических характеристик ее составляющих*.

Данные о составляющих этой цепочки, наряду с данными о двух других галактиках (первая и последняя в таблице), расположенных недалеко от цепочки, приведены в табл. 2.

Приведенные в таблице яркости и цвета взяты из [6], за исключением галактики NGC 382, яркость и цвет которой оценены нами на снимках, полученных 40" Шмидт-телескопом. При этом в яркости некоторых галактик, для которых измерения в [6] ограничены сравнительно малой диафрагмой, были введены небольшие поправки. Данные же о типах и радиальных скоростях взяты из [7].

Таблица 2

№	NGC	α_{1950}	δ_{1950}	Т и п		m_{pg}	Cl	v_r
				морф.	спектр.			
1	375	$1^h 4^m 3$	$+32^\circ 5'$	E5	G5	$15^m 6$	$+1^m 1$	6209
2	379	4.5	15	S0	G6	14.0	1.1	5572
3	380	4.5	13	E2	G5	13.9	1.1	4539
4	382	4.6	8	E0	G5	15.2	1.0	5354
5	383	4.6	9	S0	G0	13.5	1.1	5086
6	384	4.6	2	S0	G1	14.4	0.9	4599
7	385	4.7	3	E3	G5	14.3	1.1	5013
8	386	4.7	6	E3	G2	15.4	1.1	5743
9	388	5.0	3	E3	G5	15.5	0.9	5312

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, эти галактики мало отличаются друг от друга как по цвету и типам, так и по радиальным скоростям. Дисперсия радиальных скоростей составляющих цепочки порядка ± 450 км/сек, что в два-три раза меньше дисперсии, наблюдаемой у известных скоплений галактик, физическая природа которых не вызывает никакого сомнения. Поэтому с достаточным основанием можно утверждать, что эти галактики образуют единую физическую систему.

Существование отдельных примеров несомненно реальных физических цепочек, для которых вероятность случайного образования достаточно мала, позволяет сделать предположение о том, что цепочка подобно „трапеции“, является одной из распространенных форм возникающих малых групп галактик. Сравнительная же их малочисленность, по-видимому, является результатом крайней неустойчивости конфигурации цепочки.

В самом деле, в проекции цепочку могут дать только линейные и компланарные системы, но возможность последней исключается маловероятностью совпадения луча зрения с плоскостью системы, а также некоторыми другими соображениями. Поэтому реальные цепочки должны обладать линейной структурой. По понятной причине линейная система не может быть устойчивым образованием, откуда следует, что реальные цепочки вообще должны быть относительно молодыми образованиями.

Цепочку можно считать полностью распавшейся, если ее поперечная протяженность превышает удвоенное среднее расстояние между ее звеньями. Время, необходимое для расширения и распада цепочки, зависит, главным образом, от дисперсии тангенциальных скоростей ее составляющих, которая вообще должна быть больше дисперсии радиальных скоростей. Но даже при указанном выше значении дисперсии радиальных скоростей, время, необходимое для распада цепочки, находящейся в созвездии Рыб, получается не более $2 \cdot 10^8$ лет. Отсюда следует относительная молодость цепочки как образования и, следовательно, составляющих ее галактик, так как цепочка не могла образоваться из ранее независимых галактик. Очевидно, реальная цепочка не может долго сохранять свою конфигурацию независимо от знака общей энергии системы. Но любопытно, что в данном случае, как и в случае цепочки в Деве [1], общая энергия системы, по-видимому, положительна, так как применение теоремы о вириале, согласно исследованию Г. Р. и Е. М. Барбиджей [8], приводит к невероятно большим значениям масс составляющих группы.

Наш основной вывод о существовании реальных цепочек галактик, представляющих собой относительно молодые физические образования, явно говорит в пользу развиваемого ныне В. А. Амбарцумяном нового представления о природе происхождения и эволюции галактик и их систем [9, 10].

Возникает вопрос: чем же отличаются эти относительно молодые галактики, входящие в состав цепочек, от остальной массы эллиптических и линзовидных галактик?

В настоящее время трудно ответить на этот вопрос, однако можно отметить одну характерную особенность галактик, входящих в состав цепочек, заключающуюся в том, что они, как правило, обладают высокими светимостями.

В самом деле, если для коэффициента Хаббла принять значение 75 км/сек на мегапарсек, то расстояние цепочки в созвездии Рыб будет порядка $7 \cdot 10^2$ парсеков. При этом расстоянии абсолютные величины составляющих цепочки окажутся в пределах -19^m и -21^m . Почти такие же свети-

մոստի имеют составляющие цепочки, находящейся в скоплении Девы.

Галактики с высокими светимостями встречаются и вне цепочек—в скоплениях и кратных системах. Высокими светимостями обладают также радиогалактики, подавляющее большинство которых отнесено к типам E и S0. Не представляет сомнения, что радиогалактики являются системами, находящимися в процессе бурных изменений. Многие допускают их молодость. По-видимому, эллиптические и линзовидные галактики, обладающие высокими светимостями, если не все, то в большинстве своем являются относительно молодыми образованиями. Если это соответствует действительности, то они должны отличаться по звездному составу от обычных галактик типов E и S0. А такие особенности можно выявить, пожалуй, только тонкими спектральными исследованиями.

Ր. Ե. ՄԱՐԿԱՐԻԱՆ

ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԲՆՈՒՅԹԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ն փ ն լ մ

Գննարկվում է գալակտիկաներից կազմված ռեալ-ֆիզիկական շղթաների գոյություն հարցը: Այս կապակցությամբ դիտարկվում են հարուստ կույտերից դուրս գտնվող մի շարք շղթաներ, որոնք կազմված են թվով վեց և ավելի գալակտիկաներից: Հաշիվները ցույց են տալիս, որ այս և նրանց նման շղթաների պատահական դոյացման հավանականությունը չափազանց փոքր է՝ 10^{-8} :

Հետազոտությունը բերում է այն եզրակացության, որ գալակտիկաների դիտվող շղթաներից շատերը պիտի լինեն ռեալ-ֆիզիկական և համեմատաբար երիտասարդ կազմություններ:

B. E. MARKARIAN

ON THE NATURE OF CHAINS OF GALAXIES

S u m m a r y

The question on the existence of the real-physical chains of galaxies is discussed. In this connection some chains of ga-

galaxies situated outside of rich clusters and consisting of not less than six galaxies, are considered.

Calculations show that the probability of chance formation of these and similar chains is extremely small being of the order of 10^{-8} .

The study permits to conclude that many of chains of galaxies are real-physical and relatively young formations.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *B. E. Markurian*, *A. J.* **66**, 555, 1961.
2. *G. de Vaucouleurs*, *Ap. J. Supp. Ser.*, № 56, **6**, 213, 1961.
3. *E. Hubble* and *M. Humason*, *Ap. J.*, **74**, 43, 1931.
4. *Б. А. Воронцов-Вельяминов*, Атлас взаимодействующих галактик, Москва, 1959.
5. *F. M. Burbidge* and *G. R. Burbidge*, *Ap. J.*, **131**, 742, 1960.
6. *E. Pettit*, *Ap. J.*, **120**, 413, 1954.
7. *M. L. Humason*, *N. U. Mayall* and *A. R. Sandage*, *A. J.*, **61**, 97, 1956.
8. *G. R. Burbidge* and *E. M. Burbidge*, *P.A.S.P.*, **73**, 191, 1961.
9. *V. A. Ambartsumian*. Solvay Conference Report, Bruxelles, 1958.
10. *V. A. Ambartsumian*, Transactions of the IAU, XI B, 145, 1962.

