

И. Д. Караченцев

Несколько морфологических характеристик скоплений галактик в Геркулесе

После работы Эйбелла [1] стало известно, что многочисленные группы и скопления галактик в Геркулесе образуют единую физическую систему — сверхскопление.

На южном конце этой сверхсистемы находится неправильное скопление ($\alpha = 16^h 02^m 9$, $\delta = +17^\circ 54'$), недавно изученное Бэрбиджами [2]; в каталоге Эйбелла оно имеет номер 2151. По 15 галактикам средняя лучевая скорость скопления равна $10775 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ с дисперсией

радиальных скоростей $631 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. Бэрбиджи полагают, что скопление нестабильно и распадается.

Скопление Abell 2151 и окружающая его область неба изучались нами следующим способом. На карте Паломарского атласа, центр которой приблизительно соответствовал центру скопления, определялись координаты, угловые размеры и типы галактик до $18^m 1$. На этой площади (около 32 квадратных градусов) обнаружено 474 галактики ярче $16^m 6$ и 1580 галактик ярче $18^m 1$. Усредненные результаты подсчетов приведены на фиг. 1 и 2.

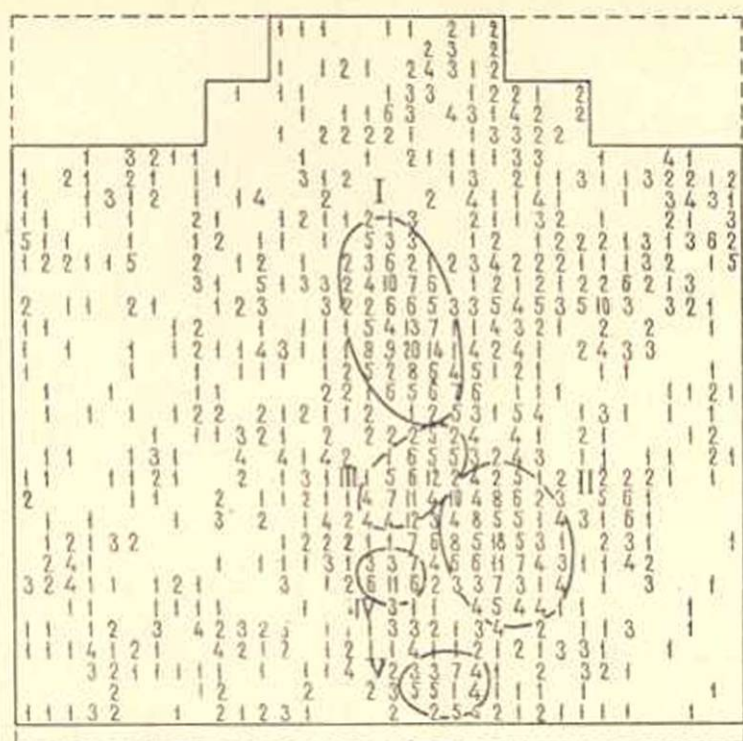
Анализ диаграммы распределения галактик показывает, что в этой области имеется не одно, а, по крайней мере, пять скоплений. В центре каждого скопления находятся пары или цепочки галактик, окутанные светящейся материей. Скопления отличаются друг от друга степенью концентрации и типом населения.

Бэрбиджами изучено скопление I. Для скоплений II и III известны только средние лучевые скорости: $V_{II} = 12500 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$, $V_{III} = 11700 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$.

Номера II и III по каталогу Эйбелла соответственно 2147 и 2152.

Займемся подробнее скоплением Геркулес I. Распределение плотности числа галактик и изменение их средней звездной величины вдоль радиуса скопления приведены в табл. 1. Звездные величины галактик оценивались по эмпирической зависимости $m \sim \lg d$.

Из табл. 1 видно, что распределение плотности вдоль радиуса (усредненное по азимуту) довольно регулярное. Сегрегация ярких и



Фиг. 1. Распределение галактик ядра 18^m. Контуры Паломарской карты обведены пунктиром. Арабские цифры обозначают числа галактик в квадратах со стороной 11', римские — номера скопления.

Таблица 1

r	N_r	N	$\bar{m}_{зона}$
0'—5'	15	690	15 ^m 82
5—10	28	420	16,20
10—15	21	193	16,04
15—20	27	175	16,04
20—25	25	128	16,48
25—30	30	126	16,32
30—35	29	102	16,32
35—40	34	104	16,48
40—45	19	42	16,83
45—50	27	65	16,66

r — радиус кольцевой зоны в минутах дуги,

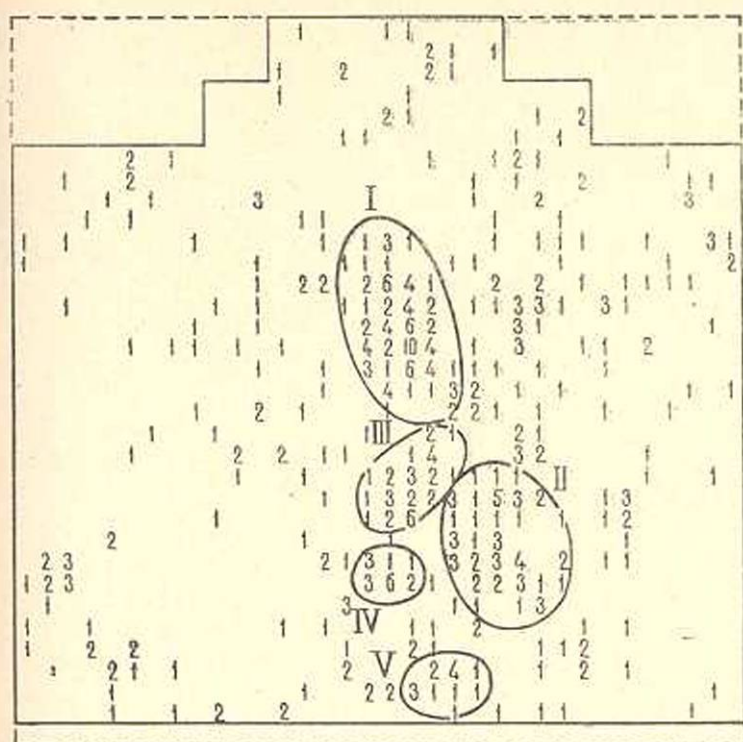
N_r — число галактик в зоне ядра 18^m1.

N — число галактик на квадратный градус,

$\bar{m}_{зона}$ — средняя звездная величина галактик зоны.

слабых галактик выражена отчетливо. Последний факт противоречит утверждению Цвикки [3], будто бы сегрегация имеет место только в правильных сферических скоплениях, а в неправильных она едва заметна. (Сегрегации приписывался большой динамико-эволюционный смысл: она служила указанием на степень стационарности скопления).

Оценим массу и светимость Геркулеса 1. Интегральная светимость скопления вычислялась по зависимости $m \sim \lg d$, прокалиброванной галактиками фона с известными звездными величинами. С учетом галактического (0^m34) и межгалактического (0^m31) ослабления света суммарная светимость скопления равна $1,8 \cdot 10^{12} L_{\odot}$.



Фиг. 2. Распределение галактик ярче 16^m . Обозначения те же, что и на фиг. 1.

Массу скопления можно оценить на основании теоремы вириала разными способами: по подсчетам галактик в кольцевых зонах, приведенным в табл. 1, (это дает нижний предел массы), по подсчетам галактик в параллельных полосах [4] (верхний предел массы). Соответствующие расчеты дали в первом случае $M=9,45 \cdot 10^{14} M_{\odot}$, а во втором — $1,07 \cdot 10^{15} M_{\odot}$. Среднее значение равно $(1,00 \pm 0,06) \cdot 10^{15} M_{\odot}$.

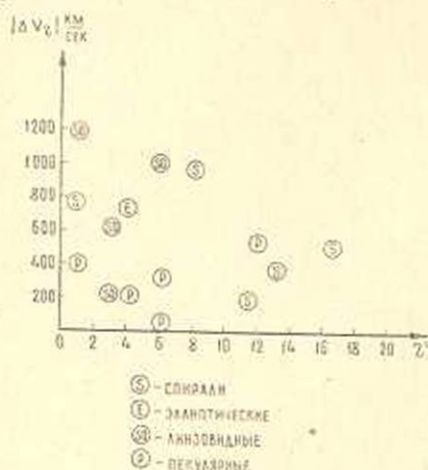
Для отношения массы к светимости имеем $556 \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}}$. Эта оценка, превышающая нормальное значение в десятки раз, подтверждает вывод Бэрбиджей о нестабильности скопления.

Если скопление расширяется, то с удалением от центра дисперсия лучевых скоростей должна уменьшаться из-за эффекта проекции. На фиг. 3 приведены для 15 галактик лучевые скорости и расстояния от центра. Как видно из рисунка, ожидаемый эффект действительно имеет место.

Заметим, что у пекулярных галактик дисперсия скоростей сравнительно невелика. Если для E , SO и S дисперсия равна $730 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$, то для пекулярных — всего $(300 \pm 140) \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. Такая же закономер-

ность обнаружена и в других скоплениях: Coma, Virgo, Corona Borealis.

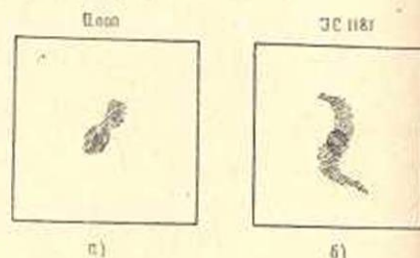
С точки зрения расширяющегося скопления становится понятной сегрегация ярких и слабых галактик. В процессе совместного образования менее массивные галактики получают большую скорость и удаляются на большие расстояния, чем яркие. Это же подтверждает



Фиг. 3. Зависимость дисперсии скоростей галактик от расстояния от центра скопления.

корреляционная зависимость между ΔV и угловым размером галактик. Коэффициент корреляции получился равным $-0,15$. Для пространственной скорости корреляция должна быть более тесной. Любопытно отметить, что в скоплениях I–V физические пары и цепочки галактик ориентированы вдоль направления север–юг. Ориентацию пары можно характеризовать направлением отрезка прямой, соединяющей центры галактик. В исследованной области обнаружено 20 пар (цепочки из трех компонент рассматривались как три пары). Позиционные углы p для них имеют следующие значения: $-19^\circ, +30^\circ, +47^\circ-7^\circ, +28^\circ, -5^\circ, -26^\circ, -14^\circ, +21^\circ, -23^\circ, +42^\circ, +60^\circ, -55^\circ, -55^\circ, -55^\circ, +22^\circ, -42^\circ, -4^\circ, -60^\circ, +40^\circ$. Не замечено ни одной физической пары с $p = 60^\circ-90^\circ$. Вероятность того, что при случайном расположении ни у одной пары нет $p > 60^\circ$, составляет ничтожную величину: $3 \cdot 10^{-4}$. Средний позиционный угол пар равен $-3^\circ,7$. Система скоплений тоже вытянута в направлении север–юг ($p = -10^\circ$). Общая морфологическая характеристика еще раз подтверждает физическую связь скоплений Геркулес I–V.

Наличие общей „атмосферы“ и „хвостов“ у галактик в парах и цепочках указывает на молодость этих объектов. Интересно, что, как правило, галактики в парах располагаются друг относительно друга не произвольным образом, а так, как изображено на фиг. 4. Из 20 пар 8 образуют ориентацию типа а), 3-типа б), в 5 парах одна из галактик сферическая, а другая направлена как в а) или б) и только в четырех парах расположение произвольное. Хорошим примером может служить система IC 1181. Приливным действием такую ориентацию объяснить невозможно. Проще всего предположить, что галактики пары



Фиг. 4. Расположение галактик в физических парах: а) продольная ориентация, б) поперечная ориентация.

возникли (разделились) недавно и не успели совершить нескольких оборотов вокруг своих осей.

Скопления I—V состоят из различного населения. Как следует из табл. 2, в Геркулесе I преобладают спирали, а в системах II—V—E и SO галактики. Процент пекулярных галактик в каждом скоплении превышает среднее значение для фона в несколько раз.

Таблица 2

Морфологическая характеристика	С к о п л е н и е					
	I	II	III	IV	V	Фон
Процент спиралей и неправильных ярче 18^m1 .	30	9	8	6	17	22
Процент спиралей и неправильных ярче 16^m6 .	53	25	11	10	28	25
Процент пекулярных ярче 18^m1 .	11	9	6	6	2	2
Процент пекулярных ярче 16^m6 .	24	14	11	10	7	3
Интегральная светимость в $10^{12} L_{\odot}$.	1,8	1,2	0,7	0,4	0,4	—

По Эйбеллу следует, что сверхсистема в Геркулесе простирается примерно на 27° . Скопления образуют в первом приближении однородную структуру, похожую на цепочку. Лучевые скорости монотонно возрастают от северного конца к южному. Перепад скоростей составляет $3500 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. По закону Хаббла этому соответствует протя-

женность системы вдоль луча зрения на 47 мпс. Рассмотрение Паломарских карт показывает, что цепочка скоплений прослеживается дальше, чем у Эйбелла. Отсутствие данных о лучевых скоростях делает этот вывод всего лишь предположением. Однако, очень вероятно, что тройная система Цвикки (фиг. 5) с координатами $\alpha=16^h48^m2$, $\delta=+45^\circ33'$ и $V=9608 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ является членом сверхсистемы (триплет Цвикки тоже 'вытянут в направлении север—юг).

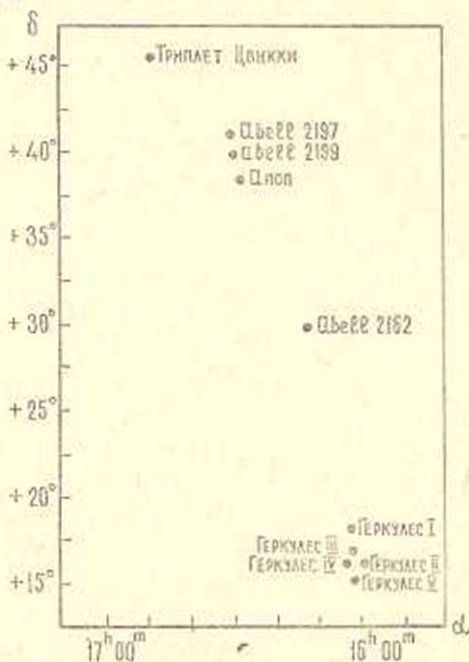
На северном конце цепочки расположено скопление Abell 2199. Для 22 галактик этого скопления Минковский измерил лучевые скорости. Средняя лучевая скорость равна $9048 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ с дисперсией

$842 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. Анализ скопления на Паломарской карте показывает, что

в нем содержится 16 галактик ярче 15^m1 , 47 галактик ярче 16^m6 и 180 галактик ярче 18^m1 . Интегральная светимость скопления составляет $2,0 \cdot 10^{12} L_{\odot}$. Подсчеты галактик в кольцевых зонах дают для массы величину $1,25 \cdot 10^{15} M_{\odot}$. Расчет по методу Амбарцумяна приводит к

значению $1,77 \cdot 10^{15} M_{\odot}$. Для среднего из двух оценок имеем $1,51 \cdot 10^{15} M_{\odot}$. Тогда отношение массы к светимости равно $755 \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}}$.

В центре скопления находится радиогалактика NGC 6166, состоящая из четырех компонент. Для трех из них по данным Минковского дисперсия скоростей равняется $880 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. Светимость системы $1,3 \cdot 10^{11} L_{\odot}$. Применяя теорему вириала, получаем $\frac{M}{L} = 168$. Высокие значения $\frac{M}{L}$ указывают на то, что и скопление, и центральный квазар галактик распадаются.



Фиг. 5. Область сверхскопления в Геркулесе.

Примечателен следующий факт. Лучевая скорость радиогалактики отличается от средней для скопления всего на $34 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$.

В аналогичном случае для радиогалактики в скоплении Персея разность скоростей $-8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$. Цен-

тральное положение, аномальная яркость по сравнению с другими членами скопления и отсутствие (в пределах ошибок измерений) пекулярной скорости у радиогалактик являются аргументами в пользу взглядов Амбарцумяна на космогенетическую активность этих объектов.

Является ли система скоплений в Геркулесе устойчивым образованием? В картинной плоскости система простирается на

80 мпс. Общая светимость скоплений, нанесенных на фиг. 5, равна $7,5 \cdot 10^{11} L_{\odot}$. Повидимому, еще столько же приходится на группы и небольшие скопления, не учтенные нами. Полной светимости системы можно приписать значение $1,5 \cdot 10^{12} L_{\odot}$. Применение теоремы вириала к системе скоплений в целом дает огромную массу: $1,9 \cdot 10^{16} M_{\odot}$. Таким образом, отношение массы к светимости получается равным 1270. Это заставляет ответить на поставленный вопрос отрицательно.

Как уже отмечалось, у скоплений I—V различный состав населения. Подскопления в неправильном скоплении Девы тоже имеют такую особенность [6]. Скопления I—V можно называть и подскоплениями, так как они значительно проникают друг в друга. Видимо

между этими двумя категориями не существует отчетливой границы.

Наличие подскоплений в Леве, в Волосах Вероники [7], тенденция скоплений к сгущиванию [1] и положительный знак энергии в сверхсистеме Геркулеса подсказывают следующую мысль: в результате удаления подскоплений друг от друга и возрастания их населенности за счет процессов деления ядер галактик, постепенно возникает сверхскопление (то есть тесная система скоплений), после чего, разделившись, отдельные скопления выходят на зависимость Хаббла $v = hr$.

Автор благодарен академику Амбарцумяну за постоянное внимание к работе и обсуждение полученных результатов.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
АН Армянской ССР

Поступила 17 XII 1963

Ի. Դ. Կարաչենց

ՀԵՐՔՈՒԼԵՍՈՒՄ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՄՈՐՓՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Պաշտոնի ատլասի քարտեզների վրա Հերքուլեսի գերաստղակույտի տիրույթում որոշվել են մինչև 18.1 զալակտիկաների անկյունային տրամագծերը և զանազան:

Երկու աստղակույտի համար, որոնց զալակտիկաների արագությունների գծագրերն են, հաշվված են զանգվածները և լուսատվությունները: Ամբողջ գերաստղակույտի համար կիրառված է Վերսալի թեորեմը:

Չանգված լուսատվության հարաբերության բարձր արժեքները նշան են առանձին կույտերի, և ամբողջ գերաստղակույտի անկայունության: Բերված են այդ սխեմաների անկայունությունը հաստատող այլ փաստարկներ: Նկատված է ուղղվածություն և՛ զալակտիկաների ֆիզիկական զույգերի կողմնորոշման մեջ և՛ զույգերի ներսում զալակտիկաների տեղափոխման մեջ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Abell G. O. Evidence regarding second-order clustering of galaxies and interactions between clusters of galaxies. A. J., **66**, № 10, 1961, 607.
2. Burbidge G. and Burbidge Marg E. The Hercules cluster of nebulae. Ap. J., **130**, № 2, 1959, 629.
3. Zwicky F. Morphological Astronomy. Berlin, Springer, 1957.
4. Амбарцумян В. А. О гравитационной потенциальной энергии открытых скоплений. ДАН СССР, **24**, 1939, 875.
5. Minkowski R. NGC 6166 and the cluster Abell 2199. A. J., **66**, № 10, 1961, 558.
6. Vaucouleurs G. Structure of the Virgo cluster of galaxies. Ap. J., Suppl. series, **6**, № 39, 1961, 213.
7. Караценов И. О неустойчивости сферического скопления галактик в Соме. Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, **17**, № 3, 1964.