

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17

МАЙ, 1981

ВЫПУСК 2

УДК 524.7-77

## МОРФОЛОГИЯ ДЕВЯТИ ГАЛАКТИК С УФ КОНТИНУУМОМ С ДВОЙНЫМИ И КРАТНЫМИ ЯДРАМИ

Ю. П. КОРОВЯКОВСКИЙ, А. Р. ПЕТРОСЯН, К. А. СААКЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 2 ноября 1980

Принята к печати 29 марта 1981

Предложены необходимые критерии внешней структуры для определения ядра, а также некоторые дополнительные соображения относительно многоядерной структуры центральных областей галактик. На основании морфологического и изоденситометрического исследования рассмотрена структура центральных областей девяти галактик с УФ континуумом. Показано, что Маркарян 19, 104, 324, 463, 823, 930 и 1027 являются галактиками с двумя ядрами, а Маркарян 273 — галактика с тремя ядрами. Маркарян 799, вероятно, является двухядерной галактикой, хотя не исключена возможность, что в данном случае мы имеем сверхтесную пару спиральных галактик.

1. *Введение.* В работе [1] был приведен список галактик с УФ континуумом с двумя и более ядрами, природа которых оказалась весьма различной. Среди них имеются как обычные ядра [2—4], так и ядра с сейфертовскими характеристиками [5—7], а также с характеристиками II области [2—4]. Между тем, как понятие многоядерности, так и вообще понятие «ядро» требует уточнения.

Наш опыт показал, что причисление какого-либо наблюдаемого сгущения в галактике к категории ядер связано с некоторыми неопределенностями. Часто галактика содержит в центральной области некоторое число сравнимых по яркости ярких сгущений (например, Марк. 314, 741 [1] или Марк. 7, 8, 325 [8]). При попытке решить, какое из них является ядром галактики или же мы имеем дело с кратным ядром, возникают определенные трудности. Имеются случаи, когда в хорошо известных и даже близких к нам галактиках мы не можем указать с определенностью на ядро. Наиболее известным в этом отношении примером является Большое Магелланово Облако. Вопрос можно было бы поставить более четко, если бы

существовало общепринятое определение того, что такое ядро галактики. Но полное и исчерпывающее определение ядра станет возможным только тогда, когда мы по настоящему поймем его природу. Поэтому пока следует пользоваться условным определением, основанным на известных или предполагаемых существенных признаках, которые позволили бы отличить ядра от других объектов. Такими признаками могут быть:

- а) высокая светимость, во всяком случае, превосходящая среднюю светимость ассоциаций;
- б) почти центральное положение по отношению к изофотам яркости галактики;
- в) связь имеющихся структурных деталей с ним (спиральные рукава, выбросы, струи и т. д.).

Что касается кинематических признаков распознавания ядер, мы пока оставляем их в стороне.

Использование перечисленных признаков может привести к тому, что за ядро может быть принята находящаяся в центральной области сверхассоциация. Эта возможность отмечена в работах [9, 10].

В случае же наличия в центральной области галактики двух или нескольких сгущений следует, хотя бы условно, определить те критерии, которым должны удовлетворять эти сгущения для того, чтобы их можно было принять за компоненты кратного ядра. Только таким образом можно пользоваться понятием кратного ядра. До сих пор мы фактически придерживались примерно следующих критериев:

1. Абсолютная фотографическая величина наиболее слабого сгущения не должна быть ниже —  $10^m$ .
2. Разность яркостей сгущений не должна превышать  $2^m$ .
3. Сгущения должны находиться в пределах одной из высоких изоденс, то есть в пределах относительно высокого фона галактики, приблизительно симметрично ее геометрическому центру.
4. Расстояния между сгущениями не должны превышать в проекции 7 кпс.

В настоящей работе, исходя из вышеприведенных условных признаков ядра и критерия многоядерности, а также результатов морфологического и изоденситометрического исследования, сделана попытка разобраться в ядрах девяти галактик с УФ континуумом, сложная структура которых была отмечена или заподозрена ранее другими авторами.

2. *Наблюдательный материал, обработка.* Наблюдательный материал получен в первичном фокусе 2,6-м телескопа Бюраканской обсерватории на пластинках Кодак Па0 и Zu-2. Экспозиции были выбраны таким образом, чтобы выделить, в основном, структуру центральных частей галактик. Измерения всех негативов произведены на автоматическом микроденсито-

метре САО АН СССР АМД-1, работающем под управлением ЭВМ М-400, дополнительно оснащенной ЭВМ «Электроника 100И» с фотовыводящим устройством, разработанным на базе копировального устройства «Элика». Все пластинки просканированы в стандартных условиях при значении диафрагмы микроденситометра  $10 \times 10$  мкм, с шагом 10 мкм. В состав обрабатывающих программ входят блоки управления прибором, обеспечивающие оцифровку измерений плотности площади фотоэмульсии, содержащей исследуемый объект, сглаживание шумов фотоэмульсии, выделение изоуровней и выдачу обработанной информации на накопитель на магнитной ленте (МЛ). После завершения процесса сканирования и записи на МЛ, массив изображения выдается на фотовыводящее устройство. Для большинства исследуемых галактик сглаживание шумов фотоэмульсии производилось путем двухмерной свертки усеченной импульсной характеристики фильтра низкой частоты с матрицей изображения, что позволяло снизить высокочастотный шум фотоэмульсии. Для записи изоденс на фотопленке, а затем и на фотобумаге использовались либо две градации плотности (черные и белые изоденсы), либо три градации (черные, серые и белые изоденсы).

Кроме того, для одной галактики, а именно для Маркарян 273, с целью более полного извлечения информации о ее морфологической структуре, в ВЦ САО АН СССР была проведена цифровая обработка ее двухмерного изображения методом быстрого преобразования Фурье. Был рассчитан оптимальный фильтр Винера, при вычислении которого для количественной оценки качества восстановления изображения ( $p$ ) применялся принцип минимизации среднеквадратической ошибки восстановления

$$E [(p - p)] = \min$$

во всей плоскости изображения, где  $p$  — идеальное изображение. Выражение для оптимального винеровского фильтра имеет вид

$$Q(\omega, \tau) = \frac{H^*(\omega, \tau)}{HH^* + \frac{S_N(\omega, \tau)}{S_p(\omega, \tau)}}$$

где  $S_N(\omega, \tau)$  — энергетическая спектральная ( $\omega$  и  $\tau$  являются пространственными частотами) мощность шума эмульсии, а  $S_p(\omega, \tau)$  — суммарная частотная характеристика искажающей системы (атмосфера, телескоп, гидирование, дефокусировка).

Алгоритм цифровой фильтрации методом быстрого преобразования Фурье был реализован на языке Фортран на ЭВМ М4030. Размер обработанного изображения  $512 \times 512$  элементов. При расчете восстанавливающего фильтра использовалась информация о реальных спектрах мощности

фотоэмульсии, о свойствах искажающих факторов. После цифровой обработки изображение галактики выводилось через фотовыводящее устройство в виде картины изоденс.

3. *Результаты.* Данные об исследуемых галактиках с УФ континуумом со сложной ядерной структурой собраны в табл. 1.

Таблица 1

№ галактики	$v_r$ (км/с)	$M_{\text{рх}}$ галактик	тип сгущений	$M_{\text{рх}}$ сгущений	Размеры сгущений		Расстояние между сгущениями	
					угловые	линейные (кпс)	угловые	линейные (кпс)
19	4230	-17 <sup>m</sup> 8	a:18 <sup>m</sup> 3	-15 <sup>m</sup> 5	4.3	1.2	ab: 4.5	1.2
			b:18.7	-15.1	2.6	0.7		
104	2224	-17.4	a:16.4	-16.0	6.2	0.9	ab: 5.8	0.8
			b:17.5	-14.9	3.9	0.6		
273	11400	-21.4	a:17.5	-18.4	3.6	2.7	ab: 4.3	3.2
			b:18.2	-17.7	2.8	2.1	ac: 4.5	3.3
			c:18.5	-17.4	3.2	2.4	bc: 3.4	2.5
324	1510	-16.0	a: —	—	—	—	ab: 1.3	0.1
			b: —	—	—	—		
463	14940	-20.5	a:17.0	-19.5	3.6	3.5	ab: 4.5	4.3
			b:17.2	-19.3	3.4	3.3		
799	3340	-18.7	a:17.1	-16.1	5.8	1.3	ab:20.5	4.4
			b:17.3	-15.9	5.8	1.3		
823			a:16.7	—	4.7	—	ab: 4.9	—
			b:17.3	—	3.4	—		
980	5570	-19.4	a:17.0	-17.4	5.1	1.8	ab: 4.5	1.6
			b:17.5	-16.9	5.1	1.8		
1027	9045	-20.4	a:15.5	-19.9	7.5	4.4	ab:10.5	6.1
			b:16.7	-18.7	5.4	3.1		

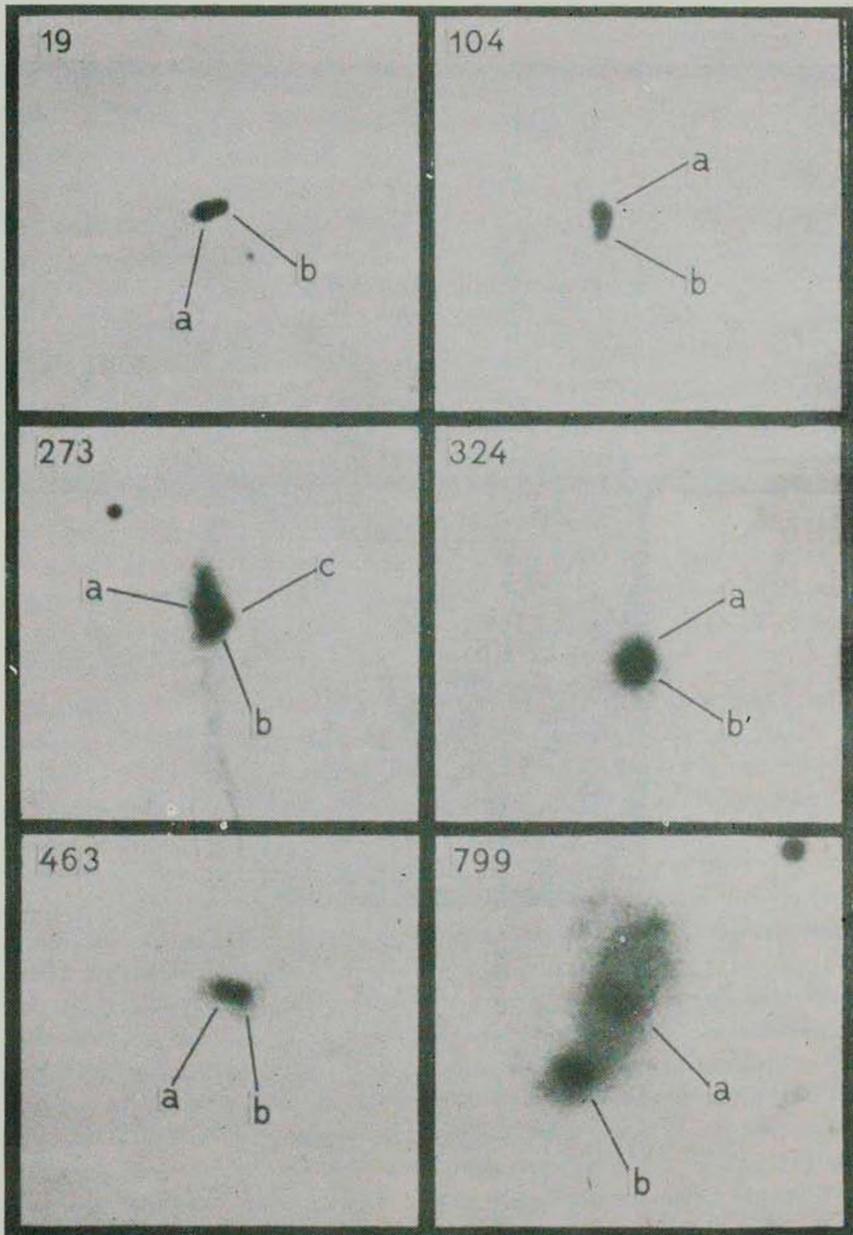
В ней приведены: номера галактик с УФ континуумом, их лучевые скорости и абсолютные яркости, видимые фотографические величины отдельных сгущений («а», «b» и «с»), оцененные нами глазомерно, тем же методом, как и в [1], абсолютные фотографические величины сгущений, их размеры и взаимное расстояние в секундах дуги и в килопарсеках. При вычислениях для постоянной Хаббла принималось значение  $H = 75$  км/с Мпс.

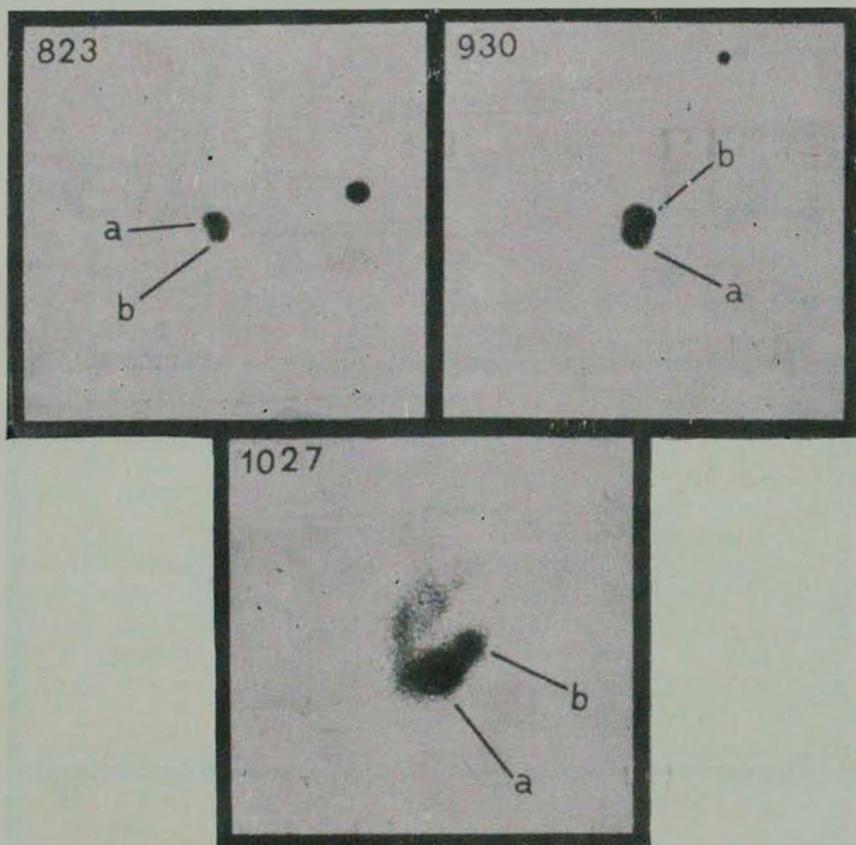
В статье приведены фотографии галактик со сложной ядерной структурой, а также их картины изоденс. На фотографиях сгущения обозначены

ФОТОГРАФИИ ОБЪЕКТОВ С ДВОЙНЫМИ И КРАТНЫМИ ЯДРАМИ

Номера объектов приведены согласно спискам Маркаряна.

Масштаб: 1 мм ~ 2".





К ст. Ю. Коровяковского и др.

ны в соответствии с табл. 1. Масштаб изображения на фотографиях: 1 мм  $\sim$  2".

Ниже приводится описание морфологической структуры исследуемых галактик, а также, на основе вышеотмеченных признаков ядра и критерия многоядерности, рассматривается возможность классификации наблюдаемых сгущений как ядра в них.

*Маркарян 19 (МКГ 10—13—71).* Галактика имеет вытянутую форму, в ней наблюдаются два сгущения, от которых на восток тянется мощный длинный хвост. По Маркаryanу [11], оба сгущения голубые. Сгущения в галактике имеют абсолютную светимость одного порядка, которая типична для сверхассоциаций [12], что подтверждается также другими наблюдениями [13, 14]. Является двухъядерной галактикой.

*Маркарян 104.* Вытянутая по склонению галактика, состоящая из двух сгущений, окруженных обширной симметричной оболочкой. Сложная структура галактики была отмечена в работах [15, 16]. Яркое и большее по размерам «а» сгущение находится ближе к геометрическому центру галактики. Абсолютная светимость этих сгущений такая же, как у типичных сверхассоциаций, расстояние между ними довольно маленькое. По отношению к самой внешней «серой» изоденсе сгущение «а» имеет центральное положение, но с передвижением по изоденсам внутрь галактики центр изоденс перемещается к центру тяжести двух сгущений. Эту галактику можно считать объектом с двумя ядрами, на что указывает и подобие спектров сгущений [4].

*Маркарян 273 (МКГ 6—30—78, IZw71).* Центральное тело сейфертовской галактики [17], имеющее треугольную форму и состоящее из трех сгущений. Из них северное самое компактное и яркое. Из центральной части галактики на юг уходит прямая, очень длинная и узкая струя. На картинах изоденс, под обозначением «1» приведен результат простой обработки изображения галактики с фильтром низкой частоты, а под «2» — результат цифровой фильтрации ее двухмерного изображения методом быстрого преобразования Фурье с применением оптимального восстанавливающего фильтра Винера. Морфологическое исследование этой галактики проведено в работах [18, 19], но только с помощью цифровой винеровской фильтрации двухмерного изображения галактики удалось выявить ее сложную центральную структуру. В галактике, как сгущение «а», так и «b» и «с» по яркости и по размерам заметно превосходят сверхассоциации, отмеченные в [12], и имеют, вероятно, ядерную природу, что подтверждается и спектральными наблюдениями этой галактики в работе [20], где отмечается, что широкие эмиссионные линии образуются в разрозненном теле галактики. Таким образом, центральная область Маркарян 273 имеет многоядерную структуру.

*Маркарян 324.* Слегка вытянутая по склонению эллипсоидальная галактика, имеющая в центральной части два сгущения. Других структурных деталей в галактике не наблюдается. Детальное морфологическое исследование галактики проведено в работе [21], где отмечается сложная ядерная структура галактики.

Как хорошо видно из картины изоденс, галактика явно имеет двухъядерную структуру. Из-за близости друг к другу ядер оценить их видимые величины не удалось.

*Маркарян 463 (МКГ 3—36—5).* В вытянутой по направлению восток-запад оболочке симметрично относительно ее центра расположены два сгущения примерно одинаковой яркости. Восточное сгущение более компактное, чем западное. В структуре окружающей сгущения оболочки хорошо заметны детали спирального рукава, отмеченного в [18]. Галактика обладает сейфертовскими особенностями [22], двухъядерность отмечена также в [18].

*Маркарян 799 (NGC 5430, МКГ 10—19—62, Холмберг 569a).* Спиральная галактика, в перемычке которой расположены два сильно конденсированные сгущения. Северное «а» сгущение находится недалеко от центра перемычки, в то время как южное «b» расположено в ее конце. Из каждого сгущения выходят спиральные рукава — туго скрученный у южного и открытый у северного. Еще один спиральный рукав выходит на юг из северного конца бара галактики. Имеем ли мы в данном случае одну галактику с двумя ядрами или сверхтесную пару спиральных галактик, подлежит обсуждению. Общая морфологическая картина объекта, тем не менее, такова, что скорее всего мы имеем здесь дело с одной галактикой, имеющей два ядра.

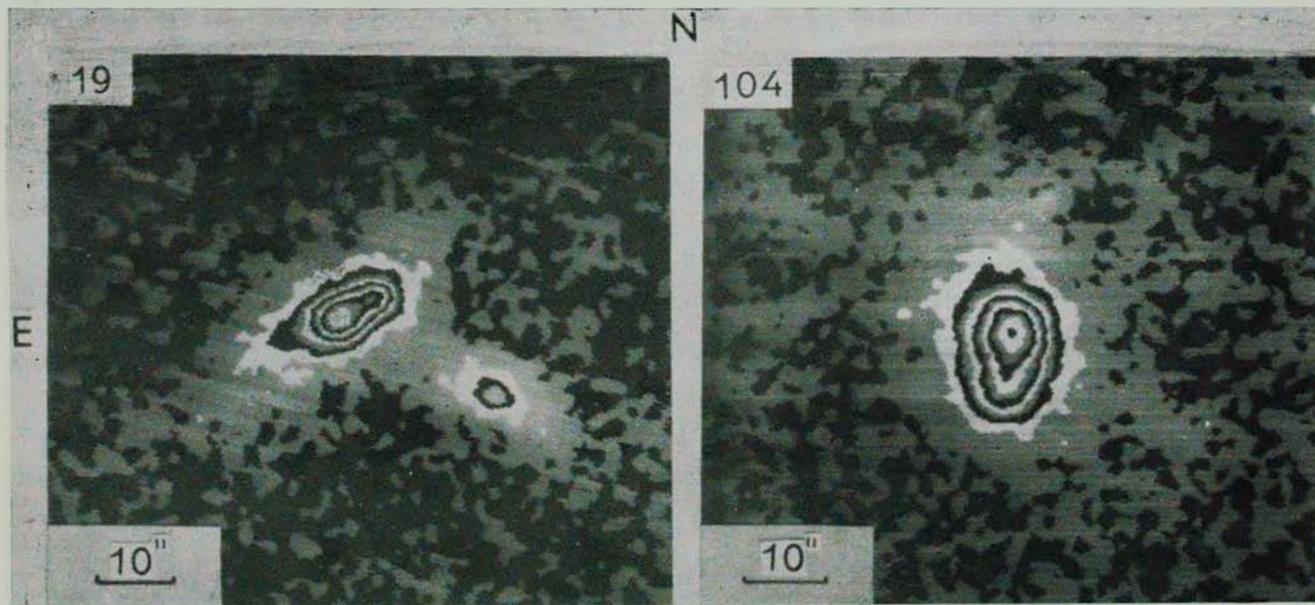
*Маркарян 823.* Состоит из двух компактных сгущений в общей оболочке. Северное сгущение «а» более вытянутое и яркое, южное — звездобразное. Оба сгущения расположены симметрично относительно геометрического центра самой внешней «черной» изоденсы галактики.

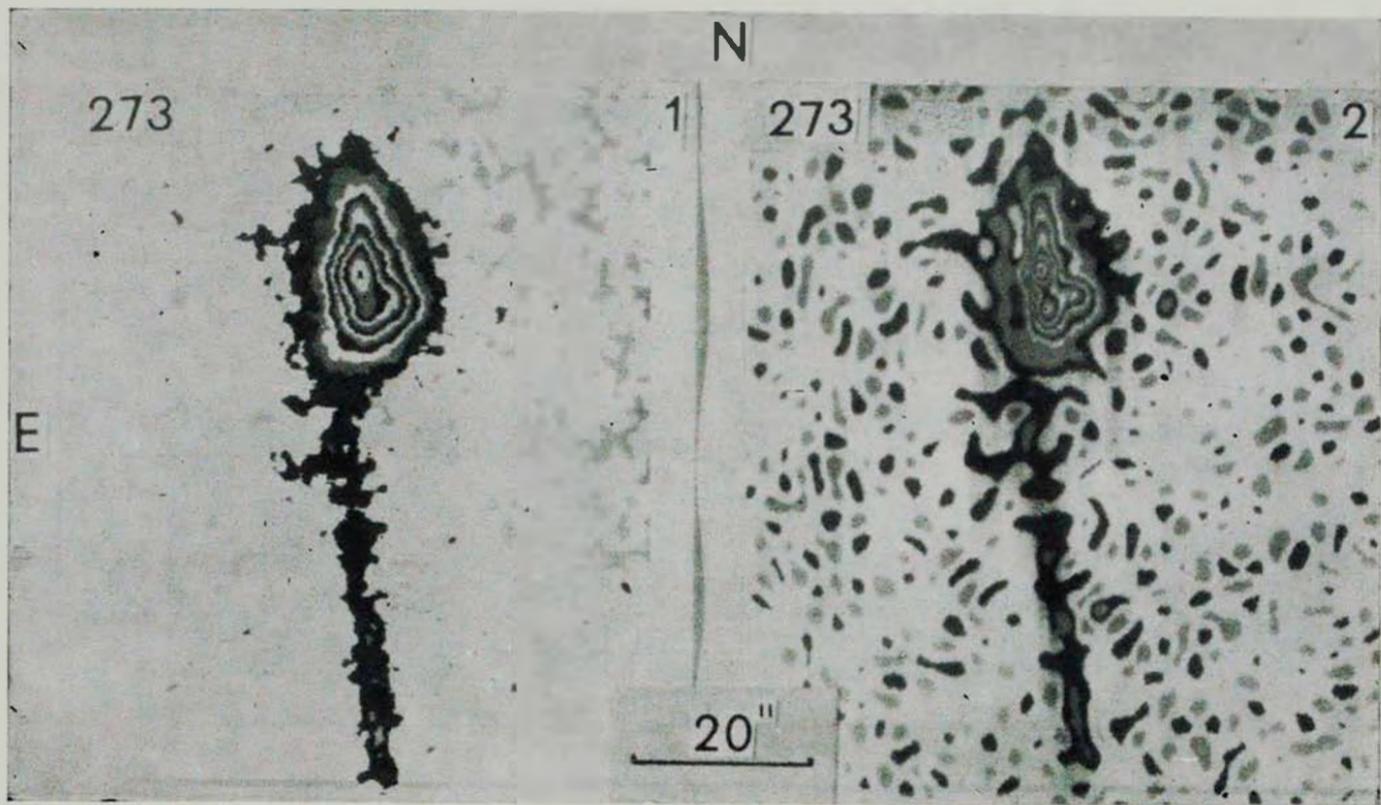
Явно имеет двухъядерную структуру.

*Маркарян 930.* Галактика состоит из двух сгущений в общей оболочке. Южное «b» сгущение по виду не отличается от звезды. Северное «а» сгущение более диффузное и вытянуто в направлении восток—запад. Самая внешняя изоденса галактики имеет приблизительно эллиптическую форму. Как хорошо видно из картины изоденс, является двухъядерной галактикой.

*Маркарян 1027 (IC 214, МК 1—6—57).* Галактика с одним мощным спиральным рукавом, выходящим из юго-восточного «а» сгущения. Второе

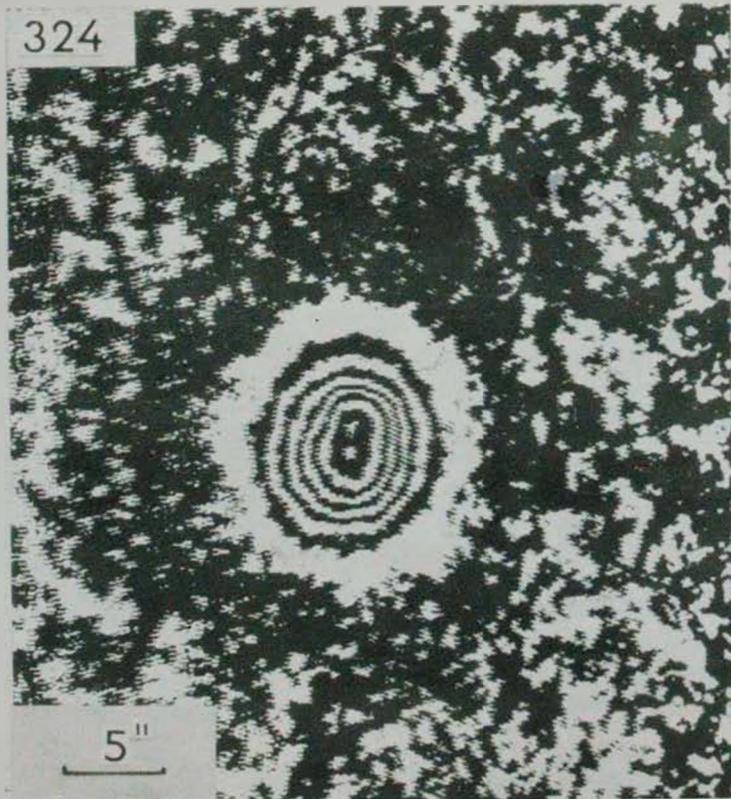
КАРТИНЫ ИЗОДЕНС ОБЪЕКТОВ С ДВОЙНЫМИ И КРАТНЫМИ ЯДРАМИ.  
Номера объектов приведены согласно спискам Маркаряна.





N

324



463

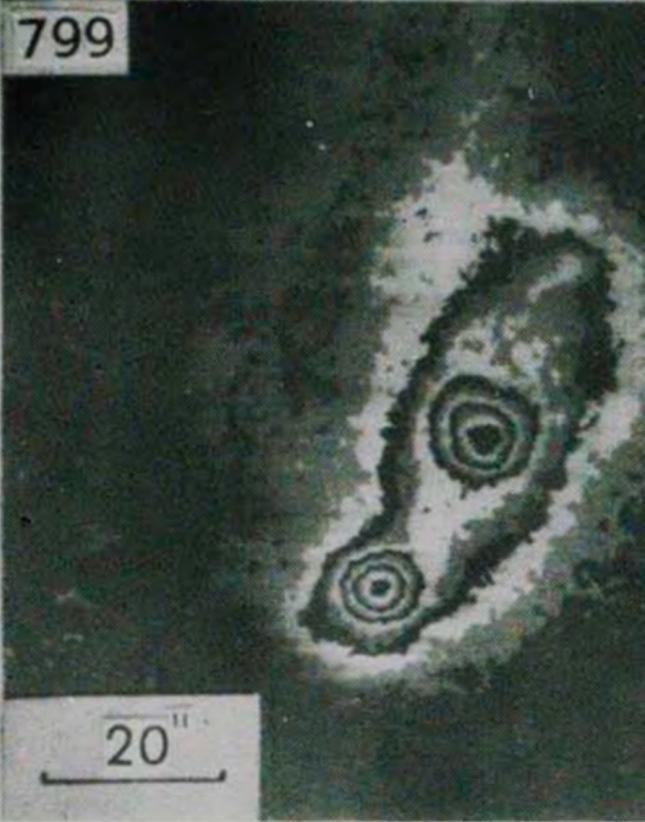


E

799

E

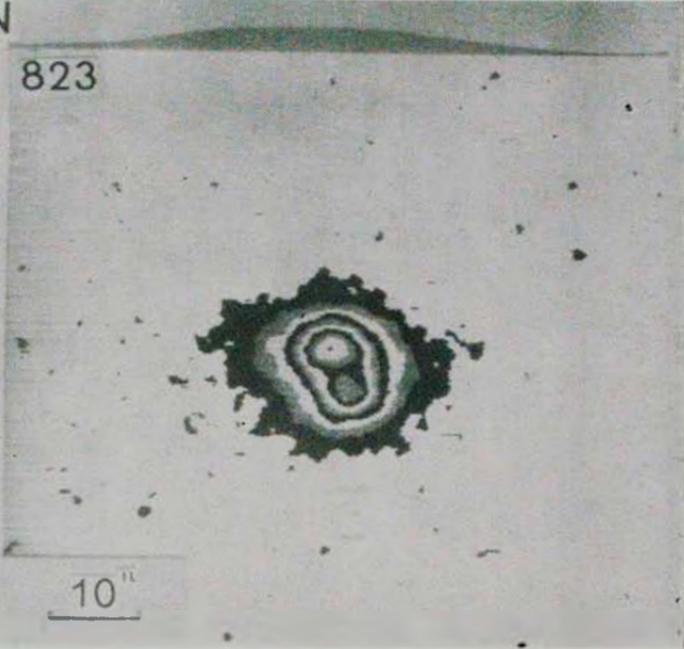
20<sup>''</sup>

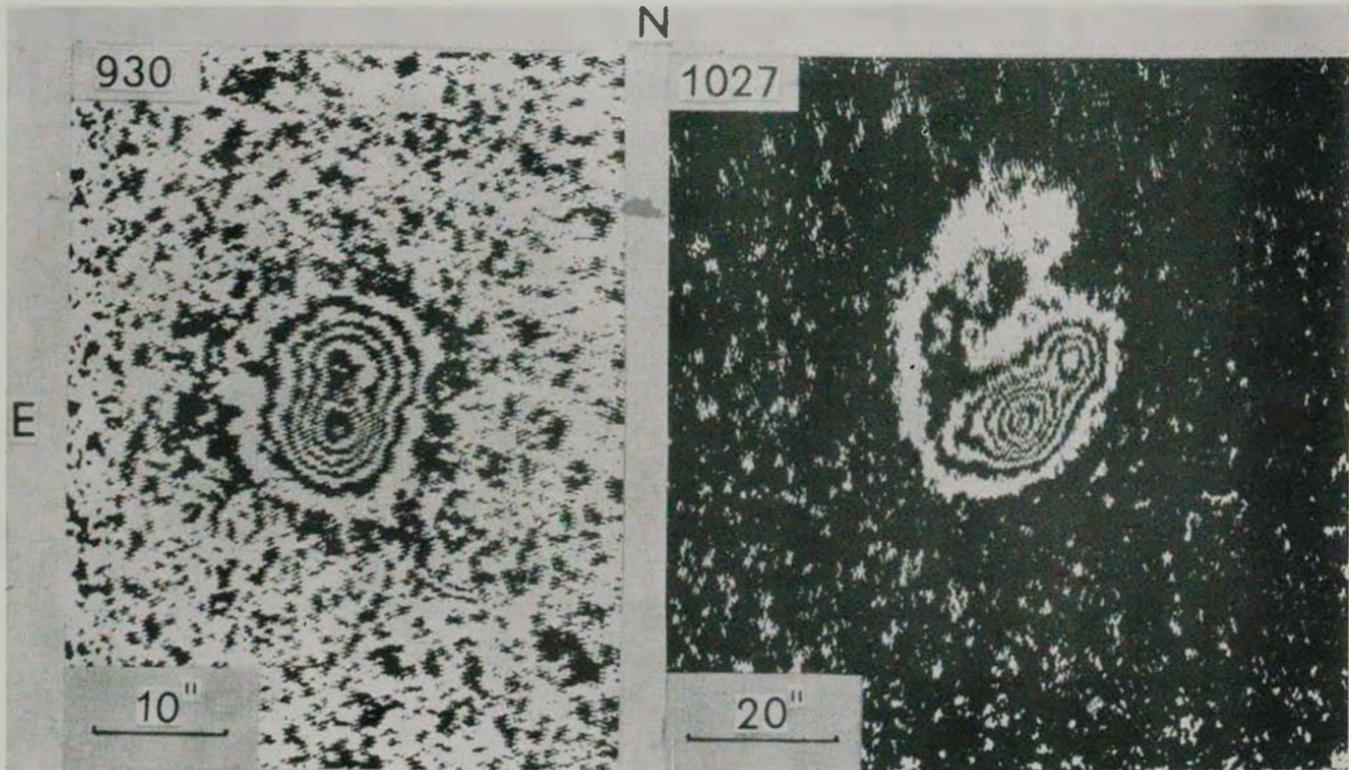


N

823

10<sup>11</sup>

A micrograph showing a central, dark, irregularly shaped biological specimen. The specimen has a complex internal structure with concentric, lighter-colored regions, possibly representing a nucleus or a specific organelle. The surrounding area is light gray with scattered dark specks. A scale bar is located in the bottom left corner of the image, labeled "10<sup>11</sup>". The number "823" is printed in the upper left corner of the image area, and the letter "N" is positioned above it. The overall image has a grainy, high-contrast appearance typical of electron microscopy.



К ст. Ю. Коровяковского и др.

сгущение, более слабое и меньших размеров, расположено на северо-западе галактики. Оба сгущения имеют большую светимость и линейные размеры и соединены между собой ярким мостом. Следует отметить, что картина изоденс в этой галактике сильно искажена наличием вышеотмеченного одного рукава. Если не принимать во внимание внешние изоденсы, то расположение сгущений относительно внутренних изоденс довольно близко к симметричному, поэтому галактика удовлетворяет всем признакам, необходимым для причисления ее к двухъядерным.

Таким образом, из рассмотренных девяти галактик семь, согласно определению, являются двухъядерными галактиками (Марк. 19, 104, 324, 463, 823, 930 и 1027) одна — Марк. 273 — имеет многоядерную структуру.

Что же касается Марк. 799, то здесь вопрос не ясен: или она является двухъядерной галактикой с необычной морфологической структурой, или, возможно, является сверхтесной парой спиральных галактик. В обоих случаях сгущения играют роль ядер.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за дискуссию и ценные замечания, а также сотрудникам ВЦ САО АН СССР за большую помощь в получении изоденситометрических картин галактик.

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР  
Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## MORPHOLOGY OF THE NINE GALAXIES WITH UV CONTINUA WITH DOUBLE AND MULTIPLE NUCLEI

YU. P. KOROVYAKOVSKIJ, A. R. PETROSSIAN, K. A. SAHAKIAN,  
E. YE. KHACHIKIAN

The essential criteria of external structure for the definition of the nucleus and some additional considerations concerning the multinuclei structure of the central parts of galaxies are suggested. On the basis of morphological and isodensitometrical investigations the structure of the central parts of nine galaxies with UV — continua is investigated. It is shown that Markarian 19, 104, 324, 463, 823, 930 and 1027 are galaxies with double nuclei. Markarian 273 is a galaxy with three nuclei. Markarian 799 is probably a double nuclei galaxy, although it may be possible that we have a very tight pair of spirals.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 69, 1978.
2. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 15, 209, 1979.
3. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Письма АЖ*, 6, 262, 1980.
4. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Письма АЖ*, 6, 552, 1980.
5. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 15, 373, 1979.
6. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 16, 621, 1980.
7. А. Р. Петросян, *Астрофизика*, 16, 631, 1980.
8. К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 11, 207, 1975.
9. V. A. *Ambartsumian*, IAU-Ursi Symp. No. 20, Canberra, 1964, p. 122.
10. Th. *Schmidt-Kaler*, J. V. *Feltzinger*, *Astrophys. Space Sci.*, 41, 357, 1976.
11. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
12. Р. К. Шохбазян, *Астрофизика*, 4, 273, 1968.
13. G. *Neugebauer*, E. E. *Becklin*, J. B. *Oke*, L. *Searle*, *Ap. J.*, 205, 29, 1976.
14. J. P. *Huchra*, *Ap. J.*, 217, 928, 1977.
15. А. Т. Каллоглян, *Астрофизика*, 7, 521, 1971.
16. C. *Castni*, J. *Heidmann*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 34, 91, 1978.
17. W. L. W. *Sargent*, *Ap. J.*, 173, 7, 1972.
18. T. F. *Adams*, *Ap. J. Suppl. ser.*, 33, 19, 1977.
19. P. A. *Wechsinger*, S. *Wyckoff*, *M. N.*, 181, 211, 1977.
20. E. Ye. *Khachikyan*, D. W. *Weedman*, *Ap. J.*, 192, 581, 1974.
21. C. *Barbieri*, C. *Bonoli*, P. *Rafanelli*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 37, 541, 1979.
22. Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий, *Астрон. цирку.*, № 798, 2, 1973.