АСТРОФИЗИКА

ТОМ 24 ФЕВРАЛЬ, 1986 ВЫПУСК 1

УДК: 524.45 NGC 4922:520.84

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ NGC 4922

Н. К. АНДРЕАСЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 21 марта 1985
Принята к печати 10 декабря 1985

Приведены результаты спектрофотометрического исследования двойной галактики NGC 4922. Один из компонентов является эллиптической галактикой с интегральным спектром поглощения, соответствующим спектральным классам G0—G3, а второй имеет спектральные признаки сейфертовского ядра с низкой степенью ионизации. Физические условия и химический состав второго компонента похожи на таковые в сейфертовских галактиках второго типа. Масса сейфертоподобного компонента внутри радиуса 1 кпк оказалась равной примерно $0.4 \cdot 10^8 M_\odot$, а масса всей системы $2.2 \cdot 10^{11} M_\odot$.

1. *Введение.* В последнее время все чаще выявляются галактики с двойными ядрами, причем нередко компоненты показывают совершенно разные спектральные характеристики [1—11]. Особенно интересными являются галактики, у которых один из компонентов показывает спектральные признаки, характерные для сейфертовских галактик [12]. Следует отметить, что линейное расстояние в проекции на небесную сферу между компонентами ядер различное. В некоторых случаях они настолько удалены друг от друга, что их можно рассматривать уже как ядра отдельных галактик, составляющих тесную пару. Известны случаи, когда сейфертовская галактика образует пару с эллиптической галактикой и удалена от последней настолько, что их физическая связь выясняется только с помощью определения лучевых скоростей.

В настоящее время известно около двух десятков таких объектов, расстояние между компонентами ядер которых или между самими галактиками находится в пределах от ста пк (Марк 324) до 75 кпк (3С 120). Вряд ли можно сомневаться в том, что такие физически связанные системы имеют общее происхождение. Поэтому, естественно, возникает вопрос об эволюции таких систем, точнее: образуются ли сначала широкие пары, которые затем сближаются, или они образуются вначале как тесные системы, а затем расходятся. Наблюдательные данные, на наш взгляд, говорят в пользу второй возможности.

В свете вышесказанного большое значение приобретает выявление новых двойных систем (галактик с двойными ядрами или двойных галактик), один из компонентов которых показывает признаки, близкие к сейфертовским, и их подробное исследование. В настоящей статье приводятся данные, показывающие, что к таким объектам можно отнести и галактику NGC 4922.

NGC 4922 является членом богатого скопления галактик в созвездии Волос Вероники и классифицирована Вокулером как I0 галактика [13]. В изофотометрическом и фотометрическом атласе пекулярнх галактик Шамберга NGC 4922 описана как двойная система, окутаннгя общей оболочкой и имеющая отросток в северо-западной части [14]. Красное смещение этой галактики определено Караченцевым [15].

2. *Наблюдательный материал и его обработка.* Девять спектрограмм галактики NGC 4922 получены на 6-м телескопе САО АН СССР с помощью спектрографа СП-160 и ЭОП типа УМК-91В. Спектры сняты при трех разных положениях дифракционной решетки и охватывают область 3500—7500 А. Средняя дисперсия спектрограмм около 60 А/мм, масштаб в перпендикулярном к дисперсии направлении примерно 16″/мм, экспозиции длились 7—10 мин. Наблюдения были выполнены 16 и 19 мая 1982 г. Для калибровки спектральной чувствительности аппаратуры в те же ночи были сняты спектры стандартной звезды Feige 92 из списка спектрофотометрических стандартов Стоуна [16].

Положение щели во время наших спектральных наблюдений показано на рис. 1, где приведена картина изоденс NGC 4922, взятая из атласа Шамберга. Три области спектра галактики NGC 4922, полученные при трех разных положениях дифракционной решетки, показаны на рис. 2. На картине изоденс четко разделяются две области с концентрическими линиями изоденс, обозначенные нами буквами А и В. На спектрограммах NGC 4922, как это видно из рис. 2, спектры этих двух сгущений также отчетливо разделяются по высоте щели. Расстояние между этими спектрами на спектрограмме составляет 0.″35, как и расстояние между сгущениями А и В на картине изоденс.

Спектры сгущений, как это видно на рис. 2, сильно отличаются друг от друга: одно сгущение имеет сильный непрерывный спектр, на котором видны только линии поглощения, а другое — слабый непрерывный спектр с яркими линиями излучения. В спектре сгущения А уверенно отождествляются абсорбционные линии H и K Ca II, полоса G, линия бальмеровской серии водорода H_9, линия магнезия Mg I λ 5284 и линия D натрия. В спектре же сгущения В отождествляются запрещенные линии ионизованной серы [S II] λ 6731 и 6717, ионизованного азота [N II] λ 6584 и 6548, небулярные линии N_1 и N_2, линия ионизованного кислорода [O II]

Рис. 1. Изоденситометрическая картина NGC 4922, заимствованная из каталога и атласа Шамберга

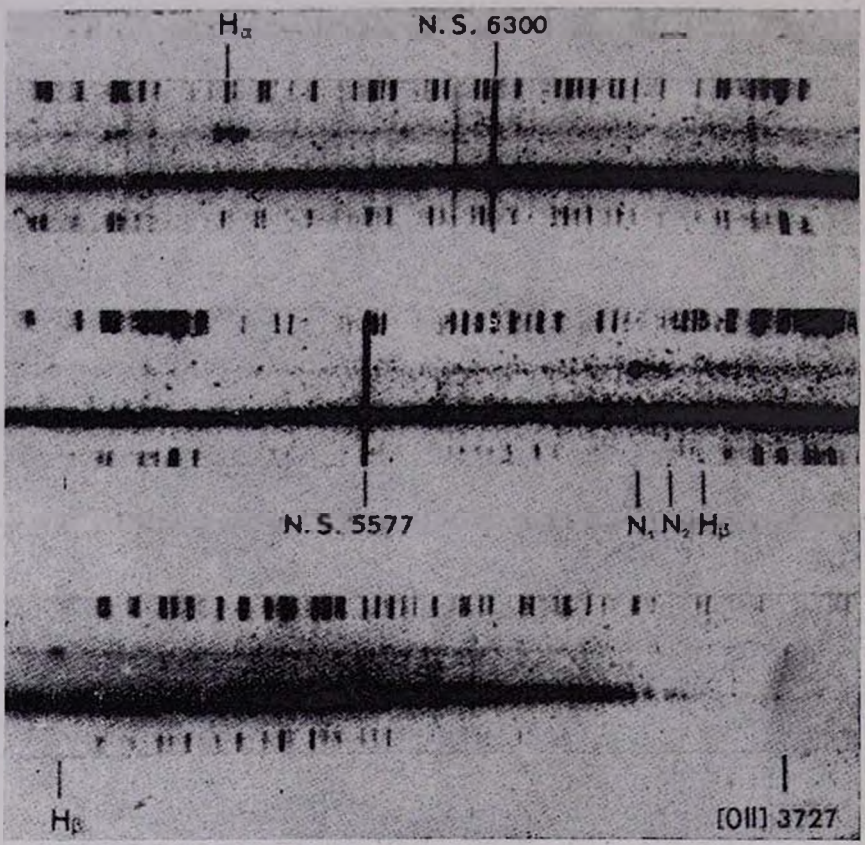

Рис. 2. Спектрограммы NGC 4922 в трех областях спектра.

К ст. Н. К. Андреасян, Э. Е. Хачикяна

λ 3727 и линии бальмеровской серии водорода H_ε и H_ζ. Следует отметить, что все эмиссионные линии в спектре компонента B широкие, и их полуширины значительно превосходят инструментальную полуширину линий. Кроме того, у всех эмиссионных линий наблюдается наклон.

Длины волн в спектрах обоих компонентов измерены с помощью прибора «Аскорекорд». Для определения лучевой скорости B-компонента измерялись линии N_1, N_2 и H_3. Для определения же лучевой скорости A-компонента использовались наиболее четкие линии поглощения в его спектре, каковыми являются линии H и K Ca II. Ошибка измерений лучевой скорости не превышает 30 км/с.

Гелиоцентрическая лучевая скорость NGC 4922 A оказалась равной 7015 км/с, для скорости же B-компонента — 7125 км/с. Имеется некоторое расхождение между этими значениями и значением средней скорости системы, определенной Караченцевым — $V_0 = 7376$ км/с. Расстояние до NGC 4922 получается равным примерно 95 Мпк при $H = 75$ км/м Мпк, а расстояние между компонентами системы — примерно 9.5 кпк. Разница между лучевыми скоростями двух компонентов NGC 4922 составляет примерно 100 км/с, и если интерпретировать это как результат вращения вокруг общего центра масс, то можно оценить общую массу системы. При предположении, что ось вращения перпендикулярна лучу зрения, масса системы получается равной приблизительно $2.2 \cdot 10^{11}\ M_\odot$.

Как уже было отмечено, эмиссионные линии в спектре B-компонента наклонены и указывают на твердотельное вращение этого компонента. По наклону линий можно определить скорость вращения и, следовательно, его массу. Линейная скорость вращения NGC 4922 B на расстоянии 1 кпк от центра этого объекта получается равной 170 км/с. Масса, определенная из условия гравитационного равновесия, равна примерно $0.4 \cdot 10^8\ M_\odot$.

Для определения относительных интенсивностей и эквивалентных ширин спектральных линий все спектры записывались с помощью микроденситометра PDS-1010A. С целью удобства расчетов и повышения точности измерений при низких плотностях почернения характеристическая кривая построена в бейкеровских плотностях [17]. В табл. 1 приведены эквивалентные ширины спектральных линий A-компонента NGC 4922, а также наблюдаемые и исправленные за покраснение относительные интенсивности B-компонента. Поправки за покраснение вычислены в предположении о том, что бальмеровские линии в спектре NGC 4922 B имеют рекомбинационный характер и что поглощение происходит по нормальному закону. Теоретическое значение бальмеровского декремента приведено в работе [18] (случай „B“, $T_e = 10\,000$ K, $N_e = 100$ см$^{-3}$), коэффициенты же покраснения затабулированы в работе [19]. В табл. 1 приведены также эквивалентная ширина эмиссионной линии H_3 в спектре NGC 4922 B и значе-

ние логарифмического коэффициента покраснения в линии H_β. Судя по этому коэффициенту, можно найти меру поглощения в NGC 4922 B, исключив поглощение по лучу зрения в направлении NGC 4922 в Галактике. Поглощение в H_β получается равным примерно 1^m.

Таблица 1

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ ГАЛАКТИКИ NGC 4922

λ_0	Ион	A-компонент	B-компонент		
		W	W	$(I_\lambda/I_{H_\beta})_{набл.}$	$(I_\lambda/I_{H_\beta})_{испр.}$
6731	[S II]		5.41	0.62	0.44
6717	[S II]		5.52	0.64	0.45
6584	[N II]		28.59	2.71	1.97
6563	H_α		48.62	3.95	2.86
6548	[N II]		9.13	0.82	0.59
5892	Na I абс.	3.08			
5184	Mg I абс.	1.74			
5007	[O III]		27.50	2.77	2.69
4959	[O III]	9.26	9.26	0.87	0.85
4861	H_β		10.89	1.00	1.00
4861	H_β абс.	2.04			
4304	Полоса G	5.83			
3968	Ca II абс.	6.70			
3934	Ca II абс.	8.76			
3727	[O II]		15.25	0.68	1.28
	C(H_β)			0.40	

3. Физические условия и химический состав. Эмиссионные линии в спектре NGC 4922, как уже отмечалось, имеют сравнительно широкие профили. Исправленные за инструментальное уширение полуширины составляют 400 км/с. Этот факт свидетельствует о том, что, вероятно, NGC 4922 B является сейфертовским ядром. В пользу этого говорят также значения относительных интенсивностей эмиссионных линий [O III] λ 5007/H_β и [N II] λ 6584/H_α, которые соответственно равны 2.69 и 0.89. Эти значения близки к тем, которые получаются для сейфертовских галактик второго типа [20].

В спектре NGC 4922 B не наблюдаются линии высокого возбуждения, а индекс возбуждения $r = I$ (O III)/I(O II) = 2.76. Объекты такого рода, в спектрах которых наблюдаются линии только низких потенциалов возбуждения, т. е. у которых индекс возбуждения невысокий, выделены

Хекманом в отдельный класс и названы им лайнерами (LINER) [21]. Предполагалось, что ионизация в этих объектах происходит под действием ударной волны. В предложенной Болдуином и др. [22] классификационной схеме лайнеры попадают в область ионизации ударной волной. Однако, согласно результатам недавних работ ряда авторов, не исключается также действие механизма фотоионизации у лайнеров, причем свойства лайнеров непрерывно смыкаются со свойствами других сейфертовских галактик (см., например, [23]).

По своим характеристикам NGC 4922 B является объектом, который можно отнести как к Sy 2 галактикам, так и к лайнерам. Вероятнее всего механизм ионизации в NGC 4922 фотоионизационный, так как относительные интенсивности эмиссионных линий в спектре этого объекта не подходят к теоретическим значениям при ионизации ударной волной, и нет основания предполагать действие других механизмов. Пекиньо рассчитал сложную многокомпонентную фотоионизационную модель для объяснения наблюдаемых относительных интенсивностей в спектре галактики NGC 1052, являющейся типичным лайнером [24]. Предполагается, что такая модель может быть общей для активных ядер галактик. Отношение интенсивностей линий [N II]/H_α у лайнеров обычно намного больше единицы, в то время как у нормальных H II областей линия H_α, как правило, сильнее линии [N II]. В случае NGC 4922 B интенсивности упомянутых линий почти одного порядка. Кроме того, на схеме Болдуина и др. [22], NGC 4922 B попадает в область фотоионизации.

В спектре NGC 4922 B авроральные линии не наблюдаются, и непосредственно определить электронную температуру ионизованного газа излучающей области невозможно. Оценка электронной температуры получена по эмпирической связи между отношением интенсивностей $I([O\,III]+[O\,II])/I(H_\beta)$ и T_e, установленной Пейгелом и др. [25]. Электронная температура ионизованного газа в NGC 4922 B оказалась равной примерно $0.8 \cdot 10^4$ K.

Оценка электронной плотности ионизованного газа сделана по отношению интенсивностей линий [S II] λ 6717 и 6731 — $N_e = 700$ см$^{-3}$. Следует отметить, что качество спектра в области указанных линий не позволяет делать надежные измерения, и отношение их интенсивностей определяется с ошибкой примерно 50%.

В предположении о том, что в излучающей области NGC 4922 B действует фотоионизационный механизм, можно определить содержание O^+, O^{++}, N^+ и полное содержание кислорода и азота по относительным интенсивностям, приведенным в табл. 1. При допущении возможности фотоионизационного механизма расчеты можно производить по формулам, приведенным в [26]. Результаты этих расчетов приведены в табл. 2. В той

же таблице с целью сравнения приведены соответствующие параметры для нормальных H II областей [27] и Солнца [28].

Таблица 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Ион	$12 + \lg N(X)/N(H)$		
Элемент	NGC 4922 B	H II-области	Солнце
O^+	8.38		
O^{++}	8.55		
N^+	8.04		
O	8.78	8.60	8.84
N	8.44	7.59	7.94
N/O	0.47	0.10	0.12

В том случае, когда ионизация происходит под действием ударной волны, отношение содержания элементов N/O, приведенное в последней строке табл. 2 для случая фотоионизации, можно оценить, исходя из моделей, данных в работе [29]. Оценки существенно не отличаются друг от друга. Отношение N/O для NGC 4922 B примерно в четыре раза больше, чем для принятого нормального содержания элементов [30], а также для нормальных H II-областей и Солнца. Высокое значение отношения N/O, как у NGC 4922 B, обнаружено и в ядре галактики M 81, которая также имеет сейфертовские характеристики [31].

4. *Обсуждение результатов.* Галактика NGC 4922, как показывает спектральное изучение, состоит из двух компонентов с совершенно разными спектральными признаками. Один из компонентов, который по яркости превосходит второй, имеет в своем спектре только линии поглощения. Сравнение эквивалентных ширин этих линий с результатами работы Тинсли [32] показывает, что интегральный спектр поглощения соответствует спектральным классам G0—G3. Такими спектрами обладают эллиптические галактики, и можно предположить, что данный компонент NGC 4922 имеет свойства ядра эллиптической галактики.

Второй, менее яркий компонент NGC 4922 имеет эмиссионный спектр низкого возбуждения. Результаты спектрофотометрии и измерений полуширин эмиссионных линий в спектре этого компонента показывают, что его можно отнести к классу лайнеров, чьи свойства непрерывно смыкаются со свойствами сейфертовских галактик. Физические условия и химический состав ионизованного газа этого компонента существенно не отличаются от таковых в ядерных областях сейфертовских галактик.

Расстояние между компонентами NGC 4922 достаточно большое, и фактически мы имеем дело не с двухъядерной галактикой, а с тесной парой галактик с совершенно разным составом звезд и газа — если в излучении одной из них основную роль играют звезды, то в другой доминирует излучение ионизованного газа. Накопление наблюдательного материала, касающегося таких интересных сочетаний двух существенно разных галактик в паре, даст возможность ответить на многие вопросы происхождения и эволюции пар галактик.

Недалеко от NGC 4922, на расстоянии примерно 5.′8 (140 кпк, при $H = 75$ км/с Мпк) находится галактика с УФ-избытком — Марк 61, и так как ее красное смещение практически совпадает с красным смещением NGC 4922, то можно предположить, что они образуют физически связанную систему. Подробное изучение этой галактики и сравнение ее характеристик с таковыми более слабого компонента NGC 4922, в зависимости от их расстояния до яркой эллиптической галактики (которая, вероятно, является главным телом в этой системе) было бы полезно для решения упомянутых выше задач.

Авторы выражают благодарность А. Н. Буренкову за помощь при получении наблюдательного материала.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Ереванский государственный университет

SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF NGC 4922

N. K. ANDREASSIAN, E. YE. KHACHIKIAN

The results of spectrophotometric investigation of the binary galaxy NGC 4922 are presented. One of the components appears to be an elliptical galaxy with a spectrum corresponding to the spectral classes G0—G3, the other has spectral properties of low ionisation Seyfert nuclei. Physical conditions and chemical abundances in this component resemble those of the Sy 2 galaxies. The mass of the Seyfert-like component within the radius of 1 kpk is nearly $0.4 \times 10^8\ M_\odot$. The mass of the whole system is $\sim 2.2 \times 10^{11}\ M_\odot$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ж. Айдман, А. Т. Каллоглян*, Астрофизика, 9, 71, 1973.
2. *Ж. Айдман, А. Т. Каллоглян*, Астрофизика, 11, 229, 1975.
3. *C. Casini, J. Heidman*, Astron. and Astrophys., 39, 127, 1975.

4. *C. Casini, J. Heidman*, Astron. and Astrophys., 47, 371, 1976.
5. *E. Ye. Khachikian*, Astron. Nachr., 297, 287, 1976.
6. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 14, 69, 1978.
7. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 15, 589, 1980.
8. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Письма в Астрон. ж., 6, 262, 1980.
9. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Письма в Астрон. ж., 6, 552, 1980.
10. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, Ю. П. Коровяковский*, Астрофизика, 17, 231, 1981.
11. *А. Р. Петросян, Э. Е. Хачикян, К. А. Саакян*, Астрофизика, 19, 171, 1983.
12. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, А. Н. Буренков*, Письма в Астрон. ж., 10, 403, 1984.
13. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, M. G. Corwin*, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin, 1976.
14. *B. C. Shamberg*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 26, 230, 1973.
15. *И. Д. Караченцев*, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, 7, 1, 1972.
16. *R. P. Stone*, Astrophys. J., 218, 767, 1977.
17. *G. de Vaucouleurs*, Appl. Opt., 7, 1513, 1968.
18. *M. Brocklehurst*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 153, 471, 1971.
19. *J. B. Kaler*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 31, 517, 1976.
20. *J. M. Shuder, D. E. Osterbrock*, Astrophys. J., 250, 55, 1981.
21. *T. M. Heckman*, Astron. and Astrophys., 87, 152, 1980.
22. *J. A. Baldwin, M. M. Phillips, R. Terlevich*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 93, 5, 1981.
23. *B. E. J. Pagel*, in "Form. and Evol. of Galaxies and Large Structure Universe: 3 Moriond Astrophys. Meet. Proc. NATO Adv. Study Inst., La Plagne, March 1983", Dordrecht e. a., 437, 1984.
24. *D. Pequingnot*, Astron. and Astrophys., 131, 159, 1984.
25. *B. E. Pagle, M. E. Edmunds, D. E. Blackwell, M. S. Chan, G. Smith*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 189, 95, 1979.
26. *M. Peimbert, R. Costero*, Boll. Observ. Tonantzintla, 5, 3, 1969.
27. *S. A. Hawley*, Astrophys. J., 224, 417, 1978.
28. *A. G. W. Cameron*, Harvard Center for Astrophys., Prep. Ser., No. 1357.
29. *J. M. Shull, C. F. McKee*, Astrophys. J., 227, 131, 1979.
30. *M. Peimbert, S. Torres-Peimbert*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 179, 217, 1977.
31. *M. Peimbert, S. Torres-Peimbert*, Astrophys. J., 245, 845, 1981.
32. *B. M. Tinsley*, Publ. Astron. Texas Univ., Ser. II, 1, No. 1, 1967.