АСТРОФИЗИКА

TOM 28

ФЕВРАЛЬ, 1988

ВЫПУСК 1

УДК: 524.6:520.84

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЯДРА СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 7469

Г. Д. ПОЛЯКОВА Поступила 14 июля 1987 Принята к печати 20 октября 1987

Представлены результаты спектрофотометрии ядра сейфертовской галактики NGC 7469. Определены физические характеристики областей формирования широких разрешенных и узких запрещенных линий.

1. Введение. NGC 7469 — классическая сейфертовская галактика I типа, является одной из наиболее ярких ($B_T = 12^{m}6$) и голубых — показатель цвета (U-B) = — 0^m28 [1], морфологического типа — SBa [2]. Воронцов-Вельяминов [3] классифицировал ее как взаимодействующую (VV 254), она образует пару с иррегулярной галактикой IC 5283 [4]. На фотографии выглядит как яркий звездообразный объект, окруженный слабой оболочкой.

Оптический спектр ядра NGC 7469 изучался неоднократно [5—15]. Эти наблюдения позволили установить изменения как в интенсивностях, так и профилях водородных эмиссионных линий [9, 13, 16, 17], оценить их амплитуду и временной интервал. Дальнейшие наблюдения ядра этой галактики представляют несомненный интерес.

2. Наблюдательный материал. Пять спектрограмм ядра NGC 7469 были получены с 11 по 13 октября 1979 г. в первичном фокусе БТА САО АН СССР со спектрографом СП-160 и ЭОП М9ЩВ с обратной линейной дисперсией 189 А/мм. Спектральное разрешение составляло ~ 14 А. Спектры фотографировались на эмульсии Kodak OaO. Щель шириной 0.15 мм (≈ 3" выбиралась с учетом диска дрожания) была ориентирована вдоль большой оси галактики. В качестве эвезды сравнения использовалась звезда 111 Нег спектрального класса A3V с известным распределением энергии [18].

3. Обработка наблюдательного материала. Дисперсионная кривая построена по линиям излучения лампы с полым железным катодом с неоновым наполнением. В спектре ядра галактики в интервале длин волн 3700— 6900 А отождествлены эмиссионные линии серы, азота, кислорода, неона, железа (колонки 1, 2 табл. 1). Следует заметить, что при указанном выше спектральном разрешении не разделяются линии дублета серы [S II] $\lambda\lambda$ 6731, 6717 А, а также Н₂ и [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548 А. Профили других водородных линий также блендированы: красное крыло H₁ деформировано линией [O III] λ 4363 А, голубое крыло H₃ — дублетом [S II] $\lambda\lambda$ 4069, 4076 А. Также не разделяются линии H₄ и [Ne III] λ 3968, H₈ и He I λ 3889 А.

Tabauna 1

Ион	λ, Α	177), A	$\left \left(\frac{I_{\lambda}}{I_{H_{ij}}} \right)_{HEGA.} \right $	$\left(\frac{I_{\lambda}}{I_{H_{\beta}}}\right)_{\mu enp.}$	FWZI, Rm/c	FWHM, RM/C
[S II]	6731/17	22±6	0.22	0.16	2400±160	1200+100
Ha+[N II]	6563, 6584/48	440+35	4.45	3.26	7100+640	1900±140
[F. X]+[O I]	6474/64	7±1	0,07	0.06	1300±150	
[O I]	6300	7±2	0.06	0.05	1500+160	
[0 111]	5007	60 <u>+</u> 10	0.63	0.65	2200+400	800±100
[O III]	4959	23+3	0.23	0.23	1600±100	
Нз	4861	100±10	1.00	1.00	4500 + 400	1800+300
[O III]	4363	11±2	0.11	0.12	1600+300	
Η _T	4340	50 <u>+</u> 20	0.50	0.57	3500+400	1900+400
Hõ	4101	22± 5	0.23	0.28	2300±600	1200+300
[S II]	4076/69	13±6	0.13	0.16	1400 + 500	-
Ha + [Ne III]	3968	24 ± 3	0.25	0.31	3300± 80	2400± 60
H ₈ +He I	3889	21±2	0.21	0.27	3050± 80	2000±100
[Ne III]	3869	7士1	0.07	0.09	1400+250	
[0 1]	3729/26	11±1	0.11	. 0.18	2300 ± 90	

В табл. 1 приведены эквивалентные ширины W_{λ} (колонка 3), относительные интенсивности $(I_{\lambda}/I_{H_{\beta}})_{\pi\pi\delta\Lambda}$. и исправленные за межэвездное поглощение света $(I_{\lambda}/I_{H_{\beta}})_{\picop}$. (колонки 4, 5), ширины, выраженные в км/с, на нуле интенсивности FWZI и на половине максимума интенсивности — FWHM (колонки 6, 7). Внутренняя точность определений всличин W_{λ} и ширин для сильных и слабо блендированных линий составляет, в среднем, 12%, тогда как слабых и сильно блендированных линий — порядка 30%.

Наше определение эквивалентной ширины Ну близко к данным Остербрска [11] и Филлипса [12] (105 и 89 А соответственно), что позволяет предположить, что ядро талактики NGC 7469 было приблизительно одинаково ярким во время этих наблюдений. Поэтому сравнение всличин относительных интенсивностей эмиссионных линий и бленд мы проводили с данными этих работ. Было получено, что значения $(I_{\lambda}/I_{H_3})_{sa6\lambda}$. (коловка 4 табл. 1) систематически выше, чем в [11, 12]. Систематическая разность составляет, в среднем, —0.07 и —0.06 и вызывается, скорее всего, различиями в проведении уровня нспрерывного спектра.

Покраснение света в Галактике учитывалось по известной формуле

$$lg (I_{\lambda}/I_{H_{3}})_{\text{MCRP.}} = lg (I_{\lambda}/I_{H_{3}})_{\text{maga.}} + C(H_{\beta}) \cdot f(\lambda), \qquad (1)$$

где $C(H_3)$ — логарифмическая поправка за покраснение в H_β — получена по данным Вамплера [19]. Функция покраснения $f(\lambda)$ взята из работ Пеймберта и Торрес—Пеймберт [20, 21].

Полуширины широких разрешенных линий не исправлялись за инструментальный контур. Вычисленные величины FWHM приведены в колонке 6 табл. 1. Сравнение FWHM Н₃ показало хорошее согласие с результатами Остерброка [11] и Филлипса [12] (1800 и 1900 км/с соответстве но) и значимое различие с FWHM Н₃ в работе Петерсона, Фольтца. Байярда и Вагнера [13] (800 км/с для $W_{H_3} = 67$ А). Напомним, что в [11, 12] спектры ядра NGC 7469 получены при спектральном разрешении 10 А, тогда как в [13] — при разрешении 3.5 А.

Полуширины узких запрещенных линий оказались сравнимы с шириной инструментального контура, определяются неуверенно, поэтому величину FWHM, исправленную за инструментальный контур, вычисляли только для [O III] λ 5007 A, наиболее интенсивной запрещенной линии. При этом предполагалось, что монохроматический инструментальный контур гауссиана с параметром фойгтовской функции $\beta_1 = 14$ A.

На основании опубликованных результатов спектрофотометрических наблюдений ядра NGC 7469 [5—15] получены пределы изменения эквивалентной ширины Н₃ от 35 до 105 А. По результатам наших наблюдений $W_{H_3} = 100$ А соответствует максимальному значению и близка к данным Остерброка и Филлипса [11, 12], что позволяет предположить, что ядро талактики NGC 7469 было приблизительно одинаково ярким во время этих наблюдений.

4. Ревультаты. Светимость ядра галактики NGC 7469 в линии H₃. определялась путем сравнения его со стандартной звездой. Монохроматическая освещенность последней бралась по данным цитированного выше Сводного фотометрического каталога звезд [18]. В табл. 2 приведена величина $L_{H_{\beta}}$, вычисленная по UBV-измерениям блеска ядра NGC 7469 Дорошенко и Теребижа [22] для расстояния D = 50 Мпк ($H_0 = 100$ км/с Мпк⁻¹, $q_0 = 0$). Величины $B \ge V$ ядра галактики и звезды сравнения исправлялись за поглощение света в земной атмосфере. Коэффициенты прозрачности брались из работы Карташевой и Чунаковой [23]. Поправка за поглощение света в Галактике для ядра NGC 7469 вычислялась согласно Крону и Гуэттеру [24], а для звезды сравнения истинный показатель цвета (B-V)₀ брался из [25]. Полученная нами величина $L_{\rm H_3} = 7.0\cdot10^{\rm sl}$ эрг/с хорошо согласуется с определением Стейнера [26] $L_{\rm H_3} = 6.9\cdot10^{\rm sl}$ арг/с, который для своих вычислений использовал данные Осгерброка [11].

	I doxuga z		
BLR	NLR		
L _{Ha} =7.0.1041 spr/c	L[O III]=7.5.1041 spr/c		
6.0.10 ¹⁸ см ³	1.2.10 ⁵³ cm ³		
1.1.1017 сж=0.04 лк	$3.0.10^{18}$ cm ≈ 1 mm		
10 ³⁴ r=5.0 M	8.0.1035 r=4.102 mg		
.1.6.10 ⁵⁰ apr	2.6.1051 ppr		
	<i>BLR</i> <i>L_{H_B}</i> =7.0·10 ⁴¹ эрг/с 6.0·10 ¹⁹ см ³ 1.1·10 ¹⁷ см=0.04 лк 10 ³⁴ г=5.0 ДС _О . 1.6·10 ⁵⁰ эрг		

Исправление *B* и *V* величин ядра NGC 7469 с использованием величины $E_{B-\nu}$, полученной из отношения бальмеровских линий H_{z} и H_{3} по данным работы Вамплера [19], приведет к их «переисправлению», и ядро NGC 7469 окажется более ярким, $L_{H_{\beta}} = 1.4 \cdot 10^{42}$ эрг/с. Это вызывается тем, что интенсивности бальмеровских линий помимо поглощения в Галактике искажаются самопоглощением.

Вычисление физических параметров газа зоны формировання широких разрешенных линий (*BLR*) проводилось согласно Дибаю и Цзетанову [27]. По известным величинам светимости L_{H_3} и светимости. единицы объема газа в втой зоне $E(H_3)$ определили величину эффективного объема $v_{eff} = 6.0 \cdot 10^{48}$ см³ и массу излучающего газа $\mathfrak{M} = 10^{34}$ г = 5.0 \mathfrak{M}_{\odot} . При этом электронная плотность n_e , как обычно, принималась равной 10^9 см⁻³ [28]. Полученная нами величина \mathfrak{M} удовлетворительно согласуется с определениями Дибая и Цветанова [27], $\mathfrak{M} = 3.2 \mathfrak{M}_{\odot}$ и Дибая [29], $\mathfrak{M} = 7.3 \mathfrak{M}_{\odot}$.

Эная массу и окорость движения газа определили его кинстическую энергию E_k . В качестве характерной скорости использовалась v = 1800 км/с, определенная по доплеровской ширине $H_{\beta} - FWHM$. Вычисленная величина $E_k = 1.6 \cdot 10^{50}$ эрг, в работе [27] $E_k = 4.5 \cdot 10^{49}$ эрг. При вычисления характерного размера зоны *BLR* величина фактора объемного заполнения принималась равной $\varepsilon = 10^{-3}$. Полученная величина R = 0.04 пк удовлетворительно согласуется с результатами Андерсона [7], R = 0.02 пк, и

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЯДРА NGC 7469

Дибая [30], $R \sim 0.03$ пк. Вычисленные v_{eff} , R. \mathfrak{M} и E_k для зоны формирования разрешенных линий приведены в табл. 2.

В зоне образования узких запрещенных линий (NLR) значения әлектронной плотности и электронной температуры определялись по исправленным за покраснение относительным интенсивностям запрещенных линий [O III] и [S II] по методу Боярчука, Гершберга, Годовникова и Проника [31]. Предполагая нормальный химический состав и относительное содержание ионов O III 4·10⁻⁴, а ионов S II — 0.5·10⁻⁴, как в [27], получили величины $\theta(n_e, T_e)$ для авроральной [O III] λ 4363 А и небулярных линий [O III] $\lambda\lambda$ 5007, 4959 А и также трансавроральных линий [S II] $\lambda\lambda$ 4069, 4076 А.

Пересечение кривых равных значений функции $\theta(n_{\star}, T_{\star})$ для авроральной линии [O III] и небулярных линий [O III] позволяет определить $n_{\star} = 7.9 \cdot 10^{\circ}$ см⁻³ и $T_{\star} = 10^{\circ}$ К. С учетом ошибок определения относительных интенсивностей этих линий получены пределы изменения величин n_{\star} и T_{\star} (6.3 · 10⁶ \leftrightarrow 1.4 · 10⁷) см⁻³, (7.1 · 10³ \div 10⁴) К. Пересечение кривых равных значений функции $\theta(n_{\star}, T_{\star})$ небулярных линий [O III] λ 5007, 4959 А и трансавроральных линий [S II] λ 4069, 4076 А определяет $n_{\star} = 4.5 \cdot 10^{4}$ см⁻³ и $T_{\star} = 6.3 \cdot 10^{3}$ К. С учетом ошибок определы изменения величин n_{\star} и T_{\star} соответственно равны (4.0 · 10⁴ \div 7.9 · 10⁴) см⁻³ и (6.3 · 10³ \div 7.1 · 10³) К. Различия в величинах электронных температур и электронных плотностей областей свечения ионов O III и S II свидетельствуют о стратификации слоев в зоне формирования узких запрещенных линий.

Сравнение полученных значений *n*. и *T*. (по линиям иона O III) с результатами Дибая и Проника [6] (*n*. = $5 \cdot 10^6$ см⁻³, *T*. = 14000 K), Филлипса [12] *T*. ~ 10^4 K, *n*. ~ $10^4 + 10^6$ см⁻³) и Мартина [10] (*n*. = = $3.3 \cdot 10^6$ см⁻³, *T*. = 12600 K) показало их удовлетворительное согласие. Величины *n*. и *T*., вычисленные из отношений относительных интенсивностей линий [S II] в работах Остерброка [11] (*n*. ~ 10^3 см⁻³) и Мартина [10] (*n*. = $7 \cdot 10^3$ см⁻³, *T*. = 14000 K), согласуются с нашими результатами несколько хуже.

Светимость ядра галактики в небулярных линиях [O III] вычислялась аналогично L_{H_3} , полученная величина приведена в табл. 2. Сравнение величины L [O III] = $7.5 \cdot 10^{41}$ эрг/с с результатами Лоуренса и Элвиса [32] и Пенстона, Фосбури, Боксенберга и др. [33] показало их хорошее согласие. Светимость единицы объема излучающего газа зоны формирования узких запрещенных линий определялась согласно [27] в предположении нормального химического состава и равенства относительного содержания ионов O III и нейтрального жислорода. Полученное значение $E(O III) = 0.6 \cdot 10^{-11}$ врг/см³ с использовалось для вычисления эффективного объема излучающего газа v_{eff} , его массы \mathfrak{M} и кинетической энергии E_k . Скорость движения газов определялась по FWHM [O III] λ 5007 A, исправленной за инструментальный контур. Характерный размср R вычислен с учетом фактора объемного заполнения. Полученные результаты приведены в табл. 2. Сравнение величины характерного размера R в $\Lambda^{1}LR$ показало хорошее согласие с данными работ [27, 29, 34]. В определениях массы газа наблюдается довольно большой разброс. По данным Дибая и Проника [6] она равна 60 \mathfrak{M}_{\odot} , Дибая и Цветанова [27] — 350 \mathfrak{M}_{\odot} , Теребиж [34] оценил интервал значений массы зоны NLR 10²—10⁵ \mathfrak{M}_{\odot} .

5. Заключение. По линейчатому спектру ядра сейфертовской галактики NGC 7469 определены эквивалентные ширины, наблюденные и исправленные за покраснение относительные интенсивности, ширины FW21 и FWHM эмиссионных линий и бленд.

Для зон образования широких разрешенных и узких запрещенных линий определены светимости, өффективный объем, характерный размер, масса и кинетическая энергия излучающего газа.

В заключение благодарю сотрудников САО АН СССР А. Н. Буренкова и Н. Ф. Войханскую за помощь во время наблюдений, А. С. Зенцову (ФТИ им. А. Ф. Иоффе), М. А. Погодина, Ю. А. Наговицина за обсуждение, полезные советы и критические замечания при выполнении работы.

Главная астрономическая обсерватория АН СССР

SPECTROPHOTOMETRY OF THE NUCLEUS OF SEYFERT GALAXY NGC 7469

G. D. POLYAKOVA

The spectrophotometric results of observations of the nucleus of Seyfert Galaxy NGC 7469 are given. Physical properties are presented for the regions of formation of broad permitted lines and narrow forbidden lines.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. G. de Vancouleurs, A. de Vancouleurs, H. G. Corwin, Jr., Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Univ. Texas Press, Austin, 1976.
- 2. P. Nilson, Uppsala General Catalogue of Galaxies, Uppsala, 1973.
- 3. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Г. Иванишевич, Сообщ. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штериберга, № 189, 3, 1974.

- 4. E. M. Burbidge. G. J. R. Burbidge, K. H. Prendergast, Astrophys. J., 137, 1022, 1963.
- 5. K. Segfert. Astrophys. J., 97, 28, 1943.
- 6. Э. А. Дибай, В. И. Проник, Астрон. ж., 44, 952, 1967.
- 7. K. S. Anderson, Astrophys. J., 162, 743, 1970.
- 8. E. J. Wampler, Astrophys. J., 164, 1, 1971.
- 9. И. И. Проник, Астрон. ж., 52, 481, 1975.
- 10. W. L. Martin. Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 168, 109, 1974.
- 11. D. Osterbrock. Astrophys. J., 215, 733, 1977.
- 12. M. M. Phillips, Astrophys. J. Suppl. Ser., 38, 187, 1978.
- B. M. Peterson, C. B. Foltz, P. L. Byard, M. Wagner, Astrophys. J. Suppl.. Ser., 49, 469, 1982.
- 14. B. A. Westin, Astron. and Astrophys., 151, 137, 1985.
- E. van Groningen. Broad line Regions in Seyfert-I Galaxies, Sternewacht Leiden, 1984.
- 16. A. G. de Brayn, Highlights of Astronomy, 5, 631, 1980.
- 17. В. Т. Дорошенко, В. Ю. Теребиж, Астрофизика, 5, 19, 1983.
- 18. А. В. Харитонов, В. М. Терещенко, Л. Н. Князева, Сводный фотометрический каталог ввезд, Изд. Наука, Каз.ССР, Алма-Ата, 1978.
- 19. E. J. Wampler, Astrophys. J., 154, L53, 1968.
- 20. M. Peimbert, S. Torres-Peimbert, Astrophys. J., 203, 581, 1976.
- 21. M. Peimbert, S. Torres-Peimbert, Astrophys. J., 193, 327, 1974.
- 22. В. Т. Дорошенко, В. Ю. Теребиж, Астрофизика, 19, 5, 1983.
- 23. Т. А. Карташева, Н. Н. Чунакова, Изв. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, № 10,. 44, 1978.
- 24. G. E. Kron, H. H. Guetter, Astron. J., 81, 817, 1976.
- 25. M. P. Fitzgerald, Astron. and Astrophys., 4, 234, 1970.
- 26. J. E. Steiner, Astrophys. J., 250, 469, 1981.
- 27. Э. А. Дибай, З. И. Цветанов, Астрон. ж., 57, 1143, 1980.
- 28. D. Osterbrock, Astron. J., 84, 901, 1979.
- 29. Э. А. Дибай, Письма в Астрон. ж., 7, 451, 1981.
- 30. Э. А. Дибай, Астрон. ж., 61, 417, 1984.
- 31. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, Н. В. Годовников, В. И. Проник, Ивв. Крым. эстрофия. обсерв., 39, 147, 1969.
- 32. A. Lawrence, M. Elvis, Astrophys. J., 256, 410, 1982.
- M. V. Penston, R. A. E. Fosbury. A. Boksenberg, M. J. Ward, A. S. Wilson, Mon. Notic. Roy Astron. Soc., 208, 347, 1984.
- 34. В. Ю. Теребиж, Астрон. ж., 58, 437, 1981.