

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 12

АВГУСТ, 1976

ВЫПУСК 3

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИКИ NGC 1275

В. Т. ДОРОШЕНКО, В. Ю. ТЕРЕБИЖ, К. К. ЧУВАЕВ

Поступила 25 ноября 1975

Представлены результаты наблюдений ядра сейфертовской галактики NGC 1275, проводившихся с декабря 1973 г. по январь 1975 г. Исследована спектральная область 4450—6800 Å при дисперсии спектрограмм 58 и 110 Å/мм. В спектре галактики выделен ряд слабых эмиссионных линий, часть которых принадлежит атомам Fe, находящимся в низких стадиях ионизации. Подтверждена обнаруженная ранее Дибаси и Есиповым двойственность линий H_{γ} и [OIII]. Сравнение спектров, полученных в разные даты, показывает, что эквивалентные ширины и контуры водородных и ионизированных линий не претерпели существенных изменений за период 1972—75 гг. Обсуждается вопрос об интенсивностях линий H и Fe в спектре галактики. Показано, что эквивалентные ширины водородных линий соответствуют почти полному поглощению ультрафиолетового «хвоста» теплого континуума ядра. При нахождении относительных интенсивностей запрещенных и разрешенных линий FeII используется теория Соболева движущихся оболочек звезд. Вычисленные интенсивности удовлетворительно согласуются с наблюдаемыми. Сопоставлены эмиссионные спектры NGC 1275 и других галактик с ядрами.

1. Наблюдательные данные. Известная сейфертовская галактика NGC 1275 наблюдалась нами с декабря 1973 г. по январь 1975 г. на 125-см рефлекторе Южной станции ГАИШ и 260-см рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории. Дисперсия спектрограмм, полученных с использованием электронно-оптических преобразователей (ЭОП) типа ФКТ и УМ-92, составляет соответственно 58 и 110 Å/мм. Исследована спектральная область 4450—6800 Å при среднем разрешении 0.05 мкм на экране ЭОП. Цель шириной 2"—3" ориентировалась в направлении E—W. Приводимые ниже результаты основаны на анализе 40 спектрограмм галактики.

Помимо линий H I, [OIII], [SII], [NII], обычно присутствующих в спектрах галактик с высокой степенью возбуждения газа, на полученных спектрограммах можно выделить более слабые линии (рис. 1), часть которых мы отождествляем с линиями Fe, находящегося в различных стадиях ионизации.

Таблица 1 содержит последовательно: список длин волн линий, обнаруженных в спектре галактики, средние за период наблюдений относительные интенсивности и вероятное отождествление большинства линий. При идентификации использовались сводки Гарстанга [1—5], Пастернака [6].

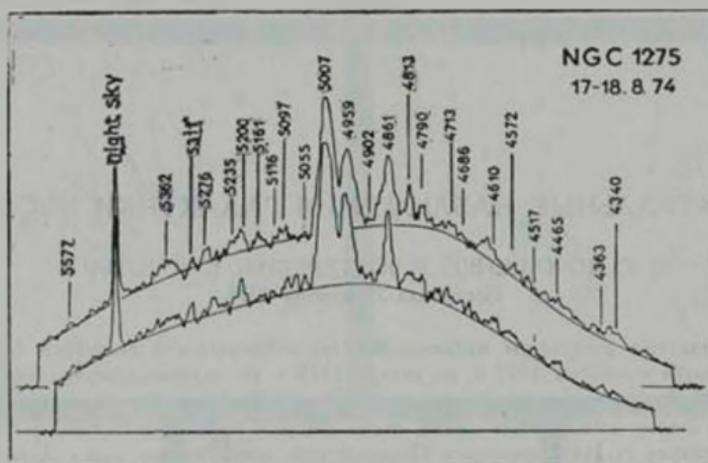


Рис. 1. Спектрограммы NGC 1275 за 17—18.8.1974 г. в области длин волн 5600—4300 Å. Оригинальная дисперсия 110 Å/мм.

Визе и др. [7] вероятностей атомных переходов, каталог Мейнела и др. [8], результаты наблюдений Теккеря [9] и Аллера и др. [10] пекулярных звезд η Car и RR Tel, а также данные Нетцера [11], детально исследовавшего спектр сейфертовской галактики NGC 4151. Некоторые дополнительные сведения даны в примечаниях к табл. 1. Следует отметить, что большинство спектрограмм покрывает спектральные интервалы 4500—5300 Å, 5500—5000 Å, 6200—6800 Å. Поскольку на краях этих интервалов длины волн линий определяются с относительно большей ошибкой из-за неравномерности характеристик поля ЭОП, отождествления линий здесь менее надежны. Заметим также, что видимость слабых линий часто неодинакова на разных спектрограммах. Поэтому при отождествлении принимались во внимание те линии, которые довольно четко выделяются на большей части спектрограмм.

Еще Сейферт [12] обнаружил несимметричность профилей ярких линий в спектре NGC 1275. Дибай и Есипов [13, 14], наблюдавшие галактику в 1967 г. с дисперсией 64 и 25 Å/мм, выделили на профилях линий N_1 , N_2 и H_1 два максимума, главный из которых соответствует красному смещению галактики ($z=0.018$), а другой смещен на 10 Å в сторону коротких длин волн. Дибай и Есипов связывают наличие второго компонента с газовым облаком, движущимся относительно галактики со скоростью

Таблица 1

набл. (A)	I ($I_{H\beta} = 10$)	Отождествление	Номер примечания
1	2	3	4
6731	13.8	6730.8 [S II] 1F	
6716	12.0	6716.4 [S II] 1F	
6628	1.0	H γ системы Минковского	
6585		6583.4 [N II] 1F	
6563	84	6552.8 H γ	
6546		6548.1 [N II] 1F	
6472	3.0	—	
6366	5.6	6363.9 [OI] 1F	
6345	3.0	—	
6300	11.6	6300.2 [OI] 1F	
6278	4.1	—	
6263	3.1	—	
6051	2.1	—	
5980	—	5979.0 Si II 4	1
5964	—	5957.6 Si II 4	
5876	—	5875.7 He I 11	
5825	—	—	
5812	—	—	
5581	1.4	5577.3 [OI] 3F	
5561	—	5556.3 [Fe II] 18F:	
5399	1.2	—	
5379	1.7	—	
5362	2.7	5362.9 Fe II 48	2
5322	w	5316.6 Fe II 49	3
5311	w	5309.2 [Ca V] 1F	
5276	w	5276.0 Fe II 49; 5273.4 [Fe II] 18F	
5258	2.0	5261.6 [Fe II] 19F	4
5235	w	5234.6 Fe II 49; 5270 [Fe IV] $^4G-^3F$:	5
5200	2.8	5200.7, 5198.5 [N I] 1F	
5161	1.4	5158.8 [Fe II] 19F; 5158 [Fe II] 18F;; 5169 Fe II 42:	6
5116	w	5111.6 [Fe II] 19F	
5098	w	5093.5 Fe II 205	7
5071	w	5074.0 Fe II 205; 5072.4 [Fe II] 19F:	
5055	0.7-1.1	5006.8 [OIII] 1F системы Минковского	
5033	1.3	5089, 5097 [Fe IV] $^4G-^3F$:	8
5007	36.	5006.8 [OIII] 1F	
4959	12.	4958.9 [OIII] 1F	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4
4922	0.8	4918.9 [Fe IV] ⁴ G— ⁴ F; 4923.9 [Fe II] 42:	9
4908	1.1	4905.4 [Fe IV] ⁴ G— ⁴ F; 4905.4 [Fe II] 20F	
4902	1.2	4901.8 [Fe IV] ⁴ G— ⁴ F	
4885	0.8	4899.6 [Fe II] 4F	
4861	10	4861.3 H _γ	
4813	1.3	4814.6 [Fe II] 20F; 4815.5 S II 9:	10
4790	1.1	4788.1 N II 20	11
4778	w	4774.7 [Fe II] 20F; 4774.7 N II 20	
4749	vw	4745.5 [Fe II] 20F	
4726	<1.2	4728.1 [Fe II] 4F; 4724.2, 4725.6 [Ne IV] 1F	
4713	w	4715.6, 4714.2 [Ne IV] 1F; 4716.2 S II 9:	
4687	w	4686 He II 1	
4610	1.5	4609.3 O II 93	12
4595	w	4596.2 O II 15	12
4572	1.1	4583.8 Fe II 38:	
4517	—	4522.6 Fe II 38:	
4465	1.2	4471.5 He I 14	
4360	2.7:	4363.2 [O III] 2F	
4344	3.4:	4340.5 H _γ	

Примечания к таблице 1

1. Линия λ 5979.0 Si II 4 наблюдалась в спектрах газовых туманностей и звезд с обширными оболочками [8]. Другая линия λ 5957.6 Si II 4 имеет малую интенсивность.
2. Линия λ 5362.9 Fe II 48 является самой яркой в мультиплете. Наблюдалась в спектрах многих звезд с обширными газовыми оболочками [8].
3. Линия λ 5316.6 Fe II 49 — самая яркая в этом мультиплете. Наблюдалась в спектрах новых, новоподобных и других эмиссионных звезд [8]. Возможно, присутствуют и другие линии Fe II 49, а именно: $\lambda\lambda$ 5276.0; 5234.6.
4. Наблюдаемые линии $\lambda\lambda$ 5258, 5161, по-видимому, принадлежат мультиплету [Fe II] 19 F, который широко представлен в спектрах туманностей, пекулярных звезд [8] и галактики NGC 4151 [11].
5. Наряду с обсуждавшимся выше, возможно отождествление этой линии с λ 5270 [Fe IV] ⁴G—²F [2] (экспериментальное уточнение длины волны отсутствует).
6. Отождествление этой линии с линией λ 5169.0 Fe II 42 сомнительно из-за большого расхождения в длинах волн.
7. Линии $\lambda\lambda$ 5093.5, 5074.0 Fe II 205 наблюдались в спектрах новоподобных звезд [8]. Линия λ 5072.4 [Fe II] 19 F, по-видимому, слишком слаба [3].
8. Отождествление предложено Гарстигом [2]. Экспериментальное уточнение длины волн линий [Fe IV] ⁴G—²F отсутствует.
9. Наиболее вероятно отождествление с первой из указанных линий, присутствующей в спектрах симбиотических звезд [8] и RR Tel [10].
10. Вероятность перехода, соответствующего λ 4814.6 [Fe II] 20F, наибольшая в муль-

триплете 20F. Линии $\lambda\lambda$ 4815.5, 4716.2 SII 9 наблюдались в спектрах новоподобных звезд [8].

11. Можно заподозрить присутствие и других наиболее ярких линий $\lambda\lambda$ 4803.7, 4779.7 мультиплета NII 20. Линии наблюдались в спектрах новых [8].
12. Линии мультиплетов OII 93, OII 15 наблюдались в спектрах планетарных туманностей [8]. Линия λ 4610 присутствует в спектре NGC 4151, но не отождествлена [11].

— 600 км/сек. Андерсон [15] полагает контуры симметричными; следует, однако, учесть, что использованные в [15] спектрограммы имеют меньшую дисперсию (120 и 170 Å/мм).

Контуры линий N_1 , N_2 и H_β , построенные по спектрограммам с разрешением ≈ 2.5 Å (рис. 2), согласуются с результатами [13, 14]. Смещение коротковолновых компонентов найдено равным 13—14 Å, что соот-

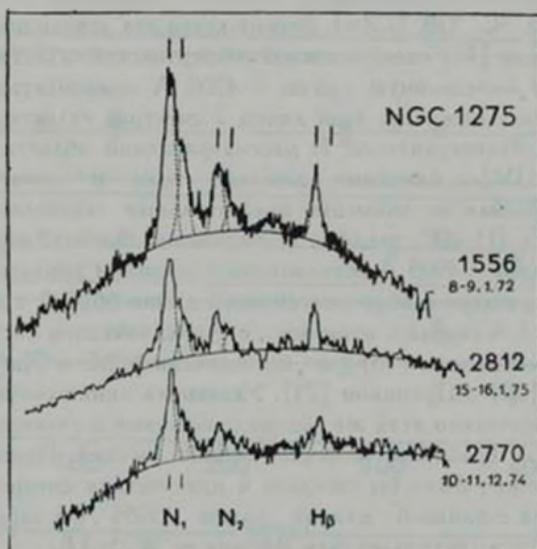


Рис. 2. Контуры линий N_1 , N_2 и H_β на спектрограммах с дисперсией около 60 Å/мм.

ветствует лучевой скорости — 800 км/сек; отношение интенсивностей коротковолнового и длинноволнового компонентов равно 0.50, 0.56 и 0.30 для N_1 , N_2 и H_β , соответственно. В области H_β выделить компоненты значительно сложнее из-за блендирования линий. Предполагая, что контуры и относительные интенсивности компонентов линий H_α и [NII] $\lambda\lambda$ 6548, 6583 аналогичны таковым для линий N_1 , N_2 и H_β , мы построили суммарный профиль линий H_α и [NII]. Суммарный профиль хорошо согласуется с наблюдаемым.

Вопрос о наличии компонентов линий в спектре NGC 1275 имеет непосредственное отношение к выделению линий [Fe VII], обнаруженных в спектрах ряда сейфертовских галактик [12, 11, 16]. В наиболее полно исследованной спектральной области находятся линии мультиплета [Fe VII] 2F λ 4893, 4944, 4989, 5159, 5278 А. Положение второй и третьей из них совпадает с положением компонентов N_1 и N_2 . Поскольку остальные линии мультиплета 2F в спектре не обнаружены и вероятности переходов для всех указанных линий одного порядка, следует полагать, что компоненты линий [O III] не искажены блендированием. Наиболее яркие линии [Fe VII] принадлежат мультиплету 1F и имеют длины волн 5721 и 6087 А. При просмотре спектрограмм, снятых в области 6000 А, эти линии не были обнаружены.

Присутствие эмиссионной особенности вблизи λ 4905 А характерно для спектров многих сейфертовских галактик, например, NGC 3227, Маркаряна 198 и 335, 3С 120, II ZwI. Весьма четко эта деталь выделяется в полученном Диснеем [17] спектре южной сейфертовской галактики IC 4329 А. Дисней считает эмиссионную линию λ 4900 А компонентом H_α , однако широкая распространенность этой линии в спектрах галактик делает такое предположение маловероятным. В рассматриваемой области расположены три линии [Fe IV] с близкими длинами волн и линия [Fe II] 20F λ 4905 А. Принимая во внимание относительные интенсивности линий мультиплета [Fe II] 20F, следует, по-видимому, считать, что эмиссионная особенность вблизи λ 4905 А обусловлена в основном линиями [Fe IV].

Наличие в спектре слабой эмиссионной линии 6628 А с эквивалентной шириной $W_\lambda \approx 1$ А связано, возможно, с существованием системы газа, обнаруженной Минковским [18] и исследованной М. и Дж. Бербиджами [19], Линдсом [20] и Проником [21]. Указанная линия соответствует $H_{\alpha 1}$, смещенной относительно этой же водородной линии в спектре основной галактики на 65 А (разность скоростей ≈ 3000 км/сек). Принимая эту интерпретацию, можно было бы ожидать и присутствия смещенной на 50 А линии N_1 . Линия с близкой длиной волны (5055 А в табл. 1) действительно наблюдается; эквивалентная ширина ее $W_\lambda \approx 1$ А.

2. *Сопоставление спектров, полученных в разные даты.* Как известно, NGC 1275 принадлежит к группе сейфертовских галактик, испытывающих заметные колебания блеска [22]. В 1974 г. по данным Лютого [23] видимая величина галактики в фильтре В (диафрагма 27") колебалась в пределах $13^m 0 - 13^m 3$. Большие вспышки яркости ядра в указанный период не отмечались.

На рис. 3 представлены значения эквивалентных ширины линий N_1 , N_2 и H_α и отношения $\frac{W_\lambda(H_\alpha)}{W_\lambda(N_1) + W_\lambda(N_2)}$ в зависимости от даты наблюдений.

(юлианский день). Как видно из рисунка, изменения эквивалентных ширины линий и их отношения находятся в пределах точности наших наблюдений ($\approx 30\%$).

При сопоставлении профилей линий на спектрограммах, полученных в разное время, мы включили в рассмотрение несколько спектрограмм галактики (одна из них, № 1556, воспроизведена на рис. 2), любезно предоставленных нам Дибам и Есиповым. Сравнение показывает, что профили линий в 1972—1974 гг. существенно не изменились.

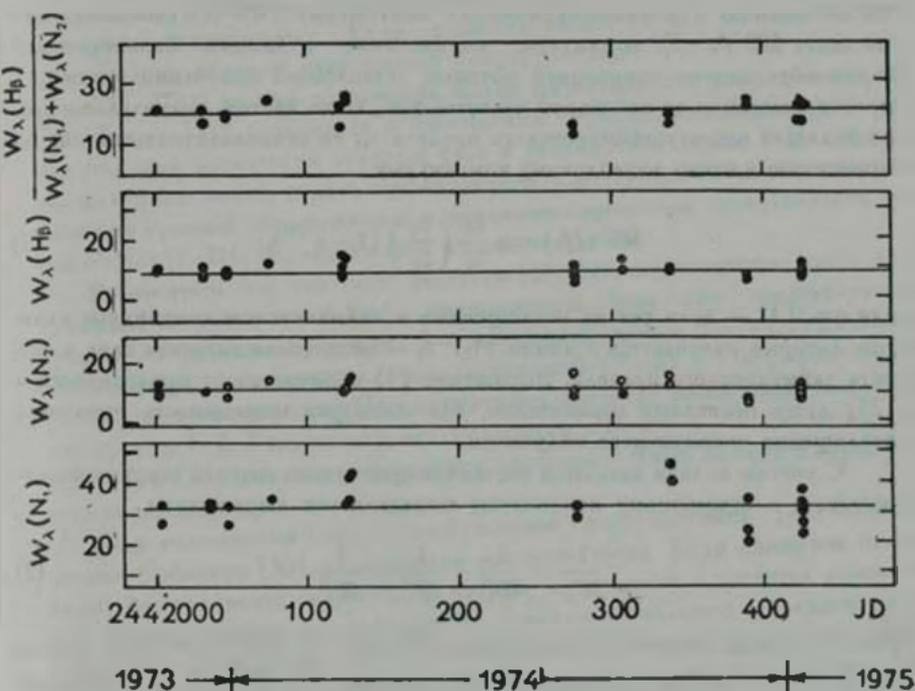


Рис. 3. Значения эквивалентных ширины (W_λ) линий N_1 , N_2 и H_β в зависимости от даты наблюдений.

Интенсивности некоторых линий, в частности, эмиссионной особенности вблизи $\lambda 4905 \text{ \AA}$, иногда заметно отличаются на различных спектрах, однако по нашим данным трудно судить, насколько такие изменения реальны.

3. Интенсивности водородных линий. В последние годы неоднократно обсуждались различные механизмы ионизации газа в ядрах сейфертовских галактик. Следуя наиболее обоснованной точке зрения, мы примем, что источником ионизации является ультрафиолетовое излучение центрального

источника, имеющего весьма малые размеры (верхний предел для NGC 4151 равен, согласно Шварцшильду [24], 7 пс).

В связи с вопросом об источнике ионизации Сирл и Сарджент [25] обратили внимание на то обстоятельство, что эквивалентные ширины водородных линий в спектрах объектов с широкими эмиссионными линиями слишком малы для того, чтобы и линии, и континуум можно было считать рекомбинационными. Для NGC 1275 $W_\lambda(H_\beta) = 9 \text{ \AA}$, в то время как при характерных для зоны III значениях T_e и N_e эквивалентная ширина только по отношению к рекомбинационному континууму $W_\lambda^R(H_\beta)$ должна быть не менее 500 \AA . Если считать, что свечение в линиях бальмеровской серии обусловлено ионизацией потоком нетеплового излучения $F_\nu \sim \nu^{-s}$, простирающимся от некоторой частоты $\nu_0 < \nu_1$ до частот, значительно превосходящих частоту лаймановского предела ν_1 , то эквивалентная ширина по отношению к этому нетепловому континууму

$$W_\lambda^*(H_\beta) = q \frac{\lambda_\beta}{\alpha} \left(\frac{\lambda_\beta}{\lambda_1} \right)^\alpha (1 - e^{-\tau_1}), \quad (1)$$

где $q = 0.11$ — доля тех из поглощенных в лаймановском континууме квантов, которые излучаются в линии H_β ; τ_1 — оптическая толщина газа в частоте лаймановского предела. Выражение (1) отличается от приведенного в [25] лишь последним множителем, учитывающим возможность неполного поглощения ионизирующего излучения.

С учетом вклада звездной составляющей эквивалентная ширина по отношению к суммарному континууму определяется выражением

$$\frac{1}{W_\lambda} = \frac{1}{W_\lambda^R} + \frac{1}{W_\lambda^*} + \frac{1}{W_\lambda^S}. \quad (2)$$

Если принять, следуя [25], значение $W_\lambda^R(H_\beta) = 500 \text{ \AA}$, то доля рекомбинационного континуума вблизи H_β равна $W_\lambda/W_\lambda^R \approx 0.02$. Фотоэлектрические наблюдения Андерсона [15] показывают, что спектральный индекс галактики в видимой области $\alpha \approx 1.8-2.0$ (вообще говоря, α меняется вместе с блеском ядра, так что принятое значение должно рассматриваться как среднее). Поскольку излучение звездной компоненты составляет около 10% всего потока в 2"–3" диафрагме [15, 26], нетепловой континуум можно характеризовать приблизительно тем же значением спектрального индекса. При указанных выше значениях параметров из формул (1) и (2) следует, что интенсивности водородных линий в спектре NGC 1275 соответствуют почти полному поглощению ультрафиолетового «хвоста» наблюдаемого в видимой области нетеплового континуума ($\tau_1 > 1$). Присутствие в спектре линий [O I], [Fe II] также указывает на существование обширной зоны III.

4. *Интенсивности линий Fe.* Относительные интенсивности разрешенных и запрещенных линий FeII в спектрах квазаров и сейфертовских галактик меняются в широких пределах. Так, согласно Уомплеру и Оуку [27], в спектре 3C 273 линии [FeII] не видны, в то время как разрешенные линии весьма интенсивны. Для NGC 4151 по данным Нетцера [11] наблюдается противоположная картина. В исследованной нами области спектра NGC 1275 разрешенные линии FeII выделяются неуверенно (см. табл. 1). Определенно можно сказать лишь то, что разрешенные линии по крайней мере в несколько раз слабее запрещенных. Если слабость линий [FeII] легко объяснить сравнительно высокой электронной концентрацией ($N_e > 10^7 \text{ см}^{-3}$ в оболочке 3C 273), то при объяснении малой интенсивности разрешенных линий Нетцер [11] столкнулся с некоторыми трудностями. Дело в том, что при большой оптической толщине газа в резонансной линии FeII диффузное излучение может играть основную роль в возбуждении высоких энергетических уровней. Это приводит к примерно одинаковой интенсивности линий FeI и [FeII]. Исследуем этот вопрос подробнее.

Рассмотрим, как это часто делается [28, 29], ограниченную часть диаграммы Гротриана атома Fe^{II}, включающую лишь три энергетических уровня: 1 — основной уровень, 2 — метастабильный и 3 — возбужденный, порождающий разрешенные линии в видимой (3—2) и ультрафиолетовой (3—1) областях спектра. При конкретных расчетах ниже предполагается, что уровни 1, 2, 3 соответствуют состояниям a^4D , a^6S и z^4P (мультиплеты 3UV, 42 и 7F), для которых имеются наиболее полные данные о вероятностях переходов.

При нахождении степени возбуждения воспользуемся результатами теории Соболева [30] движущихся оболочек звезд. Если движение происходит без градиента скорости, то кванты, излученные в частотах резонансной линии, выходят из среды после довольно большого в среднем числа рассеяний. Естественно, однако, полагать, что движение газа в ядрах галактик характеризуется наличием большого градиента скорости. В этом случае из общего числа $N_1 A_{11}$ квантов, возникших в 1 см³ за 1 сек, некоторая часть, равная $N_1 A_{11} \beta_{11}$, выходит из среды без рассеяний. Таким образом, наличие в среде градиента скорости уменьшает степень возбуждения.

Поскольку оптическая толщина газа в резонансной частоте ν_{12} может значительно превосходить 1, представим плотность излучения ρ_{12} в виде суммы плотностей диффузного и прямого излучения:

$$\rho_{12} = \rho_{12}^d + \rho_{12}^p. \quad (3)$$

Тогда, согласно [30], можно принять

$$N_2 A_{21} - N_1 B_{12} \rho_{12}^d = N_2 A_{21} \beta_{12}. \quad (4)$$

В сферически-симметричной оболочке, движущейся со скоростью v , постоянной вдоль радиуса, вероятность выхода кванта из среды β_{11} равна

$$\beta_{11} = \frac{1}{3uN_1k_{11}} \frac{v}{r} \quad (5)$$

где u — средняя тепловая скорость атомов Fe, k_{11} — коэффициент поглощения в частоте ν_{11} и r — расстояние от центрального источника. Для оболочек ядер сейфертовских галактик и квазаров β_{11} оказывается равной по порядку величины 1, так что роль диффузного излучения в возбуждении атомов невелика.

При перечисленных допущениях условия статистического равновесия для 3 и 2 уровня имеют вид:

$$\begin{cases} N_1(N_0q_{13} + B_{13}I_{13}^0) + N_2B_{23}I_{23}^0 = N_3(A_{31}I_{13} + A_{32}), \\ N_1N_0q_{12} + N_3A_{31} = N_2(A_{21} + N_0q_{21} + B_{23}I_{23}^0), \end{cases} \quad (6)$$

где q_{ik} — коэффициенты вероятностей переходов при столкновениях со свободными электронами. В (6) не учтены рекомбинации, ролью которых, как легко показать, можно пренебречь по сравнению с радиативным возбуждением. Для относительной интенсивности разрешенной (3—2) и запрещенной (2—1) линий получается из (6) следующее выражение:

$$\frac{I_P}{I_F} = \frac{\nu_{21}}{\nu_{31}} \frac{\left(1 + \frac{N_0q_{21} + B_{23}I_{23}^0}{A_{31}}\right) \left(1 + \frac{B_{13}I_{13}^0}{N_0q_{13}}\right) + \frac{q_{12}}{q_{13}} \frac{B_{23}I_{23}^0}{A_{21}}}{1 + \frac{B_{13}I_{13}^0}{N_0q_{13}} + \left(1 + \frac{A_{21}I_{13}^0}{A_{32}}\right) \frac{q_{22}}{q_{13}}} \quad (7)$$

Если, в частности, переходами под действием излучения можно пренебречь, мы приходим к выражению, полученному Горбауцким [28] при интерпретации изменения интенсивностей линий Fe в спектрах долгопериодических переменных:

$$\frac{I_P}{I_F} \approx \frac{\nu_{21}}{\nu_{12}} \left(1 + \frac{N_0q_{21}}{A_{31}}\right) \frac{q_{12}}{q_{13}} \approx \left(1 + 10^{-6} \frac{N_0}{1/T_0}\right)^{-\frac{30000}{T_0}} \quad (8)$$

При подстановке численных значений мы приняли $\rho_{13} = 1$; $A_{31} = 1 \text{ сек}^{-1}$ [5] для линии $\lambda 4287$ [Fe II] 7F; $A_{31} = 4.2 \cdot 10^8 \text{ сек}^{-1}$ [31] для линии $\lambda 2344$ Fe II 3UV и $A_{31} = 8.7 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$ [32] для линии $\lambda 4924$ Fe II 42. Использование атомных параметров для других переходов может изменить отношение (8) в несколько раз (заметим, впрочем, что в [27] принято $A_{31}/A_{32} \approx 3000$).

В противоположном случае, когда основную роль играет возбуждение излучением в частоте ν_{11} , находим:

$$\frac{I_P}{I_F} \approx \frac{\nu_{23}}{\nu_{12}} \left(1 + \frac{N_e q_{51} + B_{23} \rho_{23}}{A_{21}} \right) = 1 + 10^{-6} \frac{N_e}{\sqrt{T_e}} + 10^{-29} \frac{L_{23}}{R_{pc}^2}, \quad (9)$$

где под L_{23} понимается монохроматическая светимость центрального источника в частоте ν_{23} и под R_{pc} — расстояние от центрального источника в парсеках. Переход от (7) к (8) или (9) осуществляется в зависимости от значения параметра

$$\delta = \frac{B_{13} \rho_{13}^0}{a N_e q_{13}} \approx 4 \cdot 10^{-21} \frac{L_{13}}{N_e R_{pc}^2}, \quad (10)$$

где принято $T_e = 10^4$ К, $a = A_{21} \rho_{13}^0 / A_{13} = 5$. Следуя [13–15], положим для NGC 1275 $L_{13} = 10^{38}$ эрг/сек · тг, $N_e = 10^9 - 10^7$ см⁻³. Из анализа свечения газа в ядре галактики в линии H, с учетом сжимаемости $\alpha \approx 10^{-3}$ [14] следует, что размеры зоны H II порядка нескольких парсек. Поскольку Fe⁺ светится в основном в зоне H I, положим $R_{pc} \approx 10$. При указанных значениях параметров находим из (10) оценку: $\delta \lesssim 1$ (заметим, что предполагаемому в [11, 27] значению $a \gg 1$ соответствует $\delta \ll 1$). Таким образом, отношение интенсивностей разрешенных и запрещенных линий Fe II в спектре NGC 1275 должно быть промежуточным между случаем $I_P \ll I_F$, предсказываемым формулой (8), и случаем $I_P \approx I_F$, предсказываемым (9). Как уже отмечалось, приблизительно такое отношение и наблюдается.

То обстоятельство, что основная часть квантов, излучаемых NGC 4151 в линиях [Fe], обусловлена свечением Fe⁺, позволило Нетцеру [11] сделать вывод о существовании большого количества нейтрального водорода в ядре этой галактики. Как показывают приведенные выше расчеты интенсивностей линий H и Fe, аналогичный вывод можно сделать и для ядра NGC 1275. Общее сопоставление эмиссионных спектров NGC 4151 и NGC 1275 указывает на несколько более низкую степень ионизации газа в ядре последней галактики.

Авторы благодарны Э. А. Дибая и В. Ф. Есипову за содействие при выполнении данной работы и полезные обсуждения.

Государственный астрономический
ин-т им. П. К. Штернберга.

Крымская астрофизическая
обсерватория

THE SPECTRAL OBSERVATIONS OF THE GALAXY NGC 1275

V. T. DOROSHENKO, V. Yu. TEREBIZH, K. K. CHUVAEV

The galaxy NGC 1275 has been observed from December 1973 to January 1975. The observational material consists of about 40 spectrograms covering the wavelength range λ 4400–6800 Å with a dispersion of 58 and 110 Å/mm.

A number of rather weak lines have been observed which mainly belong to the forbidden lines of Fe. The existence of the double structure of \dot{N}_1 , N_2 and H γ lines discovered by Dibay and Esipov [13] is confirmed. The equivalent widths and contours of the emission lines [O III] and H β in the spectra that were taken during 1972–1975 have been compared. No variations have been found beyond observational errors.

The intensities of hydrogen lines indicate almost full absorption of the ultraviolet "tail" of the nonthermal nuclear continuum in the surrounding gas envelope. Permitted lines of Fe II are weaker than forbidden ones in the spectrum of the NGC 1275. This can be accounted for in the frame of Sobolev's theory of the moving envelopes of stars.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. H. Garstang, M. N., 117, 393, 1957.
2. R. H. Garstang, M. N., 118, 572, 1958.
3. R. H. Garstang, M. N., 124, 321, 1962.
4. R. H. Garstang, N. B. S. J. Res., 68A, 61, 1964.
5. R. H. Garstang, IAU Symp. No. 34, ed. by D. E. Osterbrock and C. R. O'Dell, D. Reidel publ. comp. 143, 1968.
6. S. Pasternack, Ap. J., 92, 129, 1940.
7. W. L. Wiese, M. W. Smith, B. M. Glennon, Atomic Transition Probabilities, vol. I, NSRDS-NBS4-, 1966.
8. A. B. Meinel, A. F. Avanti, M. W. Stockton, Catalog of Emission Lines in Astrophysical Objects, Opt. Sc. Center and Steward Observ. University of Arizona, Tucson, Arizona, 1969.
9. A. D. Thackeray, M. N., 135, 51, 1967.
10. L. H. Aller, R. S. Polidan, E. S. Rhodes, Jr., G. W. Wares, Astrophys. Space Sci., 20, 93, 1968.
11. H. Netzer, M. N., 169, 579, 1974.
12. C. K. Seyfert, Ap. J., 97, 28, 1943.
13. Э. А. Дубай, В. Ф. Есинов, Астрон. цирк., № 467, 4, 1968.
14. Э. А. Дубай, Астрон. ж., 46, 725, 1969.
15. K. S. Anderson, Ap. J., 162, 743, 1970.
16. H. Nussbaumer, D. E. Osterbrock, Ap. J., 161, 811, 1970.
17. M. J. Dianey, Ap. J., 181, L55, 1973.

18. *R. Minkowsky*, IAU Symp. No. 4, Cambridge Univ. Press., 107, 1957.
19. *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge*, *Ap. J.*, 142, 1351, 1965.
20. *R. Lynds*, *Ap. J.*, 159, L 151, 1970.
21. *В. И. Проник*, в сб. «Звезды, туманности, галактики», Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1969, стр. 247.
22. *T. G. Barnes*, *Ap. Lett.*, 1, 171, 1968.
23. *В. М. Лютый*, *Астрон. ж.*, (в печати), 1977.
24. *M. Schwarzschild*, *Ap. J.*, 182, 357, 1973.
25. *L. Searle, W. L. W. Sargent*, *Ap. J.*, 153, 1003, 1968.
26. *M. V. Penston, M. J. Penston, R. A. Selmis, E. E. Becklin, G. Neugebauer*, *M. N.*, 169, 357, 1974.
27. *E. J. Wampler, J. B. Oke*, *Ap. J.*, 148, 695, 1967.
28. *В. Г. Горбачук*, *Астрон. ж.*, 35, 748, 1958.
29. *T. F. Adams*, *Ap. J.*, 196, 675, 1975.
30. *В. В. Соболев*, *Движущиеся оболочки звезд*, Изд. АГУ, 1947.
31. *G. E. Azzola, W. H. Smith*, *Ap. J.*, 176, 259, 1972.
32. *S. J. Wolnik, R. O. Berthel, G. W. Wares*, *Ap. J.*, 166, L31, 1971.