

УДК: 524.3-355

О НАБЛЮДЕНИИ АВРОРАЛЬНОЙ ЛИНИИ [OIII] $\lambda 4363$ В СПЕКТРЕ KAZ163

М.А.КАЗАРЯН

Поступила 19 ноября 1999

Принята к печати 1 марта 2000

Приведены результаты спектральных наблюдений, проведенных на 6-м телескопе CAO в 1982г. для ядра компонента S-галактики Kaz163. Определены эквивалентные ширины, относительные интенсивности и полуширины эмиссионных линий. Определены также электронная температура, электронная плотность и масса газовой составляющей ядра. Полуширины и эквивалентные ширины в промежутке времени наблюдений с 31 октября 1981г. до 28 мая 1982г. менялись почти в два раза. В течение этого же времени интенсивность авроральной линии [OIII] $\lambda 4363$ довольно сильно увеличилась.

1. *Введение.* Одна из галактик из списка [1], порядковый номер которой 163, является галактикой типа Sy1. В литературе ее принято называть Kaz 163. Она изучена многими авторами разными методами. В [1] приведена спектрально-морфологическая (СМ) характеристика sd1, указывающая на ее сильный УФ-избыток.

Снимок, полученный для нее в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории (масштаб 1мм $\approx 20''$), показывает, что она является тесно-двойной галактикой с северным и южным компонентами. Расстояние между этими компонентами примерно равно 11 кпк при $H=75$ км/с Мпк. Первая из них является эллиптической галактикой, а вторая - компактной, со звездообразным ядром. Репродукция этого снимка приведена в [2]. В [2] северный и южный компоненты обозначены буквами N и S соответственно.

Первые спектры для этой галактики получены автором 31 октября 1981г. на 6-м телескопе CAO АН России, со спектрографом UAGS. Спектры показали, что компонент S является галактикой типа Sy1, N - нормальной эллиптической галактикой. Подробные данные, полученные из этих наблюдений, приведены в [2]. Компонент S одновременно является рентгеновским источником [3,4].

Подробное *UBV*-исследование галактики Kaz 163 выполнено в [5], где приведены интегральные величины *B* и показатели цветов *U-B*, *B-V* для всей галактики в целом, а также для ее компонентов и их ядер. Галактика имеет голубой цвет, показатели цвета ядра южного компонента $U-B=-0^m.63$ и $B-V=+0^m.42$, типичные для сейфертовских ядер.

Что касается северного компонента, то его фотометрические характеристики

типичны для нормальных эллиптических галактик.

Эти результаты говорят о том, что, хотя и Kaz 163 является тесно-двойной галактикой, компоненты которой, по всей вероятности, образовались одновременно, но по активности они сильно отличаются друг от друга. Кроме того, спектр компонента S является переменным [6,7].

В настоящей работе приводятся новые результаты о переменности спектра компонента S галактики Kaz 163, а также определение значений некоторых физических величин его газовой составляющей.

2. Наблюдательный материал. 27 мая 1982г. на 6-м телескопе с тем же спектрографом, отмеченным выше, получены два спектра, каждый из которых охватывает область примерно $\lambda\lambda$ 4320–5750Å. Данные о них до сих пор не были опубликованы. При получении спектров в качестве регистрирующей установки был использован многоканальный спектрофотометр (сканер) 6-м телескопа САО. Спектры получены с дисперсией 100Å/ММ. Время накопления каждого из них было 10 мин., ширина щели спектрографа - 0".9.

3. Контуры, эквивалентные ширины и относительные интенсивности линий. В отмеченном диапазоне спектра компонента S наблюдаются эмиссионные линии [OIII] $\lambda\lambda$ 5007, 4959, H_β , H δ 4686 [OIII] λ 4363, H_γ и H_δ . Для определения эквивалентных ширин этих линий были построены их контуры. На рис.1 приведены контуры линий [OIII] $\lambda\lambda$ 5007,

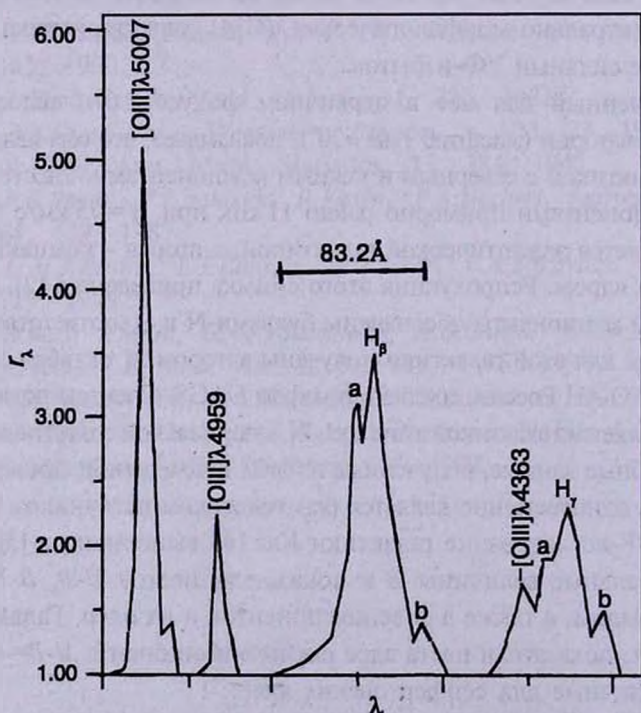


Рис.1. Контурсы линий [OIII] $\lambda\lambda$ 5007, 4959, H_β и H_γ .

4959, H_β и H_γ . С H_γ сливается авроральная линия [OIII] λ 4363, так как в спектре компонента S разрешенные линии, в том числе и H_γ , очень широкие. На контуре H_γ хорошо выделяется пик линии [OIII] λ 4363. В табл.1 приведены эквивалентные ширины линий, каждая из которых является средним значением двух наблюдений. В табл.1 приводятся также

Таблица 1

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ, ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПОЛУШИРИНЫ ЛИНИЙ

Элемент	λ_0	31.10.1981			28.05.1982		
		$W_\lambda(\text{\AA})$	I_λ/I_{H_β}	$FWHM(\text{км/с})$	$W_\lambda(\text{\AA})$	I_λ/I_{H_β}	$FWHM(\text{км/с})$
[OIII]	5007	90	0.66	590	38.7	0.64	1170
[OIII]	4959	28	0.23	430	12.4	0.21	1170
NI	4861	125	1.0	1100	64.7	1.00	3500
HeII	4686	+	+	+	6.9	0.13	1600
[OIII]	4363						
NI	4340	50	0.45	1830	42.1	0.96	3790
NI	4102	29	0.34	1000	13.1	0.24	2000

относительные интенсивности и полуширины FWHM-линий. Они, как и эквивалентные ширины, являются средними значениями двух наблюдений. При определении относительных интенсивностей были учтены коэффициенты спектральной чувствительности системы наблюдения. Для этого на том же телескопе, с той же аппаратурой наблюдалась звезда Korff-27, распределение энергии в спектре которой приведено в [8]. В табл.1 для сравнения приведены такие же данные вышеотмеченных наблюдений, проводимых в той же системе в 1981г.

4. *Электронная температура, электронная плотность и масса газовой составляющей.* Как уже отмечено, в спектре компонента S линия [OIII] λ 4363 сливается с линией H_γ , поэтому их относительные интенсивности в табл.1 приведены вместе и равны 0.96. Это значение почти в два раза больше теоретического значения относительной интенсивности линии H_γ , $I_{H_\gamma}/I_{H_\beta} = 0.5$, при модели "B" газовых туманностей. Учитывая это значение, доля относительной интенсивности линии [OIII] λ 4363 будет 0.46.

Как известно, отношение суммы интенсивностей линий [OIII] $\lambda\lambda$ 5007 (N_1), 4969 (N_2) к интенсивности авроральной линии [OIII] λ 4363 является функцией от электронной температуры (T_e) и электронной плотности (n_e). В случае S-компонента значение отношения $I_{N_1+N_2}/I_{\lambda 4363}$ примерно равно 1.85. Такое низкое значение можно ожидать в случае, когда n_e очень велико, $n_e > 10^7 \text{ см}^{-3}$. При таких электронных плотностях отношение $I_{N_1+N_2}/I_{\lambda 4363}$ зависит только от T_e и из соответствующей формулы T_e определяется

однозначно. Эта формула приводится в [9] и имеет вид:

$$I_{N_1+N_2}/I_{\lambda 4363} = 0.00753 e^{33000/T}.$$

По этой формуле газовой составляющей компонента S, определена электронная температура, которая равна примерно $T_e=10400$ K

Теперь обсудим вопрос о том, какое может быть наивероятное значение электронной плотности в условиях газовой составляющей компонента S.

Для возникновения линии [OIII] λ 4363 с наибольшей интенсивностью, очевидно, необходимо, чтобы в состоянии 1S_0 число ионов было наибольшее. Для этого среда должна иметь высокую электронную температуру и такую электронную плотность, чтобы удары второго рода не влияли на интенсивность линии [OIII] λ 4363. Нам известна электронная температура, а также то, что $n_e > 10^7$ см $^{-3}$, т.е. остается выбрать подходящее значение для n_e . Таким значением может быть критическая плотность деактивизации ударами состояния 1S_0 иона OIII, спонтанные переходы с которого на состояние 1D_2 приводят к возникновению линии [OIII] λ 4363. В работе [10] для этого состояния приводится $n_{cr}=3 \times 10^7$ см $^{-3}$. Именно ее можно принять в качестве наивероятнейшего значения электронной плотности газовой составляющей компонента S галактики Kaz 163, так как при этой плотности деактивизация ударами состояния 1S_0 будет минимальной. Однако при такой плотности сильно ослабеют линии N_1 и N_2 , так как критическая плотность деактивизации ударами состояния 1D_2 иона OIII, при спонтанных переходах из которого вниз в состояние $^3P_{2,1}$ излучаются эти линии, примерно в 43 раза меньше [10], чем отмеченная плотность. Поэтому в случае ядра компонента S отношение $I_{N_1+N_2}/I_{\lambda 4363}$ имеет такое низкое значение. Разумеется, что данные значений электронной температуры принадлежат газовой составляющей ядра компонента S. В [5] для ядра этого объекта приводится также звездная величина в цвете $V=15^m.37$. Используя эти данные, можно определить массу его газовой составляющей методом, приведенным в [11]. Радиус эффективного объема газовой составляющей ядра с такими n_e и T_e будет примерно равен $r_{eff}=0.05$ пк, а ее масса, $M=330 M_\odot$. Обе величины очень малы.

5. Обсуждение результатов. Из рис.1 видно, что каждая из линий H_β и H_γ имеет два компонента, обозначенных через a и b , скорости смещений от центрального пика которых примерно равны $V_a=680$ км/с и $V_b=-1380$ км/с соответственно. Эти величины являются средними значениями двух наблюдений, первая из которых на 6% отличается для каждого значения, полученного из наблюдений, а вторая - на 9%. В [2], где приводятся результаты наблюдений 1981г., в широкой части каждой из линий H_α , H_β и H_γ также наблюдались по два компонента, которые на их контурах обозначены цифрами I и II. Компонент I наблюдается также в линиях N_1 и N_2 . Смещения компонента b из рис. 1 и компонента II из работы [2] незначительны и в пределах ошибок совпадают, т.е. можно считать, что b - это тот же компонент II, который

сохранился в течение семи месяцев, начиная с первого наблюдения, 31 октября 1981г. до 28 мая 1982г. Компонент I, который наблюдался в 1981г., исчез, но у линий H_β и H_γ , наблюдавшихся в 1982г., появился новый компонент α . Интересно, что компонент II наблюдается только у разрешенных линий; это говорит о том, что физические условия газовой составляющей данного образования были неблагоприятными для излучения запрещенных линий. По всей вероятности, это можно объяснить высокой плотностью газовой составляющей этого образования (по-видимому, она выше, чем 10^8 см^{-3}). Что касается компонента I, наблюдавшегося в 1981г., то у образования, которое излучает этот компонент, плотность газа была сравнительно низка, так как в его спектре наблюдались как разрешенные, так и запрещенные линии. По всей вероятности, в течение 7 месяцев это образование сильно ослабело.

Спектры, полученные автором 30 сентября 1984г. на 6-м телескопе САО, показали, что у линий H_α , N_1 , N_2 , H_β и H_γ не наблюдались компоненты, они исчезли [6]. Дальнейшие спектральные исследования, проведенные в разных обсерваториях мира до 1993г., также показали, что у вышеотмеченных линий больше компонентов нет.

Появление компонентов у линий H_α , N_1 , N_2 , H_β и H_γ и др. говорит о том, что они являются следствием выброса, который произошел в ядре S. По всей вероятности, из ядра выбрасывались компактные образования в разных направлениях от центра, имеющие разные массы и светимости. Спектры ярчайших из них появились в наших наблюдениях, причем у линий они появились в виде компонентов.

Время взрыва должно быть близко к наблюдательному времени, проводимому 31 октября 1981г. В пользу этого предположения говорит развитие спектра ядра компонента S после 1981г. В течение примерно 7 месяцев, до 28 мая 1982г. в его спектре произошли сильные изменения, которые хорошо видны из табл.1. Эквивалентные ширины линий уменьшались в два раза, полуширины, наоборот, увеличились примерно во столько же раз, в линии, H_β даже более, чем три раза. Линии H_γ и $[OIII]\lambda 4363$ сливаются, поэтому в табл.1 их данные приведены вместе. Из этого можно сделать вывод, что в течение 7 месяцев интенсивность линии $[OIII]\lambda 4363$ увеличилась, поэтому суммарная эквивалентная ширина, в отличие от других линий, мало изменилась. В предыдущем параграфе уже было сказано об относительных интенсивностях этих линий. В течение отмеченного времени сильно изменилась также относительная интенсивность линии $HeII\lambda 4686$, она после 1982г. осталась почти постоянной [7]. Быстрое изменение интенсивности линий $HeII\lambda 4686$ и $[OIII]\lambda 4363$ естественно, так как среди наблюдавшихся линий именно они являются самыми чувствительными относительно переменности физических условий в ядре компонента S. Относительные интенсивности остальных линий в пределах

ошибок не менялись.

Таким образом, стадия развития спектра ядра компонента S галактики Kaz 163 продолжалась больше 7 месяцев и, имея в виду дальнейшее развитие спектров, охватывающих весь наблюдательный период, можно сказать, что сделанное выше предположение о времени выброса в ядре компонента S справедливо, т.е. время выброса близко ко времени, когда был получен его первый спектр (1981г.).

В предыдущем параграфе для газовой составляющей ядра компонента S галактики Kaz 163 была получена масса примерно $300 M_{\odot}$, которая довольно небольшая и содержится в объеме с весьма маленьким радиусом, $r_{\odot} = 0.05$ пк. Примерно такая же масса ($300 M_{\odot}$), по информации Э.Е.Хачикяна, была получена у ядра галактики Mrk 6, однако этот результат до сих пор не опубликован. Взрыв у ядра Mrk 6 наблюдали Э.Е.Хачикян и Д.В.Видман в 1969г. [12]. В этой же работе они оценили массу, выброшенную из ядра Mrk 6, и оценили ее примерно в $1 M_{\odot}$. В [13] довольно подробно изложены структуры спектров ядра Mrk 6 до взрыва и после взрыва. Развитие его спектра после взрыва очень похоже на развитие спектра ядра компонента S галактики Kaz 163.

Ереванский государственный университет,
Армения

ON THE OBSERVATION OF THE AUORORAL LINE [OIII] λ 4363 IN THE SPECTRUM OF GALAXY Kaz 163

M.A.KAZARIAN

The results of the spectral observations, which have been made with the 6-m telescope of SAO in 1982 for the nucleus of the component S of galaxy Kaz 163 are presented. The equivalent widths, relative intensities and FWHM of the emission lines are obtained. Electron temperature, electron density and a mass of gaseous component of the nucleus are also obtained. The equivalent widths and FWHM in the time interval of the observations from 31 October in 1981 to 28 May in 1982 was varied approximatly in two time. In this interval of the time the intensity of the auororal line [OIII] λ 4363 was increased strongly.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А.Казарян, *Астрофизика*, 15, 193, 1979.
2. М.А.Казарян, *Астрофизика*, 19, 411, 1983.
3. G.A.Kriss, C.R.Canizares, *Astrophys. J.*, 261, 51, 1982.
4. P.Veron-Cetty, P.A.Veron, *Sci. Rep. ESO*, 1, 1984.
5. М.А.Казарян, В.С.Тамазян, *Письма в Астрон. ж.*, 10, 11, 815, 1984.
6. М.А.Казарян, В.С.Тамазян, Э.Л.Каранетян, *Астрофизика*, 31, 319, 1989.
7. М.А.Казарян, П.Рафанели, В.С.Тамазян, М.Туратто, *Астрофизика*, 37, 5, 1994.
8. R.P.S.Stone, *Astrophys. J.*, 218, 767, 1977.
9. В.В.Соболев, *Курс теоретической астрофизики*, Наука, М., 1975.
10. D.E.Osterbrok, W.G.Mathews, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 24, 171, 1986.
11. Э.А.Дибай, В.И.Проник, *Астрофизика*, 1, 78, 1965.
12. E.Y.Khachikian, D.W.Weedman, *Astrophys. J.*, 164, L109, 1971.
13. Э.Е.Хачикян, В.Н.Попов, А.Е.Егизарян, *Астрофизика*, 18, 541, 1982.

