

УДК: 524.45NGC7674—355

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТУРОВ ЯРКИХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В ЯДРЕ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 533

В. А. ЛИПОВЕЦКИЙ, А. И. ШАПОВАЛОВА, О. А. ДОБРОДИЙ

Поступила 18 декабря 1985

Принята к печати 18 февраля 1986

Методом гаусс-анализа изучены контуры ярких эмиссионных линий в ядре сейфертовской галактики Маркарян 533 по спектрам, полученным на БТА в 1977 и 1981 гг. Выделены голубые компоненты у линий [O III], He II, H β , H γ , смещенные на —800 км/с и —1500 км/с относительно центральных компонентов. Показано, что высокоскоростной газ расположен ближе к источнику ионизации, чем область излучения центральных компонентов. Отмечена переменность континуума ядра Маркарян 533 и заподозрена переменность голубых компонентов H β и H γ .

1. *Введение.* Галактика Маркарян 533 = NGC 7674 была впервые отнесена Маркаряном и Липовецким [1] к галактикам с ультрафиолетовым континуумом. Ее фотографическая звездная величина по Цвикки составляет $m_{pg} = 13^m.6$, что при $z_0 = 0.0295$ [2] и $H = 75$ км/с Мпк соответствует абсолютной звездной величине $M_{pg} \sim -22^m.1$. Ее морфологический тип — Sbc. У Маркарян 533 имеется спутник, расположенный в 40" к востоку от ядра; лучевая скорость спутника на 146 км/с больше, чем у ядра галактики.

Маркарян 533 уверенно отнесена к типу Sy 2 Афанасьевым и др. [3], при этом отмечалось наличие очень широких асимметричных голубых крыльев у эмиссионных линий [O III] и H β .

В 1981 г. Шадером и Остерброком [4] были опубликованы результаты спектрофотометрии ядра этой галактики по наблюдениям на 3-м телескопе Лижской обсерватории с диссекторным сканером в диапазоне $\lambda\lambda$ 3500—7000 Å и разрешением ~ 10 Å. Эти авторы также обнаружили широкие голубые крылья у эмиссионных линий [O III], He II, H β , [O I]. Однако они отметили, что профили линий [S II] $\lambda\lambda$ 6717, 6731 и, возможно, [O II] λ 3727 симметричны.

В данной работе детально анализируются контуры эмиссионных линий He II, [O III], H β , H γ + [N II], [S II] по спектрам, снятым на БТА

с интервалом в 4 года (1977, 1981), с целью изучения спектральной переменности и наличия компонентов.

2. *Наблюдения.* Спектры ядра галактики Маркарян 533 получены в первичном фокусе БТА со спектрографом UAGS и ЭОП УМ-92 в октябре 1977 г. с дисперсией 45 А/мм (разрешение ~ 3 А, диапазоны $\lambda\lambda$ 4700—5400 А, 6400—7100 А) и в ноябре 1981 г. с дисперсией 92 А/мм (разрешение ~ 5 А, $\lambda\lambda$ 4200—6100, 5600—7400 А). Ширина инструментального контура на половине интенсивности составляет ~ 250 км/с и ~ 450 км/с для вышеуказанных дисперсий, соответственно. Цель при наблюдениях равнялась $\sim 1''2$.

Для получения кривой реакции системы в тех же условиях снимались спектры стандартных звезд BD + 25°3941 или Feige 15 [5]. Спектрограммы записаны на автоматическом микроденситометре с цифровым выходом с шагом 0.01 мм и обработаны на ЭВМ по программе экспрессной обработки спектров галактик [6, 7].

3. *Результаты.* В спектрах ядра Маркарян 533 наблюдаются яркие эмиссионные линии H γ , [O III] λ 4363, He II λ 4686, [O III] $\lambda\lambda$ 4959, 5007, He I λ 5876, [O I] $\lambda\lambda$ 6300, 6364, H α + [N II], [S II] $\lambda\lambda$ 6717, 6731, слабые линии [Fe VII] λ 5159, [N I] λ 5199 и [N II] λ 5755, а также линии поглощения Mg Ib, G-полоса и Na I D. Результаты спектрофотометрии опубликованы ранее Шадером и Остерброком [4]. Полученные нами наблюдаемые относительные интенсивности ярких линий близки к значениям у этих авторов. Наблюдаемый континуум ядра Маркарян 533 в диапазоне длин волн $\lambda\lambda$ 4200—7400 следует степенному закону $F_\nu \sim \nu^{-\alpha}$, с $\alpha \sim 2.6 \pm 0.3$.

Наблюдаемые контуры ярких эмиссионных линий He II, [O III], H β , H α асимметричны с голубым крылом \sim в 2 раза более длинным, чем красное крыло (~ 1900 км/с и 900 км/с, соответственно).

Наблюдаемые отношения эквивалентных ширин синего крыла к красному ($W_\lambda/W_{\lambda\beta}$ — мера асимметрии) составляют ~ 2.5 у [O III], He II и ~ 1.6 у H α . Профили [S II] $\lambda\lambda$ 6717, 6731 симметричны и каждая линия хорошо представляется гауссианой с полной шириной на половине интенсивности ~ 400 км/с.

Мы проанализировали контуры эмиссионных линий He II, [O III], H β , H α + [N II] в предположении, что они состоят из нескольких компонентов, каждый из которых представляется гауссианой. При разделении бленды H α + [N II] предполагалось, что каждая линия азота [N II] представляется одиночным гауссовым контуром и принималось теоретическое отношение интенсивностей линий $I(\lambda 6583) / I(\lambda 6548) = 2.9$.

На рис. 1—4 приведены наблюдаемые теоретические контуры эмиссионных линий, а также пунктиром показаны разности после вычитания теоретических значений интенсивностей из наблюдаемых. Эмиссионные линии He II , $[\text{O III}]$, H_β , H_α имеют центральный компонент и смещенный на $-800 \div -900$ км/с от центрального пика яркой голубой компонент (компонент I). На высокодисперсионных спектрах 1977 г. у $[\text{O III}]$ и H_α выделяется II голубой компонент, смещенный на -1500 км/с от центрального. Он слабее I компонента \sim в 2 раза у $[\text{O III}]$ и \sim в 3 раза у H_α . Полная ширина компонентов на половине интенсивности ~ 650 км/с, а на нулевой интенсивности (уровень непрерывного спектра) ~ 1500 км/с.

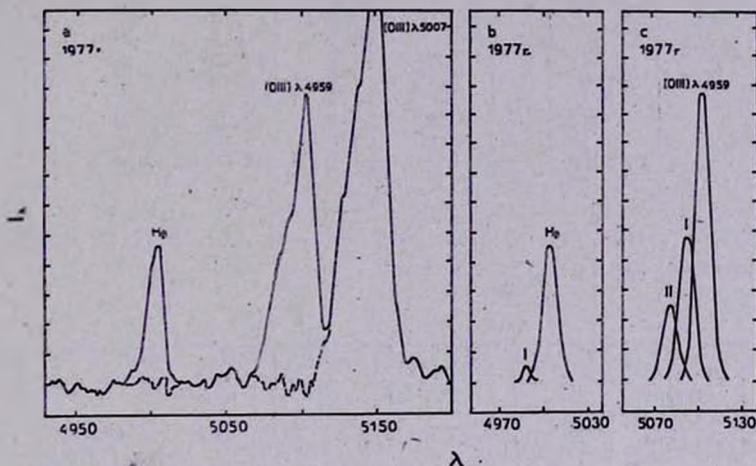


Рис. 1. а — сплошная линия — наблюдаемые контуры $[\text{O III}]$ и H_β в 1977 г.; пунктир — остаток после вычитания теоретических контуров из наблюдаемых. б, с — теоретические контуры H_β , $[\text{O III}]$ λ 4959; I, II — голубые компоненты, смещенные относительно центральных на -800 км/с и -1500 км/с, соответственно.

Отметим, что наблюдаемая линия H_α , полученная после исключения линий $[\text{N II}]$, хуже представляется гауссианами, чем другие линии; остаточные интенсивности в некоторых случаях превышают 3σ , шумовой дорожки. При разделении на компоненты гауссианы подбирались путем варьирования параметров I_0 , $\Delta\lambda_D$, z так, чтобы остаточные интенсивности были минимальны при анализе по способу наименьших квадратов (I_0 — интенсивность линии в центре, $\Delta\lambda_D$ — ее доплеровская ширина, z — красное смещение).

В табл. 1 приведены отношения интенсивностей линий $[\text{O III}]$ λ 5007 и He II к H_α и H_β для выделенных компонентов. У голубых компонентов интенсивности $[\text{O III}]$ и He II приблизительно в 2 раза больше по отноше-

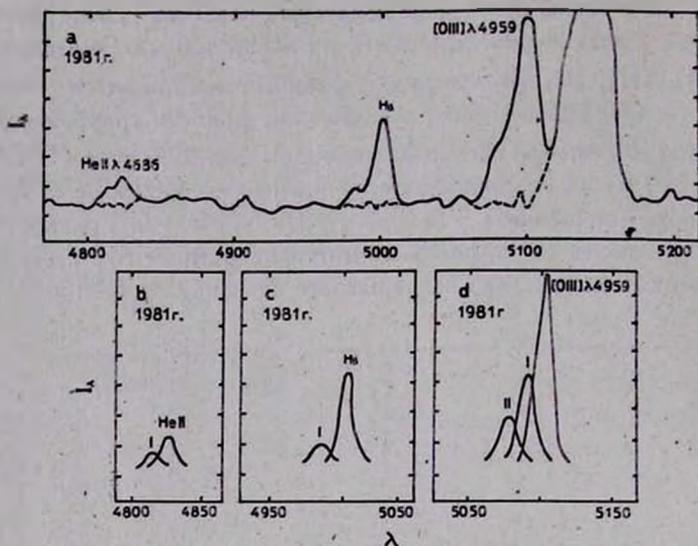


Рис. 2. Наблюдаемые (а) и теоретические (b—d) контуры He II, H δ , [O III] λ 4959 в 1981 г. Обозначения как на рис. 1.

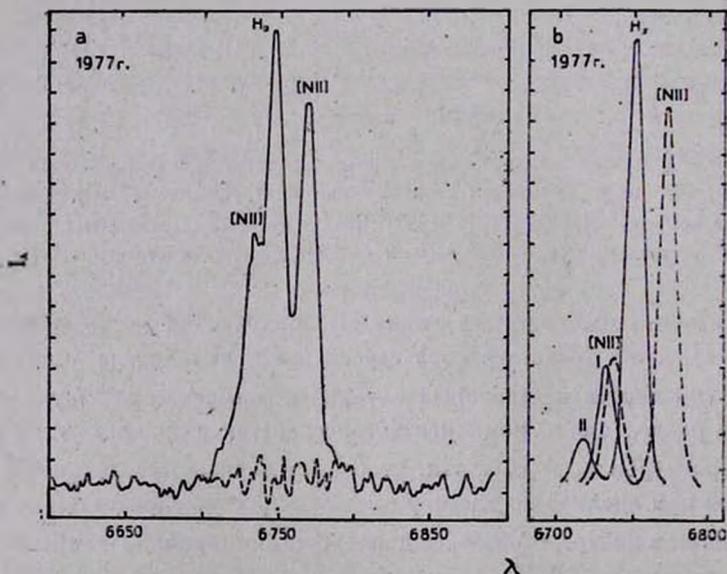


Рис. 3. а — наблюдаемые контуры H α + [N II] в 1977 г.; обозначения как на рис. 1а. б — теоретические контуры H α (сплошные линии) и [N II] — (пунктир). I, II — голубые компоненты.

нию к H_{α} и H_{β} , чем у центральных компонентов. Это свидетельствует в пользу более высокой ионизации в области образования голубых компонентов, чем в области излучения центральных компонентов. Отсутствие голу-

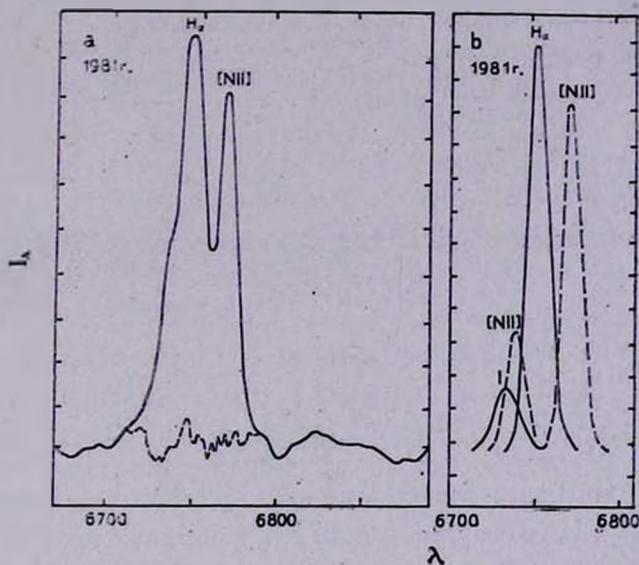


Рис. 4. Наблюдаемые (а) и теоретические (б) контуры H_{α} и $[N II]$ в 1981 г. Обозначения как на рис. 3.

бых компонентов у линий серы $[S II]$ $\lambda\lambda$ 6717, 6731, а согласно [4], возможно, и у $[O II]$, указывает, что голубые компоненты, вероятно, излучаются в более плотных областях, чем линии $[S II]$.

Таблица 1

Относительные интенсивности линий	Дата наблюдений	Центральный компонент ($\Delta V=0$ км/с)	Компонент I ($\Delta V \sim -800$ км/с)	Компонент II ($\Delta V \sim -1500$ км/с)
$[O III] \lambda 5007/H_{\beta}$	31.10.1977	6.3	88	
	25.11.1981	7.8	20	
$[O III] \lambda 5007/H_{\alpha}$	31.10.1977	2.2	3.7	5.4
	25.11.1981	2.0	4.2	
$H_{\beta} II/H_{\beta}$	25.11.1981	0.35	0.8	
$H_{\beta} II/H_{\alpha}$	25.11.1981	0.08	0.17	

В табл. 2 приведены наблюдаемые эквивалентные ширины линий W_{λ} , а также эквивалентные ширины H_{α} и $[N II]$ после разделения линий азота. В последней строке таблицы даны отношения эквивалентных ширин, полученные по спектрам 1977 г., к таковым в 1981 г. Наблюдаемые эквивалентные ширины всех линий уменьшились в 1981 г. в ~ 1.7 раза по сравнению 2—371

с 1977 г., при этом соответствующие относительные интенсивности линий практически не изменились. Это скорее всего указывает на возрастание уровня континуума в 1.7 раза в 1981 г. по сравнению с 1977 г.

Таблица 2

Дата	Эквивалентные ширины W_λ (А)					
	H_β	[O III] λ 4959	[O I] λ 6300	$H_\alpha + [N II]$	H_α	[N II] λ 6548
31.10.77	60.5	220.6	14	428.5	241	47.5
25.11.81	33.2	132	8.2	261.2	142	29.5
W_λ (1977)/(1981)	1.8	1.7	1.7	1.64	1.7	1.6

Дата	Эквивалентные ширины W_λ (А)	
	[N II] λ 6583	[S II] λ 6717
31.10.77	140	26
25.11.81	90	15.4
W_λ (1977)/(1981)	1.6	1.7

В табл. 3 даны эквивалентные ширины выделенных компонентов H_β , [O III] λ 4959 и H_α . На спектрах 1977 г. у H_β -линии голубой компонент наблюдается на пределе обнаружения и выделяется крайне неуверенно. ($W_\lambda \sim 2$ А). Однако на спектрах 1981 г. голубой компонент виден уверенно и имеет эквивалентную ширину $W_\lambda \sim 5$ А, т. е. W_λ увеличилась приблизительно в 2 раза. В то же время эквивалентная ширина аналогичного голубого компонента H_α уменьшилась \sim в 2 раза. Из-за этого бальмеровский декремент существенно изменился ($(I(H_\alpha))/I(H_\beta) \sim 20$ в 1977 г. и ~ 5 в 1981 г.). Возможно, голубые компоненты H_β , H_α переменны. Этот факт несомненно интересен и требует подтверждения.

Таблица 3

Дата	Эквивалентные ширины W_λ (А)				
	H_β ($I_{\text{комп.}}$)	[O III] ($I_{\text{комп.}}$)	[O III] ($II_{\text{комп.}}$)	H_α ($I_{\text{комп.}}$)	H_α ($II_{\text{комп.}}$)
31.10.77	2	58.4	30.8	47.1	16.6
25.11.81	5	34.2	17.9	22.8	—
W_λ (1977)/ W_λ (1981)	0.4	1.7	1.7	2	

Отметим, что эквивалентные ширины голубых компонентов [O III] уменьшились в 1.7 раза, как и у всей наблюдаемой линии [O III] (см. табл. 2), что указывает на отсутствие у них переменности в интервале ~ 4 года (промежуток между нашими наблюдениями). Учитывая это, мож-

но оценить, что голубые компоненты [O III] излучаются на расстоянии $R \geq 1.3$ пк от ядра.

4. Выводы. а) В ядре Маркарян 533 у эмиссионных линий [O III], He II, H β , H α при гаусс-анализе контуров выделены голубые компоненты, смещенные на -800 км/с и -1500 км/с относительно центральных компонентов. Полные ширины компонентов на половине интенсивности и на нулевой соответственно равны ~ 600 и 1500 км/с.

б) Высокоскоростной газ расположен ближе к источнику ионизации, чем область излучения центральных компонентов и, вероятно, имеет более высокую плотность. В случае [O III] эти компоненты расположены на расстоянии $R \geq 1.3$ пк от ядра. У голубых компонентов H β и H α можно заподозрить переменность.

в) Континуум ядра Маркарян 533, по-видимому, переменен не менее, чем на 0^мб. Отметим, что по данным электрофотометрии в U, B, V цветах [8] ядро Маркарян 533 действительно оказалось переменным.

Для подтверждения полученных результатов и детального анализа кинематики и физических условий газовой составляющей ядра необходимы как спектральные наблюдения с высокой фотометрической точностью и высоким спектральным разрешением, так и фотометрические наблюдения.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

A STUDY OF PROFILES OF BRIGHT EMISSION LINES IN THE NUCLEUS OF THE SEYFERT GALAXY MARKARIAN 533

V. A. LIPOVETSKIJ, A. I. SHAPOVALOVA, O. A. DOBRODIJ

The profiles of the bright emission lines in the nucleus of the Seyfert galaxy Markarian 533 have been studied by the gauss-analysis method from the spectra obtained at BTA in 1977 and 1981. The blue components are found in the lines [O III], He II, H β , H α , shifted by -800 km/s and -1500 km/s relative to the central components. It has been shown that the high velocity gas is situated nearer to the ionization source than the emission region of the central components. Continuum variability of the Markarian 533 nucleus is noted and the variability of the blue components H β and H α is suspected.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, *Астрофизика*, 9, 487, 1973.
2. И. М. Копылов, В. А. Липовецкий, В. И. Проник, К. К. Чусачев, *Астрофизика*, 10, 483, 1974.
3. В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, *Астрон. циркуляр*, № 1039, 1, 1979; *Астрофизика*, 16, 193, 1980.
4. J. M. Shaver, D. E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, 250, 55, 1981.
5. R. P. S. Stone, *Astrophys. J.*, 193, 135, 1974.
6. В. Л. Афанасьев, А. Л. Щербановский, *Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР*, 16, 25, 1977.
7. А. И. Шаповалова, А. Л. Щербановский, *Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР*, 22, 49, 1978; 25, 55, 1979.
8. С. И. Неизвестный, *Известия Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР (Астрофиз. исследования)*, 24, (в печати), 1986.