

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

ФЕВРАЛЬ, 1979

ВЫПУСК 1

УДК 523.855

ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ ЦВЕТА ДЛЯ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК ТИПА I

Г. Т. ПЕТРОВ

Поступила 30 марта 1978

По спектрам, полученным Д. В. Видманом на телескопах обсерватории МакДональд и Кит Пик, определены эквивалентные ширины и вычислены потоки и светимости в эмиссионных линиях для 20 сейфертовских галактик I типа. Рассмотрены зависимости интенсивностей линий, а также относительной интенсивности водородных и запрещенных линий от показателя цвета и ультрафиолетовой светимости ядер.

1. *Введение.* Недавно М. А. Аракеляном [1] были рассмотрены зависимости эквивалентных ширины линий H_{α} и [O III] и отношения этих линий от показателя цвета $U-B$ для примерно 15 галактик сейфертовского типа. В [1] сделан вывод, что при посинении сейфертовских галактик запрещенные линии в среднем ослабевают, а водородные линии усиливаются. Между тем, у галактик, не относящихся к сейфертовскому типу, и те, и другие линии с посинением заметно усиливаются.

Поскольку среди галактик, рассмотренных в [1], имеются объекты обоих типов сейфертовских галактик, то имеет смысл проверить эти результаты на материале, более однородном с точки зрения классификации сейфертовских галактик.

2. *Наблюдательный материал и результаты.* Нами использован наблюдательный материал, любезно предоставленный Д. В. Видманом. Этот материал был получен с августа 1975 г. по февраль 1976 г. на телескопах 2.1 м и 4 м обсерваторий МакДональд и Кит Пик и содержит спектры 25 сейфертовских галактик типа I по классификации Э. Е. Хачикяна и Д. В. Видмана [2], т. е. галактик с широкими водородными и узкими запрещен-

ными линиями. Для двух объектов—Маркарян 304 и 374—получены по три спектра, а для Маркарян 352 и 509 — по два спектра.

Фотоэлектрические UVV наблюдения имеются лишь для 20 из них. Данные о цветах и красных смещениях взяты из компиляции Д. В. Видмана [3].

По спектрограммам определены эквивалентные ширины линий H_α , H_β и $[O III] \lambda 4959 + 5007$. Далее, принимая, что спектральное распределение энергии ядра описывается степенным законом вида $F_\lambda = C\lambda^{-p}$ и используя исправленный за покраснение в Галактике показатель цвета $(B-V)_0$ для каждой галактики по данным Т. А. Метьюза и А. Р. Сандейджа [4] был подобран показатель p . Для $p > 2$ зависимость между $(B-V)_0$ и λ экстраполирована. Аппроксимировав непрерывный спектр каждой галактики степенной функцией с соответствующим p и используя красные смещения из [3], мы вычислили потоки и светимости в линиях H_α и $[O III]$. Потоки и светимости в H_α не вычислялись, так как для этого необходимо экстраполировать непрерывный спектр в область, не охватываемую UVV наблюдениями.

Все данные собраны в табл. 1, которая содержит: 1 — порядковый номер, 2 — название объекта, 3 и 4 — исправленные за покраснение света в Галактике показатели цвета, 5 — красное смещение, 6 — абсолютную звездную величину в системе U при $H = 50 \text{ км.сек}^{-1} \cdot \text{Мпс}^{-1}$, исправленную за поглощение света в Галактике, 7–9 — логарифмы эквивалентных ширин линий H_α , H_β и $[O III]$, 10 и 11 — логарифмы потоков в линиях H_α и $[O III]$ ($\text{эрг см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \text{Å}^{-1}$), 12 и 13 — логарифмы светимостей в линиях H_α и $[O III]$ (эрг.сек^{-1}).

На рис. 1а, б, в представлены зависимости эквивалентных ширин линий и их отношений от показателя цвета $(U-B)_0$. По этим данным получается, что чем синее галактика, тем интенсивнее водородные линии — результат, который отмечают И. И. Проник [5] и М. А. Аракелян [1]. Эквивалентные ширины запрещенных линий $[O III] \lambda 4959, 5007$ практически не зависят от показателя цвета. Коэффициенты регрессии и корреляции для H_α по нашим данным хорошо согласуются с величинами, полученными М. А. Аракелян [1], но для $[O III]$ они сильно отличаются. Можно поэтому предполагать, что эффект, отмеченный М. А. Аракелян [1], обусловлен тем, что им совместно рассматриваются сейфертовские галактики обоих типов.

* Однако результат, относящийся к зависимости $\lg W_{[O III]}$ от $(U-B)_0$, является несколько формальным. Дело в том, что А. Т. Коски (Ap. J., 223, 56, 1978) относит галактику Маркарян 42 ко второму типу, но с сильными линиями железа, характерными для типа 1, а Маркарян 6 — к промежуточному типу. Очевидно, например, что исключение галактики Маркарян 6 приведет к резкому изменению формального коэффициента

Таблица 1

№	Объект	(U-B) ₀	(B-V) ₀	z	M _{U₀}	lg W _{H_α}	lg W _{H_β}	lg W _[OIII]	lg F _{H_β}	lg F _[OIII]	lg L _{H_β}	lg L _[OIII]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Маржари 6	-0.08	0.83	0.018	-20.59	2.60	1.90	2.30	-12.22	-11.82	41.92	42.32
2	9	-0.74	0.42	0.040	-23.01	2.30	1.86	1.67	-12.35	-12.56	42.48	42.27
3	10	-0.64	0.55	0.029	-22.12	2.49	1.75	1.92	-12.48	-12.31	42.07	42.24
4	42	-0.24	0.73	0.024	-20.04	2.21	1.36	1.17	-13.68	-13.86	40.71	40.53
5	79	-0.83	0.35	0.022	-22.42	2.71	2.04	2.09	-11.94	-11.90	42.37	42.41
6	110	-0.73	0.68	0.036	-21.61	2.93	2.19	2.45	-12.38	-12.12	42.36	42.62
7	205	-1.00	0.31	0.071	-23.85	2.50	1.77	1.56	-12.71	-12.94	42.62	42.39
8	304	-0.93	0.26	0.066	-24.33	2.59	2.11	1.50	-12.13	-12.76	43.14	42.51
9	335	-0.76	0.32	0.025	-22.73	2.60	2.01	1.60	-11.90	-12.32	42.53	42.11
10	352	-0.74	0.33	0.015	-20.70	2.41	1.94	1.37	-12.36	-12.94	41.63	41.05
11	374	-0.49	0.55	0.044	-22.88	2.18	1.80	1.72	-12.45	-12.53	42.47	42.39
12	376	-0.68	0.41	0.056	-23.69	2.42	1.82	1.44	-13.17	-13.56	41.96	41.57
13	382	-0.72	0.39	0.034	-22.91	2.05	1.67	1.61	-13.11	-13.18	41.58	41.51
14	Маржари 509	-1.02	0.11	0.036	-24.80	2.79	2.15	2.08	-11.50	-11.61	43.23	43.13
15	NGC 7459	-0.78	0.46	0.017	-22.54	2.45	1.74	1.83	-11.86	-11.78	42.23	42.31
16	NGC 7603	-0.27	0.64	0.029	-22.19	2.08	1.45	1.45	-12.58	-12.57	41.97	41.98
17	I Zw 1	-0.86	0.28	0.061	-24.54	2.38	1.77	1.43	-12.21	-12.57	42.99	42.63
18	II Zw 136	-0.97	0.20	0.062	-24.69	2.62	2.16	1.76	-11.89	-12.31	43.32	42.89
19	III Zw 2	-0.76	0.44	0.090	-23.19	2.08	1.73	1.37	-13.08	-13.43	42.13	41.78
20	3C 390.3	-0.79	0.54	0.057	-23.02	2.72	2.07	2.23	-12.46	-12.30	42.68	42.84

Представляет интерес также зависимость интенсивностей линий от мощности ультрафиолетового излучения. В табл. 2 приведены коэффициенты регрессии и корреляции в зависимостях эквивалентных ширин, потоков и светимостей в линиях от показателя цвета ($U-B$), и абсолютной величины M_U .

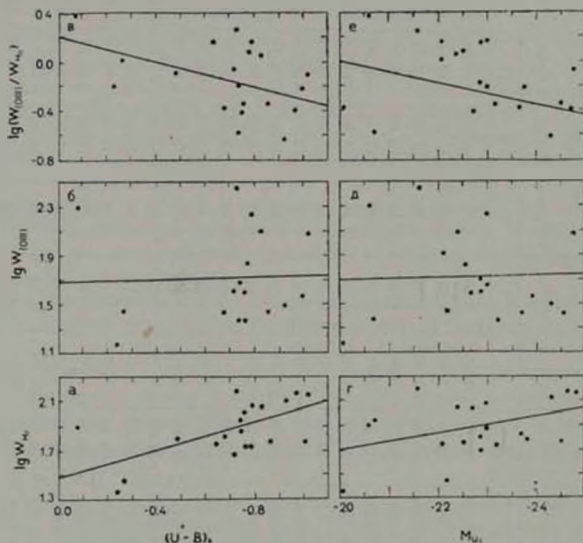


Рис. 1а, б, в — зависимости логарифма эквивалентных ширин линии H_{β} и $[O III]$ и их отношения от исправленного за покраснение света в Галактике показателя цвета $(U-B)_0$; г, д, е — зависимости логарифма эквивалентных ширин линий H_{β} и $[O III]$ и их отношения от исправленной за поглощение света в Галактике абсолютной звездной величины M_U при $H = 50 \text{ км} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{Мпс}^{-1}$.

На рис. 1г, д, е показаны зависимости эквивалентных ширин линий H_{β} и $[O III]$ и их отношения от абсолютной величины M_U . Сильное сходство между рис. 1а, б, в и рис. 1г, д, е указывает на то, что наблюдаемые

регрессии. Совсем другое изображение получится, если исключить две галактики — Марияри 42 и NGC 7603. Поэтому было бы правильно сказать, что результат неустойчив, и трудно прийти к надежному заключению о справедливости или несправедливости выводов, сделанных в [1] в отношении запрещенных линий $[O III]$. Очевидно следует ждать получения более полного и достаточно однородного наблюдательного материала.

Таблица 2

$\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$	$\lg W_{H\beta}$		$\lg W_{[OIII]}$		$\lg \frac{W_{[OIII]}}{W_{H\beta}}$		$\lg F_{H\beta}$		$\lg F_{[OIII]}$		$\lg L_{H\beta}$		$\lg L_{[OIII]}$	
	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$(U-B)_0$	-0.53 ± 0.17	-0.58 ± 0.15	-0.03 ± 0.32	-0.02 ± 0.22	0.49	0.44	-0.89 ± 0.41	-0.43 ± 0.18	-0.39 ± 0.26	-0.16 ± 0.22	-1.70 ± 0.42	-0.69 ± 0.12	-1.20 ± 0.52	-0.16 ± 0.17
M_{U_1}	-0.06 ± 0.04	-0.38 ± 0.19	-0.03 ± 0.07	-0.08 ± 0.22	0.04	0.30	-0.14 ± 0.08	-0.37 ± 0.19	-0.06 ± 0.11	-0.13 ± 0.22	-0.38 ± 0.06	-0.83 ± 0.07	-0.30 ± 0.08	-0.63 ± 0.13

$\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$	$\lg L_{H\alpha}$		$\lg L_{H\beta}$		$\lg L_{[OIII]}$		$\lg \frac{L_{[OIII]}}{L_{H\alpha}}$		$\lg L_{H\alpha II}$		M_{U_1}	
	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$\lg L_x$	0.71 ± 0.17	0.83 ± 0.10	0.69 ± 0.22	0.75 ± 0.14	0.28 ± 0.14	0.58 ± 0.21	-0.41 ± 0.19	-0.61 ± 0.20	0.64 ± 0.20	0.67 ± 0.24	-2.77 ± 0.55	-0.87 ± 0.08

зависимости обусловлены в первую очередь мощностью ультрафиолетового излучения. В связи с этим представляет очевидный интерес сравнение полученных зависимостей с аналогичными зависимостями между светимостью в линиях и мощностью рентгеновского излучения. Соответствующие данные для десяти сейфертовских галактик типа I (включая и NGC 1275) приведены в [6]. Эти данные свидетельствуют о том, что с ростом рентгеновской светимости возрастает светимость в линиях H, [O III], He II. В табл. 2 собраны коэффициенты регрессии и корреляции в зависимостях светимостей в этих линиях от рентгеновской светимости.

3. Обсуждение. Полученные результаты можно суммировать так:

1. С посинением галактики (или с ростом светимости в ультрафиолете) эквивалентные ширины водородных линий, а также светимости и потоки в этих линиях увеличиваются.

2. Эквивалентные ширины линий [O III] практически не зависят от показателя цвета и от светимости в ультрафиолете. Потоки и светимости в [O III], однако, увеличиваются с посинением или с ростом светимости в ультрафиолете.

3. Отношение эквивалентных ширины линий [O III] и водородных линий уменьшается с посинением галактики и с ростом ультрафиолетовой светимости. Для галактик, не относящихся к сейфертовскому типу, как показано М. А. Аракеляном в [1], это отношение увеличивается.

Отношение потоков и светимостей в H γ и [O III] также уменьшается с посинением.

4. С увеличением рентгеновской светимости увеличивается светимость водородных, гелиевых и запрещенных линий.

Отношение светимостей в линиях [O III] и H γ уменьшается с увеличением рентгеновской светимости.

С увеличением рентгеновской светимости сильно возрастает ультрафиолетовая светимость.

Как заметил М. А. Аракелян в [1], возникновение излучения запрещенных линий в разных областях с повышенной электронной плотностью может объяснить различие между поведением запрещенных и водородных линий при посинении галактик. Из изложенных выше результатов следует, что:

а) Ионы O⁺⁺ излучают в областях, которые в различных галактиках в среднем имеют одинаковые плотности и температуры. Это утверждение может быть проверено непосредственным определением физических условий в областях, излучающих в линиях [O III] $\lambda\lambda$ 4959, 5007. Рассматривая

аналогичные зависимости и для других запрещенных линий, можно получить более полное представление о физических условиях в ядрах.

6) Эквивалентные ширины линий сами по себе являются не наилучшим индикатором физических условий в ядрах сейфертовских галактик. По данным табл. 2 можно заметить, что с переходом от эквивалентных ширин к светимостям в линиях описанные зависимости сильнее выражены. Особенно заметно возрастают коэффициенты регрессии и корреляции для линий [O III].

Автор благодарен Д. В. Видману за предоставленный наблюдательный материал и М. А. Аракеляну за ценные советы и замечания.

Ереванский государственный
университет

THE DEPENDENCE OF EMISSION LINE INTENSITIES OF SEYFERT GALAXIES OF TYPE 1 UPON COLOUR INDEX

G. T. PETROV

By the use of the spectra obtained by D. W. Weedman with telescopes of McDonald and Kitt Peak Observatories the equivalent widths of emission lines are obtained and their fluxes and luminosities are computed for 20 Seyfert galaxies of type 1. The dependence of line intensities and relative intensities of hydrogen and forbidden lines upon colour index and ultraviolet luminosities of nuclei are considered.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Аракелян. *Астрофизика*, 13, 427, 1977.
2. E. Y. Khachikian, D. W. Weedman, *Ap. J.*, 192, 581, 1974.
3. D. W. Weedman, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 15, 69, 1977.
4. Th. A. Mathews, A. R. Sandage, *Ap. J.*, 138, 30, 1963.
5. И. И. Проник. *Астрон. ж.*, 49, 768, 1972.
6. M. Elvis, T. Maccaro, A. S. Wilson, M. J. Ward, M. V. Penston, R. A. E. Fosbury, G. C. Perola, preprint, 1977.
7. G. Neugebauer, E. Becltn, J. B. Oke, L. Searle, *Ap. J.*, 205, 29, 1976.
8. J. B. Oke, W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 151, 807, 1968.
9. D. E. Osterbrock, *Ap. J.*, 203, 329, 1976.
10. D. E. Osterbrock, A. T. Koski, M. M. Phillips, *Ap. J.*, 206, 838, 1976.
11. G. A. Shields, J. B. Oke, W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 176, 75, 1972.
12. D. W. Weedman, *Ap. J.*, 171, 5, 1972.
13. D. W. Weedman, *Ap. J.*, 183, 29, 1973.