

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 4

НОЯБРЬ, 1968

ВЫПУСК 4

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА  
С УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ КОНТИНУУМОМ. I.

Д. В. ВИДМАН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 5 июля 1968

Приводятся предварительные результаты спектральных наблюдений 17 галактик из списка Маркаряна [1], характеризующихся сильным ультрафиолетовым континуумом. Наблюдения выполнены на 200, 84, 82 и 36" телескопах Паломарской, Кит Пикской, МагДональдской и Ликской обсерваторий с большой дисперсией.

Наблюдения показывают, что в спектрах этих галактик, за редким исключением, наблюдаются эмиссионные линии, причем по характеру эмиссионных линий спектры сильно отличаются друг от друга. Среди исследованных галактик две оказались типа Сейферта [2, 3].

Для ядерных областей некоторых из исследованных галактик приведены также  $U$ ,  $B$ ,  $V$  величины.

В 1965 г. в Бюраканской обсерватории Б. Е. Маркаряном были начаты спектральные наблюдения некоторых областей неба с помощью крупнейшей в мире полутораградусной объективной призмы в сочетании с метровым телескопом системы Шмидта. Наблюдения показали, что среди слабых галактик ( $14-17^m$ ), наряду с обычными нормальными галактиками позднего спектрального типа, имеются необычные галактики, обладающие ранними спектральными признаками. Один из этих признаков — наличие ультрафиолетового континуума — был использован Б. Е. Маркаряном в качестве основного для обнаружения подобных галактик. Первый список 70-ти таких галактик был опубликован им уже в 1967 г. [1]. Снимки с объективной призмой позволили Б. Е. Маркаряну установить, что многие из объектов этого списка имеют эмиссионные линии. Однако малая дисперсия полученных спектров ( $2500 \text{ \AA/мм}$  у  $H\beta$ ) не позволила видеть эмиссионные линии в тех случаях, когда они имели малую или даже умеренную

интенсивность. Близко расположенные друг к другу линии также не могли быть разрешены.

Исходя из этого, представляет большой интерес проведение наблюдений этих объектов с большой дисперсией с целью выявления отдельных деталей в спектре, измерения интенсивности и ширины линий, красного смещения, исследования характера непрерывного ультрафиолетового континуума, без которых нельзя судить о физической природе этих необычных галактик.

В настоящей работе приводятся предварительные результаты спектральных наблюдений 17 из 35 наблюдаемых нами галактик из вышеупомянутого списка, выполненных на крупнейших телескопах США в сочетании со щелевыми спектрографами. Наблюдения выполнены: на 200" телескопе обсерватории Маунт Паломар в его кассегреновском фокусе в сочетании с новым спектрографом Боуэна (дисперсия  $85 \text{ \AA}/\text{мм}$ ), 84" телескопе Национальной обсерватории США — Кит Пик, в его кассегреновском фокусе в сочетании со спектрографом Линдса (дисперсия  $120 \text{ \AA}/\text{мм}$ ), на 82" телескопе МакДональдской обсерватории в сочетании со спектрографом Майнела в его кассегреновском фокусе (дисперсия  $240 \text{ \AA}/\text{мм}$ ,  $220 \text{ \AA}/\text{мм}$  и  $27 \text{ \AA}/\text{мм}$ ) и, наконец, на небулярном спектрографе 36" Крослеевского телескопа Ликской обсерватории (дисперсия  $430 \text{ \AA}/\text{мм}$  у  $\text{H}\beta$ ). Кроме того, на 120" телескопе Ликской обсерватории в его первичном фокусе были получены два спектра галактики Маркаряя 9 (дисперсия  $420 \text{ \AA}/\text{мм}$ ) М. Бербидж, за что авторы выражают ей глубокую благодарность. Все спектры, за исключением тех, которые наблюдаются со спектрографом Майнела и на небулярном спектрографе Крослея, получены в сочетании с ЭОП-ом.

Наши наблюдения с большой дисперсией показали, что все эти галактики являются чрезвычайно интересными объектами. Все они, за редким исключением, имеют эмиссионные линии, причем в разных случаях спектры сильно отличаются друг от друга. Большинство из них являются сфероидальными галактиками с компактным и очень ярким ядром. В большинстве случаев подтверждается большая яркость ультрафиолетового спектра этих галактик. Нами сделана попытка разделить спектры наблюдаемых галактик на несколько групп, сильно различающихся по общему характеру спектра. Первое описание таких групп было дано одним из авторов на конференции по сейфертовским галактикам, состоявшейся в Тюсоне (США) в феврале 1968 г. [2].

Среди галактик Маркаряя по крайней мере две галактики являются системами типа сейфертовских [3].

Ниже приводятся описания спектров этих галактик. Для некоторых из этих объектов получены также прямые фотографии в первич-

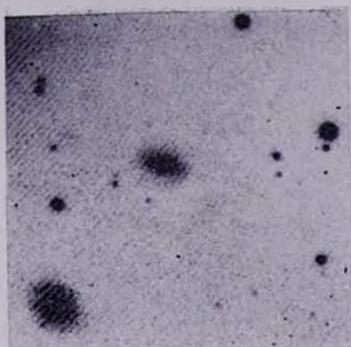
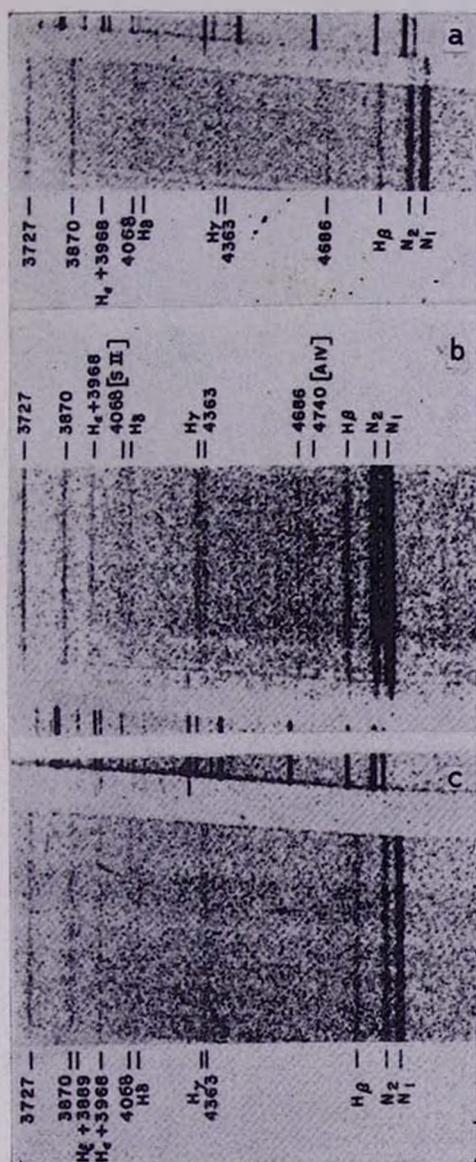


Рис. 1. Спектры галактии Маркарьяна, полученные на 84" телескопе обсерватории Кит Пия с дисперсией 120 Å/мм: а) Маркарьян 1, справа—фотография галактики полученная в первичном фокусе 200" телескопа. Масштаб (1 мм=5"), б) Маркарьян 3, с) Маркарьян 6.

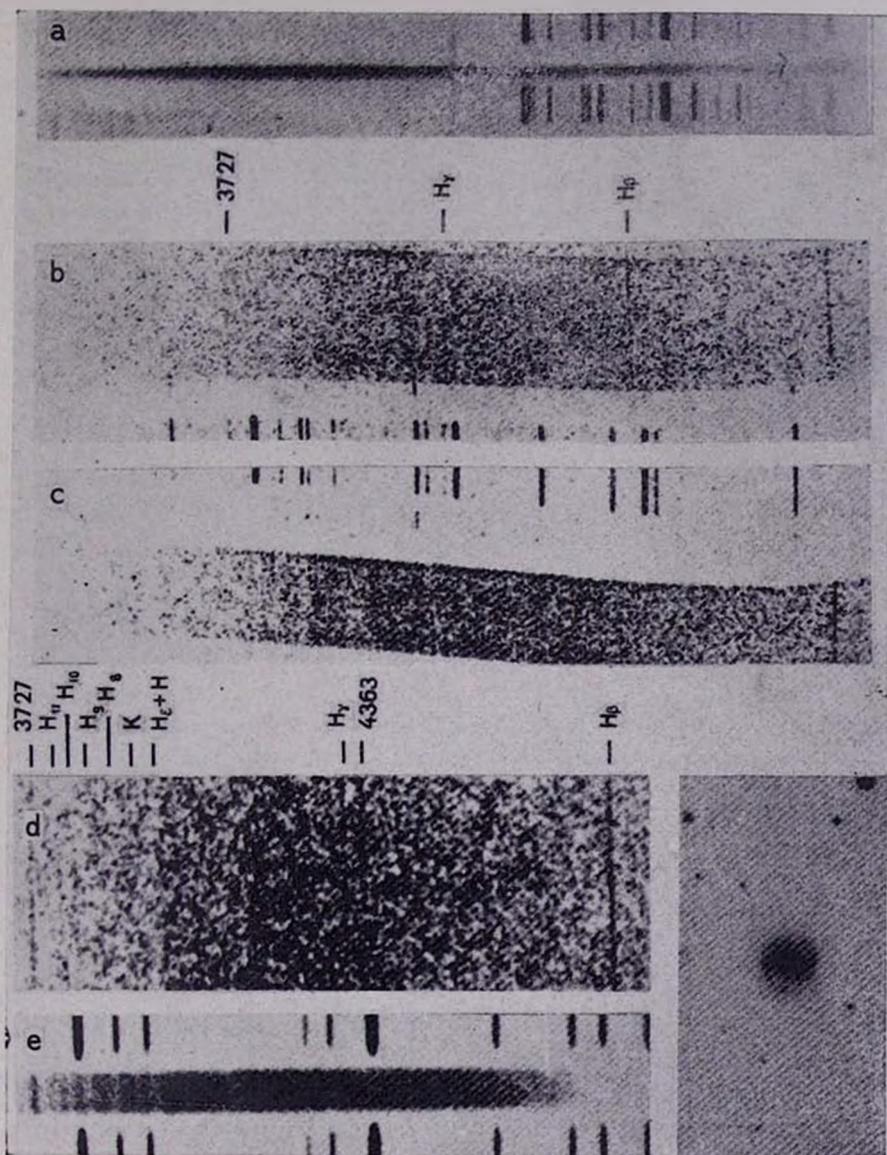


Рис. 2. а) Маркарян 11 (82" телескоп), б) Маркарян 17 (84" телескоп), в) Маркарян 4 (84" телескоп), д) и е) Маркарян 2. Нижний спектр получен в первичном фокусе 200" телескопа с дисперсией 400 Å/мм. Верхний—на 84" телескопе. Справа — фотография галактики, полученная в первичном фокусе 200" телескопа. (Масштаб: 1 мм=5").

ном фокусе 200" телескопа, а также электрофотометрические  $U$ ,  $B$ ,  $V$  величины на 82" и 36" телескопах МакДональдской обсерватории. К статье прилагаются репродукции спектров галактик и прямых снимков.

*Маркарян 1* = NGC 449 (рис. 1а). Спиральная галактика с очень ярким и удлиненным (эллипсоидальным) ядром, напоминающим перемичку, со звездообразным ярким сгущением в центре. Спирали выражены слабо. На картах Паломарского атласа в обоих цветах выглядят одинаково. В спектре наблюдается ряд эмиссионных линий:  $\lambda 3727$  [O II],  $\lambda 3870$  [Ne III],  $\lambda 3889$  H $\epsilon$ ,  $\lambda 3968$  [Ne III],  $\lambda 3969$  H $\delta$ ,  $\lambda 4068$  [S II],  $\lambda 4100$  H $\delta$ ,  $\lambda 4340$  H $\gamma$ ,  $\lambda 4363$  [O III],  $\lambda 4686$  [He II],  $\lambda 4861$  H $\beta$ ,  $\lambda 4959$  [O III],  $\lambda 5007$  [O III], указывающих на высокую степень возбуждения. Запрещенные линии N $_1$  и N $_2$  [O III] намного ярче и шире, чем водородные. Красное смещение соответствует  $z = 0.016$ . Электрофотометрические наблюдения, выполненные на 36" телескопе с круглой диафрагмой с диаметром 36 секунд дуги, дают для этой галактики:  $B_0 = 14^m 64$ ,  $(B - V)_0 = 0^m 41$ ,  $(U - B)_0 = -0^m 20$ . Значение  $U - B$  неуверенное из-за слабости объекта. Наблюдения же на 82" телескопе с диафрагмой 45 секунд дуги дают:  $B_0 = 14^m 50$ ,  $(B - V)_0 = 0^m 68$  и  $(U - B)_0 = 0^m 05$ .

*Маркарян 2* (рис. 2 d,e). Спиральная галактика типа Sa с очень ярким звездообразным ядром. Спирали выражены слабо, но на месте соединения с ядром спирали сильно утолщены и очень яркие, что создает впечатление перемички, причем соединение спиралей с ядром происходит по-разному и несимметрично. Все ядро и плотные яркие части спиралей у ядра окружены довольно однородной оболочкой, намного более слабой, чем само ядро. Это единственная галактика из всех наблюдаемых, в спектре которой уверенно можно указать на линии поглощения. Линии H $\beta$  и  $\lambda 3727$ , а возможно и H $\gamma$ , на спектрах, полученных на 84" телескопе Кит Пикской обсерватории со спектрографом Линдса, находятся в эмиссии и довольно резкие и тонкие. В поглощении находятся водородные линии H $\alpha$ , H $\epsilon$ , H $\delta$ , H $_{10}$  и H $_{11}$ . Линии поглощения кажутся более широкими и размытыми. По эмиссионным линиям  $z = 0.018$ . Электрофотометрические наблюдения ядра этой галактики, выполненные на 36" телескопе с диафрагмой 36" дуги дают:  $B = 14^m 14$ ,  $B - V = 0^m 60$ ,  $U - B = -0^m 12$ .

*Маркарян 3* (рис. 1 b). В кассегреновском фокусе 82" телескопа МакДональдской обсерватории видна в виде центрального сгущения с диффузной оболочкой. Звездообразность ядра выражена нечетко.

Спектр напоминает спектр объекта 1 с высоким возбуждением. Наблюдаются линии  $\lambda$  3727, 3870,  $H_\alpha + 3968$ , 4068 [S II],  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ , 4363, 4686,  $H_\beta$ , 4959 и 5007. Присутствует также эмиссионная линия  $\lambda$  4740 [A IV], что не наблюдается в галактике 1. Наблюдается также линия  $\lambda$  6717 [S II]. Линии  $N_1$ ,  $N_2$  очень яркие и диффузные и намного ярче, чем  $H_\beta$ . Длинноволновая граница этих линий резче, чем коротковолновая.  $z = 0.0135$ .

*Маркарян 4* (рис. 2с). Спиральная галактика с перемычкой с центральным звездообразным сгущением. В одной из спиралей имеются три сгущения. И еще одно звездообразное сгущение имеется непосредственно у ядра галактики. В спектре этой галактики, полученном на 200" телескопе, вдоль всей галактики наблюдаются эмиссионные линии  $\lambda$  3727 и  $H_\beta$ . На спектрах, полученных на 84" телескопе Кит Пикской обсерватории, они не заметны. В фиолетовой части подозреваются две линии поглощения.  $z = 0.016$ .

*Маркарян 5* (рис. 3а). В спектре наблюдаются яркие эмиссионные линии водорода, кислорода и гелия. Линии очень яркие, четкие и узкие. Ясно видны линии:  $\lambda$  3727, 3870,  $H_\alpha + 3889$ ,  $H_\alpha + 3968$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ , 4363,  $H_\beta$ ,  $N_2$  и  $N_1$ .  $z = 0.0029$ .

*Маркарян 6* (рис. 1с). Диффузный объект с центральным сгущением. Сравнение изображений на оригинальных негативах Паломарского атласа неба показало, что в красных лучах объект более ярк. Спектр очень похож на спектр объекта Маркарян 3. Отчетливо видны линии:  $\lambda$  3727, 3870,  $H_\alpha + 3889$ ,  $H_\alpha + 3968$ , 4068,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ , 4363,  $H_\beta$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ . Исключение составляют линии 4686 и 4740, которые в галактике 6 или совсем отсутствуют, или очень слабые.  $N_1$  и  $N_2$  намного ярче, чем  $H_\beta$ . На спектрограмме с дисперсией 27 А/мм в линии  $\lambda$  5007 явно выделяется яркая центральная часть шириной порядка 280 км/сек и в  $H_\beta$  — шириной не менее 480 км/сек.  $z = 0.018$ .

*Маркарян 8 = IC 2184* (рис. 4). Две слившиеся галактики, большие оси которых образуют угол между собой. Получены спектры этих объектов с параллельным перемещением щели примерно на 2", начиная от вершины угла, где спектры обеих галактик сливаются (первый спектр снизу). Затем спектры галактик отчетливо разделяются, причем обе галактики имеют идентичный спектр, с практически совпадающими красными смещениями. Спектры этих га-

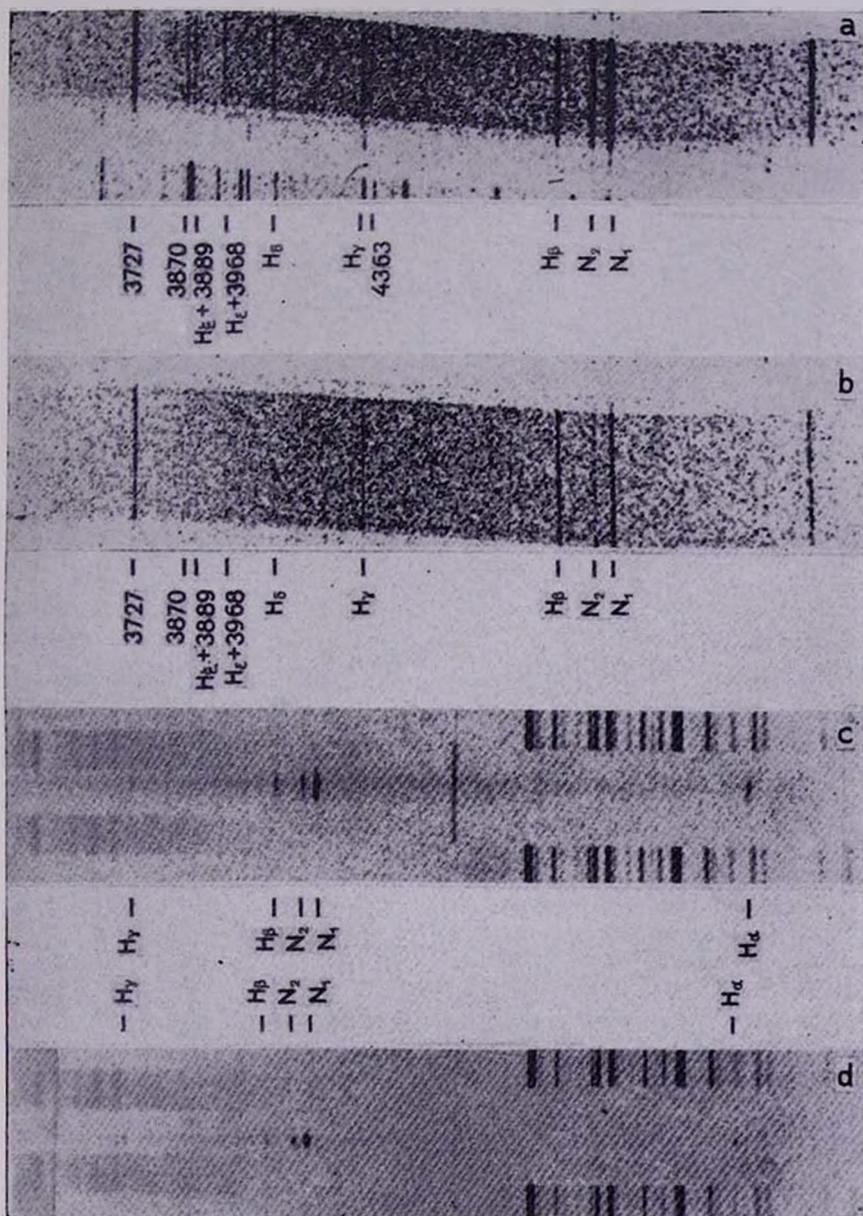


Рис. 3. а) Маркарян 5 (84" телескоп), б) Маркарян 13 (84" телескоп), в) Маркарян 19 (82" телескоп), г) Маркарян 22 (82" телескоп).

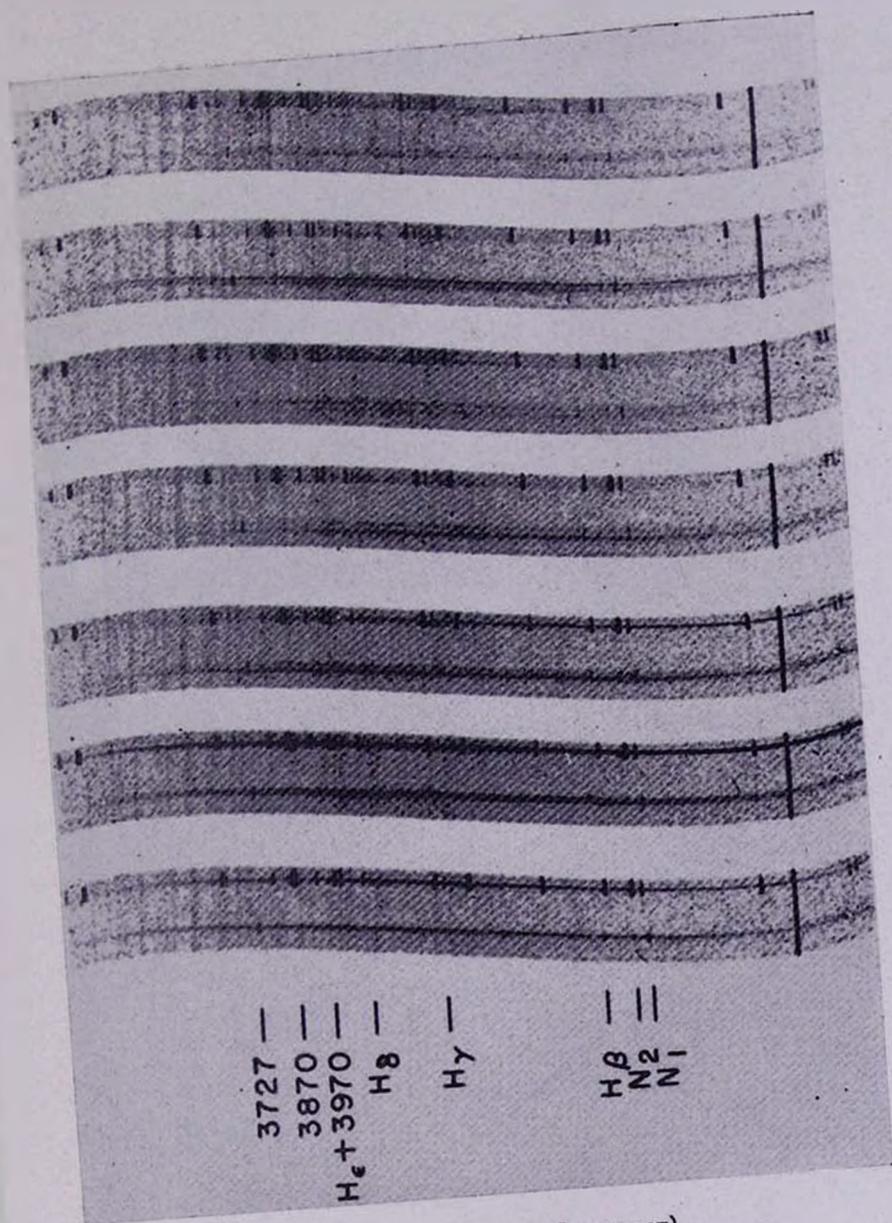


Рис. 4. Маркарян 8 (84" телескоп).

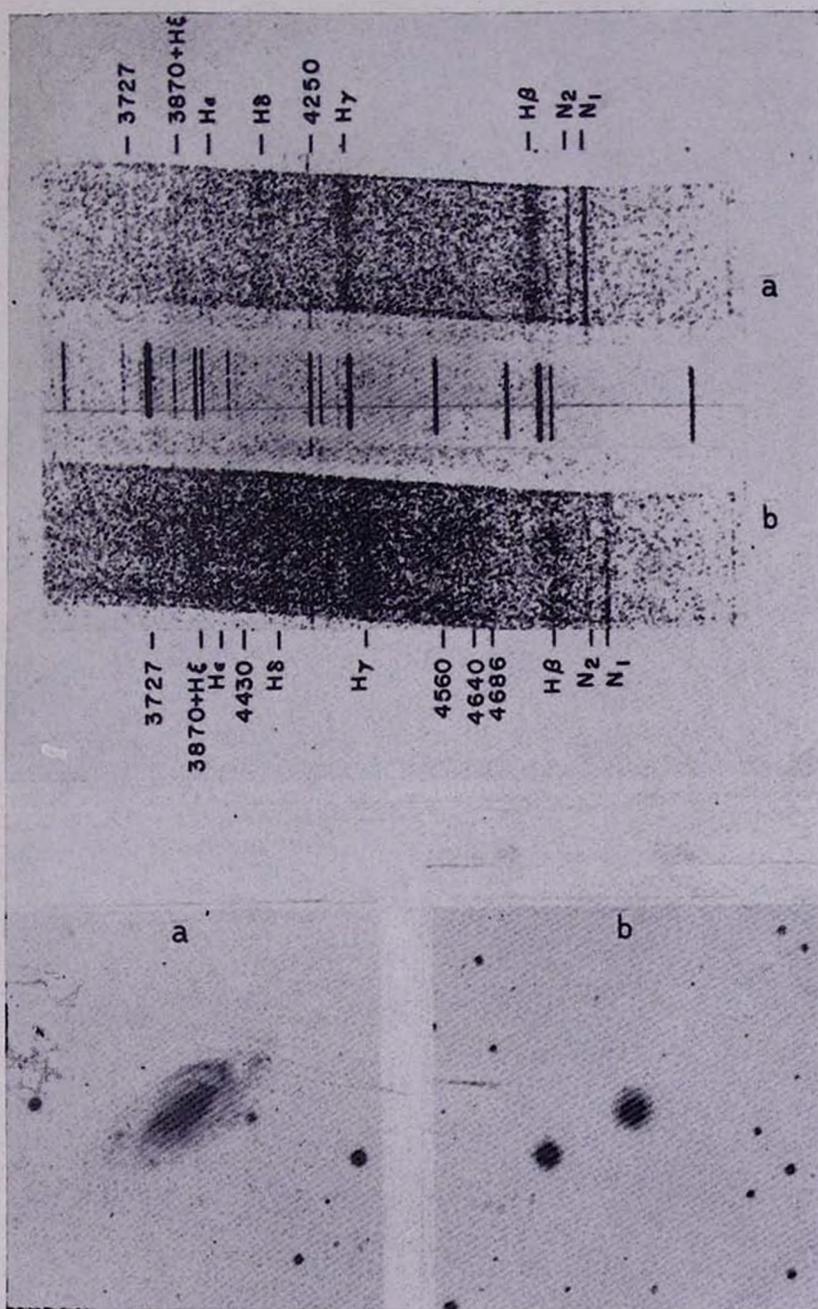


Рис. 5. а) Маркарян 10 (84" телескоп). Внизу слева фотография галактики, полученная на 200" телескопе. (Масштаб: 1 мм=4"), б) Маркарян 9 (84" телескоп). Внизу справа—фотография галактики, полученная на 200" телескопе. (Масштаб: 1 мм=4").

лактик очень похожи на спектр галактики Маркарян 5. Наблюдаются линии:  $\lambda$  3727, 3870,  $H_{\delta}$ ,  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ .  $z = 0.0114$ .

*Маркарян 9* (рис. 5b). Очень компактная звездообразная галактика со слабой оболочкой. Водородные эмиссионные линии в спектре этой галактики очень широки, а линии [O III] и [O II] несравненно уже. Спектр типичен для сейфертовских галактик. Наблюдены линии:  $\lambda$  3727, 3870,  $H_{\delta}$ , 3968 +  $H_{\epsilon}$ ,  $H_{\delta}$ ,  $H_{\gamma}$ , 4686,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ ,  $H_{\alpha}$ . Линия  $\lambda$  3727 очень слабая. Хорошо видна линия  $\lambda$  3425 [Ne V]. Ширина бальмеровских линий превосходит 4000 км/сек. Величина  $z$ , определенная по узким запрещенным линиям, равна 0.039. Фотозлектрические измерения (с диафрагмой 17") дают:  $V_0 = 14^m 37$ ,  $(B - V)_0 = +0^m 40$  и  $(U - B)_0 = -0^m 68$ , исправленные за галактическое поглощение. Абсолютная величина этой галактики равна  $-21^m 6$  (при постоянной Хаббла 75 км/сек на Мпс). Более подробно галактика описана в [3].

*Маркарян 10* (рис. 5a). Спиральная галактика типа Sb с очень ярким и компактным звездообразным ядром. Спектр очень похож на спектр Маркарян 9. В спектре видны линии:  $\lambda$  3727, 3870,  $H_{\delta}$ , 3968 +  $H_{\epsilon}$ ,  $H_{\delta}$ ,  $H_{\gamma}$ , 4686,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ . Линии  $\lambda$  3727 и  $\lambda$  3870 хорошо видны.  $\lambda$  3425 не наблюдается. Значение  $z$ , определенное по узким запрещенным линиям, равно 0.029. Фотозлектрические наблюдения с диафрагмой в 17" дают  $V_0 = 14^m 24$ ,  $(B - V)_0 = +0^m 47$  и  $(U - B)_0 = -0^m 70$  (исправленные за галактическое поглощение). Абсолютная величина ядра, вычисленная с той же постоянной Хаббла, что и для Маркарян 9, равна  $M = -21^m 1$ . Более подробно галактика описана в [3].

*Маркарян 11* (рис. 2a). Имеет сильный непрерывный спектр. В спектре не видны ни эмиссионные, ни линии поглощения, поэтому невозможно определить красное смещение.

*Маркарян 13* = IC 2209 (рис. 3b). Пекулярная галактика с почти звездообразным ядром. Спектр очень похож на спектр Маркарян 5. Эмиссионный спектр с узкими линиями: наблюдаются  $\lambda$  3727, 3870,  $H_{\delta}$  + 3889,  $H_{\epsilon}$  + 3968,  $H_{\delta}$ ,  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ . Линии  $\lambda$  3870,  $H_{\delta}$  + 3889,  $H_{\epsilon}$  + 3968 и  $H_{\delta}$  очень слабы.  $z = 0.0052$ .

*Маркарян 14* (рис. 6a). Сфероидальная галактика со звездообразным ядром. В спектре заметны только две эмиссионные линии:  $H_{\beta}$ , которая едва заметна на фоне сильного непрерывного спектра, и  $\lambda$  3727. Очень сильный непрерывный спектр, который постепенно слабеет в коротковолновую сторону и у  $\lambda$  3727 еле заметен.  $z = 0.0105$ .

*Маркарян 17* (рис. 2b). Очень компактная галактика со звездообразным ядром. Отчетливо видны в спектре три тонкие эмиссионные линии  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$  и  $3727$ , хотя они и очень слабы. Возможно, что линии слабы из-за слабости самого объекта.  $z = 0.0228$ .

*Маркарян 19* (рис. 3с). Двойная галактика. Наблюдения относятся к яркой. Спектр эмиссионный, со слабым непрерывным фоном. Заметны линии:  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$  и  $H_{\alpha}$ . Галактика диффузная и вытянута почти точно по направлению восток -- запад. Не наблюдается четкого ядра. Эмиссионные линии видны вдоль всей галактики. Самая яркая линия  $\lambda 5007$ .  $z = 0.0141$ .

*Маркарян 22* (рис. 3d). Диффузный объект с интенсивным увеличением яркости к центру. Непрерывный спектр слабый. В эмиссии  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$  и  $H_{\alpha}$ .  $z = 0.0050$ .

*Маркарян 23* (рис. 6b). Компактная галактика со звездообразным ядром. Непрерывный спектр довольно сильный. Видна пара очень слабых эмиссионных линий. Возможно, одна из них  $\lambda 3727$ . В этом случае  $z = 0.0325$ .

*Маркарян 25* (рис. 6с). Сферический диффузный объект с центральным звездообразным сгущением. В эмиссии:  $H_{\beta}$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ ,  $H_{\alpha}$ . Линия  $H_{\beta}$  примерно той же яркости, что и  $N_1$ , а линия  $N_2$  намного слабее, чем эти две линии. Нерасширенный спектр показывает, что линии наклонены.  $z = 0.0091$ . Электрофотометрические наблюдения с  $17''$  диафрагмой, исправленные за галактическое поглощение, дают  $V_0 = 14^m30$ ,  $(B - V)_0 = +0^m50$ ,  $(U - B)_0 = -0^m47$ .

Анализ полученных результатов будет дан позже, после опубликования остальных спектров этих галактик.

Один из авторов (Э. Е. Х.) выражает глубокую благодарность директорам МакДональдской, Кит Пикской, Маунт Паломарской и Ликской обсерваторий за гостеприимство и предоставленную возможность наблюдать на телескопах этих обсерваторий, а также др. Арпу, др. Р. Линдсу и сотруднику МакДональдской обсерватории Р. Анджиони за помощь при наблюдениях.

МакДональдская обсерватория  
Техасского университета США

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

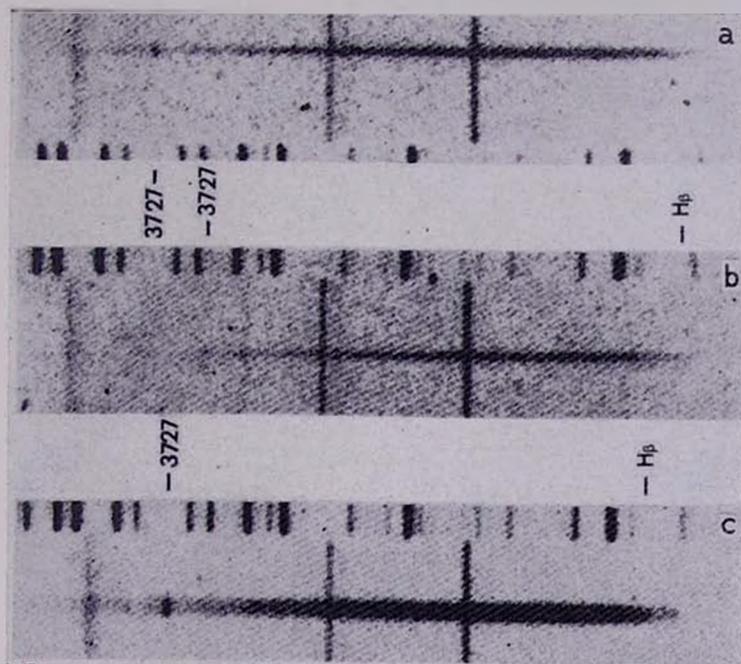


Рис. 6. Спектры галактик Маркаряна, полученные на 36" Крослевском телескопе Ликской обсерватории: а) Маркарян 14, б) Маркарян 23, с) Маркарян 25.

SPECTRAL OBSERVATIONS OF MARKARIAN'S GALAXIES  
WITH ULTRAVIOLET CONTINUUM. I.

D. W. WEEDMAN, E. Ye. KHACHIKIAN

The preliminary results of spectral observations of the 17 of 35 observed by authors galaxies with strong ultraviolet continuum from Markarian's list [1] are presented. The observations have been carried out with the 200, 84, 82 and 36" telescopes of Mount Palomar, Kitt Peak, MacDonald and Lick observatories with high dispersion.

The observations show, that (with the rare exception) the spectra of these galaxies have emission lines and of the same time very strongly differ from each other. Among investigated galaxies two galaxies have been found to be the Seyfert type [2, 3]. *U*, *B*, *V* data for some of the nuclei of Markarian galaxies are also presented.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
2. Е. Ye. Khachikian, *Proceedings of the Conference on Seyfert Galaxies and Related Objects*, 31, 1968.
3. Н. С. Арп, Е. Ye. Khachikian, С. R. Lynds, D. W. Weedman, *Ap. J.*, 152, L103, 1968.