

СПЕКТРАЛЬНОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ГАЛАКТИКИ NGC 6306. I

М. А. КАЗАРЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 16 апреля 1977

Приведены результаты подробного спектрофотометрического и морфологического исследования галактики NGC 6306, имеющей ультрафиолетовый избыток в спектре. Галактика состоит из ряда ярких сгущений, показывающих сильный эмиссионный спектр. Однако высшие члены водородной серии находятся в поглощении. Приведены контуры линий и их эквивалентные ширины. По отношению интенсивностей линий $[S\ II] \lambda\lambda$ 6731/17 оценено значение $n_e \sim 10^3 \text{ см}^{-3}$ для некоторых центральных областей галактики. Выявлено различие лучевых скоростей между отдельными областями.

Делается заключение, что NGC 6306 является весьма активной галактикой, в которой происходят бурные процессы звездообразования.

NGC 6306 физически связана с NGC 6307, не показывающей какой-либо активности.

1. *Введение.* В настоящее время интерес к галактикам, показывающим в спектре ультрафиолетовый избыток, все время растет и им посвящено уже много работ, основную долю которых составляют спектральные наблюдения.

Подробное спектрофотометрическое исследование показало, что как по своим спектральным характеристикам, так и по морфологическим особенностям они не составляют однородной группы, хотя большинство из них (более 80%) имеет эмиссионные линии в спектре [1, 2]. В [3] было впервые показано, что по спектральным особенностям галактики с ультрафиолетовым избытком можно разбить на пять групп. В дальнейшем новые наблюдения объектов с ультрафиолетовым избытком подтвердили реальность такой группировки [4, 5].

В настоящей работе приведены результаты спектрального и морфологического исследования галактики с ультрафиолетовым избытком NGC 6306, относящейся к той группе галактик классификации, приведенной в [3], в спектрах которых узкие эмиссионные линии наблюдаются одновременно с абсорбционными линиями. Сильный ультрафиолетовый избы-

ток у этой галактики обнаружен одним из авторов (М. А. К.) с помощью 40" телескопа системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории и 1.5 объективной призмы, дающей дисперсию примерно 2500 А/мм у $H\beta$. NGC 6306 составляет двойную систему с галактикой NGC 6307 и включена в каталог Холмберга под № 769 [6]. Согласно Кинану NGC 6306 и NGC 6307 являются галактиками типа S и E, соответственно [7]. Видимые фотографические интегральные величины этих галактик равны $14^m 0$ и $13^m 8$ [8].

Получены три спектра NGC 6306, причем два из них на 107" телескопе обсерватории МакДональд со спектрографом UVITS с дисперсией около 230 А/мм, а один — на 200" телескопе Паломарской обсерватории с каскаренновским спектрографом с дисперсией порядка 190 А/мм. Для сравнения получен также спектр галактики NGC 6307 на 107" телескопе. Ширина щели спектрографов была порядка 1—2". Краткое описание спектров было опубликовано ранее [8]. Там же было показано, что расстояние до NGC 6306 равно примерно 36 Мпс, а абсолютная фотографическая величина $M = -18.5$.

Для выяснения морфологических особенностей NGC 6306 получены 5 крупномасштабных снимков в фотографических лучах, причем 3 из них в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории (масштаб 20.5 на 1 мм), а 2 — на 6-м телескопе БТА САО АН СССР (масштаб 8.5 на 1 мм).

2. Морфологическая структура. На рис. 1 приведены репродукции фотографии, полученной на 6-м телескопе в фотографических лучах, которые отличаются друг от друга выдержкой при печатании на фотобумаге. Это сделано с той целью, чтобы показать структуру как центральной части, так и внешних областей галактики. Ее яркая центральная часть расщеплена на две вытянутые параллельно друг другу области, восточную и западную, которые отделяются узкой полосой шириной в 1" дуги и имеют размеры 3.8×7.6 , 2.5×9.5 , соответственно. Восточная часть в свою очередь разделена на две почти равные по яркости и по размерам области круглой формы с диаметром 3.8. Кроме того, от восточной и западной частей к северу и югу отходят прямые слабые хвосты, которые хорошо заметны на нижнем снимке рис. 1. Каждый из хвостов в свою очередь состоит из двух областей, с размерами 8×3.5 , 9×3 и 9×3.5 , 6×2 " для южного и северного хвостов соответственно.

Для ясности при дальнейшем изложении все вышеотмеченные области галактики пронумерованы на рис. 1 римскими цифрами.

Таким образом, NGC 6306 имеет довольно сложную структуру и состоит фактически из двух отдельных полосок — восточной и западной, с яр-

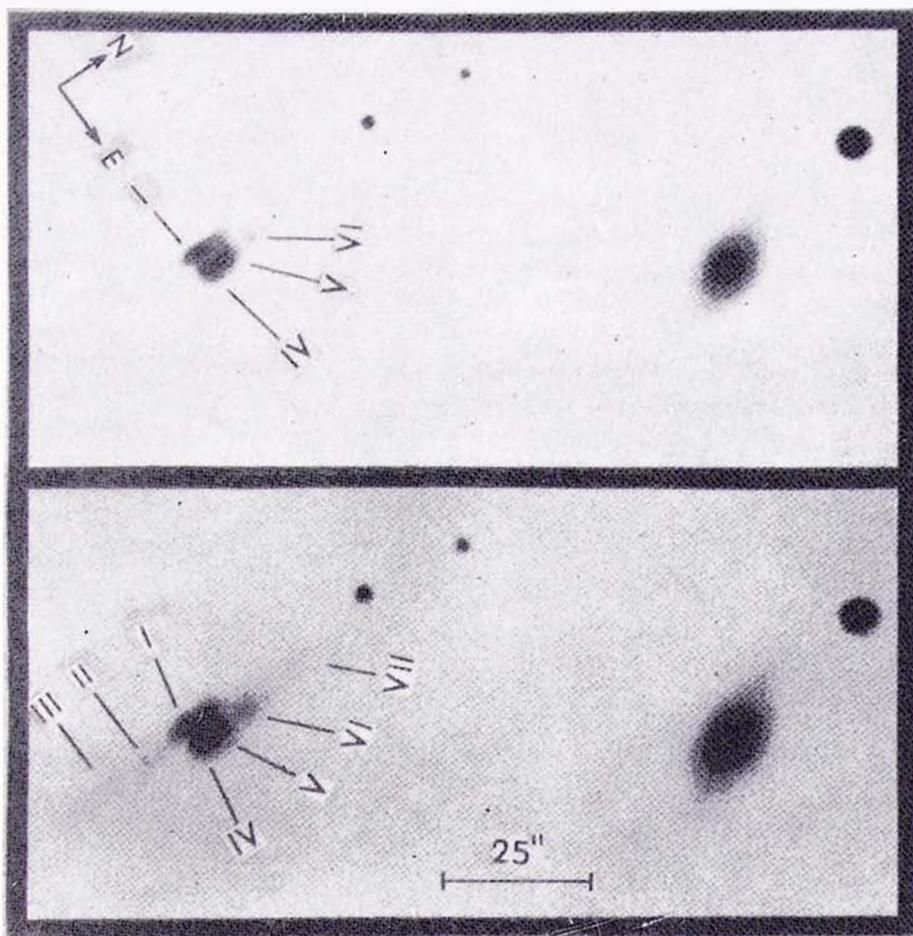


Рис. 1. Репродукция снимка NGC 6306 и NGC 6307, полученного на 6-м телескопе САО АН СССР.

К ст. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян

кими сгущениями и соответствующими хвостами. Общая длина западной полосы, состоящей из областей I, II, III, составляет $30''$, а восточной — области IV, V, VI, VII (рис. 1) — $25''$.

С правой стороны рисунка видна также галактика NGC 6307. На рисунке указаны направления на север и восток, а также масштаб.

3. *Описание спектров.* При получении спектров Q 4317 и UVITS 324с (см. [8]) щели спектрографов были направлены вдоль западной полосы, которая имеет позиционный угол 6° . В этих спектрах линия H_γ по высоте состоит из трех отдельных частей. Это указывает на то, что в щель спектрографа попадали три различные области, которые довольно сильно излучают в линии H_γ . Первая из этих областей, регистраграмма спектра которой на пластинке UVITS 324с приведена на рис. 2, совпадает с областью I центральной части галактики, а вторая и третья, соответственно, с областями II и III южного хвоста. В спектре области I, которая является самой яркой частью западной полосы, кроме H_γ отождествлены эмиссионные линии [S II] λ 6731/17, [N II] λ 6584/48, [O III] λ 5007, 4959, H_δ , H_ϵ и [O II] λ 3727,

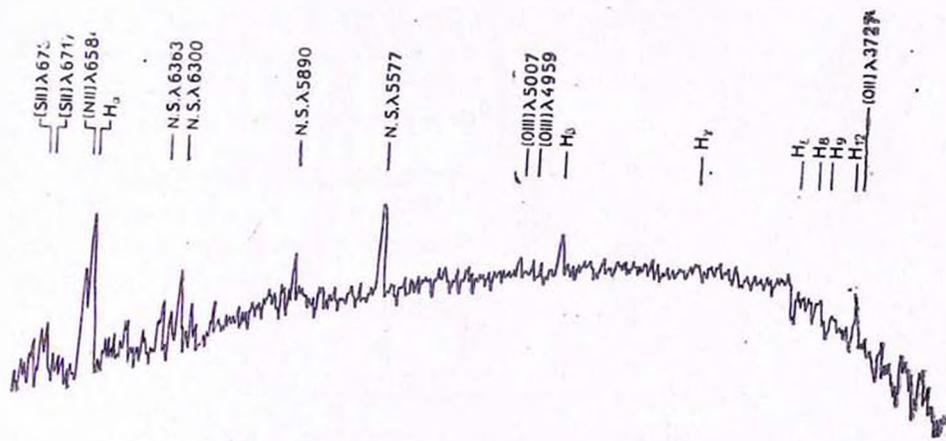


Рис. 2. Регистраграмма спектра области I (UVITS 324с).

а также линии поглощения H_δ , H_β и H_{12} . Область II, уступающая области I по яркости и находящаяся от нее на расстоянии $8''$ к югу, хорошо видна вдоль всего спектра. Из вышеупомянутых линий в области II не наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6731/17 и H_γ , которая видна в поглощении. В ее спектре отождествлены также линии поглощения H_δ , H_ϵ , Ca II λ 3968/34, H_{10} , H_{11} и H_{15} . Линии H_ϵ и Ca II λ 3968 сливаются. Что же касается линий поглощения H_{13} и H_{14} , то они едва заметны, так как сливаются с линией [O II] λ 3727. В спектре области III, расположен-

ной на 16.7 к югу от I, заметны линии $[N II]\lambda. 6584$ и H_{α} , которые смещены от соответствующих линий первых двух областей примерно на 6 \AA в сторону коротких волн, что соответствует разнице лучевых скоростей между ними приблизительно 270 км/сек .

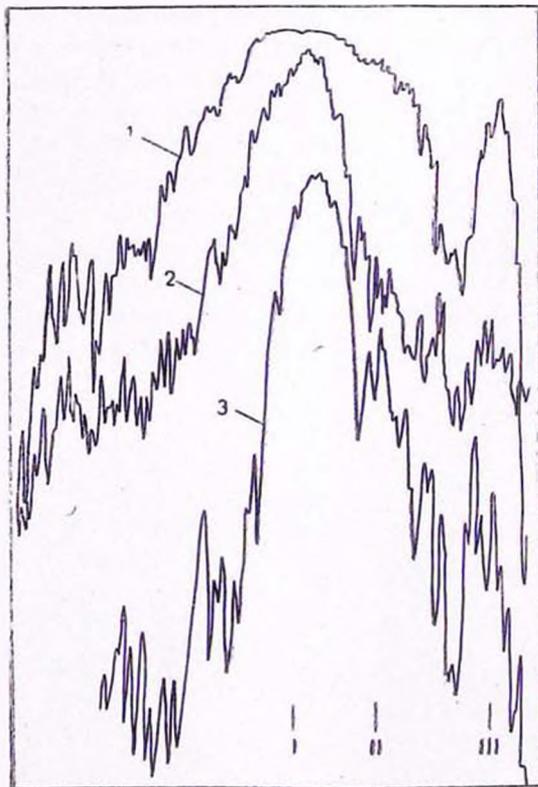


Рис. 3. Регистрограммы вдоль линии H_{α} , (1 — по спектру Q 4317, 3 — по UVITS) и прямой фотографии (2) областей I, II, III.

На рис. 3 приведены регистрограммы линии H_{α} вдоль щели по спектрам Q 4317 и UVITS 324с. Для сравнения между ними приведена регистрограмма той же области галактики, т. е. западной полоски, по прямым фотографиям, полученным на 2.6-м телескопе. Места максимумов почернений соответствующих областей I, II, III западной полоски отмечены на этом рисунке. Мы старались привести все регистрограммы на рис. 3 к одному масштабу по горизонтали. Однако, ввиду различия масштабов оригинальных снимков, авторам это удалось неполностью. Несмотря на это, хорошо видно, что сгущения западной полоски галактики, выделяемые на пря-

мых фотографиях (рис. 1), являются источниками H_α излучения. Следует отметить, что ввиду того, что спектр Q 4317 несколько передержан, области I и II в нем разделяются нечетко.

При фотографировании спектра UVITS 306а щель спектрографа была направлена вдоль восточной полоски, расположенной почти в точности по линии N—S. В спектрах области IV и V (рис. 1) наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6731/17, [N II] $\lambda\lambda$ 6584/48, H_2 , H_3 , H_7 и [O II] λ 3727. Последняя линия довольно интенсивна, однако не включена в дальнейшие расчеты, т. к. она искажена дефектом на пластинке. В поглощении находятся H_α , H_β , линия K Ca II (линия H Ca II сливается с H_α) и другие линии водорода от H_n до H_{12} . Что же касается области VI, находящейся на расстоянии приблизительно $5''$ от области V, то она проявляет себя только в эмиссионной линии H_α . Одноименные спектральные линии, принадлежащие областям IV и V, фактически не разделяются по высоте щели друг от друга. Однако линии области V смещены к красной части спектра на величину, примерно соответствующую лучевой скорости 660 ± 65 км/сек.

Как уже отмечалось выше, для сравнения получен также спектр NGC 6307, компаньона исследуемой галактики, в котором наблюдаются линии поглощения бальмеровской серии от H_α до H_{13} , а также довольно сильные линии H и K Ca II. Отметим здесь, что красные смещения обеих галактик одинаковы и составляют $z = 0.0094$.

4. *Относительные интенсивности, эквивалентные ширины линий и электронная плотность в NGC 6306.* Относительные интенсивности и эквивалентные ширины линий в спектре NGC 6306 для областей I, II, IV и V приведены в табл. 1 и 2.

Для определения спектральной чувствительности системы в качестве стандарта была выбрана галактика 3C 120, для которой с достаточной точностью известно распределение энергии в спектре.

Электронная плотность NGC 6306 для областей I, IV и V определена с помощью отношения интенсивностей запрещенных линий [S II] $\lambda\lambda$ 6717 и 6731 ($R = I_{6717}/I_{6731}$), которые хорошо выделяются на их регистраграммах. По данным, приведенным в табл. 1, значения R для вышеотмеченных областей равны соответственно 1.17 и 1.03. Значения n_e определены методом Сарафа и Ситона [9], при этом для электронной температуры T_e принято значение 10^4 °К. Определенные таким образом значения n_e для указанных областей равны: $n_e = 2.1 \cdot 10^3$ см $^{-3}$ (для I области) и $n_e = 1.4 \cdot 10^3$ см $^{-3}$ (для областей IV и V).

5. *Обсуждение.* Из приведенных наблюдательных данных видно, что галактика NGC 6306 имеет необычайную морфологическую структуру и интересные спектральные особенности.

Как уже отмечалось выше, центральная область галактики расщеплена на две части, каждая из которых состоит из отдельных ярких сгущений.

Таблица 1
ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ
ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ
NGC 6306

Ион	λ_0	UVITS		
		324с		306а
		$I_\lambda / I_{H\beta}$		$I_\lambda / I_{H\beta}$
		I	II	IV+V
[S II]	6731	1.37	—	0.70
[S II]	6717	1.60	—	0.72
[N II]	6584	5.08	1.01	1.19
HI	6563	14.10	10.50	8.15
[N II]	6548			
[O III]	5007	0.61	0.70	—
[O III]	4959	0.25	0.37	—
HI	4861	1.00	1.00	1.00
HI	4340	0.30	—	0.30
[O II]	3727	1.18	0.73	—

С этой точки зрения NGC 6306 скорее можно отнести к иррегулярным галактикам, чем к спиральным, как это отмечено в [7].

Весьма примечательно, что наблюдается разница лучевых скоростей между отдельными областями галактики. Уже было отмечено, что лучевые скорости I и III областей отличаются на 270 км/сек. Такую же особенность показывают области IV и V. В табл. 3 приведены оценки разности их лучевых скоростей, сделанные по разным спектральным линиям. Среднее значение разности равно $\Delta v = 660 \pm 65$ км/сек.

Для наглядности на рис. 4 приведены контуры линий H_β , H_γ , H_δ , $\text{CaII } \lambda 3934$, $H_\delta - H_{11}$, построенные по спектру UVITS 306а. Как на этом, так и на последующих двух рисунках масштаб по горизонтальной оси для всех линий одинаков и отмечен на рисунках. По вертикальной оси отложены величины $r_\lambda = I_\lambda / I_\lambda^0$, где I_λ и I_λ^0 — интенсивности внутри контура линии и непрерывного спектра соответственно. Каждый из этих контуров состоит из двух компонентов, принадлежащих областям IV и V. Компонент длинноволновой части спектра, соответствующий области V, при этом более интенсивен. Исключение составляет линия H_δ , у которой по неизвестной причине коротковолновый компонент незначительно интенсивнее.

Таблица 2

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ
NGC 6306

Ион	λ_0	Эмиссия или абсорбция	UVITS 324с		UVITS 306а
			W_λ (Å)		W_λ (Å)
			I	II	IV+V
[S II]	6731	эмиссия	6.8	—	10.0
[S II]	6717	"	9.8	—	18.0
[N II]	6584	"	33.6	4.8	7.5
H I	6563	"	84.5	52.3	69.1
[N II]	6548	"			
[O III]	5007	"	5.2	5.6	—
[O III]	4959	"	2.1	3.8	—
H I	4861	"	8.2	8.0	15.2
H I	4340	"	3.4	—	4.3
H I	4340	абсорбция	—	2.1	—
H I	4102	"	—	2.5	2.1
H I	3970	"	4.2	—	—
Ca II	3968	"	—	4.9	5.6
Ca II	3934	"	—	3.9	2.3
H I	3889	"	2.5	6.2	2.0
H I	3835	"	5.1	7.1	4.3
H I	3798	"	—	—	4.4
H I	3770	"	—	2.1	1.2
H I	3750	"	1.6	1.7	1.4
[O II]	3727	эмиссия	14.1	8.6	—
H I	3712	абсорбция	—	0.5	—

Таблица 3

РАЗНОСТИ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ
МЕЖДУ ОБЛАСТЯМИ IV И V

Линия	$\Delta\lambda$ (Å)	Δv (км/сек)
H ₃ эм.	11.2	690
H ₇ "	9.6	660
H ₁ абс.	9.9	750
K "	8.5	650
H ₈ "	7.6	590
H ₁₀ "	9.5	750
H ₁₁ "	7.6	610

На рис. 5 приведены контуры линий H_2 и $[N II] \lambda \lambda 6584/48$, построенные по спектру UVITS 324с для областей I (точки), II (крестики) и III (кружочки). На рис. 6 приведены контуры остальных линий области I $[S II] \lambda \lambda 6731/17$, $[O III] \lambda \lambda 5007, 4959$, $H_3, H_7, H_8, H_9, H_{12}$ и $[O II] \lambda 3727$, построенные по тому же спектру. Из рисунков видно, что контуры всех линий симметричны, кроме контуров линий H_{12} и $[O II] \lambda 3727$. Крылья последних линий перекрывают друг друга и сливаются, ввиду чего они становятся асимметричными.

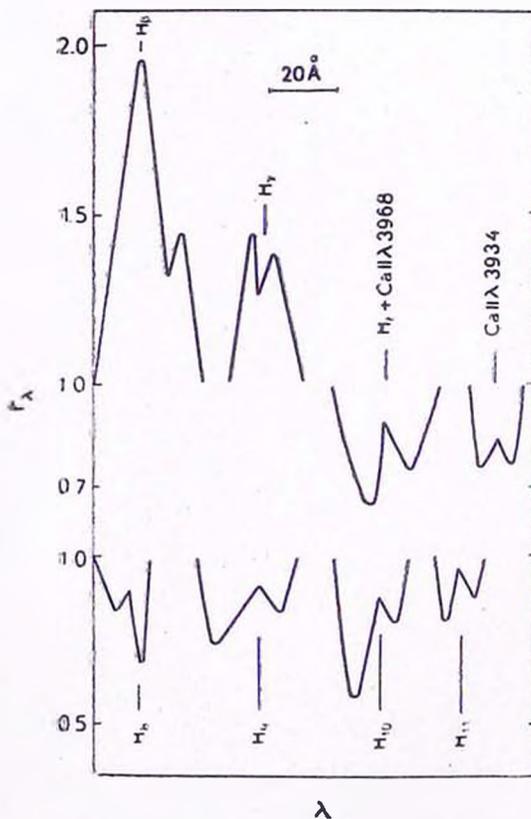


Рис. 4. Контурсы линий для областей IV и V (UVITS 306а).

Из табл. 1 видно, что относительные интенсивности I_{H_2}/I_{H_3} и I_{H_1}/I_{H_2} для областей I, II, IV и V в несколько раз больше теоретического значения для любых моделей газовых туманностей. Это, по-видимому, может быть результатом двух причин: а) поглощения пылью в самой галактике, б) влияния абсорбционных компонентов бальмеровских линий на их эмиссионный компонент.

Подробное рассмотрение этого вопроса авторы предполагают провести отдельно в ближайшем будущем.

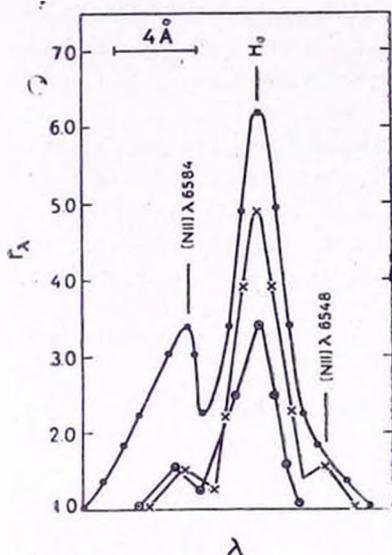


Рис. 5. Контуры линии H_{β} для областей I, II, III (UVITS 324с).

Из полученных данных можно судить также о степени возбуждения газовой составляющей областей I, II, IV и V, мерилom которой в случае NGC 6306 могут служить интенсивности запрещенных линий [O III] и [N II]. Так, например, линии N_1 и N_2 наблюдаются только в областях I и II. Отсутствие этих линий в областях IV и V, по всей вероятности, является результатом их низкого возбуждения, настолько низкого, что относительное число дважды ионизованных атомов кислорода недостаточно для их проявления. Отметим, что электронная плотность не может служить препятствием для свечения N_1 и N_2 в этих областях, так как она значительно ниже (порядка 10^2 см^{-3}) критической плотности для этих линий. Обращая внимание на то, что интенсивность линии [N II] $\lambda 6584$ в I области в несколько раз больше, чем в остальных областях (см. табл. 1 и 2), можно заключить, что в этой области степень возбуждения наивысшая.

Заметим также, что в спектре области I отсутствует линия поглощения Ca II $\lambda 3934$, а в остальных областях она имеет умеренную интенсивность (см. табл. 2). Это важное обстоятельство указывает на то, что спектр области I можно отнести к типу B5 или более раннему. Спектры же остальных областей по своим признакам ближе к спектральному типу A.

Естественно возникает вопрос, реально ли разделение галактики NGC 6306 на отдельные области, или такая структура является результатом проекции на ядро поглощающей материи в галактике?

В пользу того, что галактика действительно состоит из отдельных областей, говорят следующие факты:

1. Отличие лучевых скоростей в разных областях друг от друга.
2. Различие спектральных характеристик восточной и западной областей (различие значений относительных интенсивностей и эквивалентных ширин линий и отсутствие линий Ca II в спектре западной части галактики, а линий N₁ и N₂ — в восточной).

3. Круглая форма некоторых областей (IV, V, VI), которая вряд ли может быть следствием поглощения на их границах.

4. Разделение галактики на две очень сходные по форме полосы с яркими сгущениями и хвостами. Причем, яркие концы полосок имеют резкие края.

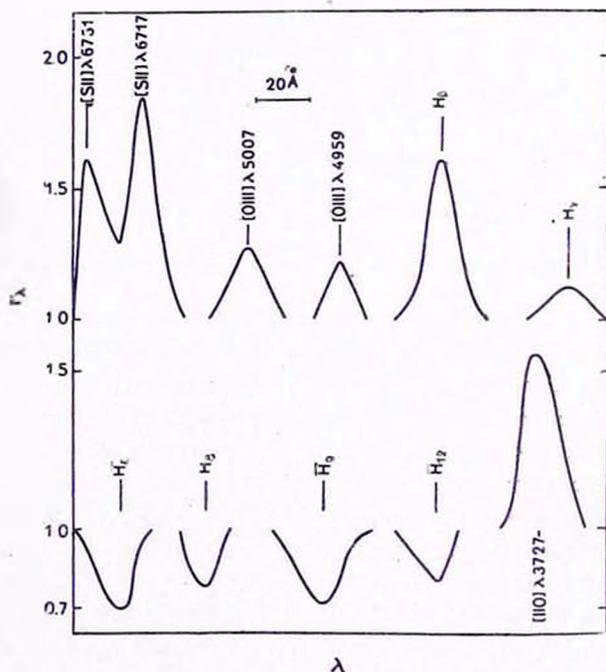


Рис. 6. Контуры линий области I (UVITS 324c).

Линейные размеры центральной яркой области I равны примерно 1700×450 пс. Области IV и V примерно равны друг другу и линейные размеры их диаметров порядка 700 пс. Последние две области тесно соприкасаются и расстояние между их центрами того же порядка, что и их диаметры.

Исходя из линейных размеров этих областей и их физических особенностей, можно сделать заключение, что центральная область NGC 6306

представляет собой гнездо голубых образований, напоминающих сверхассоциации.

Общая длина галактики, от конца одного хвоста до другого, составляет около 8000 пс, а толщина галактики, которая наибольшая в центральной части, составляет 1300 пс.

Таким образом, морфологические и физические особенности исследуемой галактики свидетельствуют о том, что она является весьма активной галактикой и в ней идут бурные процессы образования ассоциаций и сверхассоциаций, в согласии с концепцией В. А. Амбарцумяна об активности ядер галактик [10].

Следует еще раз отметить, что NGC 6306 и NGC 6307 находятся на одинаковом расстоянии и одновременно очень близки друг к другу. Расстояние между ними приблизительно 1.6×10^4 пс. Это говорит в пользу того, что NGC 6306 и NGC 6307 действительно составляют физическую систему. Однако они по своей активности сильно отличаются друг от друга. NGC 6307 находится в более спокойном состоянии. В ее спектре не обнаружено ни одной эмиссионной линии, в то же самое время линия К Ca II в спектре NGC 6307 значительно интенсивнее, чем в различных областях NGC 6306. Это видно из табл. 4, в которой приведены эквивалентные ширины этой линии для двух галактик.

Таблица 4
ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ
K; Ca II В СПЕКТРАХ NGC 6306 И
NGC 6307

NGC 6306			NGC 6307
W (I)	W (II)	W (IV+V)	W
—	3.9A	2.3 A	11.3A

Тот факт, что две столь различные по морфологической структуре и активности галактики составляют физическую систему, также заслуживает внимания.

Ереванский государственный
университет
Бюраканская астрофизическая
обсерватория

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ И МОРФОЛОГИЯ Галактики NGC 6306. I

М. А. KAZARIAN, E. Ye. KHACHIKIAN

The results of spectrophotometry and morphology of NGC 6306 with UV-continuum in spectrum are presented. The galaxy consists of many bright knots with strong emission lines. But the highest members of Balmer lines are in absorption. The profiles and equivalent widths of lines are also presented. The electron density n_e is estimated by means of the intensity-ratio of emission lines $[S II] \lambda\lambda 6731/6717$. For the central parts of the galaxy n_e is equal to 10^3 cm^{-3} . It is shown that radial velocities of separate parts of the galaxy differ. It is concluded that NGC 6306 is a very active galaxy with very active star formation.

NGC 6306 is physically connected with NGC 6307 which shows no activity.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. В. Видман, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 4, 587, 1968.
2. Д. В. Видман, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 5, 113, 1969.
3. E. Ye. Khachikian, *A. J.*, 73, 891, 1958.
4. M. H. Ulrich, *Ap. J.*, 163, 441, 1971.
5. W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 173, 7, 1972.
6. E. Holmberg, *Ann. Obs. Lund*, No. 6, 1933.
7. P. C. Keenan, *Ap. J.*, 85, 325, 1937.
8. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 10, 477, 1974.
9. H. Saraph, M. J. Seaton, *M. N.*, 148, 367, 1970.
10. V. A. Ambartsumian, *The Structure and Evolution of Galaxies*, Interscience Publishers, London—New York—Sydney, 1955, p. 1.