

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК Kaz 69 И Kaz 460

М.А.КАЗАРЯН, Э.Л.КАРАПЕТЯН, В.Ж.АДИБЕКЯН

Поступила 20 апреля 2007

Принята к печати 18 июля 2007

Приводятся результаты морфологического и спектрального исследований галактик Kaz 69 и Kaz 460. Наблюдения проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории в сочетании с многозрчковым спектрографом ВАГР. Построены изофоты монохроматических изображений линий $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$. Показано, что сгущения I и II вращаются, ось вращения каждого из них направлена на север-юг. Оба сгущения имеют все кинематические спектральные особенности отдельной галактики. Предполагается, что Kaz 139, сгущения I и II были выброшены из ядра Kaz 460 в разное время, причем Kaz 139, вероятно, была выброшена первой. Возможно, что все они выброшены одновременно с разными скоростями. Все эти объекты вместе с Kaz 460 составляют физическую группу галактик и одновременно являются результатом активности ядра Kaz 460.

Ключевые слова: *галактики:морфология:спектры - объекты:Kaz69, Kaz460*

1. *Введение.* Kaz 69 и Kaz 460 являются линзообразной и спиральной галактикой соответственно, необходимые данные о которых приведены в [1,2]. Их прямые снимки, полученные на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории НАН Армении и на 6-м телескопе САО АН России, приведены в [3] и [4], соответственно. Из снимка Kaz 460 видно, что в галактике наблюдаются много сгущений, 6 (самых ярких) из которых изучались в [5], для них были определены фотографические и абсолютные звездные величины. На снимке Kaz 460 четыре ярких сгущения обозначены I, II, III и IV [4]. В спектрах этих сгущений наблюдаются эмиссионные линии HI, [SII],[NII], [OIII], [OII] и [OI], а также линии HeI $\lambda\lambda 5876, 4471$, HeII $\lambda 4686$ и [NeIII] $\lambda 3869$ [4].

Спектр галактики Kaz 69 имеет особенности лайнера [3], в нем наблюдаются эмиссионные линии HI, [SII],[NII], [OIII], [OII] и [OI].

Чтобы выявить более детальные морфологические, спектральные и кинематические особенности этих галактик и вышеотмеченных отдельных образований, нами проведено изучение с помощью многозрчкового спектрографа ВАГР.

2. *Наблюдения.* Наблюдения проводились 29.04.05г. в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории. Экспозиции для каждой галактики были равны, примерно, 40 мин.

Спектрограф имеет круглое поле зрения с диаметром 40", с масштабом 1" на один зрачок. При наблюдениях была использована гризма ($C = 600 \text{ мм}^{-1}$) с центральной длиной волны 6500 Å и CCD - детектор (2063 x 2058 элементов). Спектральный диапазон выделялся интерференционным фильтром шириной 400 Å с центром на 6600 Å. В этом диапазоне в спектрах Kaz 69 и Kaz 460 наблюдаются линии $H\alpha$, [NII] $\lambda\lambda 6584, 6548$ и [SII] $\lambda\lambda 6717, 6731$. К сожалению, линия [SII] $\lambda 6731$ оказалась вне длинноволнового предела пропускания системы. После обработки пространственный масштаб оказался равным $0''.63/\text{pix}$, а спектральная дисперсия - $1.5 \text{ \AA}/\text{pix}$. Более подробные данные об этой системе приведены в [6].

3. *Морфология.* Угловые размеры Kaz 69 и Kaz 460 равны $5'' \times 40''$ и $40'' \times 60''$, соответственно. Первая галактика полностью помещается в рабочее поле системы ВАГР, а некоторая часть второй галактики остается вне этого поля. Так как поле системы ВАГР охватывает круг диаметром 40", то центральная часть галактики Kaz 460 со сгущениями I, II и III одновременно наблюдалась с этой системой.

Наблюдательный материал обрабатывался программой ADHOCw. На рис.1 а, б и с приведены монохроматические изображения галактики Kaz 69 в эмиссионных линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$, построенные в виде изофот в произвольных единицах, причем для каждой линии крайняя (или первая) изофота имеет яркость 120, 45 и 40 условных единиц соответственно, а яркость каждой следующей изофоты к центру

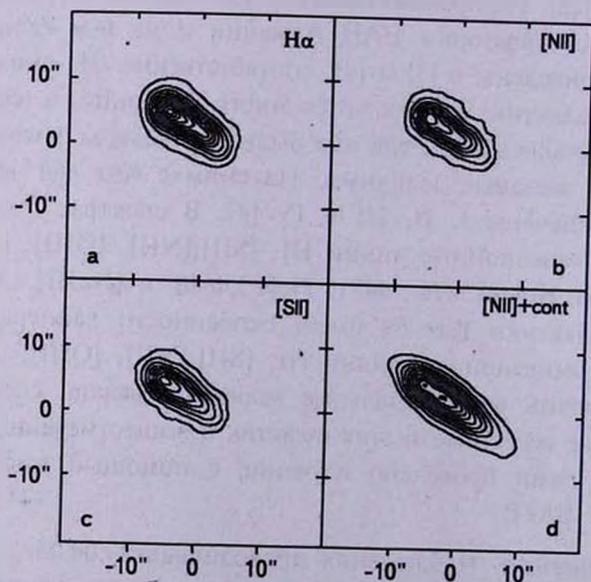


Рис.1. Изофоты монохроматических изображений Kaz 69 в линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$. Север сверху, восток слева.

изображения этих линий увеличивается на 200, 50 и 40 единиц, соответственно. При построении изображений на рис.1a, b и с учтены только излучения в линиях, т.е. без излучения непрерывного спектра. На рис.1d приведено изображение галактики Kaz 69 в эмиссионной линии [NII] $\lambda 6584$ вместе с непрерывным спектром. В центральной части этого рисунка хорошо выделяется ядро галактики, а от ядра на расстоянии приблизительно $4''$ к северо-востоку наблюдается сгущение диаметром $0''.7$. Это сгущение в эмиссионных линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$ намного ярче ядра галактики. Размеры самой галактики Kaz 69 в эмиссионных линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$ равны $18''.8 \times 10''$, $16''.8 \times 8''.8$ и $17''.8 \times 9''.3$, соответственно, а на рис.1d размеры галактики равны $25''.2 \times 9''.6$. На рис.1d первая изофота имеет 400 условных единиц, а яркость каждой следующей изофоты увеличивается на 100 единиц.

На рис.2a приведено изображение галактики Kaz 460 в линии $H\alpha$, где белым крестиком обозначен центр галактики. На рис.2b приведено в четыре раза увеличенное изображение центральной части галактики, из которого хорошо видно ее ядро и исходящие два спиральных рукава. Диаметр ядра примерно $4''.3$.

На рис.2a отмечены яркие сгущения I, II и III, а объект, отмеченный белой звездочкой, является звездой. На рис.2c и d приведены монохроматические изображения галактики в эмиссионных линиях

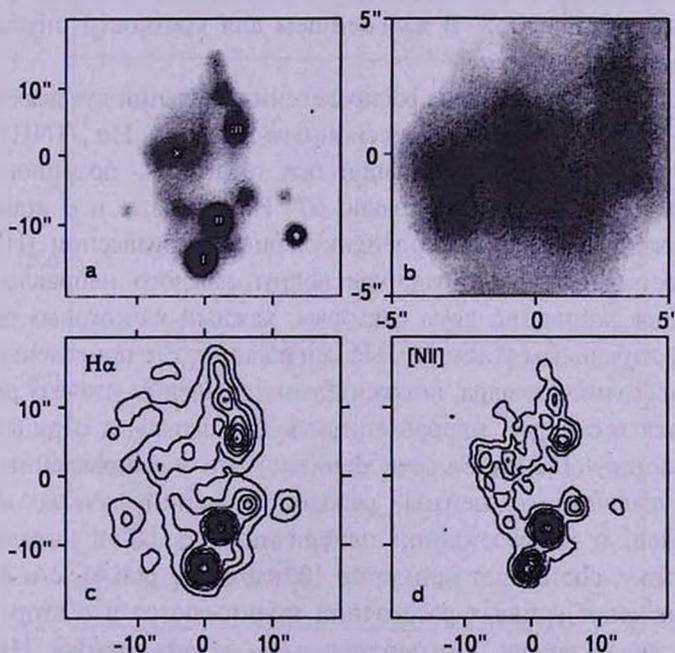


Рис.2. а) Монохроматическое изображение Kaz 460 в линии $H\alpha$, б) то же самое для центральной части галактики, увеличенное в четыре раза; в) и д) изофоты в линиях $H\alpha$ и [NII] $\lambda 6584$. Север сверху, восток справа.

$H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$, построенные в виде изофот в произвольных единицах, значения яркостей их первых изофот равны 80 и 25 условным единицам. Яркость каждой следующей изофоты увеличивается на 250 и 40 единиц, соответственно. Из рис.2с и d видно также, что все 3 сгущения имеют довольно резкие границы. Сгущения I и III вытянуты в направлении север-юг и имеют угловые размеры $7'' \times 8''.2$ и $4''.4 \times 6''.4$, соответственно, а сгущение II- сферическое и имеет диаметр $7''$. Яркость изофот сгущений переходя от крайнего к центральному возрастает, их приращения равны 7.9, 7.1 и 3.1 раза, соответственно. Из рис.2с и d видно, что угловые размеры сгущения I отличаются: на рис.2с его размер на 1.3 раза больше, что можно объяснить как результат стратификации газовых составляющих сгущения I в линиях $H\alpha$ и [NII] $\lambda 6584$. В случае сгущения II размеры в обеих линиях равны, т.е. во всех областях сгущения II имеются физические условия для возникновения как линии $H\alpha$, так и линии [NII] $\lambda 6584$. Приращения яркостей изофот от краев к центру для сгущений I и II в линии [NII] $\lambda 6584$ равны 7.2 и 10.5 раза, соответственно.

4. *Распределение лучевых скоростей.* Лучевые скорости были определены по эмиссионным линиям $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$ в каждом пространственном элементе. Сначала мы рассмотрим распределение значений лучевых скоростей в галактиках Kaz 69 и Kaz 460 относительно их центров. В дальнейшем для краткости опустим слово "относительное".

На рис.3а, с и d приведены распределения значений лучевых скоростей в Kaz 69, построенные по эмиссионным линиям $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6717$ в направлении большой оси галактики, позиционный угол (ПУ) которого равен приблизительно 60° . На рис.4а, с и d приведены те же самые распределения в перпендикулярном направлении (ПУ = 150°).

При построении этих графиков вокруг каждого направления были использованы данные по двум секторам, каждый из которых охватывает область с центральным углом 40° . На оси абсцисс, где приведены значения углового расстояния от ядра, положительные значения угловых расстояний принимаются в секторе, направленном к юго-западу, а отрицательные - к северо-востоку. Из рис.3а, с и d видно, что в направлении большой оси, при удалении от центра, разброс значений лучевых скоростей увеличивается, и на расстоянии приблизительно $\pm 8''$ к юго-западу и к северо-востоку, составляет примерно 100 км/с. На рис.4а, с и d положительные значения угловых расстояний принимаются в секторе, направленном к северо-западу, а отрицательные - к юго-востоку. На рис.3b в линии $H\alpha$ приведено распределение средних значений, где на каждой точке указывается размер средних квадратических ошибок одного

измерения. Из южной части графика видно, что распределение лучевых скоростей с умеренными ошибками имеет линейный характер и на расстоянии 9" достигает примерно -250 км/с. Что касается северной части графика, то подобный же характер имеет распределение лучевых скоростей до расстояния 6", где значение лучевой скорости примерно равно $+160$ км/с.

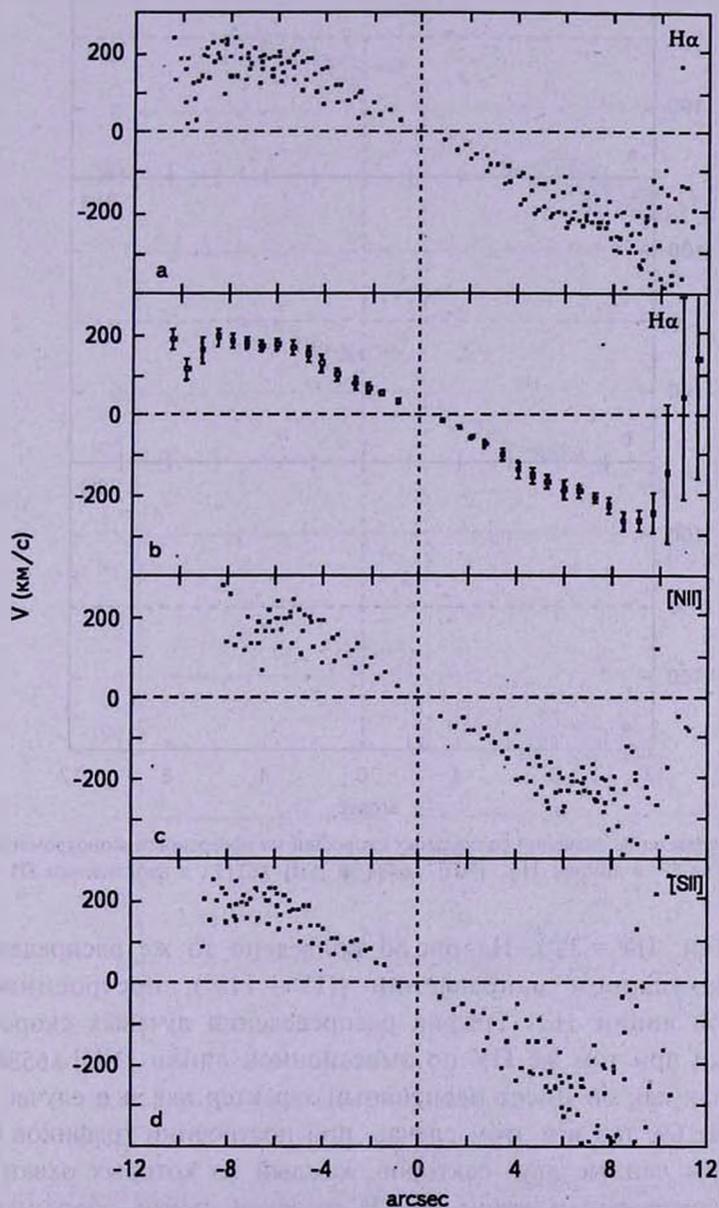


Рис.3. Распределение значений радиальных скоростей на поверхности монохроматических изображений Kaz 69, в линиях $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ и $[SII] \lambda 6717$, в направлении ПУ = 60° .

На рис.5а, б и с приведены подобные графики для распределения лучевых скоростей Kaz 460, построенные по эмиссионным линиям $H\alpha$ (рис.5а и б) и $[NII] \lambda 6584$ (рис.5с), в направлении рукавов

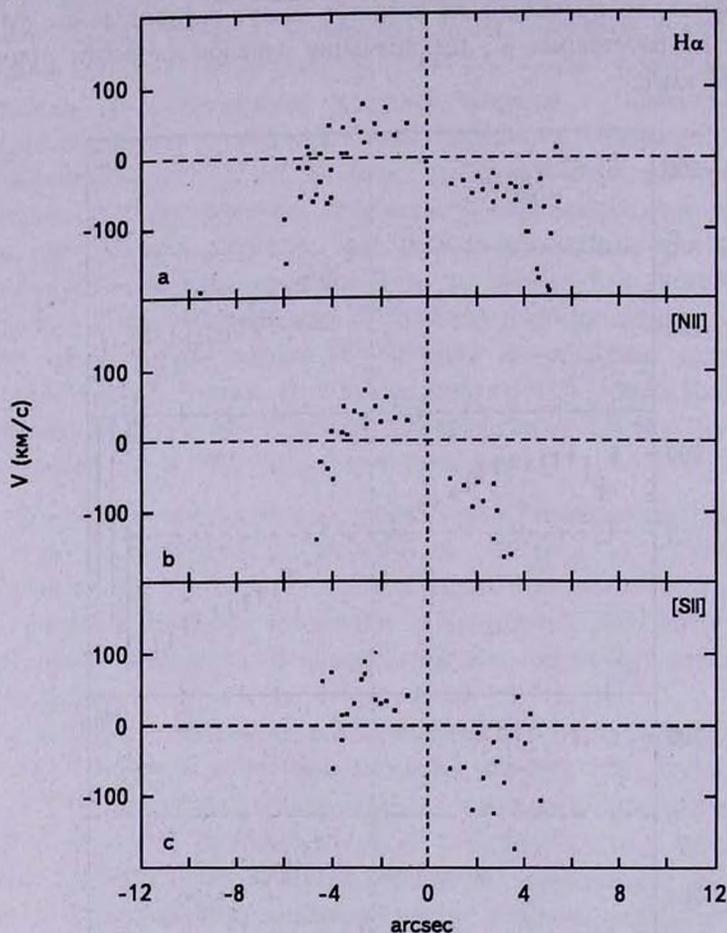


Рис.4. Распределение значений радиальных скоростей на поверхности монохроматических изображений Kaz 69, в линиях $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ и $[SII] \lambda 6717$, в направлении ПУ = 150° .

(большой оси, ПУ = 28°). На рис.5d приведено то же распределение в перпендикулярном направлении (ПУ = 118°), построенное по эмиссионной линии $H\alpha$. График распределения лучевых скоростей, построенный при том же ПУ по эмиссионной линии $[NII] \lambda 6584$, не приведен, так как он имеет идентичный характер как и в случае $H\alpha$. Как при Kaz 69, так и в этом случае, при построении графиков были использованы данные двух секторов, каждый из которых охватывает область с центральным углом 40° . В графиках центр координатной системы совпадает с центром ядра галактики.

Из рис.5а и б видно, что в общих чертах распределение скоростей от центра галактики в направлении к юго-востоку на расстоянии примерно 20" и к северо-западу на расстоянии примерно 14", имеет почти линейный характер. Хотя имеется некоторое отклонение от линейности. В частности, одно из таких отклонений наблюдается на расстоянии примерно 12" к

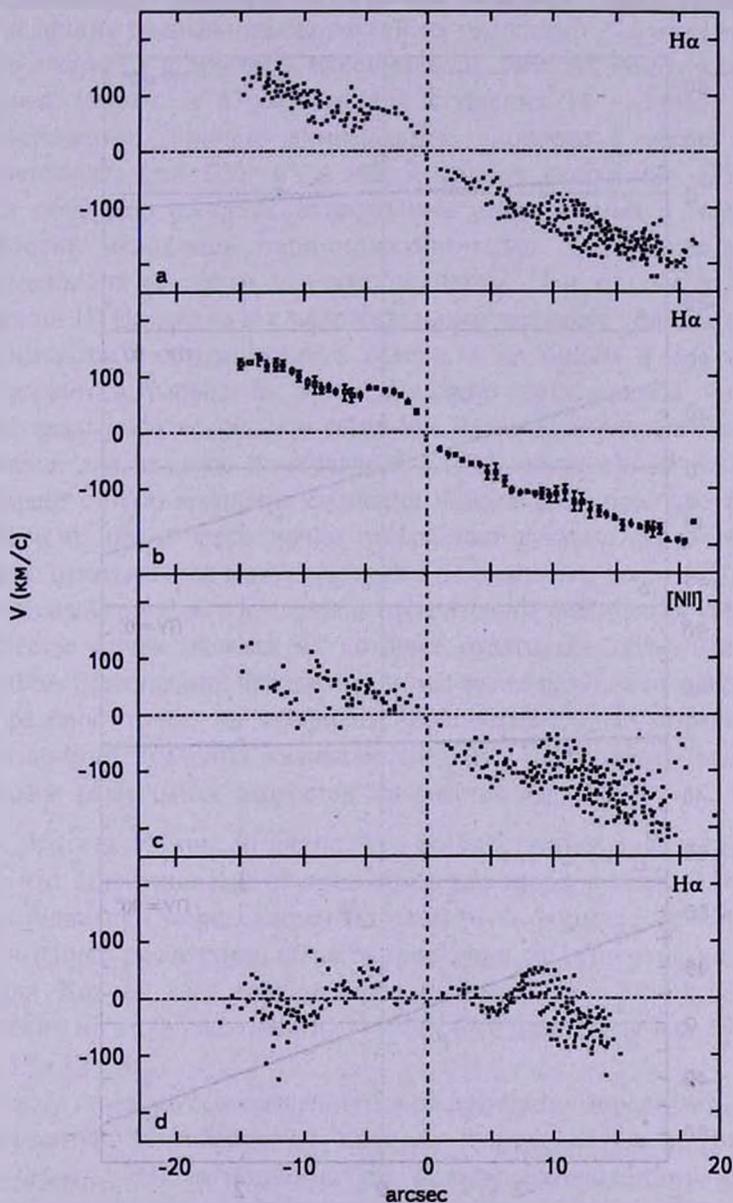


Рис.5. Распределение значений радиальных скоростей на поверхности монохроматических изображений Kaz 460, в линиях $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ и $[SII] \lambda 6717$, в направлениях $ПУ = 28^\circ$ и $ПУ = 118^\circ$.

юго-востоку на 10-15 км/с в сторону меньших скоростей, куда попадает сгущение II. Это означает, что галактика Каз 460 вращается вокруг оси, ПУ которой составляет приблизительно 150° и скорость вращения на расстоянии $20''$ равна примерно 210 км/с.

Далее, были построены распределения радиальных скоростей линии $H\alpha$ в произвольных направлениях ПУ по угловому расстоянию от

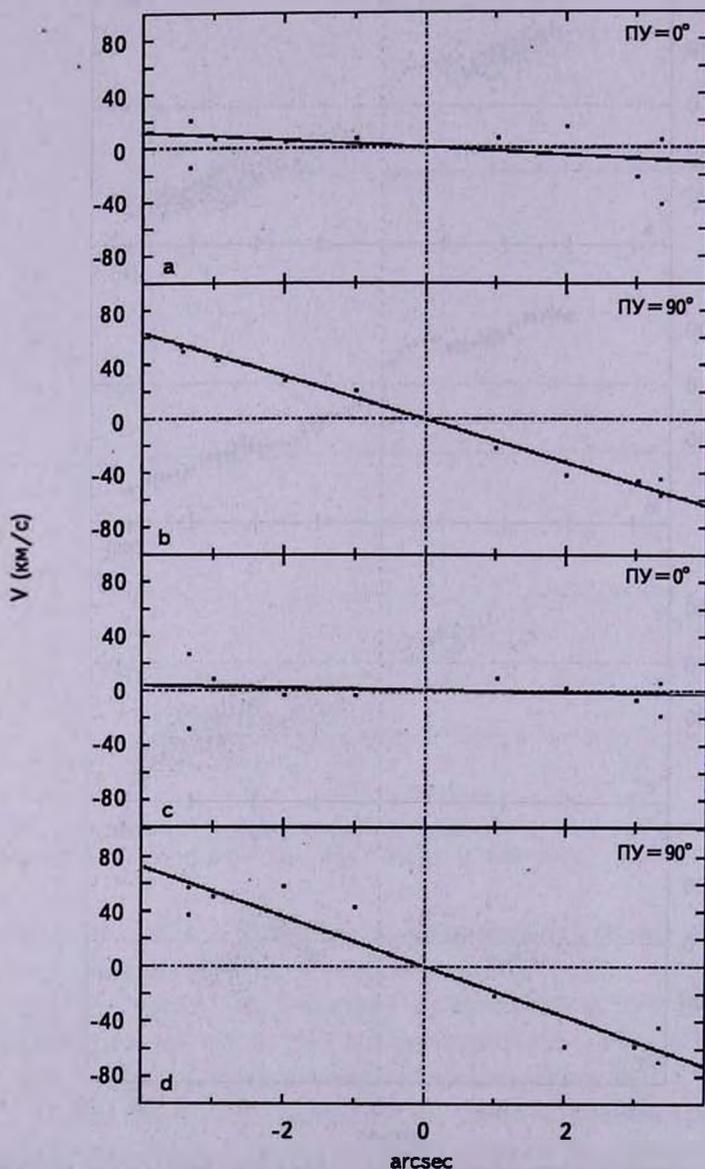


Рис.6. Распределение значений радиальных скоростей на монохроматических изображениях сгущений I и II в линии $H\alpha$, в направлениях ПУ = 0° и ПУ = 90° .

центров сгущений I и II до 2".5. Как в случаях Kaz 69 и Kaz 460, так и в случаях сгущений I и II, графики были построены относительно их центров. При построении этих графиков центральные углы используемых секторов также были взяты равными 40°. Для каждого сгущения были построены примерно 20 графиков. Из этих графиков для каждого сгущения рассматривались только два графика. В одном из них величина радиальных скоростей на расстоянии 2".5 имеет минимальное значение, а в другом - максимальное. Эти величины для сгущения I равны 10 км/с и 67 км/с, а для сгущения II - 5 км/с и 80 км/с, соответственно, причем минимальные скорости в обоих сгущениях соответствуют при ПУ = 0°, а максимальные скорости - ПУ = 90°, т.е., как и следовало ожидать, направления минимальных и максимальных скоростей оказались перпендикулярными. Отмеченные графики приведены на рис.6а и б - для сгущения I, и на рис.6с и d - для сгущения II. На рис.6а и с положительные значения угловых расстояний принимаются в направлении к северу, а на рис.6б и d - к востоку.

Рассмотрев графики 6а, б, с и d, можно сделать вывод, что сгущения I и II вращаются вокруг оси север-юг. Распределения значений лучевых скоростей для каждого из сгущений I и II, приведенные на рис.6а и с совпадают с осью вращения сгущения. Как на графиках, приведенных на рис.6б и d, так и здесь, точки отображают лучевые скорости областей, которые охватываются в двух секторах с центральным углом 40°. Разумеется, что в каждом секторе с удалением от центра ядра сгущения увеличивается количество точек, каждая из которых охватывает область с размером 0°63x0°63. Естественно, что увеличивается также разница лучевых скоростей или разброс точек на графиках. Вышеотмеченные минимальные и максимальные значения являются средними значениями величин этих разбросов радиальных скоростей на расстоянии 2".5.

5. *Массы.* Из рис.3б видно, что до расстояния $\pm 8''$ можно принимать, что галактика Kaz 69 вращается как твердое тело. В этом случае масса галактики определяется по известной формуле $M = RV^2/G$, где R - линейное расстояние области галактики от ее центра на расстоянии 8". Для Kaz 69 оно приблизительно равно, $R = 575$ пк, а скорость вращения на этом расстоянии, $V = 300$ км/с. Для массы Kaz 69 получаем: $M = 3.3 \times 10^{10} M_{\odot}$.

Массу газового составляющего Kaz 69 можно определить, используя электронную плотность n_e , которая определяется по отношению $I_{\lambda 6717}/I_{\lambda 6731}$. Это отношение по нашим наблюдениям получается приблизительно равным 1.22. При предположении $T_e = 10^4$ К, n_e находим равной 250 см^{-3} [7]. Используя метод, приведенный в [8], масса для газового составляющего галактики Kaz 69 получается $M_{\text{газ}} = 10^4 M_{\odot}$.

Как было отмечено выше, на расстоянии $20''$ от ядра скорость вращения галактики Kaz 460 составляет примерно 210 км/с . По этим данным для Kaz 460 получаем $M = 4.4 \cdot 10^{10} M_{\odot}$. Как было показано выше, сгущения I и II также вращаются вокруг своих осей и на расстоянии $2''.5$ скорость их вращения составляет 67 км/с и 80 км/с , соответственно, что дает для их масс значения $5.6 \cdot 10^8 M_{\odot}$ и $8 \cdot 10^8 M_{\odot}$, соответственно.

6. *Обсуждение результатов.* Kaz 69 и Kaz 460 имеют СМ характеристики d_2 и ds_3 [1,2]. Сравним результаты по морфологии изучаемых галактик, приведенные в [3,4] и в настоящей работе. Например, на прямом снимке, полученном на 2.6-м телескопе для Kaz 69, не было обнаружено ядро галактики, а на рис. 1d, где приведено изображение в линии [NII] $\lambda 6584$, хорошо выделяется ее ядро, которое имеет диаметр примерно $1''$. Особенно хорошо видны многие морфологические детали у галактики Kaz 460. Благодаря используемой системе ВАГР, стало возможным получить распределение яркости внутри каждого из сгущений I, II и III, разницы поверхностных яркостей первых и центральных изофотов по порядку сгущений получаются $2^m.2$, $2^m.1$ и $1^m.2$. Надо отметить, что эти величины значительно уступают подобной разнице, полученной для ядра галактики Kaz 73, которая составляет 5^m [9].

Впервые обнаружено вращение сгущений I и II. У обоих сгущений ось вращения направлена на север-юг и на расстоянии до $2''.5$ от их центров скорость вращения составляет 67 км/с и 80 км/с , соответственно. По этим данным определены их массы, которые равны $5.6 \cdot 10^8 M_{\odot}$ и $8 \cdot 10^8 M_{\odot}$, что позволяет нам предположить, что сгущения I и II являются галактиками.

Важны также спектрофотометрические данные этих сгущений, приведенные в [4]. В частности, надо отметить, что в спектрах у обоих сгущений, кроме эмиссионных линий, изучаемых в настоящей работе, наблюдаются также эмиссионные линии HeI $\lambda\lambda 5876, 4471$, [OIII] $\lambda\lambda 5007, 4959$, H β , H γ , H ϵ , [NeIII] $\lambda 3869$, [OII] $\lambda 3727$. В спектре сгущения I наблюдается также линия HeII $\lambda 4686$, которая говорит о высокой возбужденности его газового составляющего. В этой же работе приведены массы газовых составляющих сгущений I и II, которые равны $3.8 \cdot 10^5 M_{\odot}$ и $7.8 \cdot 10^4 M_{\odot}$.

Абсолютные фотографические звездные величины сгущений I и II, приведенные в [5], равны $-15^m.8$ и $-15^m.5$, которые мало уступают таковым величинам галактик Kaz 211 - $-16^m.2$ и Kaz 69 - $-16^m.3$ [3]. Имеются галактики из списков М.А.Казаряна, у которых абсолютные фотографические звездные величины уступают этим сгущениям, например Kaz 201 - $-13^m.8$, Kaz 95 - $-15^m.4$ [10] и другие.

Учитывая результаты, приведенные выше для сгущений I и II,

можно заключить, что они имеют все физические особенности галактик. Эти сгущения составляют с Kaz 460 физическую систему, в которую входит и Kaz 139 [4].

Кроме сгущений I и II, в [5] были определены также абсолютные фотографические звездные величины еще четырех сгущений, наблюдавшихся в галактике Kaz 460, которые обозначены III, IV, V и VI. Значения этих величин были $-14^m.6$, $-15^m.1$, $-15^m.3$ и $-14^m.6$, соответственно. Из них только сгущение III попало в поле системы ВАГР, которое отмечено на рис.2а, однако не возможно было построить распределение радиальных скоростей на поверхности изображения в линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$. Остальные сгущения оказались вне поля используемой системы.

Таким образом, Kaz 460 со сгущениями I и II и с Kaz 139, которая находится от нее примерно на расстоянии 13кпк, составляют физическую группу. По всей вероятности все галактики были выброшены из ядра Kaz 460 в разные времена, или все они выброшены одновременно с разными скоростями. Если они были выброшены в разное время, то, по-видимому, первой была Kaz 139, которая находится от нее дальше, чем остальные объекты. Приведенные выше данные говорят в пользу концепции В.А.Амбарцумяна об активности ядер галактик [11].

Резюмируя вышеприведенные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Определены массы галактик Kaz 69 и Kaz 460 и сгущений I и II, которые равны $3.3 \times 10^{10} M_{\odot}$, $4.4 \times 10^{10} M_{\odot}$, $5.6 \times 10^8 M_{\odot}$, $8.8 \times 10^8 M_{\odot}$, соответственно.

2. Показано, что сгущения I и II вращаются, ось вращения каждого из них направлена на север-юг. Оба сгущения, вероятно, являются карликовыми галактиками.

3. Предполагается, что Kaz 139, сгущения I и II были выброшены из ядра Kaz 460 в разное время, причем, по-видимому, Kaz 139 была выброшена первой. Возможно также, что все они выброшены одновременно с разными скоростями. Все эти объекты с Kaz 460 составляют физически связанную группу галактик и одновременно являются результатом активности ядра Kaz 460. Образование такой группы говорит в пользу концепции В.А.Амбарцумяна об активности ядер галактик.

4. Диаметр монохроматического изображения сгущения I в линии $H\alpha$ в 1.3 раза больше таковой величины в линии [NII] $\lambda 6584$. Это является результатом стратификации газового составляющего в этом сгущении. В сгущении II такой эффект не наблюдается.

MORPHOLOGICAL AND SPECTRAL INVESTIGATION OF GALAXIES Kaz 69 AND Kaz 460

M.A.KAZARIAN, E.L.KARAPETIAN, V.Zh.ADIBEKYAN

The results of the morphology and spectroscopy of the galaxies Kaz 69 and Kaz 460 are presented. The observations have been made on the 2.6-m telescope of the Byurakan observatory with multipupil spectrograph VAGR. The isophotes of the monochromatic images of the lines $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ and $[SII] \lambda 6717$ have been constructed. It is shown that knots I and II are rotating, the axis of the rotation each of them in the direction of the north-south, the both knots have all kinematic and spectral properties of an individual galaxy. It is supposed that Kaz 139, the knots I and II are throw out from nucleus of the Kaz 460 in different times, but Kaz 139, probably, is throw out at first. It is possible that all of them are throw out at the same time with different velocities. All of these objects with Kaz 460 compose a physical group of galaxies and at the same time are a result of the activity of the nucleus of Kaz 460.

Key words: *galaxies:morphology:spectra - individual:Kaz 69, Kaz 460*

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А.Казарян, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
2. М.А.Казарян, Э.С.Казарян, *Астрофизика*, 18, 512, 1982.
3. М.А.Казарян, Э.С.Казарян, *Астрофизика*, 33, 169, 1990.
4. М.А.Казарян, Э.С.Казарян, *Астрофизика*, 28, 39, 1988.
5. М.А.Казарян, *Астрофизика*, 20, 35, 1984.
6. Т. Movsessian, J.L.Gach, J.Boulestex, F.Zhomkotsian, *Baltic Astronomy*, 9, 518, 2000.
7. И.В.Носов, *Астрон. цирк.*, №1050, 1979.
8. Э.А.Дибай, В.И.Проник, *Астрофизика*, 1, 78, 1965.
9. М.А.Казарян, Т.А.Мовсисян, *Астрофизика*, 48, 291, 2005.
10. М.А.Казарян, *Астрофизика*, 27, 399, 1987.
11. V.A.Ambartsumian, *La Structure et l'evolution de l'univers*, Editions stoops, Bruxelles, 1958.