

УДК: 524.74

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ KAZ 73

 М.А.КАЗАРЯН¹, Т.А.МОВСИСЯН²

Поступила 15 сентября 2004

Принята к печати 12 января 2005

Приводятся результаты морфологического и спектрального исследований ядра и его непосредственно окружающих областей галактики Kaz 73. Наблюдение проводилось на 2.6-м телескопе БАО в сочетании с многозрчковым спектрографом ВАГР. Построены изофоты монохроматических изображений линий $H\alpha$, [NII] λ 6584 и [SII] λ 6731. Показано, что поверхностная яркость ядра на монохроматических изображениях этих линий сильно возрастает от края до центра, в линии $H\alpha$ приращение составляет 5^m . Показано, что ядро Kaz 73 вращается по часовой стрелке вокруг оси, которая перпендикулярна направлению рукавов галактики. Сделан вывод, что протяженность ядра в направлении рукавов является результатом его вращения, т.е. ядро сплющено по направлению полусов. В общем итоге ядро Kaz 73 имеет все кинематические особенности целой галактики. Определены массы ядра и его газовой составляющей, которые равны $6.5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ и $1.9 \cdot 10^8 M_{\odot}$ соответственно.

1. *Введение.* Среди галактик с УФ-избытком Kaz 73 выделяется высокой контрастностью ядра по сравнению с окружающими областями. На фотографии галактики [1], полученной в первичном фокусе 6-м телескопа САО РАН, видно, что Kaz 73 имеет яркое, так называемое "бриллиантовое", ядро с резкими краями. От ядра отходят два слабых рукава к северо-западу и к юго-востоку соответственно, которые простираются до примерно одинакового расстояния - $40''$. В рукавах наблюдается много сгущений, которые, по всей вероятности, являются ассоциациями. На расстоянии примерно $20''$ от ядра в направлении на северо-запад наблюдается яркое образование с угловыми размерами примерно $5'' \times 10''$. Судя по его яркости и размерам, можно предположить, что оно является сверхассоциацией. В [2] было показано, что ядро Kaz 73 является лайнером.

Результаты спектральных исследований Kaz 73, приведенные в [2], позволили сделать вывод, что в ядре отношения интенсивностей эмиссионных линий меняются. Изменения особенно хорошо проявляются у эмиссионных линий [NII] λ 6584, 6548 и $H\alpha$.

Цель настоящей работы - изучение морфологии и получение поля скоростей и относительных интенсивностей как в ядре Kaz 73, так и в его окружении.

2. *Наблюдения.* Наблюдения проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории с многозрчковым спектрографом ВАГР [3],

который установлен в первичном фокусе телескопа. Эта система аналогична спектрографу TIGER [4] и дает возможность получить спектральную информацию с полным пространственным покрытием протяженных объектов.

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 \AA и CCD-детектор (2063 x 2058 элементов). Спектральный диапазон выделялся интерференционным фильтром шириной 400 \AA с центром на 6600 \AA . В этот диапазон в спектре Kaz 73 попадают линии $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda 6584$, 6548 и [SII] $\lambda 6717$, 6731 . Спектральная дисперсия, получаемая на этой системе, составляет приблизительно 1.7 \AA/pix . После обработки получается куб данных размером $69 \times 69 \times 267$ элементов с пространственным масштабом $0''.63/\text{pix}$ и дисперсией 1.5 \AA/pix .

3. *Морфология.* Размеры Kaz 73 на красной карте Паломарского атласа составляют $100'' \times 125''$ и намного превосходят рабочее поле системы ВАГР. Так что для изучения морфологии всей галактики с этой системой требуется много наблюдений.

Спектрофотометрические и морфологические результаты, полученные в [1,2], в основном касаются ядерных областей, охваченных щелями спектрографов. Было бы интересно получить подобные результаты с полным пространственным покрытием для ядра и его близкого окружения, особенно ядра, которое имеет довольно большие размеры, $9'' \times 10''$. Именно такого рода исследование было сделано в настоящей работе.

Наблюдательный материал обрабатывался с помощью программы ADHOCw. На рис.1 приведены монохроматические изображения объекта в эмиссионных линиях $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6731$, построенные изофотами в произвольных единицах. Причем, для каждой линии приведены изофоты с малым и большим шагом (в 25 раз больше), которые на рисунке для всех линий обозначены через "а" и "б", соответственно. На рис.1а значения яркости изофот начинаются от 20 условных единиц для линий $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda 6584$, а для [SII] $\lambda 6731$ - 40 таких единиц. Яркость каждой следующей изофоты на рис.1а увеличивается на 20 единиц. Первая изофота на рис.1б для всех линий имеет условную яркость 50 единиц и яркость каждой следующей изофоты увеличивается на 500 единиц. На рис.1а размер изображения $\text{H}\alpha$, охваченный первой изофотой с условной яркостью 20 единиц, приблизительно равен $17'' \times 23''$, а размеры изображений в линиях [NII] и [SII], охваченные изофотами с яркостями соответственно 20 и 40 единиц, намного меньше. На этих же рисунках размеры зачерненной части для линий $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6731$ равны $5''.6 \times 6''.7$, $5''.6 \times 5''.9$ и $5''.2 \times 5''.2$, соответственно. Размеры изображений, очерченные первой изофотой с яркостью 50 единиц (рис.1б), для линий $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6731$ равны $8''.5 \times 8''.9$, $8''.5 \times 8''.9$ и $8''.1$

$\times 8''.9$, соответственно. На этих рисунках самые яркие центральные области имеют примерно круглые изображения с диаметрами $0''.89$, $1''.1$ и $0''.83$, соответственно.

Размеры для области ядра, полученные в линиях, в среднем равны $8''.7 \times 9''.6$. Все изображения этой части галактики слегка вытянуты. Это хорошо видно также на фотографии, полученной на 6-м телескопе. На ней ядро галактики вытянуто в направлении северо-запад-юго-восток и имеет позиционный угол (ПУ) приблизительно 30° , его размеры почти совпадают со

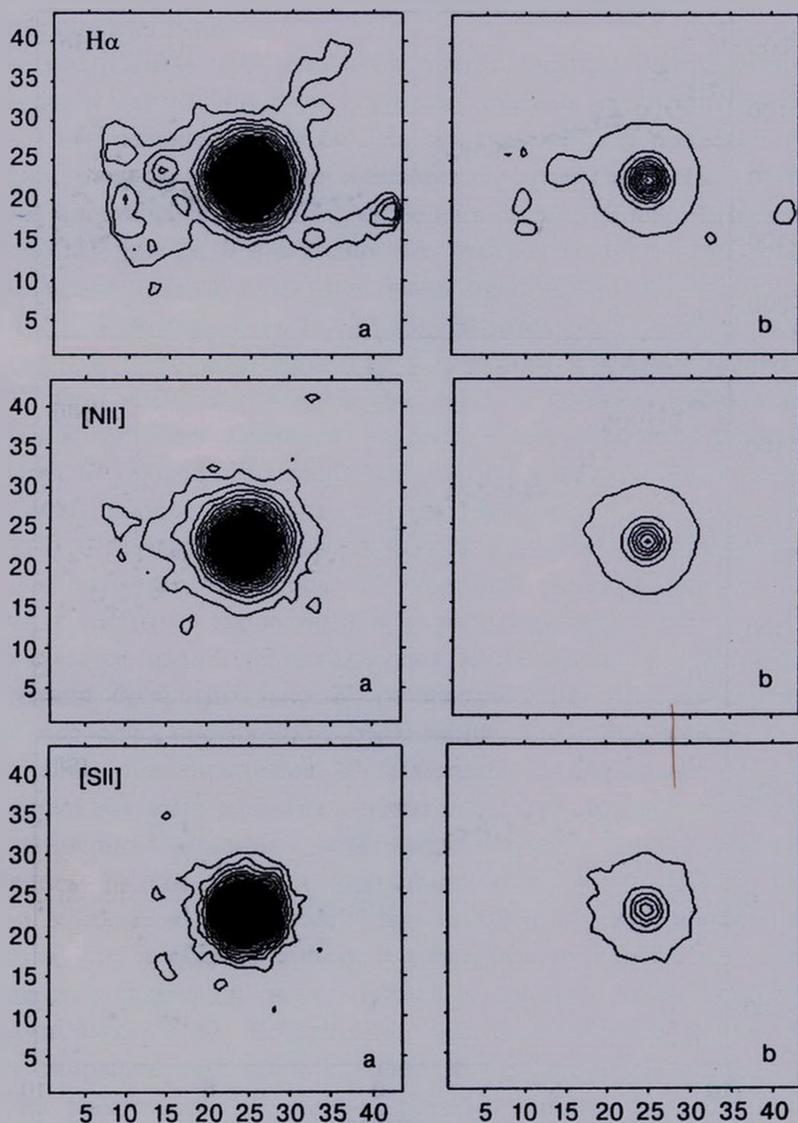


Рис.1. Изофоты монохроматических изображений ядра и его непосредственно окружающих областей в линиях $H\alpha$, [NII] $\lambda 6584$ и [SII] $\lambda 6731$. Шкала в угловых секундах, север сверху, восток с левой стороны.

средними размерами в линии $H\alpha$. В этом же направлении, как видно из фотографии, приведенной в [1], простираются также рукава галактики.

4. *Распределение лучевых скоростей и относительных интенсивностей.* Как было отмечено выше, система ВАГР охватывает на небе круглую область с диаметром $40''$. В данном случае центр круга совпадал с центром ядра галактики Kaz 73.

Лучевые скорости были определены по эмиссиям $H\alpha$, $[NII]\lambda 6584$ и $[SII]\lambda 6731$ в каждом пространственном элементе. Ниже мы рассмотрим

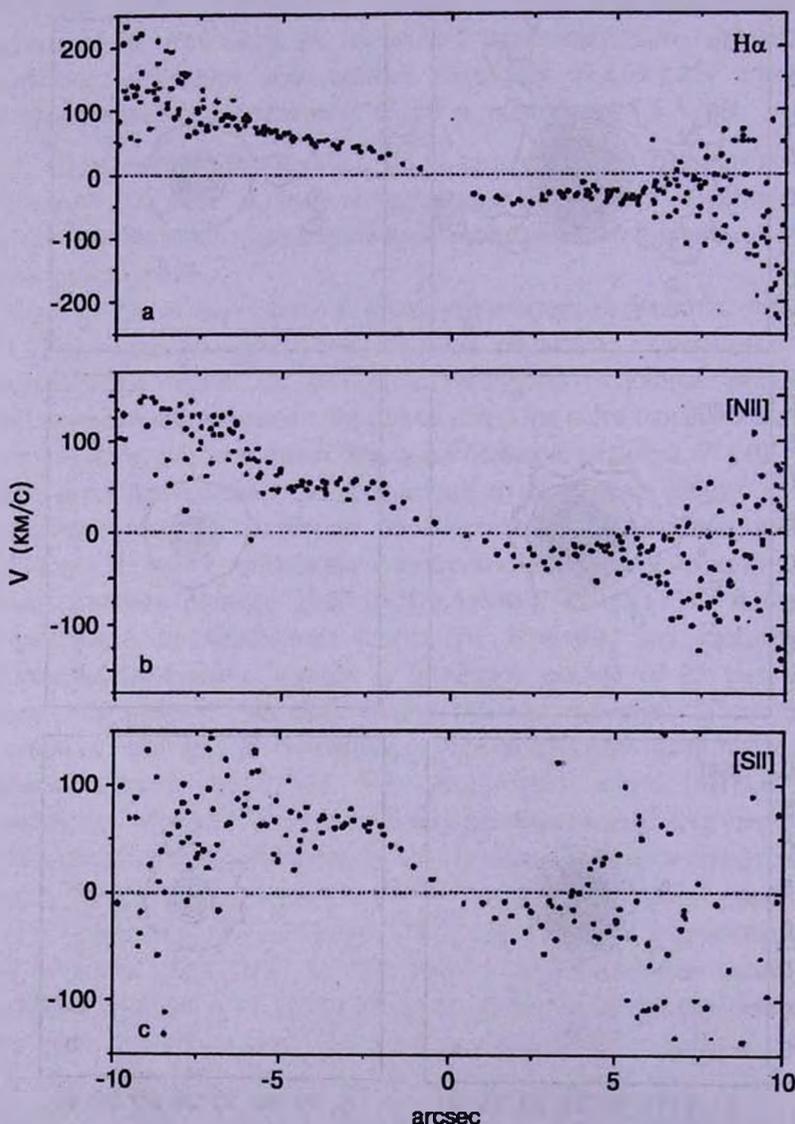


Рис.2. Распределения радиальных скоростей на поверхности монохроматических изображений линий $H\alpha$, $[NII]\lambda 6584$ и $[SII]\lambda 6731$ в направлении ПУ = 30° по угловому расстоянию от центра ядра до $10''$.

распределение лучевых скоростей относительно лучевой скорости ядра Kaz 73 в направлении рукавов галактики и в перпендикулярном направлении. В дальнейшем опустим слово "относительное" и будем использовать слово "лучевое", под которым понимаем относительную лучевую скорость.

На рис.2а, б и с приведены распределения лучевых скоростей галактики Kaz 73 в направлении рукавов (ПУ 30°), определенные в линиях H α , [NII] λ 6584 и [SII] λ 6731, соответственно. На рис.3а, б и с приведены те же самые распределения в перпендикулярном направлении (ПУ = 120°). Можно сказать, что эти распределения достаточно полно отражают кинематику галактики.

При построении этих графиков вокруг каждого направления были использованы данные по двум секторам, каждый из которых охватывает область с центральным углом 60°. На оси ординат, где приведено угловое расстояние от ядра, нуль-пункт совпадает с центром ядра. Положительные значения угловых расстояний в секторе направлены на юг, а отрицательные - к северу. Из рис.2а, б и с видно, что распределения лучевых скоростей в направлении рукавов галактики очень значительно отличаются друг от друга. В области ядра с радиусом приблизительно 2" угловое вращение вокруг центра примерно одинаково в северном и южном направлениях. То есть, ядро вращается как твердое тело, и лучевая скорость на этом расстоянии достигает примерно 40 км/с. Северная часть галактики до расстояния 6" продолжает вращаться почти с той же угловой скоростью. После этого разброс точек на графике увеличивается, и на расстоянии примерно 10" разница лучевых скоростей достигает приблизительно 140 км/с. Это означает, что после 6" северный рукав и близкие области движутся с разными скоростями и в разных направлениях.

Что касается южной части галактики, кроме основного рукава, начиная с расстояния приблизительно 2", от центра ядра, по всей вероятности, отходит еще одно протяженное образование, которое удаляется от нас и на расстоянии приблизительно 8" выделяется как отдельная деталь.

Направления распределения лучевых скоростей, приведенные на рис.3а, б и с, примерно совпадают с осью вращения галактики. Как на графике, приведенном на рис.2, так и здесь точки отображают лучевые скорости областей, которые охватываются в двух секторах с центральным углом 60°. Разумеется, что в каждом секторе с удалением от центра ядра галактики увеличивается количество точек, каждая из которых охватывает область с размерами 0".63 x 0".63. Естественно, что увеличивается также разница лучевых скоростей, т.е. разброс точек на графиках. На графике рис.3а, б и с на расстоянии 10" разброс точек в линиях H α , [NII] λ 6584 и [SII] λ 6731 составляет 220, 140 и 320 км/с соответственно, а в центральной области с радиусом 2" он одинаков и не превосходит 40 км/с.

В целом на рис.3 распределение лучевых скоростей в обоих секторах почти одинаковое, большинство из точек имеют положительные значения. Такое распределение также говорит в пользу вращения галактики в направлении часовой стрелки вокруг оси, которая имеет ПУ примерно 120° . Некоторое смещение распределения лучевых скоростей, по всей вероятности, является следствием существования вышеотмеченного отдельного образования, которое отходит от центральной части ядра и имеет скорость движения, противоположную скорости вращения галактики.

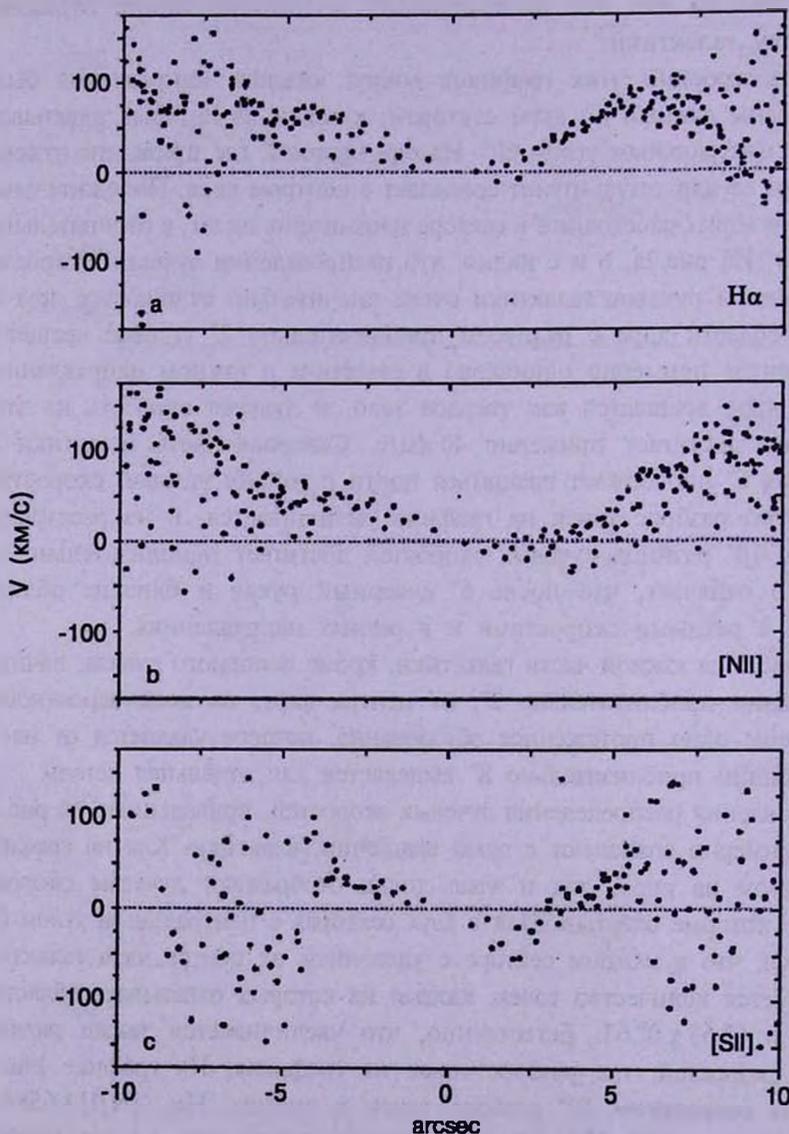


Рис.3. Распределения радиальных скоростей на поверхности монохроматических изображений линий $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ и $[SII] \lambda 6731$ в направлении ПУ = 120° по угловому расстоянию от центра ядра до $10''$.

На рис.4 приведено распределение отношения интенсивностей линий $H\alpha$ и $[NII] \lambda 6584$, умноженное на 100. Этот рисунок охватывает область примерно $12''.8 \times 14''.4$ вокруг ядра галактики. На нем хорошо выделяется очень близкая к центру часть ядра (зачерненная область), которая слегка вытяженная и имеет размеры $1''.4 \times 1''.6$. На рисунке полутонами приведено изображение в $H\alpha$, а изофотами - отношение $H\alpha/[NII]$. Из рис.4 видно, что область с наибольшими значениями этого отношения смещена к юго-востоку от ядра больше чем на $2''$. Это отношение систематически уменьшается от центра к периферии примерно в 1.4-1.5 раза. На расстоянии приблизительно $15''$ это отношение равняется 100, т.е. интенсивности обеих линий равняются.

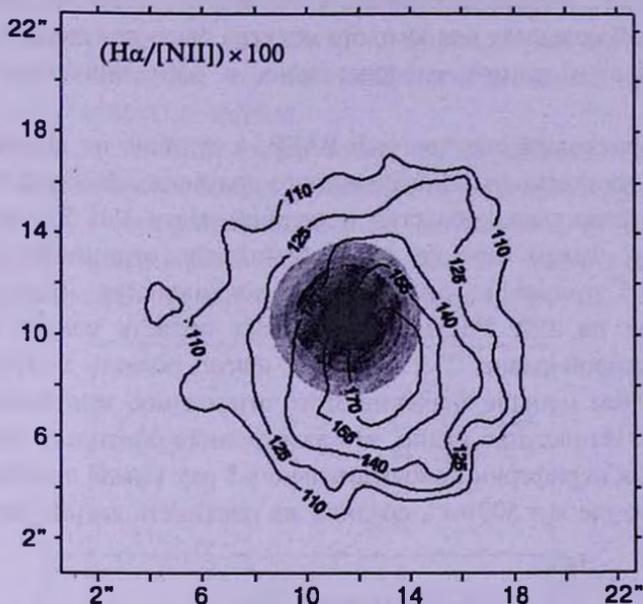


Рис.4. Распределения равных значений отношения интенсивностей линий $H\alpha$, $[NII] \lambda 6584$ ($H\alpha/[NII] \lambda 6584$) $\times 100$ на поверхности центральной части Kaz 73 (север сверху, восток с правой стороны).

5. Масса ядра галактики и его газовой составляющей.

Вышеприведенные данные в основном касались центральной яркой части галактики, угловой радиус которой приблизительно равен $5''$. В работе [1] эта часть принималась в качестве ядра галактики. Именно для этой части, т.е. для ядра, была определена масса по обычной формуле $M = RV^2/G$, где R и V соответствуют угловому расстоянию $5''$. Значение V на этом расстоянии определяется из рис.2а, б и с. Использовалось распределение лучевых скоростей только для северной части галактики, так как распределение лучевых скоростей в ее южной части не соответствует реальному вращению галактики. Как было отмечено выше, в этой части со скоростью вращения галактики складывается скорость движения образования, которое находится на расстоянии

приблизительно $2''$ от центра ядра. На угловом расстоянии $5''$ от центра ядра радиальные скорости на рис.2а, б и с почти одинаковы и их среднее значение приблизительно равно 80 км/с , а радиус на том же угловом расстоянии примерно 440 пк . Масса ядра галактики получается приблизительно $M = 6.5 \cdot 10^8 M_{\odot}$.

Для определения массы газовой составляющей ядра галактики Kaz 73 прежде всего надо определить ее электронную плотность. В работах [1,2] электронная плотность определялась по отношению интенсивностей линий [SII] $\lambda\lambda 6717$ и 6731 . Для этого были использованы спектры, полученные на 6-м телескопе САО щелевым спектрографом. Масса ядра Kaz 73 в [1,2] была оценена в $6.4 \cdot 10^4 M_{\odot}$ и $1.3 \cdot 10^4 M_{\odot}$ соответственно. При этих наблюдениях для каждого спектра было получено одно значение отношения этих линий, следовательно, и одно значение электронной плотности.

Многозрчковый спектрограф ВАГР, в отличие от щелевого спектрографа, дает возможность одновременного получения спектров многих областей. Количество таких областей в ядерной части Kaz 73 приблизительно 700, т.е. мы имеем столько же значений для отношения этих линий.

На рис.5 приведено отношение интенсивностей $I_{[\text{SII}]\lambda 6717} / I_{[\text{SII}]\lambda 6731}$, умноженное на 100. Рисунок охватывает область вокруг центра ядра, размеры которой равны $7''.2 \times 7''.7$, т.е. яркую область центральной части галактики. Чем меньше значение этого отношения, тем больше плотность электронов. Из рисунка видно, что электронная плотность уменьшается от центра ядра к периферии приблизительно в 5 раз. Самая плотная часть около центра ядра, где $n_e = 500 \text{ см}^{-3}$, средняя же плотность в этой части галактики

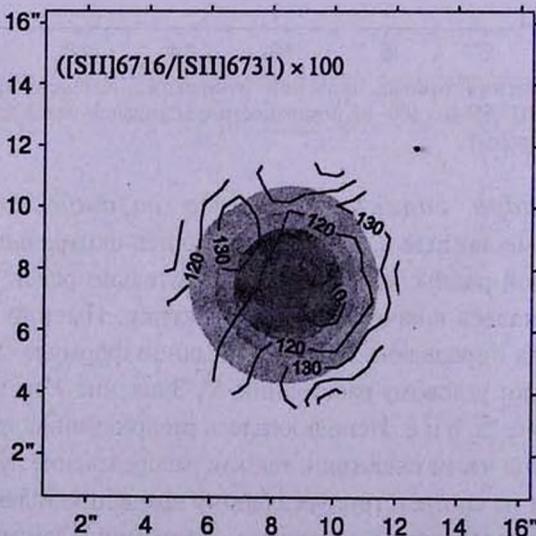


Рис.5. Распределения равных значений отношения интенсивностей линий [SII] $\lambda 6717$ и [SII] $\lambda 6731$ $(([\text{SII}]\lambda 6717 / [\text{SII}]\lambda 6731) \times 100)$ на поверхности центральной части Kaz 73.

$n_e = 260 \text{ см}^{-3}$. Масса газовой составляющей с этой плотностью будет приблизительно $1.9 \cdot 10^4 M_\odot$.

6. *Обсуждение результатов.* Приведенные выше результаты в основном касаются ядра галактики Kaz 73, поэтому мы остановимся на особенностях именно этого объекта. На обзорной пластинке Kaz 73 по морфологии не отличается от окружающих его звезд и имеет сильный УФ-избыток (sl) [5]. Это также говорит о том, что размер ядра не превосходит $10''$ и имеет резкие границы. Чтобы нагляднее показать эту особенность ядра, на рис.6 приведены распределения поверхностных яркостей (m/\square'') на его изображениях в линиях $H\alpha$, $[\text{NII}]\lambda 6584$ и $[\text{SII}]\lambda 6731$. Из этого рисунка также видно, что на каждом изображении этих линий от края ядра к его центру поверхностная яркость сильно увеличивается. В линии $H\alpha$ она достигает пяти звездных величин, т.е. градиент яркости довольно крутой.

Как было отмечено выше, ядро имеет также довольно интересную кинематику. Оно вращается вокруг оси, которая перпендикулярна направлению рукавов. Ядро слегка вытянутое по направлению рукавов, что, по всей вероятности, является результатом его вращения вокруг оси, т.е. из-за вращения оно сплющено по направлению полюсов ядра.

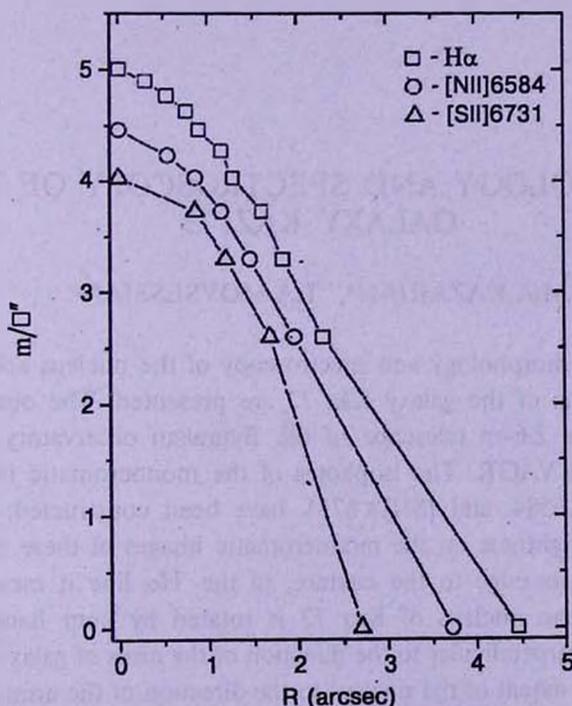


Рис.6. Распределение поверхностных яркостей на монохроматические изображения ядра Kaz73 в линиях $H\alpha$, $[\text{NII}]\lambda 6584$ и $[\text{SII}]\lambda 6731$ относительно яркости первой изофоты (рис.1a, b).

Отношение интенсивностей линий $H\alpha$ и $[NII]\lambda 6584$ от края ядра к его центру увеличивается. Это, по всей вероятности, является результатом того, что электронная плотность также увеличивается от края ядра к его центру.

Резюмируя вышеприведенные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдения, проведенные на 2.6-м телескопе со спектрографом ВАГР, дают широкие возможности для подробного морфологического и спектрального исследования ядра галактики Kaz 73.

2. Поверхностная яркость ядра в монохроматических изображениях линий $H\alpha$, $[NII]\lambda 6584$ и $[SII]\lambda 6731$ сильно возрастает от его края до центра, в линии $H\alpha$ приращение достигает 5^m .

3. Ядро Kaz 73 вращается по часовой стрелке вокруг оси, которая перпендикулярна к направлению рукавов галактики.

4. Ядро Kaz 73 имеет все кинематические особенности целой галактики. Интересно было бы изучить ядра других галактик таким же методом и результаты сравнить с результатами настоящей работы.

¹ Ереванский государственный университет,
Армения, e-mail: astro@ysu.am

² Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения

MORPHOLOGY AND SPECTROSCOPY OF THE GALAXY KAZ 73

М.А.КАЗАРЯН¹, Т.А.МОВСЕСИАН²

The results of morphology and spectroscopy of the nucleus and its directly surrounding regions of the galaxy Kaz 73 are presented. The observation has been made on the 2.6-m telescope of the Byurakan observatory with multi-pupil spectrograph VAGR. The isophotes of the monochromatic images of the lines $H\alpha$, $[NII]\lambda 6584$ and $[SII]\lambda 6731$ have been constructed. It is shown that the surface brightness on the monochromatic images of these lines increasing strongly from its edge to the center, in the $H\alpha$ line it increases by 5^m . It is shown that the nucleus of Kaz 73 is rotated by hour hand around of the axis, which is perpendicular to the direction of the arms of galaxy. It has been concluded that the extent of the nucleus to the direction of the arms is a result of its rotation, it means that the nucleus is flattened out by direction of the poles of nucleus. The total results show that the nucleus of Kaz 73 has all kinematic

properties of the whole galaxy. The masses of the nucleus and its gaseous component were obtained, which are $6.5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ и $1.9 \cdot 10^4 M_{\odot}$ respectively.

Key words: *Galaxies:morphology:Spectroscopy - individual:Kaz 73*

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А.Казарян, Э.С.Казарян, *Астрофизика*, **22**, 431, 1985.
2. М.А.Казарян, Ж.Р.Мартиросян, *Астрофизика*, **44**, 207, 2001.
3. Т. Movsessian, J.-L. Gach, J. Boulesteix, F. Zhamkotsian, *Baltic Astronomy*, **9**, 518, 2000.
4. R. Bacon, G. Adam, A. Baranne et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **113**, 347, 1995.
5. М.А.Казарян, *Астрофизика*, **15**, 5, 1979.