

ПОЛЕ СКОРОСТЕЙ В ГАЛАКТИКЕ С БУРНЫМИ ОЧАГАМИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ МАРК 8

Э.Е.ХАЧИКЯН, Т.А.МОВСЕСЯН

Поступила 14 мая 2008

На основании наблюдений на 2,6-м телескопе Бюраканской астрофизической обсерватории с помощью спектрографа "ВАГР" исследовано поле скоростей в галактике Марк 8. В оптических лучах центральная часть галактики состоит из пяти ярких сгущений, представляющих собой сверхассоциацию (СА). Исследование выполнено в диапазоне длин волн, которая охватывала изображения галактики в эмиссионных линиях $H\alpha$ и $[NII]$ $\lambda\lambda 6548, 6583 \text{ \AA}$. Получено поле лучевых скоростей. Измерены скорости всех СА и построена кривая вращения галактики. Определены относительные интенсивности эмиссионных линий. Построены восстановленные $H\alpha$ и $[NII]$, а также в красном континууме. Сделано заключение о совместном образовании СА и молодости этих объектов в целом. По форме кривой вращения сделан вывод о том, что Марк 8 является одиночной галактикой со сложным многокомпонентным ядром.

Ключевые слова: *галактики:активные:поле скоростей - объект Марк 8*

1. *Введение.* Как известно, среди галактик с ультрафиолетовым избытком в спектре из первого Бюраканского обзора (FBS) встречаются галактики почти всех морфологических типов - от хаббловского, Аро и Цвикки до сейфертовских галактик (Видман, Хачикян [1]). Было показано также, что активность галактик, в основном, не зависит от их морфологического типа (Хачикян [2]). Решающее значение для той или иной степени активности галактик имеет морфология их центральных областей (Хачикян [3]). Особый интерес с точки зрения физической природы галактик и их эволюции представляют активные галактики со сложным ядром: двуйдерные и многоядерные галактики [4]. В последнем случае правильнее, наверно, сказать: галактики, имеющие в центральной области многокомпонентную структуру. Очень часто трудно определить, которая из компонент играет роль ядра, хотя в большинстве случаев центральные сгущения по своим физическим характеристикам не отличаются от ярких звездных ассоциаций или сверхассоциаций ("гигантских HII -областей" как их принято называть в литературе). Здесь следует особо отметить, что среди галактик с ультрафиолетовым избытком (УФИ) часто встречаются случаи, когда ядром галактики является СА.

Более того, имеются случаи, когда СА, входящие в состав нормальной галактики, включены в списки FBS. Впервые это было показано в работе

Арпа и Хачикяна [5] относительно Марк 94, которая оказалась не галактикой, а СА в барет галактике III Zw 0834+51. Затем в списках галактик Маркаряна был обнаружен ряд объектов, являющихся не ядрами галактик, а СА в известных галактиках (Саакян, Хачикян [6]).

В настоящей работе приведены результаты исследования кинематики и морфологии галактики одного из этих объектов - Марк 8 из FBS, известная как IC 2184, Zw VII 156 или VV 644. Впервые она была описана Воронцовым-Вельяминовым и Красногорской [7] как слившиеся две линзовидные галактики. Согласно Маркаряну [8], "две слившиеся тесно двойные галактики, по-видимому, гнездо голубых объектов". Цвики и др. [9] считают, что Марк 8 является голубым постэруптивным квартетом, состоящим из двух перемычкообразных сферических компактных областей. Все эти описания являются чисто морфологическими и основаны на предположении, что природа Марк 8 - это результат сближения и взаимодействия независимых галактик. Касини и Айдман [10] относят Марк 8 к группе так называемых "клямпы" иррегулярных галактик. Того же мнения придерживаются Кил и ван Соест [11]. На самом деле (как это будет показано ниже) Марк 8 является одиночной галактикой со сложной многокомпонентной структурой в ее центральной области. Впервые этот объект был подробно исследован спектроскопически Хачикяном в [12], в которой было показано, что Марк 8 состоит из пяти сгущений, имеющих идентичные эмиссионные спектры, с сильными линиями бальмеровской серии водорода H β , H γ , H δ , запрещенные линии [OII] λ 3727, [OIII] λ 4959, 5007 A, [NeIII] λ 3869, 3968 A. Среднее значение красного смещения по всем пяти сгущениям $z=0.0112 \pm 0.0002$, а наибольшая разница $\Delta z = 0.008$. Расстояние до галактики 43.2 Мпк. По оценке в [12] самое яркое северо-восточное сгущение имеет абсолютную фотографическую величину порядка $M = -18$.

По нашим наблюдениям на 21-дюймовом телескопе Бюраканской обсерватории в 1973г. в фотографических лучах восточная ветвь галактики состояла из трех крупных сгущений, вытянутых вдоль почти прямой линии длиной 25 с дуги и с позиционным углом 20 градусов. Общая длина этой ветви составляет около 4500 пк а каждое из сгущений имеет размеры порядка 1000 пк. Западная же ветвь состоит из двух сгущений, причем южная имеет несколько удлиненную форму, а северная - более или менее сферическую. Фактически Марк 8 является карликовой галактикой. Как это будет видно при дальнейшем изложении, по наблюдениям с высоким разрешением на хаббловском телескопе морфологическая картина Марк 8 в оптике заметно меняется как в ультрафиолетовой, так и в инфракрасной части спектра. Среднее отношение интенсивностей эмиссионных линий $N_1 + N_2$ к H β по всем сгущениям примерно равно 3.0, что указывает на сравнительно низкую степень возбуждения (средняя между 3 и 4 по десятибальной системе [13-15]). Однако в спектрах сгущений присутствует эмиссионная линия дважды

ионизованного неона [NeIII] $\lambda 3869\text{A}$, которая в свою очередь указывает на сравнительно высокую степень возбуждения, а линии гелия отсутствуют. На весьма голубой цвет Марк 8 обратили внимание Хакра и Сарджент [16]. Низкодисперсионные спектры были получены позднее Кунтом и Джубертом [17], которые обнаружили горб в непрерывном спектре в области $\lambda 4686\text{A}$ (Wolf-Rayet bump). Следует обратить внимание, что они не отметили в своей работе о "взаимодействующей" природе Марк 8. После опубликования этих результатов, Марк 8 была классифицирована как WR (Вольф-Райе) галактика и включена в каталог Конти [18], в котором также нет указаний на столкновительную природу этой галактики. В более поздней статье Шперер и др. [19] также не отмечено, что Марк 8 возникла в результате взаимодействия или столкновения нескольких независимых внегалактических объектов.

Выяснение физической природы таких галактик, которые в основном состоят из нескольких СА, т.е. бурных очагов звездообразования, остается одной из важнейших проблем астрофизики. Поэтому этой теме посвящены многочисленные работы. К таким объектам относятся, например, Марк 7, которая очень похожа на Марк 8, только перевернута на 180° [20,21], NGC 6306 [22], Марк 171 [23], Марк 277 [24], NGC 3353 [25], Марк 297 [26], Марк 325 [27] и многие другие активные объекты. В некоторых случаях из одного (Марк 273) или из двух (NGC 6306) компонент многокомпонентного ядра наблюдаются выбросы в виде джетов или струй, причем, в случае NGC 6306 выброс прямолинейных джетов происходит в диаметрально противоположных направлениях.

Интерес к этим объектам возрос в последнее время ввиду того, что в настоящее время рассматриваются два возможных механизма для объяснения физической природы таких объектов: а) сложная и многокомпонентная структура центральных областей является результатом активных физических процессов, протекающих в ядре самой галактики и б) такая структура возникает вследствие сближения, слияния или столкновения двух или нескольких независимых галактик как результат их хаотического движения во Вселенной. Следует отметить, что большинство авторов склоняются ко второму варианту.

Для выяснения вопроса, какой из этих механизмов близок к действительности, необходимы детальные исследования морфологических и кинематических особенностей большого числа таких необычных галактик. С этой целью нами предпринято детальное морфологическое и кинематическое исследование галактики Марк 8.

2. Наблюдения. Наблюдения Марк 8 проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории с помощью мультиспектрального спектрографа ВАГР, установленного в первичном фокусе. Наблюдения проводились 15 ноября 2002г. Суммарная экспозиция составляла 2400 с. В качестве

светоприемного устройства использовался ПЗС Logal с форматом 2063 x 2058 элементов. Поле изображения мультизрочкового спектрографа составляло 40" x 40" с масштабом 1" на зрачок. Диспергирующим элементом служила призма 600 ш/мм, которая обеспечивала спектральное разрешение 10 Å. Для того, чтобы избежать перекрытия спектров на приемнике, был использован интерференционный фильтр ($\lambda_c = 6600\text{Å}$, $\Delta\lambda = 400\text{Å}$). Для обработки данных интегральной спектроскопии был применен программный пакет ADHOCw, разработанный в Марсельской обсерватории. С его помощью производилось автоматическое извлечение индивидуальных спектров и калибровка по длинам волн. Эти данные были использованы для построения результирующих карт излучения объекта в эмиссионных линиях и континууме, а также для построения поля лучевых скоростей.

3. *Результаты и обсуждение.* На рис.1 представлено изображение Марк 8 в линии $H\alpha$, восстановленное из куба данных, полученных с помощью многозрочкового спектрографа ВАГР. Ясно видно, что в линии $H\alpha$ галактика проявляется в виде пяти сгущений, и области между сгущениями не заполнены заметным излучением в линии $H\alpha$. Определены

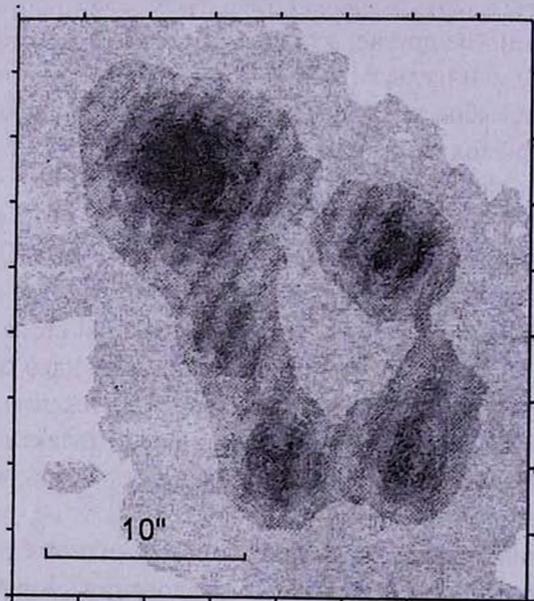


Рис.1. Восстановленное изображение Марк 8 в линии $H\alpha$.

относительные интенсивности в линиях $H\alpha$ и $[NII] \lambda\lambda 6548, 6583\text{Å}$ и построена карта отношения к $[NII] \lambda 6583\text{Å}$. Во всех сгущениях яркость в линии $H\alpha$ выше, чем в линии $[NII] \lambda 6583\text{Å}$, что типично для SA (рис.2). На рис.3 представлено поле лучевых скоростей в этой галактике. Явно заметна разница между лучевыми скоростями северо-восточной и

юго-западной части Марк 8: в северной части галактики значения лучевых скоростей ниже. В целом поле скоростей указывает на регулярное вращение всей системы Марк 8. На рис.4 представлена кривая вращения галактики вдоль направления СВ - ЮЗ. Несмотря на небольшой разброс точек, явно,

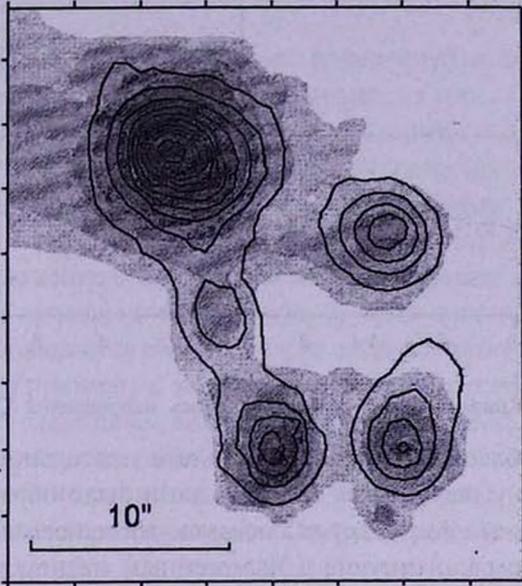


Рис.2. Карта отношения интенсивностей линий $H\alpha$ и $[NII] 6583 \text{ \AA}$ в Марк 8.



Рис.3. Поле лучевых скоростей в Марк 8.

что вид кривой соответствует кривой вращения одиночной галактики.

Как уже отмечалось выше, хорошо известно, что УФ-галактики отличаются своим сильным излучением как в ультрафиолетовой, так и

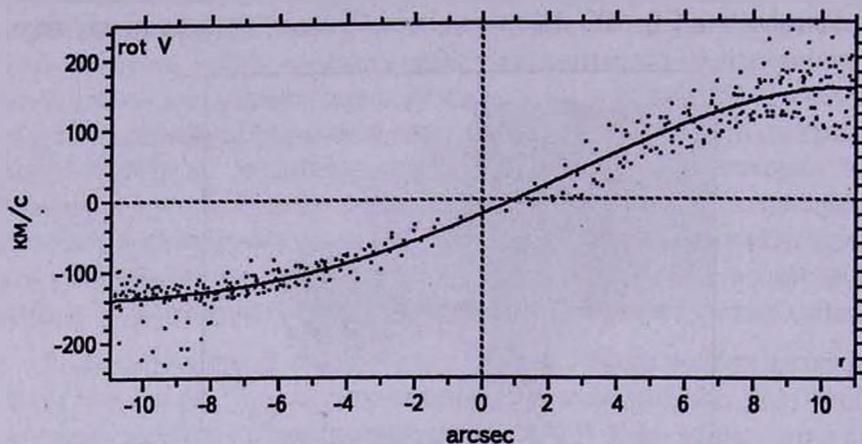


Рис.4. Кривая вращения Марк 8 вдоль направления СВ-ЮЗ.

инфракрасной областях спектра. В результате тщательного рассмотрения всех имеющихся у нас данных Марк 8, нами было обращено внимание на весьма интересный факт. На рис.5 показано восстановленное изображение Марк 8 в красном континууме с наложенным на нем изображением в эмиссионной линии $H\alpha$, из которого видно, что более яркие в континууме сгустки относительно слабы в эмиссии.

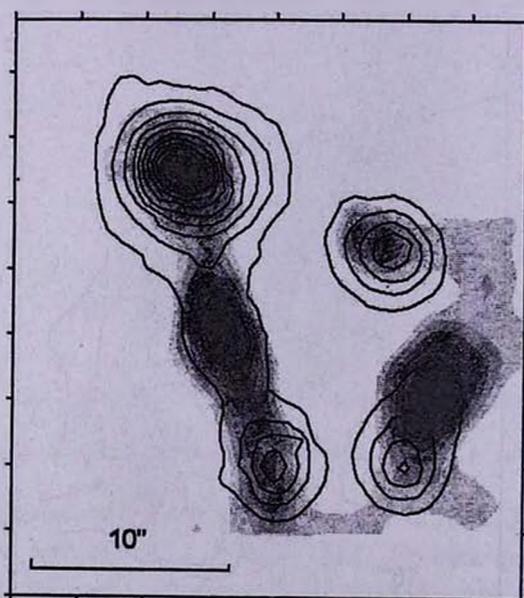


Рис.5. Изображение Марк 8 в красном континууме (полутона) с наложением изображения в линии $H\alpha$ (изолинии).

Для сравнения, на рис.6 приводятся изображения, полученные телескопом Хаббла [30] в ближней инфракрасной и ультрафиолетовой области спектра. Приведенные изображения хорошо согласуются с нашими данными - сгустки, яркие в фиолетовой области, соответствуют эмиссионным сгусткам, а континуальные сгустки соответствуют ярким сгусткам в ближней инфракрасной области.

Относительно Марк 8 в последнее время опубликовано небольшое число работ. Мы отметим наиболее важные из них.

В работе Сонцелисе и др. [28] рассмотрен взрывной механизм звездообразования на основе сближения или слияния галактик для пяти близких и ярких галактик с многоструктурным ядром (в том числе Марк 8), основываясь на их оптической асимметрии в R -полосе и $B-V$ цвете. Сравнивая расположение старбурст галактик на диаграмме цвет-асимметрия, они приходят к заключению, в каких случаях причиной взрывного звездообразования являются сближение или слияние галактик. Относительно Марк 8 они также приходят к заключению, что ее структура в центральной области является следствием сближения двух галактик.

Довольно подробное морфологическое и кинематическое исследование Марк 8 на основании широкополосного и узкополосного оптического CCD изображения и спектроскопии со средним разрешением проведено для Марк 8 Естебаном и Мендесом [29]. В линии $H\alpha$ они обнаружили 12 более или менее ярких сгущений с интенсивностью от 2.93×10^{-16} до 4.68×10^{-14} эрг $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ арксек $^{-2}$ (рис.1), и 8 слабых сгущений с интенсивностью от 1.17×10^{-16} до 1.17×10^{-15} эрг $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ арксек $^{-2}$. Абсолютные звездные величины сгущений находятся в пределах от $M = -9.54$ до $M = -18.18$ для самого яркого сгущения в восточной ветви галактики, что очень близко к оценке, данной в [12]. По результатам спектрального исследования поля скоростей и химического состава в Марк 8 они приходят к заключению, что в ней наблюдается довольно сложная картина, вероятнее всего, как результат взаимодействия двух или трех богатых газом спиральных галактик. Такой процесс, по их мнению, может привести к образованию очагов бурного звездообразования.

Особый интерес представляют исследования, проведенные группой ученых на космическом телескопе Хаббла (Винхорст и др. [30]) 37 ближайших галактик, в том числе Марк 8, с помощью широкоугольной камеры и планетарной камеры 2 (WFPC2).

Для всех галактик получены изображения в ультрафиолетовых лучах с фильтром F300W, центрированным на $\lambda = 2930\text{\AA}$, и в красных лучах в полосе I -band с фильтром F814W с $\lambda_{\text{max}} = 8230\text{\AA}$. Для 11 из них получены также изображения с использованием фильтра F255 W, с максимумом пропускания в $\lambda = 2550\text{\AA}$. Отбор галактик производился таким образом,

чтобы в нем оказались галактики небольших размеров (радиусов) и всех хаббловских типов с различными углами наклона к лучу зрения. Первые количественные результаты этого исследования сводятся к следующему.

1) У галактик ранних типов наблюдается заметное падение поверхностной яркости при переходе от длинноволновой (красной) области к средней - *UV*-области, указывая тем самым на отсутствие преобладания населения звезд ранних типов в этих объектах, а также на возможное присутствие тонкой поглощающей пылевой материи в них. Интересно, что ряд галактик, показывающих в оптике ранний тип, в среднем УФ выглядят иначе и могут быть классифицированы совсем по-другому.

2) Около половины спиральных галактик среднего типа и галактик с очагами звездообразования в среднем УФ выглядят как галактики позднего морфологического типа, как это ранее было обнаружено *ASTRO/UIT* для далекого УФ. Иногда эта разница носит драматический характер.

3) Весьма интересно, что изображения Марк 8 в далеком ультрафиолете (в фильтре *F300W*) и в инфракрасной области (фильтр *F 814W*) очень похожи друг на друга. Результат кажется весьма странным. Однако хорошо известно, что большинство галактик с УФ-избытком в ИК-области по яркости не уступают таковой в оптической области и во многих случаях даже превосходят ее. Так как сгущения в Марк 8 весьма вероятно представляют из себя *CA*, то можно сделать естественный вывод, что *CA*, кроме ранних звезд типа *O*, *B* и *A*, в своем составе имеют и достаточно большое число красных сверхгигантов типа *K* и *M*. Во всяком случае, по снимкам в ИК-

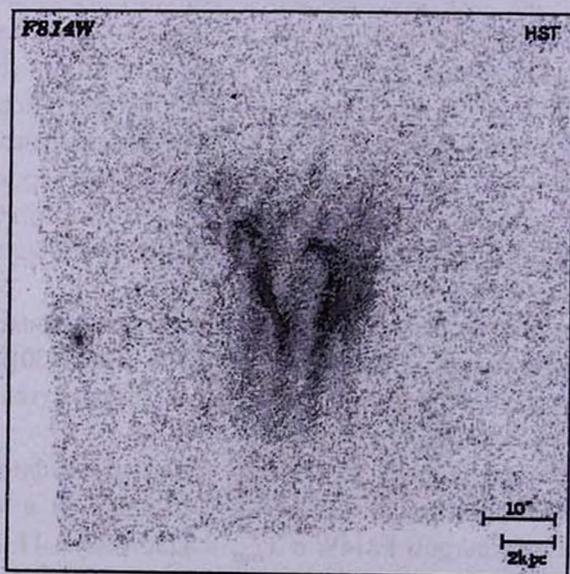


Рис.6. Изображение Марк 8 в ближней инфракрасной области спектра, полученное с помощью телескопа Хаббла [30].

области не заметно присутствие пыли в этих сгущениях. Кроме того, в оптических лучах (U , B , V) все СА четко выделяются в виде сферических образований, а в далеком ультрафиолете и ИК-области четкости не наблюдается, и все области СА и пространство между ними сливаются и представляются в виде сплошной полосы (см. ниже, рис.б). Факт, который сразу объяснить трудно. Впервые в иррегулярной галактике с очагами звездообразования молодых звезд выявляются области с инфракрасным излучением.

Таким образом, весьма актуальной проблемой все еще является изучение природы многоядерных активных галактик с точки зрения выяснения - являются ли они результатом мерджинга или сближения физически независимых галактик, или они - результат монстрской активности центрального ядра компактного массивного тела.

4. *Заключение.* В настоящей статье приведены результаты спектрального и морфологического исследования галактики с УФ-избытком Марк 8, имеющей довольно сложную центральную структуру с рядом ярких эмиссионных областей. Наблюдения выполнены на 2.6-м телескопе БАО с помощью системы "ВАГР" в области линии $H\alpha$. Построена карта лучевых скоростей для всей центральной части галактики. Получено изображение галактики в линии $H\alpha$ и в области непрерывного спектра (6400-6600 Å). Оценены значения отношений $H\alpha/[NII]6583\text{Å}$ во всех сгущениях. По этим данным можно заключить, что эти сгущения представляют собой СА.

Приведенные в предыдущем разделе данные могут быть следствием того, что звездное население сильно меняется от сгустка к сгустку и, возможно, возраст СА, образующих Марк 8, разный и имеет место распространение звездообразования.

По виду кривой вращения можно уверенно заключить, что Марк 8 является одиночной галактикой.

Представим себе, что Марк 8 возникла в результате сближения и приливных воздействий случайных пяти независимых галактик во время их движения во Вселенной. Против этого распространенного мнения можно привести следующие аргументы.

Во-первых, все основные сгущения в Марк 8 почти идентичны как по своим морфологическим данным, так и по виду спектра. Следовательно, они должны были быть до слияния одного и того же морфологического и спектрального типа, или хотя бы их ядра должны были быть одного и того же типа. Но среди нормальных галактик хаббловского типа нет таких галактик, имеющих яркие эмиссионные спектры даже в ядрах. Следовательно, надо предположить, что до сближения они являлись *активными* галактиками, в ядрах которых наблюдаются сильные эмиссионные линии.

Во-вторых, эти галактики должны были сближаться *одновременно*, сохраняя

при этом свою морфологическую и спектральную структуру. Так как они априори были независимы, то могли иметь совершенно различные морфологические и спектральные характеристики, чего не наблюдается у Марк 8 (кстати и у многих других двуйдерных и многоядерных активных галактик!).

В-третьих, из-за малой разницы лучевых скоростей сгущений в Марк 8, можно с уверенностью констатировать, что сближение между ними почему-то происходило в плоскости перпендикулярной лучу зрения. В противном случае, если они сближались с разных сторон и с разными скоростями, разница их лучевых скоростей была бы значительно больше.

Априори можно утверждать, что вероятность всех вышеотмеченных событий одновременно очень мала.

На основании приведенных выше данных можно с большой вероятностью констатировать, что Марк 8 является одиночной галактикой со сложным многокомпонентным ядром.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: khache@bao.sci.am

THE VELOCITY FIELD IN THE GALAXY WITH THE VIGEROUS CENTRES OF STARBURST MARK 8

E.Ye.KHACHIKIAN, T.A. MOVSESSIAN

By means of observations with 2.6m telescope of V.Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory the velocity field of UV-excess galaxy Mark 8 has been investigated. The central part of this galaxy in optical lights consist of five bright condensations which represent superassociations (SA). The search have been carried out by means of interferometric filter with narrow pass-band in the range of $H\alpha$ and emission lines [NII] $\lambda\lambda 6548, 6583 \text{ \AA}$. The radial velocities of SA have been measured. The relative intensities of emission lines $H\alpha/[NII]$ also have been determined. The isophots of central part of Mark 8 in $H\alpha$ and [NII] lines are constructed. The kinematic of SA have been investigated. It is concluded that Mark 8 is a young system and all SA are originated together. In favour of the latter conclusion speaks the form of the rotating curve, which shows that Mark 8 is a single galaxy with composite multicomponent nucleus.

Key words: *galaxies:active:velocity field - individual:Mark 8*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Д.В.Видман, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 5, 113, 1969.
2. *Е.Ye.Khachikian*, *Star and Star System*, ed. B.Westerlund, Reidel Publ. Co., p.107, 1979.
3. *Е.Ye.Khachikian*, *IAU Symp. No121*, eds. E.Ye.Khachikian, K.J.Fricke, J.Melnick), p.65, 1987.
4. *Ю.П.Коровяковский, Э.Е.Хачикян, А.Р.Петросян, К.А.Саакян*, *Астрофизика*, 17, 231, 1981.
5. *Г.Арт, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 10, 17, 1974.
6. *К.А.Саакян, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 11, 207, 1975.
7. *Б.А.Воронцов-Вельяминов, А.А.Красногорская*, *Морфологический каталог галактик*, т.1, изд. МГУ, 1962.
8. *Б.Е.Маркарян*, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
9. *F.Zwicky, E.Herzog, P.Wild*, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, v.1, California Institute of Technology, Pasadena. 1961.
10. *Casini, Heldmann*, *Astron. Astrophys.*, 47, 371, 1976.
11. *W.C.Keel, E.T.M. van Soest*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 94, 553, 1992.
12. *Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 8, 529, 1972.
13. *T.Page*, *Astrophys. J.*, 96, 78, 1942.
14. *L.H.Aller*, *Gaseous Nebulae*, London, 1956, p.66.
15. *Г.А.Гурзадян*, *Планетарные туманности*, М., 1962.
16. *J.Huchra, W.L.W.Sargent*, *Astrophys. J.*, 186, 433, 1973.
17. *D.Kunth, M.Joubert*, *Astron. Astrophys.*, 142, 411, 1985.
18. *P.S.Conti*, *Astrophys. J.*, 377, 115, 1991.
19. *D.Schaerer, T.Contini, M.Pindao*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 136, 35, 1999.
20. *Э.Е.Хачикян, А.Н.Буренков*, *Астрофизика*, 19, 826, 1983.
21. *А.Н.Буренков, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 32, 245, 1990.
22. *М.А.Казарян, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 13, 415, 1977.
23. *Н.К.Андреасян, А.Н.Буренков, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 25, 507, 1986.
24. *Н.К.Андреасян, А.Н.Буренков, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 27, 103, 1987.
25. *А.Н.Буренков, Э.Е.Хачикян*, *Астрофизика*, 24, 349, 1986.
26. *A.N.Burenkov*, *IAU Symp. No121*, eds. E.Ye.Khachikian, K.J.Fricke, J.Melnick, p.587, 1987.
27. *А.Н.Буренков, Е.А.Назаров, Э.Е.Хачикян*, *Астрофиз. исслед. (Извест. САО)*, 32, 1990.
28. *C.J.Conselice, M.A.Bershady, J.S.Gallagher and III*, *Astron. Astrophys.*, 354, L21-L24, 2000.
29. *C.Esteban, D.I.Méndez*, *Astron. Astrophys.*, 348, 446, 1999.
30. *R.A.Windhorst, V.A.Taylor, R.A.Jansen et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 143, 113, 2002.