

УДК: 524.6.1

СВОЙСТВА ГАЛАКТИК ВТОРОГО БЮРАКАНСКОГО ОБЗОРА. II. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНОЙ ВЫБОРКИ ГАЛАКТИК

Л.К.ЕРАСТОВА

Поступила 15 января 2003

Принята к печати 7 июля 2004

Обсуждаются некоторые особенности выборки галактик Второго Бюраканского обзора. Большинство из них - небольшие по размеру галактики со звездообразованием в них. Показано, что в Обзоре присутствуют разного типа галактики - от галактик с высоким уровнем возбуждения до среднего и низкого, с уровнем голубого континуума от синего до относительно красного. Многие галактики имеют в своих спектрах абсорбционные линии - их континуум образован звездами поздних спектральных классов.

1. *Введение.* Классификация обзорных галактик по физическим типам является следующим этапом в их изучении. Однако в последнее время подобные попытки, основанные на достаточно глубоких обзорах, встречаются с определенными трудностями. По-существу, вся физическая классификация была ранее разработана для близких активных галактик. Как только обзоры продвинулись вглубь, сразу возникли трудности с классификацией. Так, например, для классификации галактик Мичиганского и CASE-обзоров [1-2], кроме известных уже типов, было предложено дополнительно еще несколько типов активности галактик, которые перекрывают друг друга по своим спектральным характеристикам, абсолютным звездным величинам и другим параметрам. Однако этой классификацией пользуются редко. Когда объект не поддается классификации, вводят так называемые сложные - "composite"- подтипы [3]. При классификации галактик Второго обзора ряд объектов попадает в область между галактиками сейфертовского типа и лайнерами, практически заполняя этот промежуток на классических диагностических диаграммах [4]. Видимо многие сознают недостаточность классификационных схем, но введение дополнительных подтипов приводит к еще большей путанице.

С другой стороны, изучение отдельных активных и обычных галактик приводит к выводу, что часто в одном и том же объекте соседствуют области разной степени ионизации и возбуждения, более того, области, где вспышка звездообразования соседствует с областями возникновения нетеплового континуума [5].

Исходя из данных табл.1 работы [6], большинство галактик данной

выборки являются галактиками со звездообразованием в них.

Остановимся подробнее на свойствах данной выборки галактик.

2. Характерные особенности галактик выборки.

2.1. *Диаметры.* В табл.1 из первой части работы [6] представлены диаметры галактик выборки. Наибольшие и наименьшие размеры галактик были измерены на синих картах Паломарского атласа. Размер галактики в кпк приведен по наибольшему измеренному диаметру.

Обращает на себя внимание тот факт, что большинство галактик данной выборки имеют небольшие размеры. Надо отметить, что это размеры ярко выраженных активных областей, хотя они часто совпадают с размером всей галактики. Видно, что среди них относительно мало галактик больших размеров, большинство из них не превосходит по своим размерам 6-7 кпк.

Наименьшие размеры имеют следующие галактики:

SBS 1401+490 - 0.41 кпк; SBS 1119+586 - 0.50 кпк; SBS 1128+573 - 0.52 кпк; то есть размеры активных областей не превосходят 1 кпк.

Наибольшие размеры, > 20 кпк, имеют галактики: SBS 0951+518 (> 20.1 кпк), SBS 1446+512 (21.0 кпк).

2.2. *Цвет голубого континуума.* На рис.1 приведено распределение цвета континуума, максимум распределения которого приходится на значение 0.35. Оно близко к пограничному значению 0.4, разделяющему галактики со вспышкой звездообразования от активных ядер галактик [7]. Более того, оказалось, что наибольшее количество галактик имеет

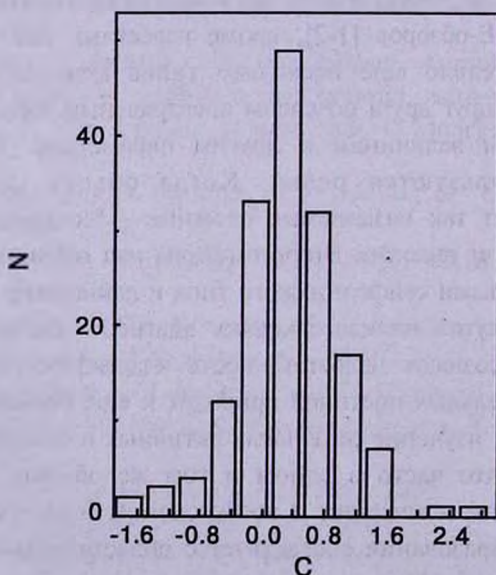


Рис.1. Распределение цвета голубого континуума для объектов выборки.

цвет голубого континуума в интервале 0-1, в отличие от контрольной выборки близких активных галактик из работы [7], где промежуток 0-0.5 наименее населенный. Около 40% объектов нашей выборки лежат выше значения 0.4, в противоположность контрольной выборке ярких галактик из [7]. Расположение их на границе с активными галактиками частично можно объяснить ошибками измерений, но также и тем, что среди них могут быть и сложные объекты, занимающие промежуточное положение между SBN и AGN.

Рассмотрение цветов голубого континуума показывает, что имеется много галактик, обладающих относительно красным континуумом в голубой области спектра, которые попадают в области расположения галактик типа Sy2 или лайнеров. Однако они не являются таковыми согласно всем другим параметрам.

Мы построили зависимости цвета голубого континуума от разных величин - диаметра галактики, эквивалентных ширин эмиссионных линий, их относительных интенсивностей. Среднее значение цвета голубого континуума мало меняется в зависимости от вышеприведенных величин. Оно примерно одинаково для разных значений параметров галактик. Таким образом, получается, что очаги и вспышки звездообразования присутствуют в галактиках разных размеров, абсолютной звездной величины, морфологического типа. При этом области звездообразования с высоким возбуждением газа соседствуют с областями среднего и низкого возбуждения.

Цвет голубого континуума (C) мало зависит от размера галактики (рис.2). Среднее значение цвета голубого континуума составляет 0.32 для любых диаметров галактик и почти совпадает с граничным значением для галактик со вспышкой звездообразования и AGN.

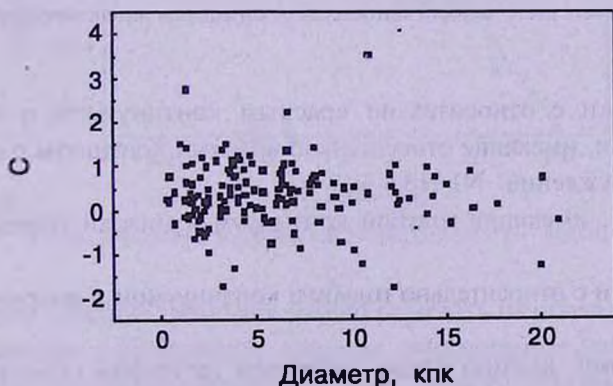


Рис.2. Зависимость цвета голубого континуума от диаметра галактики.

Наблюдается очень слабое падение среднего значения континуума в зависимости от отношения интенсивностей эмиссионных линий $N1/H\beta$ и $[OII]/H\beta$, что видно на рис.3 и 4.

На рис.3 обращает на себя внимание тот факт, что, если отделить галактики с высоким уровнем параметра возбуждения $N1/H\beta > 3$ от таковых с низким уровнем $N1/H\beta < 3$, то все объекты можно поделить на 4 примерно одинаковые части:

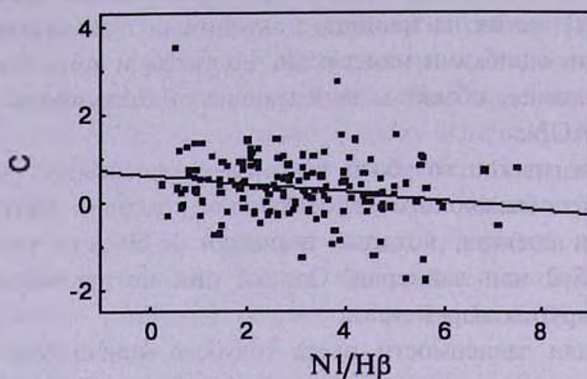


Рис.3. Зависимость цвета голубого континуума от отношения интенсивностей эмиссионных линий $N1/H\beta$.

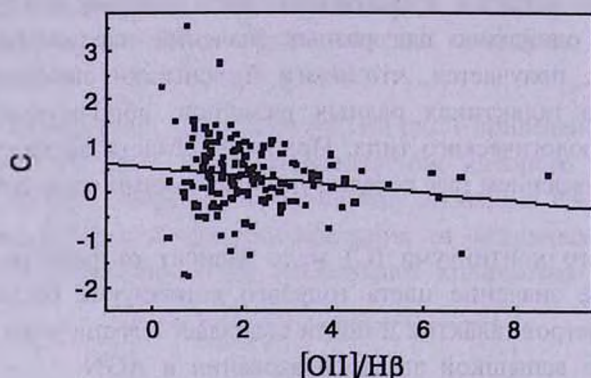


Рис.4. Зависимость цвета голубого континуума от отношения интенсивностей эмиссионных линий $[OII]/H\beta$.

1. Галактики с относительно красным континуумом и $N1/H\beta < 3$.
2. Галактики, имеющие относительно красный континуум с параметром высокого возбуждения $N1/H\beta > 3$.
3. Объекты, имеющие голубой континуум и низкий уровень возбуждения.
4. Галактики с относительно голубым континуумом и высоким уровнем возбуждения.

По-видимому, именно среди последней категории объектов следует искать объекты, которые могут показывать первую вспышку звездообразования.

На рис.5 изображена зависимость диаметра галактики от ее абсолютной

звездной величины. Обращает на себя внимание тот факт, что довольно много абсолютно ярких галактик имеет небольшие размеры < 5 кпк.

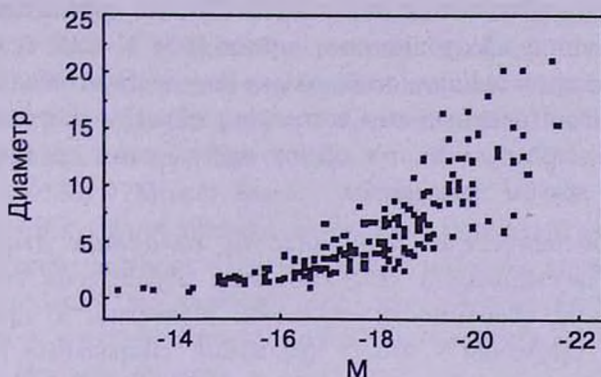


Рис.5. Зависимость диаметра галактики от ее абсолютной звездной величины.

Диаграмма $\log([OII] \lambda 3727 / [OIII] \lambda 5007) - \log([OIII] / H\beta)$ показана на рис.6. Еще раз отметим, что наши данные не исправлены за покраснение цвета в галактике, поэтому они располагаются вдоль температурной последовательности галактик со вспышками звездообразования со значительным разбросом. Отсюда видно, что большое количество галактик имеет отношение интенсивностей $[OIII] \lambda 5007 / H\beta > 3$. Галактики с наименьшим отношением $\log([OII] \lambda 3727 / [OIII] \lambda 5007)$ следующие: SBS 1420+544, SBS 1221+585, SBS 0749+582.

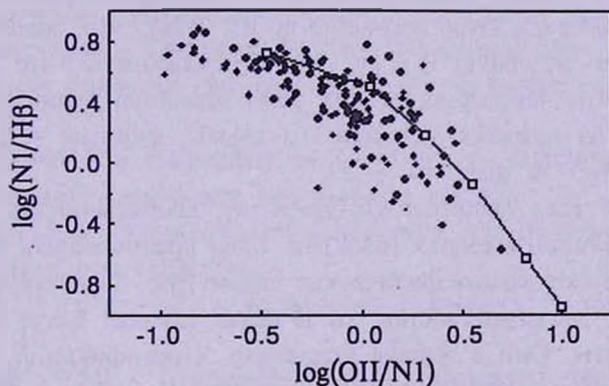


Рис.6. Диаграмма $\log([OII] \lambda 3727 / [OIII] \lambda 5007) - \log([OIII] / H\beta)$.

По нашим спектрам галактики можно разделить на отдельные подгруппы:

1. В спектре наблюдаются сильные эмиссионные линии высокого возбуждения преимущественно на фоне слабого континуума или его полного отсутствия.

2. Наблюдаются эмиссионные линии умеренной степени ионизации, континуум с абсорбционными линиями высших членов серии Бальмера,

иногда видны слабые H и K CaII. Это говорит о присутствии звезд разных спектральных классов, которые и образуют континуум.

3. В спектре наблюдаются эмиссионные линии сравнительно низкой степени ионизации, абсорбционные линии H и K CaII и G-полоса.

Часто вышеперечисленные особенности сосуществуют в одном спектре.

Отметим, что с изменениями в спектрах объекты составляют непрерывную последовательность по своим светимостям, размерам, цвету континуума и другим параметрам.

2.3. Морфологические особенности галактик выборки. При физической классификации галактик мало обращалось внимания на морфологические особенности галактик. Известно, к примеру, что сейфертовские галактики - это, в основном, спиральные галактики с хорошо выраженным ярким, звездообразным ядром. Такую же морфологию имеют классические галактики со вспышкой звездообразования в их центрах. Однако при накоплении наблюдательного материала появляются и совсем другие морфологические типы.

В седьмом столбце табл.1 работы [6] приведены морфологические описания галактик нашей выборки в основном по низкодисперсионным обзорным снимкам. Термин "двойная" употребляется для тех объектов, у которых основное тело галактики состоит из двух отдельных конденсаций или сгущений. Они выглядят двойными при угловых расстояниях между сгущениями $\geq 3''$. В некоторых галактиках наблюдается двойная ядерная область. Обращает на себя внимание и тот факт, что довольно много галактик имеет овальную форму, часто искаженную, что заставляет предполагать, что некоторые из них тоже являются двойными образованиями. Из 165 галактик выборки мы имеем: двойные - 24; двойные ядерные области - 3; овальные - 29.

Это 35% от всех галактик. По-существу, двойственность - одна из особенностей данной выборки галактик. Если предположить, что разные конденсации имеют разные физические параметры - ионизацию, возраст, металличность, звездный состав, то в таких случаях могут появляться сложные объекты. Они с трудом поддаются классификации, поскольку мы видим суммарный спектр, который является суперпозицией отдельных областей звездообразования.

Ниже более подробно приведены описания морфологических особенностей ряда галактик выборки. Описания в основном относятся к виду низкодисперсионного спектра и объекта на обзорных снимках и при наблюдениях на 6-м телескопе.

SBS 0743+591B - Состоит из трех сгущений, погруженных в общую туманную оболочку. Юго-западная конденсация имеет сильные эмиссионные линии H α , N1 + N2 + H β . Снят щелевой спектр именно этого

сгущения.

SBS 0745+601A - Сфероидальная. Очень тесная двойная с $\rho \sim 3''$. Эмиссионные линии $H\alpha$, $N1 + N2 + H\beta$ наблюдаются от обоих компонентов.

SBS 0751+603B - Может быть, тесная двойная.

SBS 0753+581 - На щели 6-м телескопа видно звездообразное ядро.

SBS 0805+577 - На щели 6-м телескопа - звездный объект.

SBS 0811+583 - 6-м - Имеет ядро.

SBS 0823+550 - Может быть, двойная.

SBS 0830+563 - На обзорных снимках галактика имеет вид искаженного овала, возможно, двойная. При получении щелевых спектров галактика действительно оказалась двойной. Получены спектры обоих компонентов - северного и южного. Спектр южного компонента недокоплен и его физическая природа не ясна.

SBS 0916+543 - По обзорным снимкам двойная галактика в общей туманной оболочке. Щелевой спектр южного компонента недокоплен, но эмиссионные линии $[OIII]\lambda 5007$ и $[OII]\lambda 3727$ имеют то же самое красное смещение, как и у северного компонента.

SBS 1113+560 - Двойная головка кометообразной галактики. Эмиссии наблюдаются от каждого компонента.

SBS 1129+577 - На щели 6-м телескопа спиральная галактика без выделенного ядра, имеет три сгущения, два из которых - эмиссионные объекты, третий - звезда фона.

SBS 1154+534 - Двойная ядерная область яркой галактики.

SBS 1200+589B - Сферическая с юго-западным отростком, который, по-видимому, является звездой. Данные относятся к объекту SBS 1200+589BE.

SBS 1222+614 - Наблюдаются эмиссии от западного компонента пары, восточный компонент может быть звездой.

SBS 1223+536 - Звездообразная галактика, как на обзорных снимках, так и на щели 6-м телескопа.

SBS 1223+537B - Тесная двойная галактика в общей туманной оболочке, $\rho \sim 3''$.

SBS 1227+568B - Северо-восточный компонент двойной системы.

SBS 1230+560 - Северный член тройной системы.

SBS 1319+539 - Галактика состоит из нескольких звездообразных объектов в общей туманной оболочке.

SBS 1331+493 - Несколько слабых сгущений в общей туманной оболочке.

SBS 1404+571 - Восточный компонент тесной двойной системы.

SBS 1533+574AB - Тесная двойная система, $\rho \sim 8''$. Юго-восточный компонент имеет сильные эмиссионные линии, другой - более слабые.

SBS 1541+516 - Может быть, двойная.

SBS 1551+602 - Тесная двойная галактика в общей туманной оболочке.

SBS 1609+581 - Две галактики, расположенные почти по склонению. Оба компонента эмиссионные.

SBS 1616+594A - Двойная ядерная область яркой галактики. Оба сгущения звездообразные.

SBS 1620+577 - Ядерная область галактики, возможно, двойная.

SBS 1646+551 - Двойная, на синей обзорной пластинке звездообразная, на красной - диффузная.

В большинстве случаев нами был получен спектр, относящийся к обоим компонентам двойных образований в галактике. В тех случаях, когда нам удалось получить спектры обоих компонентов, мы смогли определить лишь их красные смещения. Мультикомпонентность как раз может быть причиной трудностей при классификации таких галактик. Остается непонятным, являются ли физические условия в обоих сгущениях одинаковыми. Согласно [8], в выборке маркарянских галактик большинство двойных и кратных образований имеют одинаковые физические параметры.

С другой стороны, исходя из тех соображений, что в обычных галактиках (как и в нашей) звездообразование продолжается и в настоящее время в объеме звездных ассоциаций и что это обычный процесс звездообразования, общий для разных типов галактик, данная выборка, по-видимому, как раз представляет всю совокупность галактик, где в данное время звездообразование имеет место. При этом трудно сказать, имеет ли оно характер вспышки звездообразования или это длительный процесс.

Если предположить, что в отдельных случаях сосуществует несколько областей звездообразования разных возрастов, то есть области звездообразования содержат сверхгиганты поздних спектральных классов, O, B, A звезды, ионизованный газ разной степени ионизации, то суммарный спектр действительно должен быть сложным.

Удивительно, что в [2] не обращалось особого внимания на двойственность объектов обзора Мичиганского университета. По изображениям, приведенным в статье [2], UM448, UM653, UM462 и UM461 определенно имеют двойные активные области.

Другой крайней категорией галактик являются звездообразные галактики, то есть галактики, которые имеют такой же вид на низкодисперсионных снимках, как и звезды тех же самых изображений. В большинстве случаев, однако, это звездообразные *галактики*, то есть, несмотря на их звездообразный вид, мы знаем, что это галактики. И лишь некоторые объекты, первоначально получившие классификацию BSO, действительно являются звездными. Такие объекты обычно обнаруживаются

в обзорах звездных объектов.

Вышеприведенные данные как раз показывают, что свойства галактик, имеющих повышенные темпы звездообразования, очень разнообразны и перекрываются друг с другом. Это касается светимостей, размеров, спектральных особенностей. Итак, трудно корректно разделить галактики с преобладающей вспышкой звездообразования на отдельные подтипы. Они плавно переходят друг в друга и сильно перекрываются друг с другом по всем другим параметрам. Часто в отдельных спектрах наблюдается такой набор эмиссионных и абсорбционных деталей, который тоже не поддается однозначной классификации, но показывает, что наряду с областями звездообразования присутствуют звезды ранних и поздних спектральных типов.

3. *Заключение.* Таким образом, резюмируя, можно сказать:

1. 140 галактик выборки имеют небольшие размеры (< 10 кпк) и являются карликовыми галактиками.

2. Выборка содержит около 40% галактик, имеющих высокую степень возбуждения $N I/H\beta > 3$, и более 20% таких, у которых значение данного параметра даже > 4 . Это галактики с узкими эмиссионными линиями. Аналогичный результат был зафиксирован для выборки галактик Мичиганского обзора [2]. При этом для ряда объектов линии высокого возбуждения сочетаются с относительно красным континуумом.

3. Около трети галактик выборки имеет эквивалентные ширины эмиссионной линии $[OII]\lambda 3727$ более 100 Å.

4. Около 40% выборки обладают узкими эмиссионными линиями и цветом голубого континуума более 0.4, в противоположность выборке более близких галактик из [7], где это значение не превосходит 10%.

5. Значительная часть карликовых галактик является галактиками, где уже присутствуют звезды спектральных классов O, B, A, F. Об этом говорит тот факт, что ряд галактик выборки имеет абсорбционные линии высших членов бальмеровской серии и H и K CaII в поглощении. Не исключено, что такие галактики не испытывают и не испытывали вспышек звездообразования – процесс звездообразования у них продолжается перманентно в небольших ассоциациях и HII-областях, как, например, в известной близкой карликовой галактике IC1613 [9] или даже в нормальных спиральных галактиках. Возможно, это свойство глубоких обзоров, когда при отборе объектов внимание уделялось видимости эмиссионных линий на низкодисперсионных спектрах. Такие обзоры позволяют фиксировать слабые эмиссионные линии от слабых образований типа звездных ассоциаций у удаленных галактик.

THE PROPERTIES OF THE SECOND BYURAKAN SURVEY GALAXIES. II. SOME TYPICAL FEATURES OF SEPARATE SAMPLE OF GALAXIES

L.K.ERASTOVA

Some features of the sample of galaxies from the Second Byurakan Survey are discussed. Most of galaxies have small sizes and star formation regions. It is shown that in this Survey there are galaxies of different types: with high, average and low excitation and different types of continuum from blue to relatively red. Many galaxies have absorption lines in their spectrum - their continuum is formed by late type stars.

Key words: *Galaxies: emission lines - galaxies: classification*

ЛИТЕРАТУРА

1. J.J.Salzer, G.M.MacAlpine, N.A.Boroson, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **70**, 447, 1989.
2. J.J.Salzer, G.M.MacAlpine, N.A.Boroson, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **70**, 479, 1989.
3. P.Veron, A.C.Goncalves, M.P.Veron-Cetty, *Astron. Astrophys.*, **319**, 52, 1997.
4. J.A.Stepanian, L.K.Erastova, V.H.Chavushyan, V.T.Ayvazyan, N.I.Serafimovich, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, (Izv. SAO), **49**, 32, 2000.
5. P.Lira, M.J.Ward, A.Zezas, S.S.Murray, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **333**, 709, 2002.
6. Л.К.Ерастова, *Астрофизика*, **47**, 97, 2004.
7. C.S.Rola, E.Terlevich, R.Terlevich, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **289**, 419, 1997.
8. T.E.Nordgren, G.Helou, J.N.Chengalur, Y.Terzian, Ed.Khachikian, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **99**, 461, 1995.
9. A.Sandage, *Astrophys. J.*, **166**, 13, 1971.