

КЛАССИФИКАЦИЯ 18 ИНФРАКРАСНЫХ ГАЛАКТИК В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Л.А.САРГСЯН

Поступила 8 октября 2008

Принята к печати 15 июня 2009

Представлена классификация 18 инфракрасных объектов в оптическом диапазоне, спектры которых получены со спектрографом космического телескопа "Спитцер". В работе делается попытка провести классификацию по спектральным распределениям энергии на основе фотометрических данных из архивов SDSS и 2MASS (11 объектов, 4 из них также имеют спектры SDSS). В случае 7 объектов классификация сделана по спектрам SDSS, а для 5 объектов приведены классификации из других источников, для 4 из которых не доступны классификации по спектрам и по фотометрическим данным. В случае 3 объектов классификации по фотометрическим данным и спектрам SDSS совпадают, что позволяет надеяться, что предлагаемую классификацию можно использовать для классификации многих объектов при наличии лишь фотометрических данных. Указанные объекты классифицированы также по ИК-спектрам. При сравнении классификаций в ИК и оптическом диапазонах в основном наблюдается согласие. Представлены также морфологические описания объектов.

Ключевые слова: *галактики:инфракрасные - классификация галактик*

1. **Введение.** Изучение инфракрасных (далее ИК) галактик вышло на более высокий уровень после запуска в августе 2003г. космического телескопа "Спитцер" (*Spitzer Space Telescope*) [1]. Из-за малой чувствительности более ранних инфракрасных приемников было возможно изучать галактики в среднем и далеком ИК-диапазонах с красными смещениями $z \leq 1$. После запуска "Спитцера" чувствительность многополосного фотометра [2] сделала возможным изучение более далеких ИК-объектов, которые в оптическом диапазоне очень слабы. В работе [3] представлена выборка 28 очень слабых в оптическом диапазоне, но очень ярких в ИК-диапазоне галактик. Для них отношение ИК-потоков к "оптическим" $43 < \text{ИК}/\text{оптика} < 1110$, где под "оптическим" потоком понимается поток в 2MASS J-полосе. Объекты имеют красные смещения $0.12 < z_{\text{ИК}} < 1.0$ и светимости $43.4 < \log[\nu L_{\nu}(5.5 \text{ мкм})] < 46.7$ в эрг/с. Чтобы составить более полное представление о физических свойствах источников, необходимо сопоставить данные, полученные в ИК-диапазоне с данными в оптическом диапазоне. В данной работе представлена классификация в оптическом диапазоне для 18 из этих галактик. В разделе 2 приведены классификации объектов по спектрам SDSS [4] (для 7) и их морфологическое описание. Так как спектры большинства этих источников в оптическом диапазоне не

наблюдались, делается попытка их классификации в оптическом диапазоне с помощью фотометрических данных из архивов SDSS и 2MASS [5], так как в настоящее время данные из этих архивов доступны для более чем 10.000.000 объектов. Этот способ хорош тем, что дает возможность классифицировать многочисленные объекты без получения их спектров в оптическом диапазоне, т.е. классифицировать очень слабые объекты (раздел 3).

2. Морфологическое описание и классификация объектов по спектрам SDSS. Для морфологического описания были использованы изображения из SDSS. Для двух объектов, не имеющих таких данных, использованы изображения из DSS2. Спектры из SDSS доступны только для 7 источников. Один из объектов (FSC 13080+3237) из [3] оказался известным квазаром с $z=0.997$ [6], этот объект не рассматривается в данной работе. Далее приводится морфологическая классификация объектов выборки:

FSC07247+6124 - Не имеет данных из SDSS, однако на DSS2 имеет вид звездообразной галактики, окруженной слабой периферией. Объект также является объектом BIG - BIG072 [7], объектом из каталога QDOT, где имеет тип Sy2 с красным смещением, равным $z=0.1372$ [8].

FSC09105+4108 - Возможно, спиральная галактика. Объект также является членом скопления галактик: MACS J0913.7+4056 с красным смещением, равным $z=0.442$ [9,10]. $z_{SDSS}=0.4418$ ($z_{HK}=0.446$), линия H α выходит за пределы спектра, объект классифицирован как Sy2, исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = 11.03$, линии узкие.

FSC09121+2430 - Звездообразная галактика. $z_{SDSS}=0.8440$, линия H α выходит за пределы спектра. Объект классифицирован как Sy1.

FSC09235+5425 - Круглая с ярким, ярко выраженным ядром.

FSC09284+0413 - Спиральная галактика с ярким ядром. Рядом на NW расположена другая галактика.

FSC09425+1751 - Спиральная галактика с ярким ядром. Виден один из спиральных рукавов. $z_{SDSS}=0.1283$ ($z_{HK}=0.130$). Объект классифицирован как Sy2, исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = 1.01$, $\log I([\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -0.05$, $\log I([\text{OI}]\lambda 6300\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -0.92$, линии узкие.

FSC10219+2657 - Круглая галактика с ярким ядром. $z_{SDSS}=0.2275$ ($z_{HK}=0.225$). Объект классифицирован как III, исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = 0.12$, $\log I([\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -0.12$, $\log I([\text{OI}]\lambda 6300\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -1.28$. На SE от нее расположены две другие галактики.

FSC11257+5113 - Галактика круглой формы с ярким ядром. На севере наблюдается возможный спутник этой галактики. Возможно, взаимодействующая система.

FSC13297+4907 - Галактика круглой формы с ярким ядром.

FSC14475+1418 - Не исключено, что это взаимодействующая система

из 4 галактик. Главная галактика, возможно, является спиральной.

FSC14481+4454 - Звездообразная. Согласно [11] является HLIRG галактикой с болометрической светимостью $L_{\text{БОЛ}} \sim 10^{13} L_{\odot}$ и имеет тип активности Sy2 с красным смещением $z = 0.660$.

FSC14516+3851 - Галактика круглой формы с ярким ядром. На *N* и *NW* наблюдаются еще две галактики. Согласно [12] имеет красное смещение $z = 0.152$.

FSC14589+2329 - Спиральная галактика с компактным и ярким ядром. Согласно [13] имеет красное смещение $z = 0.258$ и тип активности Sy1, что означает, что в спектре видна широкая линия $\text{H}\alpha$. $z_{\text{SDSS}} = 0.2580$ ($z_{\text{HK}} = 0.261$). Исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = -0.72$, $\log I([\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -1.20$ объект можно классифицировать как НП. Однако в спектре видны широкие линии, т.е. возможно галактика является Sy1. Это может означать, что, скорее всего, измерения SDSS не правильные. Согласно SDSS изображению, объект является спиральной галактикой с компактным ярким ядром.

FSC15307+3252 - Галактика круглой формы. Согласно [14] имеет красное смещение $z = 0.9257$ и тип активности Sy2.

FSC15458+0041 - Звездообразная галактика, $z_{\text{SDSS}} = 0.2520$ ($z_{\text{HK}} = 0.254$). Объект классифицирован как Sy1.9, исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = 1.22$, $\log I([\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = 0.10$, $\log I([\text{OI}]\lambda 6300\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -1.01$, под линией $\text{H}\alpha$ заметна широкая эмиссионная подложка, хотя под линией $\text{H}\beta$ она не заметна.

FSC15496+0331 - Возможно является "мерджером". $z_{\text{SDSS}} = 0.1936$ ($z_{\text{HK}} = 0.193$). Объект классифицирован как Sy2, исходя из того, что $\log I([\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA})/I(\text{H}\beta) = 0.87$, $\log I([\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -0.14$, $\log I([\text{OI}]\lambda 6300\text{\AA})/I(\text{H}\alpha) = -1.28$.

FSC16001+1652 - Спиральная галактика.

FSC16156+0146 - Не имеет данных из SDSS, однако по DSS2 возможно является "мерджером". Согласно [15] имеет тип активности Sy2 и красное смещение, равное $z = 0.132$.

3. *Классификация по фотометрическим данным SDSS и 2MASS.* В статье впервые делается попытка классификации объектов в оптическом диапазоне при отсутствии спектральных наблюдений, имея в распоряжении лишь фотометрические данные. Для построения спектральных распределений энергии на основе фотометрических данных, из каталога AGN [16] были выбраны объекты, для которых $16 < V < 17.5$ и $z < 1.0$, всего 1002 объекта (QSO, HPQ, BLL, S1.0, S1.2, S1.5, S1.8, S1.9, NLS1, S2, LINER, НП). Но оказалось, что только для 805 из них есть данные из 2MASS.

Для вычисления потоков была использована следующая формула:

$$f_{\nu} = f_0 \cdot 10^{(-m/2.5)},$$

где f_0 для u, g, r, i, z цветов равна 3631 Ян, а для J, H, K , соответственно, 1594, 1024 и 666.7 Ян. После этого были созданы спектральные распределения энергии для всех объектов. В результате были обнаружены многочисленные подгруппы для одного и того же типа объектов. Более того, полученные кривые показывают голубое (рис.1а) и красное (рис.1б) распределение для одного и того же типа источников. Для прояснения ситуации было решено выбрать также ULIRG разных типов. Они все, как оказалось, показывают красное распределение.

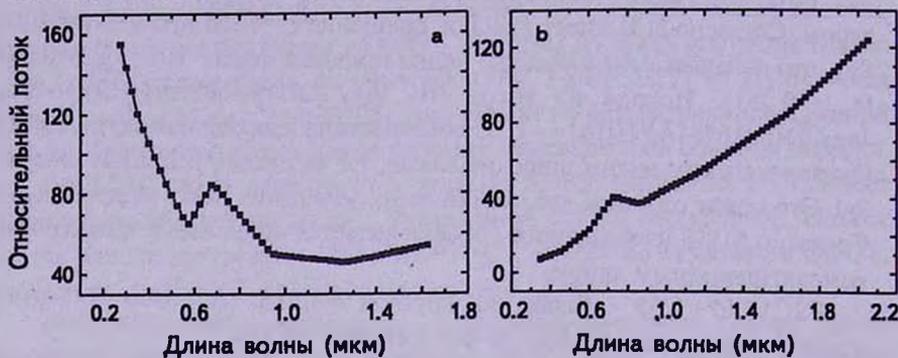


Рис.1. Примеры SED для подгруппы Sy1. SED на рис.1а показывает голубое, а на рис.1б - красное распределение.

В каталоге [16] также возможны ошибочные классификации, поэтому подозрительные объекты были исключены. После построения спектрального распределения, было произведено усреднение по соответствующим типам. В результате были получены такие средние распределения для типов Sy1, Sy2, НШ, которые далее были использованы в качестве моделей для классификации наших источников. В случае наших 18 ИК-источников только 14 имеют фотометрические данные одновременно из архивов SDSS и 2MASS. В данной работе в качестве примера были классифицированы 11 объектов.

Результаты классификации описанным путем приведены в табл.1, что можно рассматривать как предварительный результат. Более точные исследования по созданию спектральных распределений энергии для разных типов и подгрупп продолжаются.

Как видно из табл.1, для этих объектов классификации в ИК-диапазоне, в основном, согласуются с классификациями в оптическом диапазоне. Тип "Сомп." указывает на одновременное присутствие AGN и окооядерных областей звездообразования. В случае объекта №4 ИК-классификация указывает на тип "Сомп.", а спектральное распределение указывает на тип Sy2: (т.е. неуверенная классификация). Несоответствие также заметно в случае объектов №11 и №17. Во втором случае, скорее всего, это может быть результатом неправильной классификации в оптическом диапазоне (классификация по спектральному распределению неуверенная). Объект №11

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛАССИФИКАЦИИ

N	Название объекта по IRAS FSC	Координаты		$z_{ИК}$	EW (6.2мкм)	S_{10}	Класс по ИК- спект.	Класс. по SDSS	Класс. по SED	Класс. по др.	Результ класс.	
		α_{2000}										δ_{2000}
		h	m s									
1	FSC07247+6124	072912.10	+611853.5	0.137	0.08±0.01	-0.31	Sy2			Sy2	Sy2	
2	FSC09105+4108	091345.28	+405632.6	0.446	<0.002	-0.34	Sy2	Sy2			Sy2	
3	FSC09121+2430	091501.71	+241812.2	0.840	<0.01	0.0	Sy1	Sy1:	Sy1		Sy1	
4	FSC09235+5425	092703.07	+541206.6	0.123	0.19±0.02	0.0	Comp.		Sy2:		Comp.	
5	FSC09284+0413	093101.27	+035955.2	0.146	0.56±0.03	0.0	SB		III		SB	
6	FSC09425+1751	094521.36	+173753.4	0.130	<0.1	-0.78	Sy2	Sy2	Sy2		Sy2	
7	FSC10219+2657	102447.39	+264209.0	0.225	0.29±0.04	0.0	Comp.	III			Comp.	
8	FSC11257+5113	112832.73	+505721.1	0.197	0.07±0.01	-0.51	Sy2		Sy2:		Sy2	
9	FSC13297+4907	133150.54	+485150.6	0.128	<0.05	-0.69	Sy2		Sy2:		Sy2	
10	FSC14475+1418	144954.86	+140610.5	0.251	0.03±0.005	-0.89	Sy2		Sy2		Sy2	
11	FSC14481+4454	144953.70	+444150.3	0.670	<0.006	0.0	Sy1			Sy2	Sy1/Sy2	
12	FSC14516+3851	145335.96	+383913.1	0.153	0.20±0.03	-0.87	Sy2		Sy2:		Sy2	
13	FSC14589+2329	150113.19	+232908.2	0.261	<0.017	-0.24	Sy1	Sy1	Sy2	Sy1	Sy1	
14	FSC15307+3252	153244.05	+324246.7	0.927	<0.006	-0.32	Sy2			Sy2	Sy2	
15	FSC15458+0041	154823.38	+003212.8	0.254	<0.01	0.0	Sy1	Sy1.9			Sy1/Sy1.9	
16	FSC15496+0331	155206.16	+032244.0	0.193	<0.01:	-1.10	Sy2	Sy2	Sy2		Sy2	
17	FSC16001+1652	160222.38	+164354.3	0.672	<0.01	0.0	Sy1		Sy2:		Sy1	
18	FSC16156+0146	161809.36	+013922.1	0.133	<0.01	-2.6	Sy2			Sy2	Sy2	

является HLIRG галактикой с болометрической светимостью $L_{Бол} \sim 10^{13} L_{\odot}$ [11], и, возможно, оптическая классификация, приведенная из другого источника, ошибочна. В случае объекта №13 разногласие возможно появляется из-за того, что классификация по спектральному распределению неуверенная.

В последовательных столбцах табл.1 даны: 1 - номер объекта; 2 - название объекта в IRAS FSC каталоге; 3, 4 - координаты для эпохи 2000.0J: 5 - красное смещение, определенное по ИК-спектрам; 6 - эквивалентная ширина эмиссионной линии полициклического ароматического углеводорода на $\lambda 6.2$ мкм, приведенной из [3] (':' означает что в спектре наблюдается эмиссия полициклического ароматического углеводорода на $\lambda 11.3$ мкм); 7 - глубина абсорбционной линии силиката S_{10} из [3]; 8 - классификация объектов по ИК-спектрам; 9 - классификация объекта по спектрам SDSS; 10 - классификация по спектральным распределениям (':' неуверенные данные); 11 - классификация объекта по другим источникам; 12 - результирующая классификация.

8. **Заключение.** В работе представлена классификация 18 ИК-галактик ($c 43 < ИК/опт < 11103$, $0.12 < z_{ИК} < 1.0$ и $43.4 < \log[\nu L_{\nu}(5.5 \text{ мкм})] < 46.7$ в эрг/с) в оптическом диапазоне, наблюдаемых на инфракрасном спектрографе космического телескопа "Спитцер".

Сделана попытка классифицировать объекты, используя лишь фотомет-

рические данные из архивов SDSS и 2MASS. Для этого предварительно были построены спектральные распределения для объектов разных типов из каталога AGN, которые затем использованы для классификации наших объектов.

В табл.1 представлены результаты классификации в ИК (по ИК-спектрам) и оптическом диапазонах (с использованием спектров SDSS (для 7 объектов) спектральных распределений (для 11), для 5 классификации в оптическом диапазоне приведены из других источников). При сравнении этих классификаций в основном наблюдается согласие, что говорит в пользу использования спектральных распределений для классификаций объектов в оптическом диапазоне. Несоответствия в классификациях обнаружены только в трех случаях (№11, №17, №13), что, возможно, является результатом неуверенной классификации в оптическом диапазоне.

Представлено также морфологическое описание для 18 ИК-галактик. Звездообразными галактиками являются 4 источника, 6 галактик являются спиральными, и 6 - галактиками круглой формы. Один объект (FSC09105+4108) является членом скопления галактик.

Автор выражает благодарность А.Микаеляну, Д.Видману и Л.Ерастовой за полезные советы и обсуждения. Автор также благодарит рецензента за замечания, которые улучшили статью. Работа поддержана грантом CRDF ARP1-2849-YE-06.

Эта работа основана на наблюдениях космического телескопа "Спитцер", управляемого Лабораторией реактивного движения (JPL, Калифорнийского технологического института) по контракту с Национальным управлением аэронавтики и космических исследований (NASA) 1407.

В работе использованы данные обзора 2MASS, который является совместным проектом Университета Массачусетса и Центра обработки и анализа инфракрасных данных (IPAC) Калифорнийского технологического института.

Также использованы данные обзора SDSS, который управляется Консорциумом астрофизических исследований (ARC) для институтов участников.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: sar111@yahoo.com

OPTICAL CLASSIFICATION OF 18 INFRARED GALAXIES

L.A.SARGSYAN

The optical classification for infrared galaxies is presented having spectra obtained with Infrared Spectrograph onboard *Spitzer* Space Telescope. An

attempt of classification of objects with spectral energy distribution (SED) based on photometric archival data from archives SDSS and 2MASS is presented (11 sources, for 4 of them the SDSS spectra are available). In case of 7 sources, the SDSS spectra are used and for 5 objects classifications from other sources were used, for 4 of them the classifications with SDSS spectra and by photometric data are not available. In case of 3 sources, the classifications by SDSS spectra agree with classifications by photometric data, which is pointing that the stochastic classifications by SED can be used for many objects with only photometric data. Also are presented the classification based on IR spectra. The comparison of IR and optical classifications mainly shows agreement. The morphological descriptions for the sources are presented as well.

Key words: *galaxies:infrared - classification of galaxies*

ЛИТЕРАТУРА

1. *M.W.Werner, T.L.Roelling, F.J.Low et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 154, 1, 2004.
2. *G.H.Rieke, E.T.Young, C.W.Engelbracht et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 154, 25, 2004.
3. *L.Sargsyan, A.Mickaelian, D.Weedman, J.R.Houck*, *Astrophys. J.*, 683, 114, 2008.
4. The SDSS Photometric Catalog, Release 6, <http://www.sdss.org/dr6/>.
5. *M.F. Skrutskie, R.M.Cutri, R.Stiening et al.*, *Astron. J.*, 131, 1163, 2006.
6. *S.L.O'Dell, J.J.Puschell, W.A.Stein*, *Astrophys J.*, 213, 351, 1977.
7. *А.М.Микаелян, К.С.Гугоян, Д.Руссей*, *Астрофизика*, 40, 581, 1997.
8. *A.Lawrence, M.Rowan-Robinson, R.S.Ellis et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 308, 897, 1999.
9. *A.C.Edge, H.Ebeling, M.Bremer et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 339, 913, 2003.
10. *S.J.L2Roque, M.Joy, J.E.Carlstrom et al.*, *Astrophys. J.*, 583, 559, 2003.
11. *R.J.Wilman, A.C.Fabian, R.M.Cutri, C.S.Crawford, W.N.Brandt*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 300, 7, 1998.
12. *S.A.Stanford, D.Stern, W.Van Breugel, C. De Breuck*, *Astrophys. J.*, 131, 185, 2000.
13. *P.S.Smith, G.D.Schmidt, D.C.Hjines*, *Astrophys J.*, 569, 23, 2002.
14. *R.M.Cutri, J.P.Huchra, F.J.Low, R.L.Brown, P.A.V.Bout*, *Astrophys. J.*, 424, 65, 1994.
15. *D.-C.Kim, D.B.Sanders*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 119, 41, 1998.
16. *M.-P.Veron-Cetty, P.Veron*, *Astron. Astrophys.*, 455, 773, 2006.