

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ В ГЛУБОКИХ ПОЛЯХ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА ХАББЛ

Я.Х.МОХАМЕД^{1,2}, В.П.РЕШЕТНИКОВ¹

Поступила 30 ноября 2010

Принята к печати 16 марта 2011

Выполнен визуальный анализ морфологии галактик в нескольких сверхглубоких площадках (HDF-N, HDF-S, HUDF, GOODS, GEMS), наблюдавшихся на Космическом телескопе Хаббл. Составлены списки галактик с приливными структурами (хвостами, перемычками) и галактик типа M 51 в этих глубоких полях. Для большинства выделенных объектов по литературным данным найдены фотометрические характеристики и оценки красных смещений. В трех площадках (HDF-N, HDF-S, HUDF) в сумме найдены 29 кандидатов в галактики типа M 51 и 381 галактика с приливными структурами. В областях каждого из проектов GOODS и GEMS выделено более двух сотен взаимодействующих галактик.

Ключевые слова: *галактики:взаимодействующие*

1. *Введение.* Взаимодействующие галактики были известны очень давно. Еще в конце XVIII века Вильям Гершель описал несколько систем туманностей (как мы сейчас знаем - галактик), в которых объекты соединены тонкими светящимися перемычками [1]. В XX веке пионерами исследований взаимодействующих галактик были Пиз, Хольмберг, Цвикки, однако наиболее важную роль сыграли работы Воронцова-Вельяминова и Арпа. Их каталоги и атласы взаимодействующих и пекулярных галактик [2,3] впервые ясно показали, что такие объекты не являются исключениями, а встречаются относительно часто, и что объяснение их наблюдаемой морфологии является актуальной и важной задачей. Работы, посвященные численному моделированию процессов взаимодействия и слияния галактик, начались еще в 1960-е годы (например, [4-6]) и продолжают активно развиваться и в наше время.

Интерес, который вызывает изучение и моделирование взаимодействующих галактик, связан с тем, что взаимные сближения и слияния галактик играют важную роль в их эволюции. Говоря в целом, галактики не являются "островными вселенными", возникающими и развивающимися в изоляции. Такие галактики, возможно, есть, но их относительно немного. По-видимому, большинство ярких галактик испытали в ходе своей эволюции внешнюю аккрецию, поглощение спутников, гравитационное возмущение или даже слияния с галактиками сравнимой массы.

Целью данной работы является составление выборки взаимодействующих галактик на основе наблюдений нескольких глубоких площадок на Космическом телескопе Хаббл (HST). В качестве признаков взаимодействия галактик мы будем рассматривать наличие у них протяженных образований (хвостов и перемычек) [7], а также наличие близких спутников (галактики типа M 51) [8]. В предшествующих работах было показано, что такие объекты уверенно идентифицируются с помощью космических [9-11] и даже наземных [12] наблюдений, вплоть до красных смещений $z \sim 1$. Результаты этой работы будут использованы нами в дальнейшем для детального изучения структуры приливных образований далеких галактик, а также для оценки частоты взаимодействий галактик на $z \sim 1$.

2. *Каталог взаимодействующих галактик.* В качестве наблюдательного материала для поиска взаимодействующих галактик нами были использованы результаты наблюдений на HST пяти глубоких площадок: Северное глубокое поле - HDF-N, Южное глубокое поле - HDF-S, Сверхглубокое поле - HUDF, GOODS и GEMS. Технические детали, касающиеся этих проектов, а также результаты наблюдений можно найти на соответствующих веб-сайтах (см. также обзор [13]).

Поиск объектов производился путем визуального просмотра оригинальных кадров в фильтрах F814W (HDF-N, HDF-S), F775W (HUDF), F850LP (GOODS и GEMS). Основными критериями для выделения объектов были наличие у них протяженных приливных образований (хвостов и перемычек), подобных наблюдаемым у близких галактик, а также наличие относительно близких спутников вблизи концов спиральных ветвей (галактики типа M51). На рис.1 приведены примеры подобных объектов в рассмотренных полях. На следующем этапе галактики отождествлялись с опубликованными каталогами объектов в этих полях. Отождествление выполнялось по координатам объектов и типичная погрешность отождествления по обеим координатам составляет

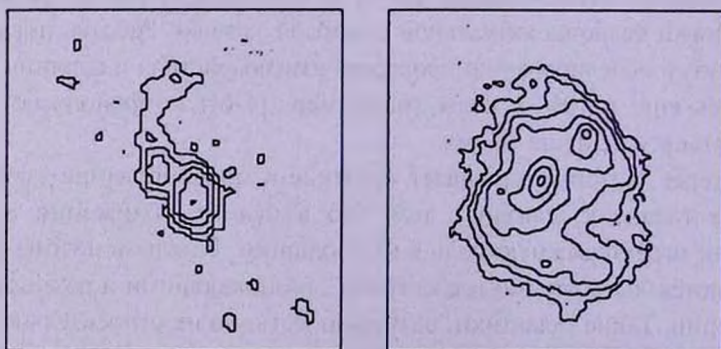


Рис.1. Контурные карты двух взаимодействующих галактик. Слева - двойная система из HDF-N на $z = 3.16$, справа - двойная система из HUDF на $z = 0.70$. Размеры изображений - $3'' \times 3''$.

0".15 (то есть 4-5 пикселей - элементов дискретизации изображений). В большинстве случаев для выделенных нами галактик удалось найти интегральные видимые звездные величины и оценки красных смещений (спектроскопические или фотометрические).

Результаты работы суммированы в таблицах, которые слишком велики для публикации в журнале. Для примера мы приводим лишь каталог объектов, найденных в HDF-S, поскольку в этом поле было выделено меньше всего галактик (табл.1a, b). Описание столбцов таблиц: 1 - порядковый номер галактики; 2 - номер галактики, согласно каталогу [14], для галактики номер 8 в табл.1b использована идентификация из [15]; 3-7 - координаты в пикселях на изображении HDF-S, видимая звездная

Таблица 1a

ГАЛАКТИКИ ТИПА M51 В HDF-S

N	Галактика	X	Y	$I_{FS14П}$	z_{phot}	z_{fit}
1	65	459.68	700.97	24.74		0.60
2	270	771.10	1797.46	23.63		1.58
3	496	1403.39	2923.99	23.78		0.57
4	261	2504.49	1580.45	24.49		1.29
5	549	2537.56	2929.45	24.27		1.66
6	393	2717.78	2201.88	21.89	0.582	1.93
7	55	2735.75	919.54	22.62	0.565	0.55
8	443	3190.53	2295.24	26.13		0.60

Таблица 1b

ГАЛАКТИКИ С ПРИЛИВНЫМИ СТРУКТУРАМИ В HDF-S

N	Галактика	X	Y	$I_{FS14П}$	z_{phot}	z_{fit}
1	2	3	4	5	6	7
1	127	538.10	903.91	26.44		0.30
2	21	561.89	515.26	26.02		0.78
3	158	593.76	1026.01	26.96		2.49
4	144	777.30	970.15	25.88		2.75
5	303	779.61	1875.90	21.12	0.464	0.49
6	420	931.20	2114.48	26.10		1.43
7	367	941.85	2017.14	22.54	0.428	0.30
8	WFPC-01604	952.37	1635.08	24.42		1.62
9	15	953.48	585.72	23.27	1.230	0.86
10	288	975.93	1619.52	25.52		2.75
11	314	1129.25	1783.83	24.97		1.23
12	250	1137.60	1425.95	25.61		2.75
13	505	1255.98	3080.46	21.48	0.415	0.38
14	79	1311.68	781.41	24.86		1.50
15	4	1359.85	404.37	24.92		0.95
16	222	1393.20	1427.52	22.88	0.464	0.45

Таблица 1б

1	2	3	4	5	6	7
17	260	1618.49	1629.20	22.82	0.423	0.40
18	342	1835.88	1843.61	23.66		0.57
19	12	2004.60	558.59	22.95	0.565	0.55
20	770	2037.88	4203.86	22.07	0.514	0.47
21	509	2078.82	2618.85	26.03		3.05
22	648	2087.90	3584.62	24.50	0.759	0.70
23	653	2098.89	3636.96	22.40	0.672	0.57
24	623	2130.51	3485.19	23.97	0.519	0.49
25	341	2210.06	1779.65	25.66		2.37
26	301	2216.14	1691.14	24.44		1.16
27	591	2266.00	3194.89	24.65		0.82
28	171	2336.80	1103.64	26.07		3.05
29	176	2351.78	1148.26	25.51		3.21
30	498	2398.54	2624.90	22.97	0.516	0.47
31	356	2417.56	2078.17	21.89	0.364	0.47
32	690	2512.49	3856.77	25.48		0.08
33	775	2535.33	3888.83	24.95		0.82
34	366	2564.87	1906.11	26.28		3.21
35	300	2579.49	1698.91	23.40	1.270	1.43
36	627	2592.75	3490.27	24.28		1.43
37	373	2607.09	1986.62	24.48		2.13
38	654	2655.72	3736.81	22.51	0.464	0.45
39	762	2745.51	4099.26	24.44		1.58
40	223	2759.57	1344.97	25.54		3.21
41	611	2780.30	3313.68	25.86		3.73
42	642	2781.39	3543.00	24.10		0.78
43	670	2802.12	3792.93	27.64		1.66
44	658	2850.59	3601.86	24.78		1.23
45	387	2961.65	2058.15	24.80		0.40
46	712	3009.32	3922.34	24.89	0.319	0.28
47	660	3029.89	3648.55	25.77		0.57
48	769	3092.35	3888.19	24.97		1.16
49	724	3105.89	3864.01	27.11		1.75
50	602	3265.17	3254.89	23.84	2.789	2.49
51	741	3300.21	4288.91	25.50		3.21
52	604	3304.97	3261.81	24.17	2.789	3.05
53	621	3362.52	3509.39	23.78	0.580	0.55
54	568	3401.32	2983.40	26.18		2.25
55	595	3434.39	3195.17	24.63		1.43
56	372	3444.40	1930.72	24.06		3.21
57	563	3452.39	2958.80	25.63		0.29
58	708	3475.93	3722.86	26.02		0.95
59	765	3483.99	3789.93	26.42		4.13
60	499	3578.57	2597.58	23.95		0.49
61	1	3579.33	684.60	22.10	0.579	0.57
62	211	3601.34	1299.18	24.86		3.21
63	554	3641.4	2896.4	26.96		1.66
64	593	3744.65	3169.77	25.33		0.82
65	85	3819.73	752.14	25.45		0.70
66	192	3952.77	1216.01	24.83		1.36

величина в фильтре F814W [14], спектральное красное смещение [16-18], оценка фотометрического красного смещения (по данным <http://nedwww.ipac.caltech.edu/>).

Остальные таблицы, содержащие результаты для полей HDF-N, HUDF, GOODS и GEMS, доступны по запросу у авторов статьи.

На рис.2 изображены распределения выделенных нами объектов по видимым звездным величинам, а на рис.3 - по красным смещениям. На рис.2 видно, что эффекты селекции при отборе объектов в полях HDF-N, HDF-S и HUDF становятся заметными лишь для галактик слабее 25^m

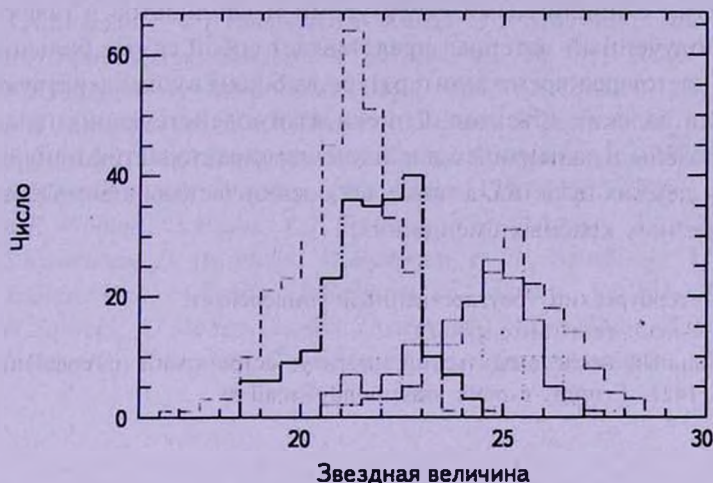


Рис.2. Распределение объектов каталога по видимым звездным величинам (HDF-N - непрерывная линия, HDF-S - линия из точек, HUDF - штрихи и точка, GOODS - штрих и две точки, GEMS - штрихи). Данные для HDF-N и HDF-S показаны в полосе F814W, для HUDF - в фильтре F775W, а для GOODS и GEMS - в R648.

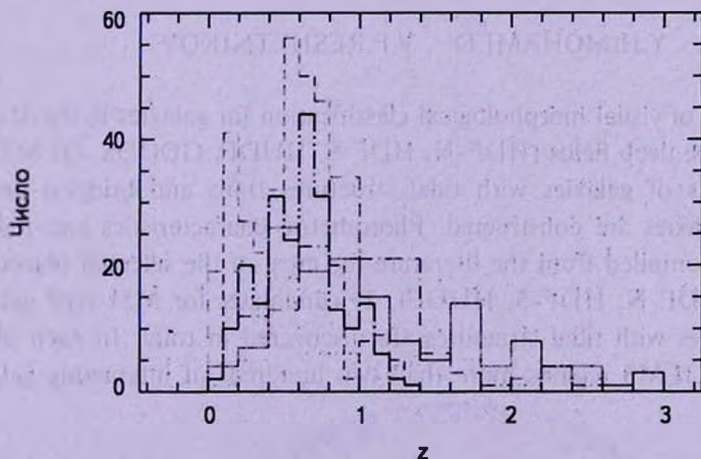


Рис.3. Распределение объектов каталога по красным смещениям. Обозначения те же, что и на рис. 2.

(распределение показывает пик при $i \sim 25^m$, а затем начинается уменьшение числа галактик). В площадках GOODS и GEMS соответствующий пик наблюдается при $r \sim 21^m$. Распределения по красным смещениям (рис.3) демонстрируют максимумы при $z \sim 0.5-1$, однако в каждом поле наблюдается "хвост" объектов с $z > 1$. Среднее красное смещение для выделенных нами взаимодействующих галактик в полях GOODS и GEMS составляет 0.6, а в площадках HDF-N, HDF-S и HUDF - 1.2.

3. *Заключение.* В нашей работе на основе просмотра оригинальных кадров ряда глубоких площадок Космического телескопа Хаббл составлены списки галактик с приливными структурами и кандидатов в галактики типа M 51. Полученный материал представляет собой самые большие из доступных в настоящее время в литературе выборки взаимодействующих галактик среди далеких объектов. Списки взаимодействующих галактик будут использованы в дальнейшем для изучения характеристик приливных образований у далеких галактик, а также для оценки частоты взаимодействий галактик на разных красных смещениях.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, e-mail: resh@astro.spbu.ru

² Национальный исследовательский институт астрономии и геофизики,
Хелван 11421, Египет, e-mail: yasserhendy@mail.ru

INTERACTING GALAXIES IN THE HUBBLE SPACE TELESCOPE DEEP FIELDS

Y.H.MOHAMED^{1,2}, V.P.RESHETNIKOV¹

The results of visual morphological classification for galaxies in the Hubble Space Telescope deep fields (HDF-N, HDF-S, HUDF, GOODS, GEMS) are presented. Lists of galaxies with tidal structures (tails and bridges) and of M 51 type galaxies are constructed. Photometric characteristics and redshift estimates are compiled from the literature for most of the selected objects. In three fields (HDF-N, HDF-S, HUDF), 29 candidates for M51-type galaxies and 381 galaxies with tidal structures are discovered in total. In each of the GOODS and GEMS regions more than two hundreds of interacting galaxies are selected.

Key words: *galaxies:interacting*

ЛИТЕРАТУРА

1. *А.И.Еремеева*, Вселенная Гершеля, М., Наука, 1966.
2. *Б.А.Воронцов-Вельяминов*, Атлас и каталог 356 взаимодействующих галактик, М., МГУ, 1959.
3. *H.Arп*, Atlas of Peculiar Galaxies, Pasadena, California Inst. Technology, 1966.
4. *J.Pfleiderer, H.Siedentopf*, Zeitschrift f. Ap., 51, 201, 1961.
5. *Н.Н.Козлов, Р.А.Сюняев, Т.М.Энеев*, Доклады АН, 204, 579, 1972.
6. *A.Toomre, J.Toomre*, Astrophys. J., 178, 623, 1972.
7. *V.P.Reshetnikov, N.Ya.Sotnikova*, Astron. Astrophys. Trans., 20, 111, 2001.
8. *S.A.Klimanov, V.P.Reshetnikov*, Astron. J., 378, 428, 2001.
9. *В.П.Решетников*, Письма в Астрон. ж., 26, 83, 2000.
10. *V.P.Reshetnikov*, Astron. Astrophys., 353, 92, 2000.
11. *В.П.Решетников, С.А.Климанов*, Письма в Астрон. ж., 29, 488, 2003.
12. *C.R.Bridge, R.G.Carlberg, M.Sullivan*, Astrophys. J., 709, 1067, 2010.
13. *В.П.Решетников*, Успехи физ. наук, 175, 1163, 2005.
14. *R.E.Williams, S.Baum, L.E.Bergeron et al.*, Astron. J., 120, 2735, 2000.
15. *S.Casertano, D. de Mello, M.Dickinson et al.*, Astron. J., 120, 2747, 2000.
16. *K.Glazebrook, A.Verma, B.Boyle et al.*, Astron. J., 131, 2383, 2006.
17. *M.Sawicki, G.Mallen-Ornelas*, Astron. J., 126, 1208, 2003.
18. *E.Vanzella, S.Cristiani, S.Arnouts et al.*, Astron. Astrophys., 396, 847, 2002.

