

УДК 524.7+524.8

Н. Г. Чеснок

Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, Київ

ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИБІРКИ ІЗОЛЬОВАНИХ ГАЛАКТИК, ЩО МІСТЯТЬ АКТИВНІ ЯДРА

Досліджено загальні властивості 62 ізольованих галактик, що містять активні ядра, відібраних з каталогу 2MIG і каталогу Veron+2010, та приведено основні характеристики розподілу цих об'єктів. Запропонована нами вибірка може бути включена до наукової програми досліджень КА «Радіоастрон».

ВСТУП

Метою Каталогу 2MIG (2MASS Isolated Galaxies) [10] було створення нового каталогу ізольованих галактик на основі переваг фотометрично однорідного огляду 2MASS, який охоплює все небо. До складу каталогу 2MIG увійшло 3227 галактик (середня променева швидкість 6470 км/с). В результаті крос-кореляційного аналізу 3227 ізольованих галактик каталогу 2MIG та 169000 галактик каталогу Veron+2010, було отримано вибірку 62 ізольованих галактик, що містять активні ядра (2.2 % від загальної кількості галактик каталогу 2MIG). Метою роботи є дослідження фізичних властивостей галактик цієї вибірки та пошук основних характеристик розподілу цих об'єктів. Дані про галактики, що містять активні ядра (АЯГ), з цієї вибірки отримані за допомогою наземних і космічних телескопів.

Зважаючи на особливий інтерес до вивчення АЯГ, запропонована нами вибірка ізольованих 62 АЯГ близького Всесвіту, тобто таких, що не мали гравітаційного впливу оточення упродовж 1-2 млрд років, може бути включена до наукової програми досліджень КА «Радіоастрон», що планується до запуску у 2010 р.

Однією з основних відмінностей між нормальними галактиками та галактиками з активними ядрами вважається наявність у ядерних областях цих галактик великої кількості пилу та газу. Під дією гравітаційного поля надмасивного цент-

рального об'єкта (найбільш ймовірно, надмасивної чорної діри) з цієї речовини утворюється акреційний диск, з якого відбувається падіння речовини на чорну діру. За рахунок в'язкого тертя у диску виділяється величезна кількість випромінювання з максимумом у УФ-діапазоні. Вивчення властивостей ізольованих АЯГ дозволяє оцінити вплив оточення на формування акреційного диску, характеристики випромінювання, морфологію та інші властивості АЯГ.

У більшості випадків основна увага приділяється дослідженню властивостей ядер АЯГ [5]. Це пов'язано з надмірною потужністю випромінювання їхніх ядер в усіх діапазонах електромагнітного спектру. Менше уваги надається дослідженням батьківських галактик АЯГ та їхньому оточенню. Зокрема в роботі [17] показано, що для спіральних галактик більш ранніх типів, ніж Sc, характерна надмірна активність ядер, а для галактик морфологічних типів пізніших, ніж Sc, властивий вищий темп зореутворення [6]. Вважається, що галактики з високим темпом зореутворення або активністю ядра часто перебувають у гравітаційній взаємодії [13, 14]. Було знайдено, що при порівнянні вмісту АЯГ або галактик з підвищеним темпом зореутворення, що належать до компактних груп Хіксона, та тих, що належать до навколишнього середовища, їхній вміст практично однаковий [18]. Тобто, лише гравітаційна взаємодія з навколишніми галактиками не може пояснювати активність їхніх ядер. Тому створення і дослідження однорідної вибірки ізольованих АЯГ є актуальною задачею,

що дозволить виявити ті властивості АЯГ, на формування яких не впливало оточення.

Одним із результатів сучасних досліджень великомасштабної структури Всесвіту є висновок, що близько 50 % галактик містяться у малонаселених групах, 25 % — у розріджених хмарах, 5—10 % у щільних вірталізованих скупченнях галактик, стільки ж — у їхньому невірталізованому оточенні, і 5—10 % галактик — у загальному міжгалактичному середовищі. При цьому частка, яку у цьому розподілі займають істинно ізольовані галактики, залишається невідомою. Увага до досліджень ізольованих галактик пояснюється тим, що ізольовані галактики не зазнавали гравітаційного впливу сусідніх систем; їхній розвиток визначається лише початковими умовами при утворенні та фізичними процесами, що відбуваються в цих галактиках. Вибірка ізольованих галактик необхідна для перевірки моделей формування та еволюції галактик, а також як опорна вибірка при вивченні властивостей галактик у парах, групах, скупченнях — для розуміння впливу оточення на морфологію, вміст газу та пилу, хімічний склад галактик тощо.

ВИБІРКА ІЗОЛЬОВАНИХ ГАЛАКТИК, ЩО МІСТЯТЬ АКТИВНІ ЯДРА

Для створення вибірки та дослідження властивостей ізольованих АЯГ нами було використано каталог ізольованих галактик 2MIG [10], каталог АЯГ Veron+2010 [23], а також бази даних NED [<http://nedwww.ipac.caltech.edu/>] та HYPERLEDA [<http://leda.univ-lyon1.fr>]. Параметри ізольованих АЯГ визначено за спостереженнями наземних телескопів та космічних місій (Hubble Space Telescope, Chandra, ROSAT та ін.).

Каталог 2MIG. При складанні каталогу 2MIG використовувався фотометрично однорідний огляд 2MASS [<http://www.ipac.caltech.edu/2mass/>] (1640000 об'єктів), котрий охоплює північну та південну півкулі. Головною перевагою огляду у близькому ІЧ-діапазоні є його слабка залежність від галактичного поглинання, а недоліком — слабка чутливість до об'єктів низької яскравості. За критерій ізольованості при складанні каталогу 2MIG взято емпіричне співвідношення [10]

$$X_{1i} / a_i \geq s = 30, \quad 4 \geq a_i / a_1 \geq 1/4,$$

де a_1 — кутовий діаметр «ізольованої» галактики, a_i — кутовий діаметр i -ї сусідньої галактики, X_{1i} — кутова відстань від фіксованої галактики до i -ї сусідньої галактики.

Було прийнято обмеження на значення зоряної величини K_s та кутового діаметра a_K :

$$4.0^m < K_s \leq 12.0^m, \quad a_K \geq 30''$$

де $a_K \equiv 2r_{20fe}$ — ізофотний K -діаметр, $K_s \equiv K_{20fe}$.

У каталозі 2MIG міститься 3227 об'єктів. Ефективна глибина каталогу 2MIG $z = 0.02$, а максимальне значення $z \approx 0.8$.

Каталог Veron+2010. Перша версія каталогу активних ядер галактик і квазарів нараховувала 202 об'єкти (1971 р.). Найновіша 13-та версія каталогу нараховує 130843 квазарів, 36724 АЯГ (серед яких 17446 галактик Сейферта типу 1s) та 1374 об'єкти типу BL Lac [23].

При складанні каталогу Veron+2010 було прийнято визначення квазара як зореподібного об'єкта або об'єкта з зореподібним ядром, широкими емісійними лініями у спектрі та з абсолютною зоряною величиною $M_B < -23^m$. Для кожного об'єкта у каталозі приведено значення видимої зоряної величини у смузі B .

Як АЯГ-об'єкти до каталогу Veron+2010 увійшли галактики Сейферта типу 1s та 2s, об'єкти LINERS з абсолютною зоряною величиною $M_B > -23^m$ та галактики з областями H II (використано класифікацію галактик Сейферта, введено Вінклером у 1992 р. [24]). Ефективна глибина каталогу Veron+2010 $z = 0.2$, а максимальне значення $z \approx 5.8$ (рис. 1).

Вибірка ізольованих АЯГ. Для побудови вибірки ізольованих АЯГ ми виконали крос-кореляційний аналіз об'єктів каталогу 2MIG [10] з об'єктами останньої версії каталогу Veron+2010 [23].

Для приведення вибірки ізольованих АЯГ до однакової глибини каталогів по z при умові $z < 0.8$ для каталогу Veron+2010 ми відібрали 33803 із 36724 АЯГ, 13573 із 130843 квазарів та 670 із 1374 об'єктів типу BL Lac. Вивчення крос-кореляції галактик каталогів 2MIG і Veron+2010 дало можливість сформувати вибірку із 69 ізольованих АЯГ та одного квазара (NGC 0157). Після додаткового дослідження спектральних характеристик отриманої вибірки було виявлено, що вісім галактик (NGC 0625, PGC 86000,

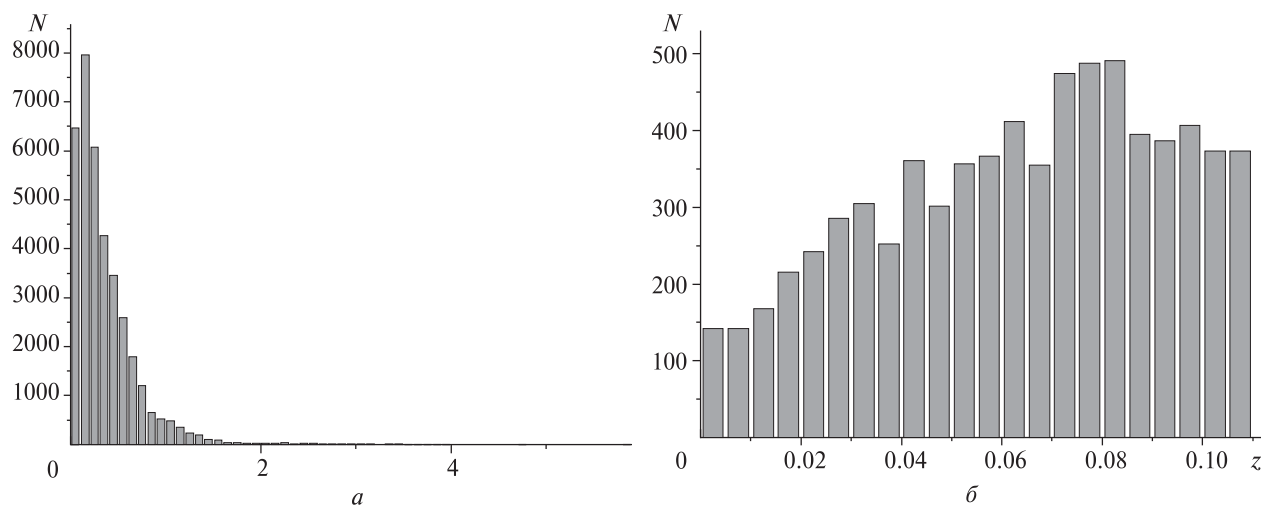


Рис. 1. Розподіл АЯГ каталогу Veron+2010 по значенню z (а) та розподіл АЯГ каталогу Veron+2010, приведенного до тієї ж глибини, що і каталог 2MIG, по значенню z (б)

NGC 2718, NGC 2989, NGC 3353, NGC 4152, NGC 4385, NGC 0157) не містять активних ядер. Їхня активність пов'язана з зореутворенням. У табл. 1 приведено основні характеристики галактик досліджуваної вибірки за даними каталогів 2MIG, Veron+2010 та баз даних NED та LEDA. Приведено порядковий номер та ім'я об'єкта у каталозі 2MIG (зірочкою позначено об'єкти, що не були виявлені в радіодіапазоні з каталогу Veron+2010); екваторіальні координати α , δ з каталогу 2MIG на епоху J2000.0; велика піввісь r еліпса, що відповідає ізофоті $K = 20^m/\text{сд}^2$, а також зоряна величина K_s всередині цього еліпса; безрозмірна «відстань» $2s = X_{i_1}/r_i$ між ізольованою галактикою та її найближчим значимим сусідом; морфологічний тип T за цифровою шкалою де Вокулора; червоне зміщення z ; абсолютна зоряна величина M_B галактики; видима зоряна величина V ; кількість N значимих сусідів ізольованої галактики з каталогу 2MIG; відстань L до галактики, обчислена за світністю (у дужках — відстань L' , обчислена методами, що не залежать від z); велика та мала півосі (a , b); спектральний тип Sp ; відношення осей b/a ; надлишок кольору $E(B-V)$ у зоряних величинах.

Характеристики деяких об'єктів приведено нижче.

NGC 6951. Незважаючи на активність у ядрі, цей об'єкт є звичайною галактикою з баром типу

Sbc. Особливостями цієї галактики можна вважати низький темп зореутворення та наявність вузького, добре визначеного кільця на відстані $5''$ від центра. Морфологія та властивості внутрішнього регіону можуть бути результатом падіння газу, спричиненого нестабільністю у барі. Знайдено аргументи на користь того, що активність ядер ізольованих галактик спричинена тим самим механізмом, тобто зв'язана з наявністю бару [15]. За даними спостережень маса атомарного газу складає $M_{\text{H I}} = 7.85 \cdot 10^9 M_{\odot}$ [22], тобто близько 6 % усієї маси галактики. Згідно з оцінкою вмісту молекулярного газу в роботі [12] його маса складає $M(\text{H}_2) \approx 1.2 \cdot 10^9 M_{\odot}$. Відношення $M_{\text{gas}}/L_B = 0.35$ відповідає середньому значенню цього параметра для галактик типу Sbc (0.39 ± 0.03 [28]).

NGC 7479 класифікується як спіральна галактика з двома рукавами типу SB(s)c, з сильними признаками асиметрії у всіх компонентах: балджі, диску, барі та спіральних рукавах. Високий темп зореутворення було визначено за даними спостережень в далекому інфрачервоному діапазоні та в лінії H_{α} [16]. За спектральними лініями в оптичному діапазоні NGC 7479 класифікується як LINER [11]. В роботі [25] вказано на багато особливостей морфологічної структури NGC 7479. Бар та спіральний рукав у північній частині масивніші, ніж у південній. Рукав у північній

Таблиця 1. Вибірка ізольованих АЯГ

№ 2MIG	Ім'я	α_{2000}	δ_{2000}	r	K_s	$2s$	T	z	M_B	V	N	$L(L')$, Мпк	a	b	Sp	b/a	$E(B-V)$
9	IC1529	00 ^h 05 ^m 13.22 ^s	-11°30'09.3"	21.9	10.37 ^m	113.2	0	0.023	-21.4 ^m	14.3 ^m	2	89.5	1.7 ^m	1.6 ^m	-	0.94	0.035 ^m
35	IC0009	00 19 44.00	-14 07 18.4	15.3	11.36	87.33	3	0.042	-21.6	15.42	1	173	0.4	0.3	Sy2	0.75	0.031
223	NGC0773	01 58 52.01	-11 30 52.6	31.3	10.03	75.1	1	0.018	-21.2	14		71.9	1.3	0.7	LINER?	0.54	0.029
243	UGC01597	02 06 16.00	-00 17 29.2	20.8	10.66	61.25	0	0.043	-21	15.52		176	1	0.5	Sy1	0.50	0.028
267	UGC01757	02 17 23.07	38 24 49.9	28.6	10.27	74.94	3	0.02	-20.7	13.84		69.8	0.8	0.2	Sy2	0.25	0.057
287	NGC0918	02 25 50.22	18 29 56.1	73.1	9.06	69.58	5	0.005	-16.4	15.01		17.3 (18.4)	3.5	2.0	AGN	0.57	0.344
320	NGC1050	02 42 35.57	34 45 48.4	37	9.81	85.42	1	0.013	-21	13.5		51.1	1.4	1.1	Sy2	0.79	0.062
* 415	ESO116-018	03 24 53.04	-60 44 18.1	21.9	10.49	73.28	0	0.018	-22.5	12.7		76.6	1.4	0.3	Sy2	0.21	0.074
* 417	MCG-02-09-040	03 25 04.94	-12 18 28.5	21.7	10.66	67.49	0	0.015	-19.7	14.15	2	60.2	0.9	0.3	Sy2	0.33	0.089
447	FCCB1658	03 43 26.52	-31 44 38.2	16.6	11.73	69.5	4	0.032	-21.5	14.9		135	0.7	0.4	Sy2	0.57	0.009
479	PGC89963	03 56 00.88	-13 42 32.7	18.7	11.71	62.08	4	0.03	-20.3	16		122			Sy2		0.054
488	UGC02936	04 02 48.25	01 57 56.6	74.7	8.99	89.84	5	0.013	-19.5	15		51.2 (46.8)	2.5	0.7	Sy2	0.28	0.452
500	ESO483-009	04 07 42.51	-22 42 54.9	22.1	10.94	73.02	0	0.032	-21.3	15.1		135	1.5	0.6	LINER?	0.40	0.049
598	ESO551-024	04 39 11.84	-21 20 51.7	21	10.19	68.96	1	0.031	-21.4	15	1	130	1.2	0.4	LINER?	0.33	0.032
705	ESO553-042	05 25 02.38	-20 27 01.5	17.3	11.14	93.47	1	0.045	-22.2	15		190	1.4	0.8	LINER?	0.57	0.058
749	ESO306-025	05 45 51.09	-39 29 39.2	16.4	11.29	61.56	1	0.025	-21	14.9		102	1.0	0.7	Sy2	0.70	0.051
895	PGC86000	06 50 30.94	-19 59 26.7	16.2	11.33	66.35	4	0.026	-19.9	016.2					Sy1.8		
* 1018	ESO208-034	07 43 31.71	-51 40 56.7	31.4	10.31	73.11	2	0.025	-20.5	15.35	1	109	1.0	0.4	Sy2	0.40	0.299
* 1086	IC2227	08 07 07.17	36 14 00.1	17	10.85	61.65	0	0.032	-21.3	14.21	2	139	0.9	0.5	Sy2	0.56	0.052
1126	CGCG179-005	08 25 10.24	37 59 20.2	16.5	11.74	69.58	3	0.021	-17.1	17.41		91.2	0.7	0.2	Sy2	0.29	0.040
1345	NGC3035	09 51 55.02	-06 49 22.5	32	9.97	60.05	3	0.015	-21.3	13.5		65.3	1.6	1.4	Sy1.8	0.88	0.075
1363	NGC3081	09 59 29.53	-22 49 34.3	54.3	9.06	106.1	0	0.007	-18.7	13.55		37.7 (32.5)	2.1	1.6	Sy2	0.76	0.055
1384	ESO499-041	10 05 55.37	-23 03 25.1	17.1	10.54	78.94	0	0.012	-19.8	14.5		57.8	1.0	0.5	Sy1n	0.50	0.058
1442	ESO317-038	10 29 45.61	-38 20 54.7	33	10.33	82.27	1	0.015	-20.3	14.5		67.4	1.3	0.4	AGN	0.31	0.072
* 1454	MCG-02-27-009	10 35 27.35	-14 07 47.6	38.8	10.18	86.78	1	0.015	-20.4	14.33		67.	1.9	0.5	Sy2	0.26	0.069
* 1516	ESO215-014	10 59 19.09	-51 26 32.9	29.3	11.31	66.11	5	0.019	-19.5	15.8		83	1.0	0.7	Sy1	0.70	0.364
* 1522	UGC06087	11 00 32.50	02 06 57.3	26.6	11.45	67.32	3	0.039	-21.6	14.4		173	0.9	0.7	Sy1	0.78	0.043
1550	ESO438-009	11 10 47.97	-28 30 03.9	15.1	10.64	70.77	2	0.024	-21.1	14.17	2	105	1.0	0.7	Sy1	0.70	0.062
* 1571	UGC06398	11 23 11.44	29 35 53.9	30.1	11.19	101.1	6	0.047	-21.3	14.81		206	1.3	0.3	Sy2	0.23	0.016
1573	PGC35009	11 24 02.75	-28 23 15.5	17	11.42	78.23	3	0.014	-21.6	13					Sy2		

1589	ESO571-003	11 28 59.56	-22 28 59.1	25.8	10.75	108.1	0	0.027	-21.5	14.6	3	120	1.1	0.9	AGN	0.82	0.038
* 1607	2MASX	11 36 42.05	-60 03 07.0	22.7	10.87	80.2	1	0.014							Sy2/LINER		
* 1633	UGC06769	11 47 43.69	01 49 34.3	18.1	11.33	109.8	3	0.029	-17.9	17.18		125	1.2	0.6	Sy2	0.50	0.030
* 1646	CGCG243-024	11 53 41.76	46 12 42.6	15.2	11.84	70.66	3	0.024	-19.6	15.45		106	0.6	0.6	SyIn	1.00	0.029
1709	ESO506-004	12 21 49.04	-24 10 05.6	54.4	9.25	99.74	2	0.013	-21.9	12.6	1	60.5 (65.4)	2.1	1.1	LINER?	0.52	0.077
1724	NGC4395	12 25 48.92	33 32 48.2	37.6	11.1	70.01	9	0.001	-18.1	10.27		8.03 (4.1)	13	11	Sy1.8	0.85	0.017
1873	NGC5231	13 35 48.25	02 59 55.6	20.7	10.37	63.11	2	0.022	-18.5	16.17		95.2	1.1	1.0	Sy1	0.91	0.024
1878	PGC170278	13 37 35.04	-21 12 58.6	15.8	11.65	64.58	2	0.052	-22.2	15.26	1	228	0.7	0.4	Sy2	0.57	0.085
1914	MCG-03-35-020	13 53 08.20	-16 57 37.1	31	10.57	86	3	0.021	-20.5	15	1	91.6	1.0	0.2	LINER?	0.20	0.080
1915	NGC5347	13 53 17.85	33 29 26.7	41.3	9.82	60.02	2	0.008	-19.9	12.7		35.1 (36.7)	1.7	1.3	Sy2	0.76	0.021
1950	ESO097-013	14 13 09.90	-65 20 20.4	59.5	5.04	156.2	2	0.001	-16.8	12.1		8.01 (4.205)	6.9	3.0	Sy1h,Sy2	0.43	1.455
1981	MCG-02-37-004	14 26 12.28	-11 54 16.3	20.2	11.38	93.23	3	0.041	-22	15	1	180	0.5	0.4	Sy2	0.80	0.085
1989	PGC989455	14 29 33.27	-09 33 40.5	18.9	11.1	63.26	1	0.043	-21.6	15.5		185	0.9	0.5	LINER?	0.56	0.064
1998	NGC5664	14 33 43.60	-14 37 10.9	24.8	10.29	72.57	1	0.015	-20.3	14.52	2	66.4	0.6	0.3	Sy2	0.50	0.079
2018	CGCG248-019	14 43 31.25	49 23 35.3	18.1	11.26	62.29	3	0.03	-20.8	14.61		128	0.7	0.6	Sy1	0.86	0.029
2067	MCG+09-25-022	15 07 45.04	51 27 09.6	21.1	11.26	78.51	3	0.042	-19.2	16.95		197	0.9	0.3	Sy1	0.33	0.024
2139	NGC5968	15 39 57.15	-30 33 10.0	51.4	8.84	144.7	4	0.018	-19.7	14.32		78	2.1	1.9	LINER?	0.90	0.125
2140	ESO583-002	15 40 20.48	-18 26 33.5	22.1	11.04	80.39	4	0.023	-20.2	15.5		101 (88.1)	1.4	1.0	Sy1	0.71	0.117
2183	UGC10120	15 59 09.67	35 01 47.3	22.9	11.18	70.53	3	0.032	-20.7	15.06		133	0.8	0.7	SyIn	0.88	0.025
* 2202	UGC10244	16 09 55.47	43 07 44.3	26.1	10.88	73.7	4	0.033	-20.5	14.92		138 (161.5)	1.1	0.2	Sy3,LINER	0.18	0.015
* 2357	UGC10774	17 14 09.07	58 49 06.7	17.3	11.59	99.3	3	0.03	-16.9	18.34		125	0.9	0.5	Sy,NLAGN	0.56	0.029
2363	NGC6300	17 16 59.47	-62 49 13.9	16.8	7.01	80.05	3	0.003	-17.1	13.08		15.7 (15.06)	4.5	3.0	Sy2	0.67	0.097
2509	PGC206329	18 27 09.10	-35 03 10.5	16	11.75	73	8	0.047	-22.6	R14.1					LINER?		
2570	PGC86291	18 51 59.48	11 52 33.7	44	8.97	111.8	3	0.009	-18.7	15		33.7	2.0	1.6	Sy1	0.80	0.576
2811	NGC6951	20 37 14.07	66 06 20.3	15.6	7.36	84.94	3	0.006	-17.7	14.04		17.4 (22.64)	3.9	3.2	Sy2	0.82	0.366
3051	MCG-0257008	22 29 55.37	-08 16 45.5	25.4	10.86	87.49	4	0.035	-22	14.6		144	0.8	0.8	AGN	1.00	0.059
3107	2MFGC17245	22 55 59.94	-12 22 11.7	20.8	11.25	68.04	3	0.026	-20.5	15.5	1	101			AGN	0.037	
3110	UGC12282	22 58 55.28	40 55 55.9	57.8	9.11	83.23	1	0.017	-20.3	14.7		66.4	1.9	0.5	Sy1.9	0.26	0.142
3118	NGC7479	23 04 56.66	12 19 22.3	87.9	8.36	139.2	4	0.007	-18.2	13.88		27.7 (33.85)	4.1	3.1	Sy1.9	0.76	0.112
* 3128	IC5287	23 09 20.28	00 45 23.0	22.8	11.2	75.36	4	0.032	-18.3	17.08		132	1	0.7	Sy1.2	0.70	0.040
3166	IC1495	23 30 47.73	-13 29 07.6	26.8	10.55	75.71	3	0.021	-22.5	13		84.1	1.3	1.0	Sy2	0.77	0.030
* 3194	NGC7749	23 45 47.55	-29 31 04.1	33.2	10.17	68.73	0	0.035	-22.8	13.82		142	1.6	1.1	LINER?	0.69	0.019

Примітка: Зірочкою позначено об'єкти, що не були виявлені в радіодіапазоні з каталогу Veron+2010

частині розділяється на три менші частини. Вздовж бару розташовані численні регіони зореутворення [1]. Маса галактики NGC 7479 визначена як сума трьох складових: $M_{tot} = 1.03 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, $M_{bulge} = 5.92 \cdot 10^9 M_{\odot}$, $M_{disk} = 8.28 \cdot 10^{10} M_{\odot}$, $M_{bar} = 1.41 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ [25].

NGC 3081. Галактика NGC 3081 має класичний ранній спіральний тип та найбільше відрізняється за морфологією серед загальної популяції галактик. Галактика має чотири кільця: ядерне, внутрішнє та два зовнішніх. У кожному кільці відбувається активне зореутворення, у той час як між кільцями зореутворення не спостерігається або воно слабке [4]. Згідно з даними [3] виникнення кілець пов'язано з орбітними резонансами у площині диску галактик з баром, де газ збирається за рахунок гравітаційного кутового моменту бару. В результаті n -тілого моделювання на основі спостережних даних за допомогою космічного телескопу Габбла в роботі [4] показано, що внутрішнє газове кільце сформовано за рахунок збурень бару, що обертається в області скупчення азимутальних хмар, де кільце перетинає головну вісь бару. Поверхнева густина диску склала $13 M_{\odot} \text{пк}^{-2}$ на відстані 7 кпк від центра та $19 M_{\odot} \text{пк}^{-2}$ на відстані 13 кпк від центра [4].

NGC 4395. Ядро карликової галактики NGC 4395 має найменшу світність серед усіх відомих об'єктів такого типу, у 100 разів меншу, ніж світність інших галактик Сейферта [21]. Головною особливістю в оптичному та ультрафіолетовому діапазонах є наявність у спектрах широких емісійних ліній. В рентгенівському діапазоні це компактний об'єкт з сильною спектральною змінністю [9, 19, 20], в радіодіапазоні NGC 4395 також є компактным об'єктом з високою температурою [7, 8, 26], хоча формально вважається радіотихим об'єктом [7]. Спектральний енергетичний розподіл від рентгенівського до радіодіапазону такий, як і в усіх галактиках Сейферта 1-го типу [20]. В роботах [21, 27] було визначено масу центральної чорної діри в NGC 4395 $M_{BH} = (3.6 \pm 1.1) \cdot 10^5 M_{\odot}$. Це проміжний діапазон мас між надмасивними чорними дірами в АЯГ та масивними залишками наднових, що були знайдені у подвійних системах [20]. Маса центральної чорної діри галактики NGC 4395 наймен-

ша серед обчислених на даний момент для АЯГ; темп акреції на ядро цієї галактики дуже низький [21].

NGC 6300. Спектр ядра галактики NGC 6300 в жорсткому рентгенівському діапазоні описується степеневим законом та свідчить про поглинання у комптонівському тонкому диску, яке характерне для галактик Сейферта 2-го типу. В роботі [2] знайдено швидку змінність з характерним часовим масштабом близько 1000 с в діапазоні 2 кеВ. На основі дослідження змінності випромінювання в рентгенівському діапазоні NGC 6300 зроблено висновок, що маса центральної чорної діри та властивості акреції типові для галактик Сейферта 1-го типу. Тобто, ядро галактики NGC 6300 «затемнене» речовиною. Цей результат підтверджує уніфіковану схему, розроблену на основі спостережень. Маса центральної чорної діри $M_{BH} \approx 2.8 \cdot 10^5 M_{\odot}$, болометрична світність $L = 3.3 \cdot 10^{36} \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1}$ [2].

ПОРІВНЯННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІЗОЛЬОВАНИХ АЯГ ТА ІЗОЛЬОВАНИХ ГАЛАКТИК З КАТАЛОГУ 2MIG

Із усіх галактик нашої вибірки 16 не ототожнено як радіоджерела, а 46 ототожнено як радіоджерела (26 та 74 % від загальної кількості ізольованих АЯГ). У каталозі Veron+2010 30698 галактик не ототожнено як радіоджерела та 6026 ототожнено як радіоджерела (84 та 16 %); серед галактик у діапазоні червоних зміщень $z < 0.2$ — відповідно 75 та 25 %. Більша доля галактик, які було ототожнено з радіоджерелами для вибірки ізольованих АЯГ, ніж для каталогу Veron+2010, може пояснюватись тим, що об'єкти каталогу Veron+2010 з $z > 0.2$ не були дослідженими в радіодіапазоні.

На рис. 2 подано розподіл ізольованих АЯГ за спектральними типами. Відповідно до класифікації, введеної Уїдменом та Хачікяном у 1970-х рр., у спектрах галактик Сейферта 1-го типу є вузькі та широкі лінії, а у спектрах галактик Сейферта 2-го типу — лише вузькі. До того як було відкрито проміжні типи галактик Сейферта, ця класифікація пояснювалась за допомогою уніфікованої схеми, згідно з якою спектральний тип галактики Сейферта залежить від кута, під яким

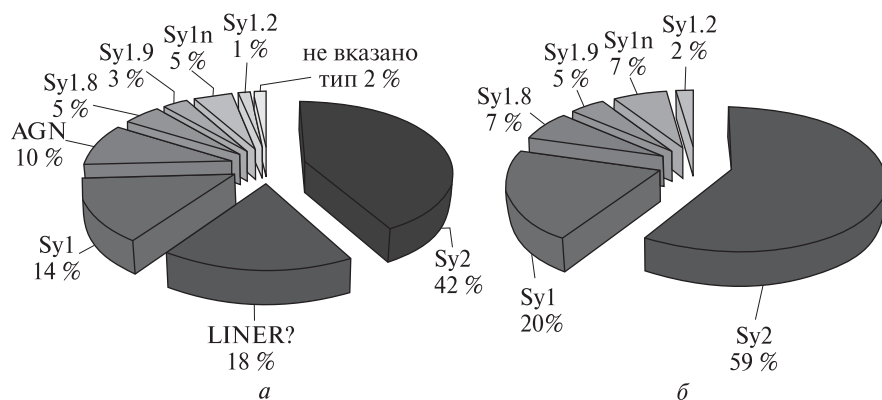


Рис. 2. Розподіл за спектральними типами: *a* — вибірки 62 ізольованих АЯГ, *б* — 44 галактик Сейферта з вибірки ізольованих АЯГ

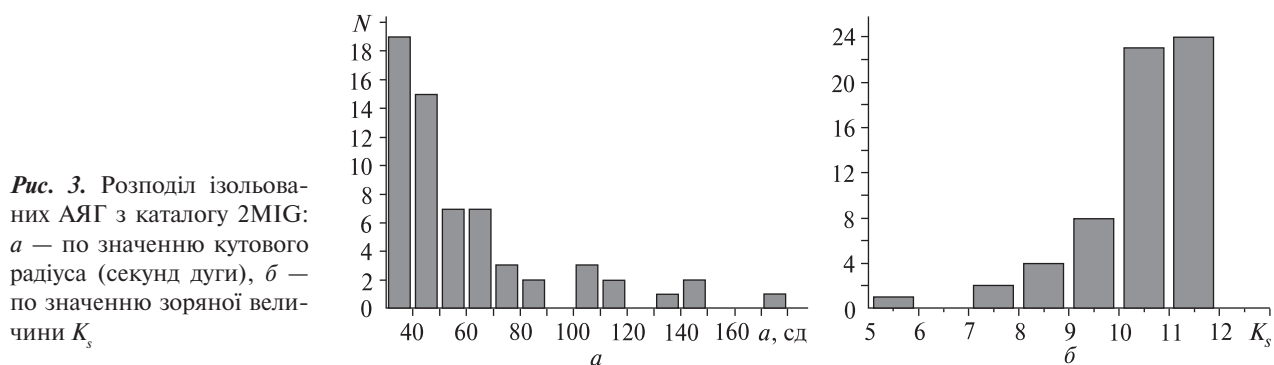


Рис. 3. Розподіл ізольованих АЯГ з каталогу 2MIG: *a* — по значенню кутового радіуса (секунд дуги), *б* — по значенню зоряної величини K_s

площина галактики повернута до спостерігача. Пізніше було знайдено, що у спектрах деяких галактик Сейферта 2-го типу в поляризованому світлі спостерігається широка складова. Відповідно до уніфікованої схеми, в залежності від кута, під яким спостерігається площа галактики Сейферта, їх розділяють на галактики 1-го та 2-го типів. Серед вибірки з 62 ізольованих АЯГ 42 % складають галактики Сейферта 2-го типу (рис. 2, *a*). Доля галактик Сейферта 1-го типу виявилась утричі меншою (14 %). Через те що для частини об'єктів з вибірки ізольованих галактик не було даних щодо спектральної класифікації (2 %), то для порівняння також було знайдено розподіл серед галактик Сейферта за типами. Галактики 2-го типу склали 59 %, 1-го — 20 %, решта — проміжні типи. Якщо спектральний тип залежить лише від кута, під яким спостерігається площа галактики (уніфікована схема), то розподіл мав би бути однорідним. Тобто, уніфікована схема не повністю описує спостережуваний розподіл галактик Сейферта за спектральними типами.

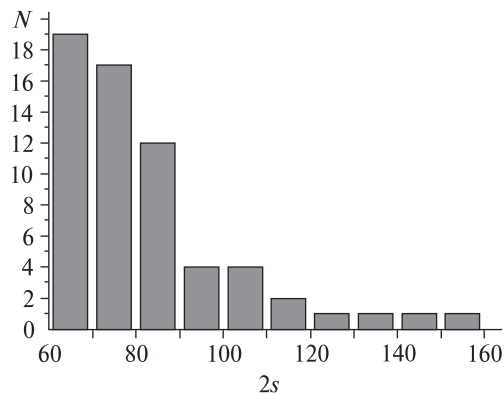


Рис. 4. Розподіл вибірки ізольованих АЯГ каталогу 2MIG по значенням безрозмірного параметра $2s$

На рис. 3 зображено розподіл ізольованих АЯГ з каталогу 2MIG: *a* — по величині кутового радіуса, *б* — по зоряній величині K_s , що відповідає ізофоті $K_{20\%}$. Кутові діаметри ізольованих АЯГ менші, ніж у галактик каталогу 2MIG (62 % 2MIG галактик мають діаметри 40—50"; 71 % АЯГ мають діаметри 30—50"). Ця відмінність потребує статистичної перевірки на значимість.

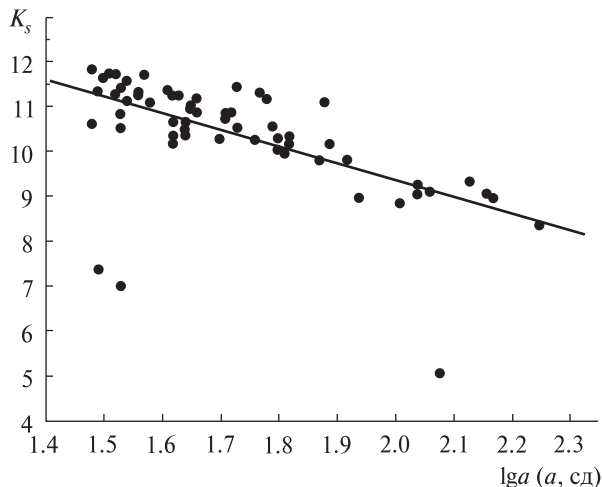


Рис. 5. Залежність видимої величини K_s від $\lg a$ для ізольованих АЯГ з каталогу 2MIG

На рис. 4 представлено розподіл ізольованих АЯГ з нашої вибірки по значеннях безрозмірного параметра ізольованості $2s$. Середнє значення для 62 об'єктів складає $2s = 82.4$, що збігається зі значеннями для каталогу 2MIG ($2s = 81.1$) та для галактик 2MVIG ($2s = 81.9$).

На рис. 5 представлено залежність видимої величини K_s від логарифма кутового радіуса a_K для вибірки 62 ізольованих галактик каталогу 2MIG. Цю залежність можна описати виразом $K_s = -3.73 \lg a + 16.8$, близьким до виразу, отриманого для каталогу 2MIG ($K_s = -3.77 \lg a + 17.29$).

На рис. 6 представлено розподіл по небу 62 ізольованих АЯГ з каталогу Veron+2010 в галак-

тичних координатах. Була обчислена відстань між усіма ізольованими АЯГ, мінімальна відстань становить 1.5° між NGC 3081 та ESO 499-041. Об'єкти ESO 438-009 та PGC 35009 перебувають на кутовій відстані 2.87° , MCG-02-37-004 та PGC 989455 — на відстані 2.3° . Максимальна кутова відстань між ізольованими АЯГ вибірки становить 269.4° між PGC89963 та 2MASX 11364205-6003070; середня кутова відстань становить 141.6° .

Для визначення просторової відстані між ізольованими АЯГ вибірки було використано відстань за світністю, приведену в базі даних NED. Мінімальна відстань становить 7.67 Мпк для NGC 0625 та ESO 097-013. Аналогічно було знайдено 16 пар ізольованих АЯГ, для яких просторова відстань менша за 3° . Максимальне значення відстані 396.27 Мпк для UGC 01597 та PGC 170278, середня відстань становить 135.78 Мпк.

Розподіл вибірки ізольованих АЯГ по променевих швидкостях виявився близьким до рівномірного (рис. 7) без видимого піку (середнє значення $\langle V_{LG} \rangle = 7096$ км/с), тоді як каталог 2MIG характеризується піком поблизу 5000 км/с при середньому значенні $\langle V_{LG} \rangle = 6570$ км/с.

На рис. 8 та у табл. 2 представлено долю ізольованих АЯГ різних морфологічних типів у вибірці. Галактики типу Sb складають близько 31% , Sa, Sbc, S0 — близько 15% . Еліптичних, іррегулярних галактик немає взагалі, тоді як у каталозі 2MIG їх загалом близько 10% . У каталозі 2MIG

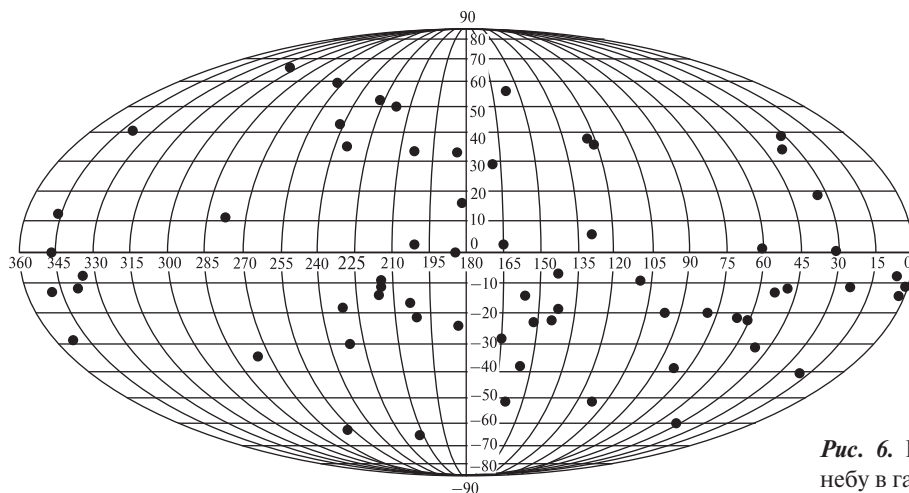


Рис. 6. Розподіл 62 ізольованих АЯГ по небу в галактичних координатах

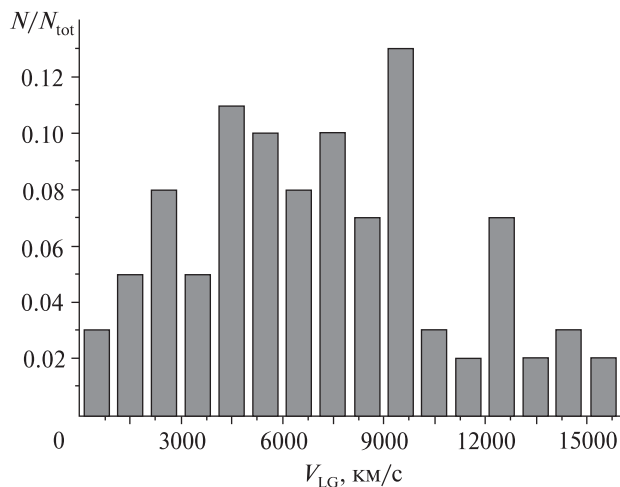


Рис. 7. Розподіл 62 ізольованих АЯГ по значеннях променевої швидкості V_{LG}

більшість складають галактики типів Sc, Sbc та Sb (25, 20 та 16 %).

На рис. 9 показано залежність променевої швидкості ізольованих АЯГ від їхнього морфологічного типу. Зміна медіанної променевої швидкості відбувається так само, як і для галактик каталогу 2MIG.

ТИПОВІ ЗАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ АЯГ

Побудовано залежності показників кольору $B - V$ та $U - B$ від z для АЯГ, що містяться в каталозі Veron+2010 для $z < 0.06$, та ізольованих галактик з активними ядрами. Значення показників кольору $B - V$ та $U - B$ взято з каталогу Veron+2010. З рис. 10 видно, що даний розподіл має рівномірний характер у межах $z < 0.06$ як для АЯГ, так і для ізольованих АЯГ. За даними роботи [23] різке збільшення показників кольору $B - V$ та $U - B$ відбувається при $3 < z < 4$.

На рис. 11 показано розподіл ізольованих АЯГ по значеннях відношення осей b/a . Рис. 12 показує, що немає явної залежності абсолютної зоряної величини від параметра b/a .

На рис. 13 зображено залежність відстані до ізольованих АЯГ, визначеної за світністю, від відстані до об'єкта, визначеної методами, що не залежать від червоного зміщення. Видно, що обидві оцінки добре узгоджуються. Іншими словами, для визначення просторової відстані між

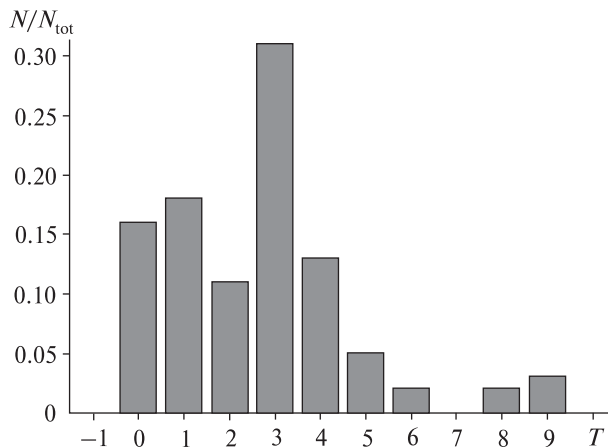


Рис. 8. Розподіл ізольованих АЯГ по морфологічних типах

Таблиця 2. Доля об'єктів різних морфологічних типів у вибірці ізольованих галактик з активними ядрами та для галактик каталогу 2MIG

Морфологічний тип	Вибірка ізольованих АЯГ	Каталог 2MIG
E	—	7 %
S0	16 %	10 %
Sa	18 %	1 %
Sb	31 %	15 %
Sbc	13 %	18 %
Sc	5 %	27 %
Irr	—	2 %

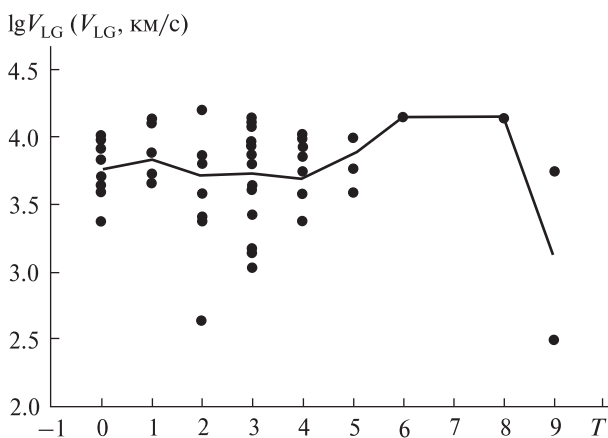


Рис. 9. Залежність променевої швидкості АЯГ від морфологічного типу

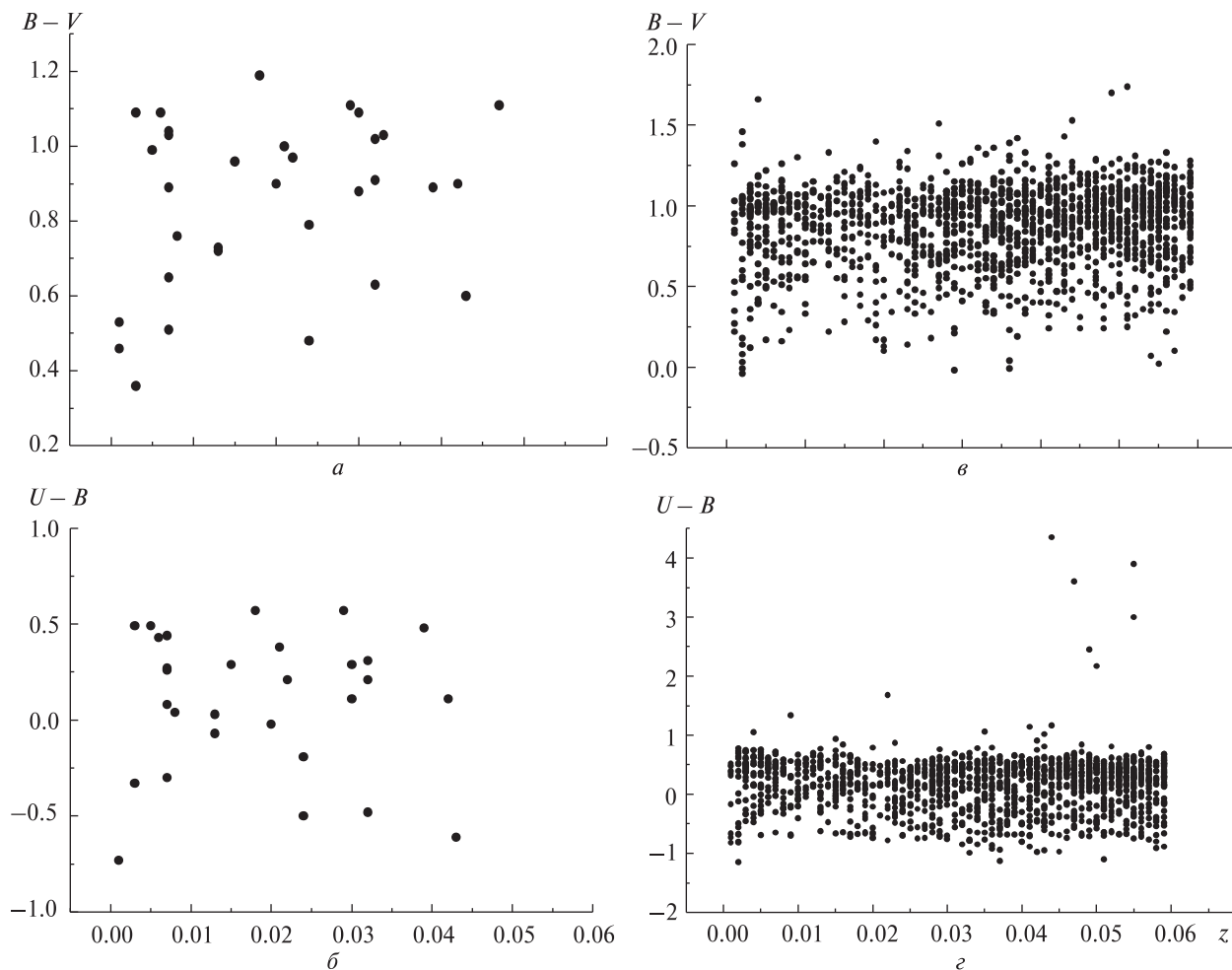


Рис. 10. Залежність показника кольору $B - V$ (a) та $U - B$ (b) від червоного зміщення z для вибірки ізольованих АЯГ та для вибірки АЯГ з каталогу Veron+2010 з $z < 0.06$ (ϵ, z)

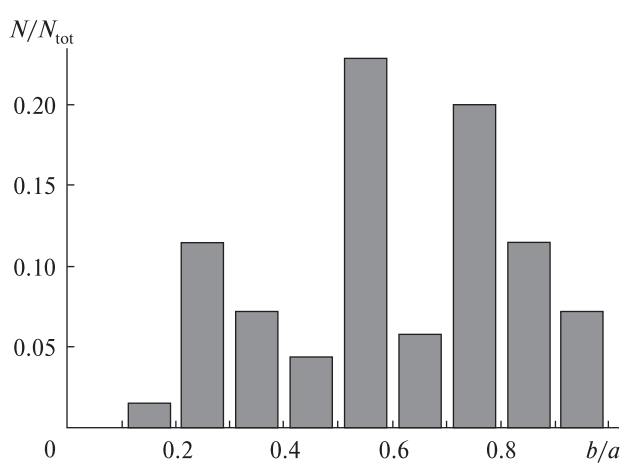


Рис. 11. Розподіл ізольованих АЯГ по значеннях b/a

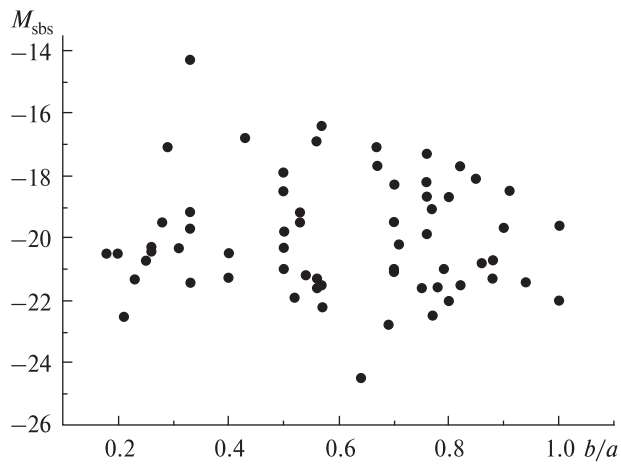


Рис. 12. Корелятивна залежність абсолютної зоряної величини ізольованих АЯГ від параметра b/a

ізольованими галактиками з активними ядрами можна використовувати значення відстані до об'єкта за його світністью.

ВИСНОВКИ

Вибірка ізольованих галактик з активними ядрами необхідна для перевірки моделей формування та еволюції галактик, а також як опорна вибірка при вивченні властивостей галактик у парах, групах, скупченнях — для розуміння впливу оточення на такі фундаментальні властивості галактик, як їхня морфологія, вміст газу та пилу, хімічний склад, темпи зореутворення тощо.

Для створення вибірки та дослідження властивостей ізольованих АЯГ нами було використано каталог ізольованих галактик 2MIG та каталог АЯГ Veron+2010, а також бази даних NED та HYPERLEDA.

У розподілі вибірки ізольованих АЯГ по променевих швидкостях не виявлено піку, а розподіл має рівномірний характер із середнім значенням $\langle V_{LG} \rangle = 7096$ км/с, тоді як для каталогу 2MIG пік розподілу за променевими швидкостями приходить на 5000 км/с (середнє значення $\langle V_{LG} \rangle = 6570$ км/с).

Кутові діаметри ізольованих АЯГ менші, ніж у галактик каталогу 2MIG (більшість 2MIG-галактик, а саме близько 2000 об'єктів, мають діаметри 40–50", більшість ізольованих АЯГ (≈ 50) мають діаметри 30–50"). Ця відмінність потребує статистичної перевірки на значимість.

Серед вибірки з 62 ізольованих АЯГ 42 % складають галактики Сейферта 2-го типу (рис. 2, а). Доля галактик Сейферта 1-го типу виявилась утричі меншою (14 %). Через те що для 2 % об'єктів з вибірки ізольованих галактик не було даних щодо спектральної класифікації, то для порівняння також було знайдено розподіл серед галактик Сейферта за типами. Приблизно 59 % склали галактики другого типу, 20 % — першого, решта — проміжні типи. Якщо спектральний тип залежить лише від кута, під яким спостерігається площа галактики (уніфікована схема), то розподіл, згідно з теорією ймовірності, мав би бути однорідним. Тобто, признаки галактик Сейферта можна пояснити не лише в рамках уніфікованої схеми.

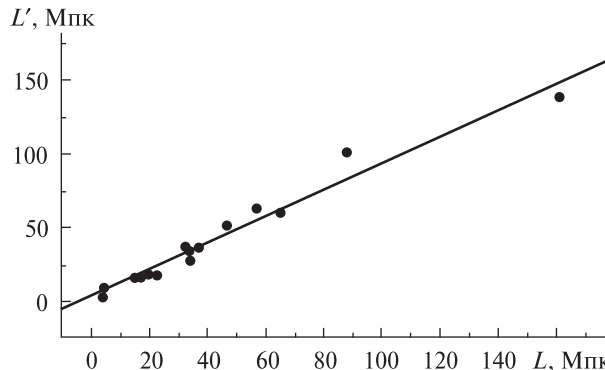


Рис. 13. Корелятивна залежність відстані L до ізольованих АЯГ, визначеної за світністю, від відстані L' до об'єкта, визначеної методами, що не залежать від червоного зміщення

Іншою відмінністю між вибіркою ізольованих АЯГ та ізольованих галактик каталогу 2MIG є розподіл за їхніми морфологічними типами. У складі вибірки ізольованих АЯГ галактики типу Sb складають близько 31 %, Sa, Sbc, S0 — близько 15 %. Еліптичні, іррегулярні галактики відсутні взагалі, тоді як у каталозі 2MIG їх загалом близько 10 %. Серед галактик Каталогу 2MIG більшість Sc, Sbc та Sb близько 25, 20 та 16 % відповідно.

Автор вдячна І. Б. Вавиловій за постановку задачі і науковій дискусії; а також В. Ю. Караченцевій за надання каталогу 2MIG до його публікації та цінні зауваження до рукопису. Робота виконувалася за часткової підтримки російсько-українського проекту ДФФД «Створення нових каталогів ізольованих галактик» № Ф28.2/265 (2009–2010 р).

1. *Agueri J. A. L., Muñoz-Tuñon C., Varela A. M., et al. Characterizing bar structures: application to NGC 1300, NGC 7479 and NGC 7723 // Astron. and Astrophys. — 2000. — 361. — P. 841–849.*
2. *Awaki H., Murakami H., Leighly K. M., et al. A variability study of the Seyfert 2 galaxy NGC 6300 with XMM-Newton // Astrophys. J. — 2005. — 632. — P. 793–798.*
3. *Buta R., Combes F. Galactic Rings // Fundam. Cosm. Phys. — 1996. — 17. — P. 95–281.*
4. *Byrd G. G., Freeman T., Buta R. G. The inner resonance of NGC 3081. II. Star formation, bar strength, disk surface mass density, and mass-to-light ratio // Astron. J. — 2006. — 131. — P. 1377–1393.*

5. Chesnok N. G., Sergeev S. G., Vavilova I. B. Photometric and kinematic properties of non-isolated and isolated AGNs // AIP Conf. Proc. — 2010. — **1206**. — P. 328—334.
6. Dahari O. The nuclear activity of interacting galaxies // Astrophys. J. Suppl. Ser. — 1985. — **57**. — P. 643—664.
7. Ho L. C., Peng C. Y. Nuclear luminosities and radio loudness of Seyfert nuclei // Astrophys. J. — 2001. — **555**. — P. 650—662.
8. Ho L. C., Ulvestad J. S. Radio continuum survey of an optically selected sample of nearby Seyfert galaxies // Astrophys. J. Suppl. Ser. — 2001. — **133**. — P. 77—118.
9. Iwasawa K., Fabian A. C., Almaini O., et al. X-ray absorption and rapid variability of the dwarf Seyfert nucleus of NGC 4395 // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. — 2000. — **318**. — P. 879—888.
10. Karachentseva V. E., Mitronova S. N., Melnyk O. V., et al. The catalog of isolated galaxies selected from 2MASS // Astrophys. Bull. — 2010. — **65**. — P. 1—25.
11. Keel W.C. Spectroscopic evidence for activity in the nuclei of normal spiral galaxies // Astrophys. J. — 1983. — **269**. — P. 466—486.
12. Kenney J. D. P., Wilson C. D., Scoville N. Z., et al. Twin peaks of CO emission in the central regions of barred galaxies // Astrophys. J. — 1992. — **395**. — P. L79—L82.
13. Laurikainen E., Moles M. Two interacting Seyfert 2 galaxies – VV 343 and III ZW 55 // Astron. J. — 1988. — **96**. — P. 470—480.
14. Laurikainen E., Moles M. Star formation in a sample of interacting galaxies // Astrophys. J. — 1989. — **345**. — P. 176—185.
15. Marquez I., Moles M. The stellar content, star formation, and mass of the active galaxy NGC 6951 // Astron. J. — 1993. — **105**, N 6. — P. 2090—2097.
16. Martinet F., Friedli D. Bar strength and star formation activity in late-type barred galaxies // Astron. and Astrophys. — 1997. — **323**. — P. 363—373.
17. Melnick J., Terlevich R., Moles M. Warmers – massive stars in the nuclei of galaxies // Luminous Stars and Associations in Galaxies / Eds C. W. H. De Loore, A. Wikis, P. Laskarides. — Dordrecht: Reidel, 1986. — P. 505.
18. Moles M., Del Olmo A., Perea J., et al. Star formation and merging in compact groups of galaxies // Astrophys. J. — 1994. — **285**. — P. 404—414.
19. Moran E. C., Eracleous M., Leighly K. M., et al. Extreme X-ray behavior of the low-luminosity active nucleus in NGC 4395 // Astron. J. — 2005. — **129**. — P. 2108—2118.
20. Moran E. C., Filippenko A.V., Ho L. C., et al. The nuclear spectral energy distribution of NGC 4395, the least luminous type 1 Seyfert galaxy // Publ. Astron. Soc. Pacif. — 1999. — **111**. — P. 801—808.
21. Peterson B. M., Bentz M. C., Desroches L.-B., et al. Multiwavelength monitoring of the dwarf Seyfert 1 galaxy NGC 4395. I. A Reverberation-based measurement of the black hole mass // Astrophys. J. — 2005. — **632**. — P. 799—808.
22. Tifft W. G., Cocke W. J. Uncertainties in 21 centimeter redshifts. I. Data // Astrophys. J. Suppl. Ser.— 1988. — **67**. — P. 1—75.
23. Veron-Cetty M. P. A catalogue of quasars and active nuclei: 13th edition // Astron. and Astrophys. — 2010. — **510**. — P. V10—V18.
24. Vinkler H. Variability studies of Seyfert galaxies. II – Spectroscopy // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. — 1992. — **257**. — P. 677—688.
25. Wilke K., Mollenhoff C. M., Matthias M. Mass distribution and kinematics of the barred galaxies NGC3992 and NGC7479 // Astron. and Astrophys. — 2000. — **361**. — P. 507—528.
26. Wrobel J. M., Fassnacht C. D., Ho L. C. The inner light-year of the nearest Seyfert 1 nucleus in NGC 4395 // Astrophys. J. — 2001. — **553**. — P. L23—L26.
27. Wrobel J. M., Ho L. C. Radio emission on subparsec scales from the intermediate-mass black hole in NGC 4395 // Astrophys. J. — 2006. — **646**. — P. L95—L98.
28. Young J. S., Knezek M. The ratio of molecular to atomic gas in spiral galaxies as a function of morphological type // Astrophys. J. — 1989. — **347**. — P. L55—L58.

Надійшла до редакції 19.07.10

N. G. Chesnok

GENERAL PROPERTIES OF A SAMPLE OF ISOLATED GALAXIES CONTAINING ACTIVE NUCLEUS

We investigated the general properties of 62 isolated galaxies with active nuclei (AGN) selected from the Catalogue 2MIG and Catalogue Veron+2010. The main characteristics of the distribution of these objects are given. The sample under investigation can be included to the scientific research program for «Radioastron».