

КАТАЛОГ РЕНТГЕНОВСКИХ АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК НА ОСНОВЕ ИСТОЧНИКОВ ROSAT BSC И FSC

Г.М.ПАРОНЯН, А.М.МИКАЕЛЯН, А.В.АБРАМЯН, Г.А.МИКАЕЛЯН

Поступила 17 июня 2021

Принята к печати 28 июля 2021

Создан общий каталог активных ядер галактик (АЯГ), выбранных из отождествленных оптических источников рентгеновского излучения с использованием данных из каталогов: Hamburg-ROSAT Catalogue (HRC) и Byurakan-Hamburg-ROSAT Catalogue (BHRC). Используя оптические и многоволновые каталоги, мы пересмотрели оба каталога, исключив ложные АЯГ и добавив новые. В результате был создан новый каталог из 4253 АЯГ с рентгеновским излучением (ROSAT BSC/FSC). Все эти источники либо являются АЯГ, либо были классифицированы как кандидаты в них. Для этих источников собраны все многоволновые данные (гамма, рентгеновские, УФ, оптические, ИК, радио), используя новые каталоги и проведены статистические исследования. Предпринята попытка найти связь между потоками излучения в разных диапазонах для разных типов источников и определить их характеристики, подтвердив тем самым их принадлежность к АЯГ. Чтобы найти предел между нормальными галактиками и рентгеновскими АЯГ, проанализированы рентгеновские свойства этих источников, а также сделана попытка найти скрытые АЯГ.

Ключевые слова: *АЯГ; квазары; HRC/BHRC; скрытые АЯГ*

1. *Введение.* Создание однородных каталогов небесных объектов является важным начальным этапом астрономических исследований и позволяет избежать селективных эффектов при массовых исследованиях данных объектов. В этой работе мы представляем каталог рентгеновских активных ядер галактик. Для обеспечения однородности источников рентгеновского излучения, были использованы данные из каталогов ROSAT. С помощью этой орбитальной обсерватории выполнен обзор всего неба в рентгеновском диапазоне. Спутник ROSAT был наделен зеркалом с диаметром 84 см и рентгеновскими детекторами, работающими в диапазоне 0.1-2.4 кэВ.

Данные ROSAT в основном представлены в двух каталогах: ROSAT Bright Source Catalogue (BSC) [1] и ROSAT Faint Source Catalogue (FSC) [2]. Они четко отличаются друг от друга по потоку рентгеновского излучения, показателем которого является скорость счета (CR) (число частиц, зарегистрированных приемником за единицу времени). ROSAT-BSC содержит 18811 источников с $CR > 0.05$ ct/s, в то время как ROSAT-FSC содержит 105924 источника с $CR < 0.05$ ct/s с пределом чувствительности $CR < 0.0005$ ct/s. В

2016г. оба каталога ROSAT были перепроверены и объединены в один. Таким образом, каталог обзора всего неба ROSAT (2RXS) содержит 135118 источников рентгеновского излучения [3]. Среди них тысячи интересных объектов, и даже несмотря на то, что в последнее время был проведен ряд рентгеновских обзоров, ROSAT до сих пор остается единственным обзором всего неба, содержащим около 60000-70000 рентгеновских АЯГ.

Среди работ оптических отождествлений рентгеновских источников хорошо известен ROSAT Bright Sources [4]. В этой работе на основе BSC было оптически отождествлено 2012 источников с $CR \geq 0.20$ ct/s и $|b| > 30^\circ$.

В качестве основы для оптических отождествлений использовался Гамбургский обзор квазаров [5]. Этот обзор был выполнен телескопом Шмидта Гамбургской обсерватории с диаметром 80см, который покрывал все северное небо на высоких галактических широтах. Для наблюдений использовались эмульсионные пластинки Kodak IIIa-J со спектральной чувствительностью 3400-5400 Å и широкоугольная призма ($1^\circ.7$). В ходе работы была получена 1931 спектральная пластинка. Спектры HQS с низкой дисперсией позволяют предварительно классифицировать объекты, что дает возможность составлять подвыборки объектов для дальнейших исследований. На этой основе были выполнены две работы: Hamburg-ROSAT Catalogue [6] и Vyurakan-Hamburg-ROSAT Catalogue [7]. HRC основан на ROSAT-BSC и содержит 5341 источник на $|b| > 20^\circ$ и $\delta > 0^\circ$, в то время как BHRC основан на ROSAT-FSC и содержит 2791 более слабый источник (чтобы иметь достоверные источники рентгеновского излучения, были взяты только те, у которых $CR > 0.04$ ct/s).

Выбор HQS в качестве обзора оптических источников обусловлен следующими преимуществами:

1. Обзор охватывает все северное небо $\delta > 0^\circ$ и $|b| > 20^\circ$;
2. Спектры, полученные с помощью объективной призмы с дисперсией 1390 Å /мм, позволяют получить спектральное распределение энергии (SED) и выявить широкие линии излучения и поглощения;
3. Все пластинки этого обзора оцифрованы с высоким качеством и доступны для изучения;
4. HQS позволяет быстро идентифицировать объекты и находить их данные в других каталогах.

Среди 5341 оптически идентифицированного источника HRC только 1607 являются АЯГ или кандидатами в АЯГ, а среди 2696 источников BHRC насчитывается 1614 АЯГ или кандидата в АЯГ.

Путем отождествлений рентгеновских источников АЯГ мы объединили эти два каталога и создали новый, который охватывает все северное небо и ограничен высокими галактическими широтами ($\delta > 0^\circ$, $|b| \geq 20^\circ$), а

$CR > 0.04$ ct/s. После некоторых проверок мы исключили ряд объектов и включили некоторые пропущенные АЯГ, после чего в выборке осталось 4253 АЯГ или кандидата в АЯГ.

Таким образом, мы получили каталог АЯГ, выбранный с помощью рентгеновских источников, и сделали возможным изучение их многоволновых свойств.

2. Объединение HRC и BHRC и сбор фотометрических данных.

Во избежание дальнейших ошибок и пропусков, прежде чем приступить к основной работе мы подробно изучили каталоги HRC и BHRC. С этой целью эти два каталога были сопоставлены с Catalogue of QSOs and Active Nuclei, Version 13 [8], (в дальнейшем VCV-13). VCV-13 включает только те АЯГ, которые имеют оптические спектры и их природа подтверждена спектроскопически. Он содержит 168940 АЯГ. В дополнение к VCV-13 мы также использовали BZCAT [9], который представляет полный каталог блазаров (которые с высокой вероятностью являются источниками рентгеновского излучения). Хотя в настоящее время многие новые QSO и другие АЯГ были обнаружены из последних выпусков SDSS [10] и некоторых других работ, однако большинство из них являются слабыми объектами и не сильно способствуют идентификации большого количества источников ROSAT.

При использовании VCV-13 и BZCAT были найдены некоторые ошибки классификации (источники являются подлинными АЯГ, но были классифицированы как звезды или нормальные галактики). Количество таких объектов для HRC и BHRC составляет 1024 и 59, соответственно (ошибочная идентификация BHRC меньше, поскольку там использовали также DSS и SDSS). Таким образом, количество оптических объектов в каталоге, которые являются АЯГ или их кандидатами, стало 4253, т.е. на 32% больше, чем простая комбинация HRC и BHRC.

Кроме того, HRC не содержал данных из других каталогов (таких как VCV-13, SDSS и др.). Нами была проведена идентификация в различных базах данных, в том числе в неоптических диапазонах. Для окончательной идентификации мы использовали все нижеперечисленные каталоги (мы использовали обзоры всего неба или те, которые покрывают большую площадь) и собрали значения измерений потоков в разных диапазонах:

- Гамма: FERMI [11], INTEGRAL [12];
- УФ: GALEX [13];
- Оптический: APM [14], USNO-B1.0 [15], GSC 2.3.2 [16], SDSS DR16 [17];
- ИК: 2MASS Point Source Catalogue [18], 2MASS Extended Source Catalogue [19], WISE [20], IRAS Point Source Catalogue [21], IRAS Faint Source Catalogue [22], IRAS PSC/FSC Combined Catalogue [23];

- Радио: NVSS [24], FIRST [25].

Из 4253 объектов HRC/BHRC 3369 источников подтверждены как АЯГ с помощью оптической спектральной классификации (основные критерии VCV-13 и BZCAT), а остальные 884 остаются кандидатами в АЯГ. Чтобы определить АЯГ и находить кандидаты в АЯГ, были построены графики и гистограммы распределения.

Мы провели кросс-корреляцию нашей выборки с каталогами обзоров всего неба от γ -лучей до радиодиапазона. Чтобы определить правильный радиус поиска для отождествлений и избежать ошибок, была проведена предварительная идентификация с большим радиусом, а затем построено распределение расстояний отождествлений для всех источников. Это позволило определить правильный радиус ассоциации. На рис.1 приведен пример такого расчета для каталога APM.

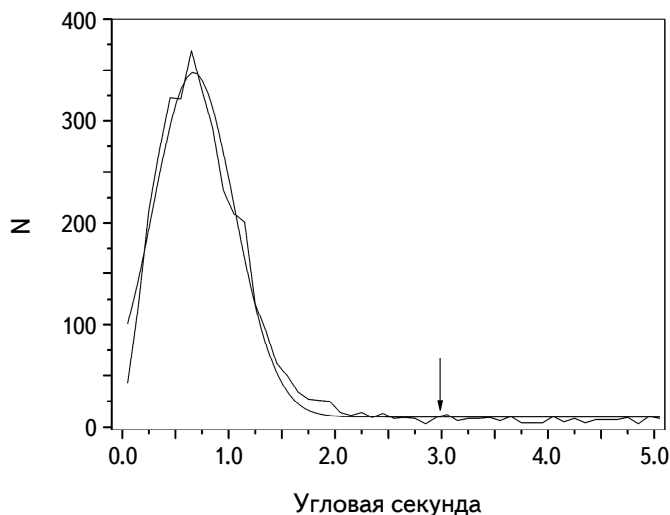


Рис.1. Пример вычисления правильного радиуса отождествлений для каталога APM 2.3 угл. с (3σ).

Мы пришли к выводу, что объекты с расстояниями до 3 угловых секунд следует рассматривать как реальные ассоциации. Те случаи, когда при идентификации было несколько объектов, соответствующих данному источнику, и не удалось надежно идентифицировать источник, в каталоге обозначены знаком ":".

Такая же работа проделана и для других объектов (нормальные галактики и звезды) каталогов HRC и BHRC. Идентифицированных источников ROSAT всего 8037.

В табл.1 приведено 8037 идентифицированных источников ROSAT из различных каталогов.

Таблица 1

КОЛИЧЕСТВО 8037 ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
ROSAT В РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛОГАХ

Каталоги	Радиус ассоциации (")	Количество АЯГ	Галактики	Звезды	Неизвестные источники
FERMI	425	155	5	17	8
INTEGRAL	600	34	0	1	3
ROSAT	8.0	4253	492	1800	1492
GALEX	4.4	2769	172	918	705
APM	3.0	4099	442	1387	884
USNO-B1.0	3.0	4239	486	1766	1462
GSC 2.3.2	2.7	4213	466	1788	1467
SDSS photo	1.9	3976	440	1429	1198
SDSS spectro	1.9	2908	231	204	0
2MASS	2.8	368	410	1585	1283
WISE	2.8	4084	448	1485	1217
IRAS	60	249	11	102	182
NVSS	8.0	930	135	9	35
FIRST	2.8	1021	132	6	35
VCV-13	2.5	3352	0	0	0
BZCAT	5.4	387	0	0	0
Всего		4253	492	1800	1492

Для 173 кандидатов в АЯГ из нашей выборки есть спектры в SDSS DR1-DR10 [26], а для 198 кандидатов в SDSS DR10-DR15 [27]. Мы провели детальную спектральную классификацию этих объектов, таким образом находя новые АЯГ.

Чтобы проводить сравнения и найти различия в распределении разных объектов, все объекты были разделены на три группы: 1) активные ядра галактики, 2) нормальные галактики и 3) звезды. Это деление производилось на следующей основе. Все источники рентгеновского излучения оптического диапазона по их протяжению можно разделить на две части: 1) протяженные и 2) точечные. Эти два типа, в свою очередь, делятся на два подтипа: 1.1 - яркие нормальные галактики, 1.2 - АЯГ, 2.1 - звезды и 2.2 - QSO. Однако поскольку мы изучаем АЯГ, включая QSO, мы объединили эти подтипы в один и получили три типа объектов:

1. "АЯГ" (QSO + протяженные АЯГ).
2. "Галактики" (нормальные галактики).
3. "Звезды".

Все дальнейшие исследования были проведены для этих трех групп, чтобы найти различия между различными многоволновыми данными и физическими

свойствами. Чтобы выделить АЯГ среди всех источников рентгеновского излучения, нам нужно найти отношения потоков. Для этой цели были построены графики и гистограммы на основе собранных данных. Это позволит найти все наблюдаемые QSO и другие АЯГ в ближней Вселенной, имеющих рентгеновское излучение, и оценить количество существующих рентгеновских АЯГ.

3. Расчеты.

3.1. *Расстояния и абсолютные величины.* Были вычислены абсолютные звездные величины, используя k поправку из работы [28].

В табл.2 приведены значения $\Delta m(z)$ для $z < 7.0$. Данные столбцов: 1) красное смещение, 2) значение $\Delta m(z)$. Эти поправки вычислялись в работе [29] на основе усреднения яркости линий излучения, доступных в 1986г. ($z < 2.2$), и [8] с использованием данных, доступных в то время ($z < 5$). Значения для $z < 7$ вычислены авторами, используя данные предыдущих работ. Результаты хорошо согласуются с результатами предыдущих авторов, которые дают поправки на $z < 2.2$ и $z < 5$.

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЯ $\Delta m(z)$ ДЛЯ $z < 7.0$

z	$\Delta m(z)$	z	$\Delta m(z)$	z	$\Delta m(z)$	z	$\Delta m(z)$	z	$\Delta m(z)$
0.0	0.00	1.5	-0.09	3.0	0.40	4.5	2.45	6.0	6.71
0.1	0.00	1.6	-0.14	3.1	0.48	4.6	2.70	6.1	7.08
0.2	0.00	1.7	-0.15	3.2	0.57	4.7	2.95	6.2	7.45
0.3	0.00	1.8	-0.15	3.3	0.67	4.8	3.20	6.3	7.84
0.4	-0.06	1.9	-0.14	3.4	0.79	4.9	3.40	6.4	8.23
0.5	-0.11	2.0	-0.20	3.5	0.93	5.0	3.60	6.5	8.64
0.6	-0.11	2.1	-0.14	3.6	1.13	5.1	3.89	6.6	9.06
0.7	-0.09	2.2	-0.20	3.7	1.15	5.2	4.16	6.7	9.48
0.8	-0.04	2.3	-0.02	3.8	1.17	5.3	4.44	6.8	9.92
0.9	0.00	2.4	0.00	3.9	1.35	5.4	4.74	6.9	10.36
1.0	-0.01	2.5	0.04	4.0	1.50	5.5	5.04	7.0	10.82
1.1	-0.04	2.6	0.09	4.1	1.65	5.6	5.35	—	—
1.2	-0.05	2.7	0.19	4.2	1.80	5.7	5.68	—	—
1.3	-0.05	2.8	0.27	4.3	1.95	5.8	6.01	—	—
1.4	-0.05	2.9	0.34	4.4	2.15	5.9	6.36	—	—

Формула для расстояния D взята из работы [30] с использованием космологических величин: $H_0 = 71 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$; $\Omega_M = 0.29$; $\Omega_\Lambda = 0.71$.

3.2. *Потоки и светимости.* Преобразование между Янскими и плотностью потока в Вт/м^{-2} на единицу длины волны было получено в работе [32].

Потоки нулевых величин для различных оптических и ИК-полос были рассчитаны в работах [33–36].

Для расчета потока ROSAT использована формула, которая была получена в [37] из рентгеновского исследования полной выборки ближайших звезд главной последовательности.

Формула для потока GALEX была получена в [38].

4. *Описание каталога ROSAT HRC/BHRC AGNs.* Мы создали ROSAT HRC/BHRC AGN каталог, включающий в себя выбранные путем отождествлений рентгеновских источников активные ядра галактик (АЯГ), из которых 3369 подтверждены как АЯГ и 884 кандидата в АЯГ, всего 4253 объекта, все источники ROSAT. В каталоге была собрана информация, содержащая гамма, рентгеновские, оптические, ИК и радиоданные вместе с идентификацией источника. Этот каталог доступен только в электронном виде в Vizier. Каталог содержит 175 столбцов с данными.

В табл.3 в качестве примера показана часть каталога с выбранными столбцами: 1) название ROSAT, 2) скорость счета источника ROSAT (ct/s), 3–4) величины GALEX FUV и NUV, 5) величина SDSS в фильтре r , 6–7) 2MASS J и H, 8) интегральный поток из FIRST, 9) красное смещение, 10) абсолютная звездная величина R, 11) тип объекта, 12) тип активности объекта.

Таблица 3

ЧАСТЬ И ВЫБРАННЫЕ СТОЛБЦЫ ИЗ КАТАЛОГА
ROSAT HRC/BHRC AGN

ROSAT имя 1RXS	CR ct/s	FUV mag	NUV mag	r mag	J mag	H mag	F_{1400} mJy	z	M_{rabs} mag	Тип	Класс
J002200.9+000659	0.097	21.231	21.451	18.552	16.679	16.142	01.93	0.305677	-22.14	BL	BL
J004319.8+005131	0.062	18.178	18.003	17.663	16.391	15.434	01.64	0.308129	-23.04	AGN	Sy1
J081432.9+561008	0.054	19.090	18.731	18.113	16.960	15.896	80.23	0.509107	-23.72	QSO	Sy1n
J082209.5+470601	0.330	20.524	20.009	15.683	15.309	14.833	52.63	0.127081	-23.03	AGN	Sy1.5
J085039.5+543801	0.073	21.461	20.252	18.537	16.790	16.068	13.49	0.366707	-22.52	QSO	QSO
J091248.0+285430	0.100	21.123	20.088	17.349	15.626	14.622	00.84	0.181734	-22.11	AGN	QSO
J101027.9+413242	0.250	17.886	16.813	16.382	15.364	14.701	340.27	0.612398	-25.87	QSO	Sy1.2
J112716.6+190914	0.110	19.668	18.819	15.279	13.997	13.403	05.90	0.105000	-23.03	QSO	Sy1.8
J114723.2+350045	0.043	20.171	19.292	14.589	13.645	12.871	615.35	0.062894	-22.54	AGN	Sy2
J123743.6+114909	0.380	17.342	16.085	10.268	11.241	10.625	38.93	0.005000	-21.18	AGN	Sy3b
J134206.3+050522	0.065	17.281	17.295	16.884	15.609	14.768	03.85	0.265710	-23.45	QSO	Sy1.2n
J144011.6+615633	0.180	17.458	17.376	16.836	15.960	14.977	02.86	0.275541	-23.58	QSO	Sy1.5n
J151523.3+553057	0.310	18.140	17.321	12.236	12.689	11.815	09.36	0.011000	-20.88	AGN	III
J162145.2+542724	0.150	18.511	18.108	15.116	14.178	13.355	03.43	0.052000	-21.60	AGN	Sy1.9
J162302.0+375506	0.087	19.426	18.288	12.313	13.094	12.374	76.33	0.031000	-22.21	AGN	Sy3

5. *Физические и статистические свойства идентифицированных рентгеновских источников.* Каталог состоит из 4253 выбранных путем отождествлений рентгеновских источников активных ядер галактик (АЯГ): 3369 подтвержденных и 884 кандидатов. Чтобы подтвердить эти объекты как АЯГ и найти новые, мы построили диаграммы зависимостей между различными данными для этих источников, а также для обычных галактик и звезд для сравнения.

Как уже говорилось, предварительно источники рентгеновского излучения в оптическом диапазоне можно разделить на два разных типа на основе протяженности (точечные источники и протяженные источники). В свою очередь, каждую из этих групп можно снова разделить на две части, QSO или звезды, и АЯГ или галактики. Изначально мы построили все графики и гистограммы, разделив источники на три группы: 1) звезды, 2) нормальные галактики и 3) QSO + протяженные АЯГ. Это разделение сделано для того, чтобы различить QSO и АЯГ от других классов объектов и ответить на вопрос: являются ли источники, выбранные в качестве кандидатов в АЯГ, подлинными АЯГ.

Для оптических объектов отождествление с SDSS позволило получить звездные величины $ugriz$. На рис.2 показана зависимость цветов SDSS $u-g$ от $r-i$. Эта диаграмма позволяет отличить АЯГ от галактик и звезд; особенно хорошо выделяются звезды. Кроме того, АЯГ можно разделить на две группы: одна с более синими цветами и точечными изображениями (АЯГ типа 1, а именно блазары и QSO), а другая с более красными цветами и протяженными изображениями (АЯГ типа 2). Последнее связано с измерениями галактик с помощью SDSS по радиусу Петросяна (а не только по центральным частям), это означает, что мы учитываем также более красные звездные

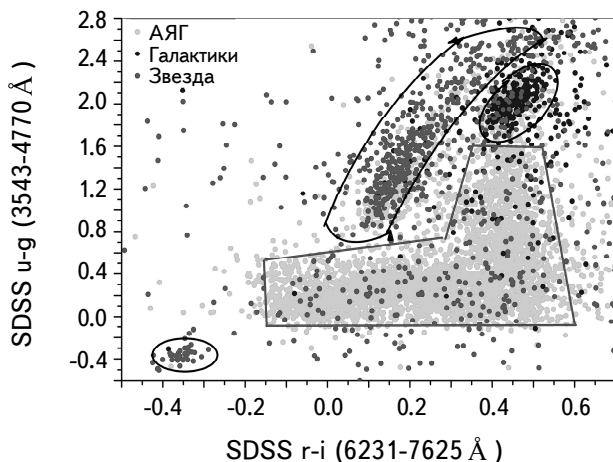


Рис.2. Зависимость цветов SDSS $u-g$ от $r-i$ для АЯГ, галактик и звезд. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

популяции. Галактики простираются в сторону больших значений $u-g$ и, похоже, имеют ту же природу. Скорее всего они также могут быть скрытыми АЯГ, поскольку лежат в той же области, что и протяженные АЯГ.

На рис.3 показано распределение объектов на цветной диаграмме H-K - W2-W1. В то время как АЯГ охватывают очень большой диапазон 2MASS H-K от -0.2 до 1.4 и WISE W2-W1 от -1.4 до 0.2, звезды расположены между 2MASS H-K от -0.2 до 0.4 и WISE W2-W1 от -0.2 до 0.2. Однако есть группа объектов, которая занимает ту же область что и АЯГ. Это могут быть катаклизмические переменные (CV), а также кандидаты в АЯГ.

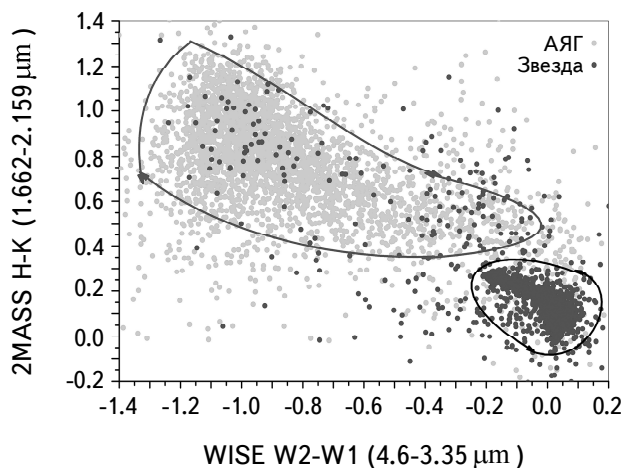


Рис.3. Зависимость цветов 2MASS H-K от WISE W2-W1 для АЯГ и звезд. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

На рис.4 отображено распределение зависимости цвета 2MASS H-K от звездной величины H . Распределение яркости класса АЯГ, состоящего из Sy-галактик, QSO и BL Lac, охватывает диапазон $H \approx 13^m.5 \div 16^m.5$ и достигает максимума около $H \approx 15^m$. Звезды имеют более широкое распределение от $H \approx 4^m.5$ до $H \approx 16^m.5$ с постепенным увеличением яркости и максимума около $H \approx 9^m$. Более слабые "звезды" могут являться АЯГ.

На рис.5 показано распределение цвета WISE W2-W1 от W4-W3. Эта диаграмма позволяет выделить АЯГ от звезд (слева) и АЯГ от галактик (справа). Звезды расположены локально в цвете WISE W2-W1 от -0.2 до 0.1 и в большой области WISE W4-W3 от -4 до 0.5. Однако есть группа объектов, которая занимает ту же область, что и АЯГ. Это кандидаты в АЯГ или катаклизмические переменные. Галактики продолжают распределение АЯГ в сторону больших значений W2-W1 и, похоже, имеют ту же природу. За исключением некоторых, скорее всего, они также могут быть скрытыми АЯГ.

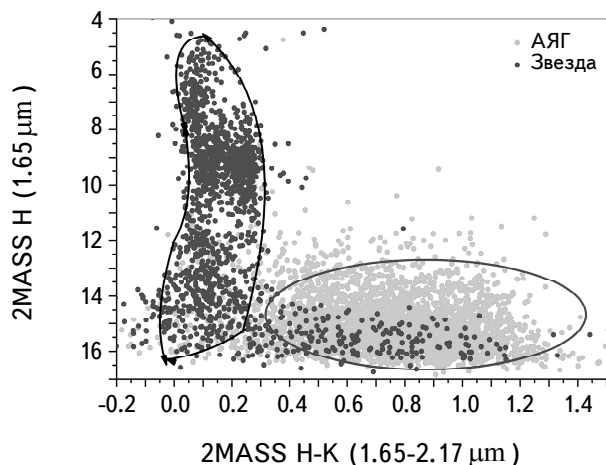


Рис.4. Диаграмма цвет-величина 2MASS для АЯГ и звезд. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

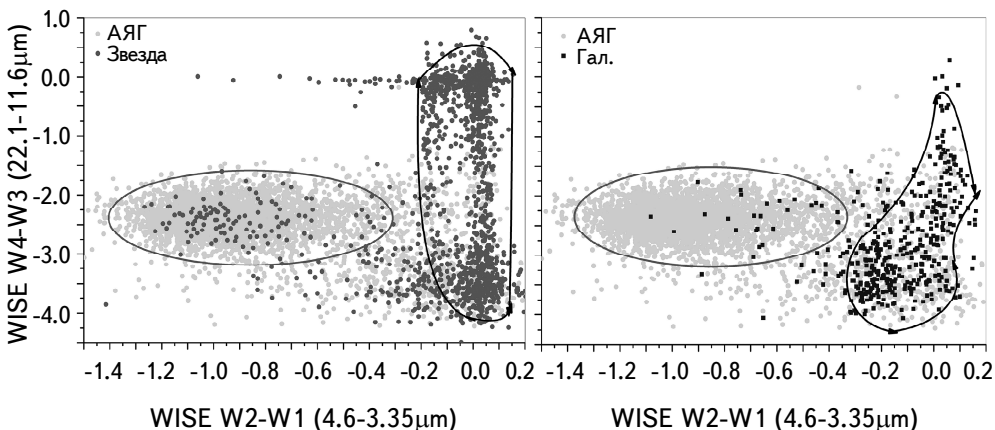


Рис.5. Цветовая диаграмма WISE для АЯГ и звезд (слева) и АЯГ и галактик (справа). Эти диаграммы позволяют разделять АЯГ от звезд и галактик. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

На рис.6 мы построили диаграмму зависимости цвета GALEX FUV-NUV от величины NUV, которая позволяет выделять АЯГ от звезд. АЯГ расположены в диапазоне цвета FUV-NUV от -0.5 до 1.3 и величины NUV от 22^m до 16^m. Однако есть группа объектов, которая занимает ту же область, что и АЯГ. Они также могут быть кандидатами в АЯГ, что следует проверить.

Теперь мы попытаемся исследовать распределение отношений потоков X/opt для АЯГ и звезд, имеющих рентгеновское излучение. На рис.7 мы построили зависимость отношения потока рентгеновских лучей к SDSS r от потоков рентгеновских лучей для АЯГ и звезд. Отношение потоков значительно

выше для АЯГ и охватывает диапазон от -1.5 до 0.5 (в логарифмическом масштабе) с учетом всех возможных потоков рентгеновского излучения от ROSAT. Однако в той же области наблюдаются звезды - вероятные источники рентгеновского излучения, в частности CV и WD. Некоторые "АЯГ" могут оказаться звездами, поскольку они находятся далеко от типичной области АЯГ.

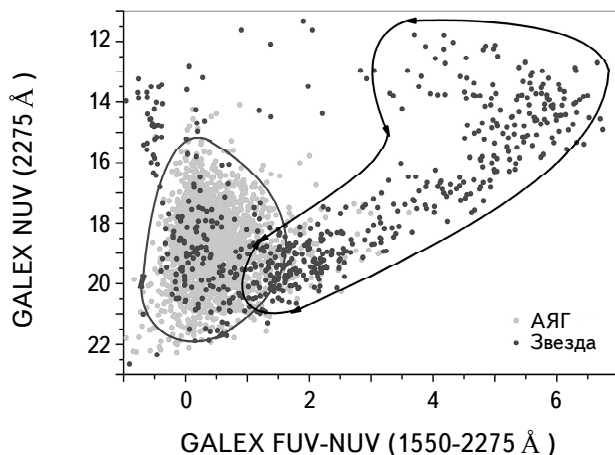


Рис.6. Диаграмма цвет-величина GALEX для АЯГ и звезд. Эта диаграмма позволяет выделить АЯГ от звезд. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

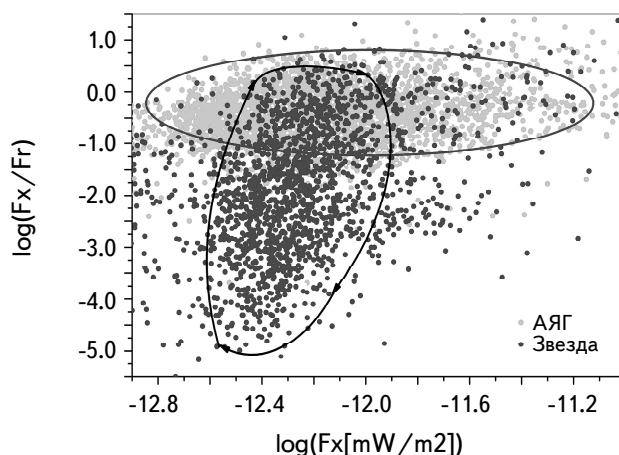


Рис.7. Диаграмма зависимости логарифма отношения потока рентгеновских лучей к SDSS r от потока рентгеновских лучей для АЯГ и звезд. Эта диаграмма позволяет выделить АЯГ от звезд. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

На рис.8 приведен график зависимости цвета WISE W2-W1 от цвета SDSS $u-g$. Эти диаграммы позволяют выделять АЯГ от звезд и галактик.

Звезды локально расположены в WISE W2-W1 от -0.2 до 0.1 и в большом диапазоне в цвете SDSS $u-g$ от -0.2 до 3. Однако есть группа звезд, которая занимает ту же область, что и АЯГ. Это также могут быть кандидаты в АЯГ. Галактики продолжают распределение АЯГ с большими значениями W2-W1 и $u-g$, и по-видимому, имеют ту же природу что и АЯГ. Скорее всего они также могут быть скрытыми АЯГ.

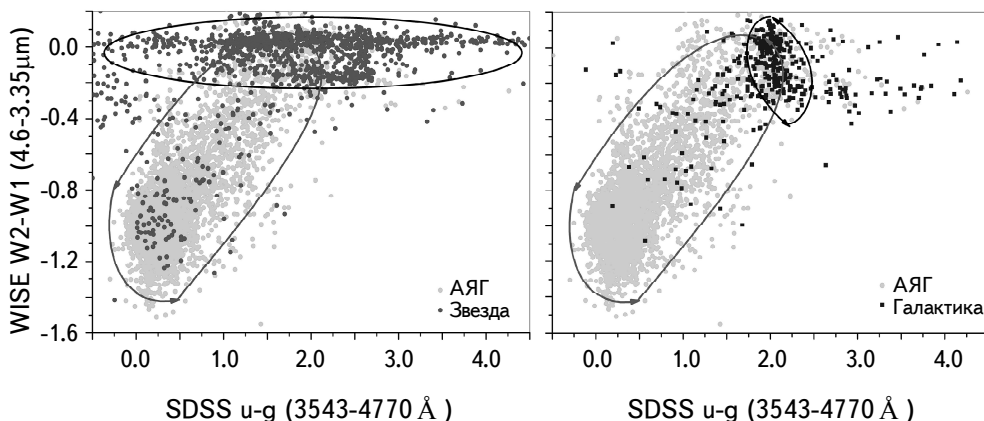


Рис.8. Цветовая диаграмма WISE и SDSS для АЯГ и звезд (слева) и АЯГ и галактик (справа). Эта диаграмма позволяет выделять АЯГ от звезд и галактик. Линии обведены так, чтобы внутри них было включено 90% объектов соответствующего типа.

Одним из наиболее важных выводов, сделанных на основе этих диаграмм, это возможность существования гораздо большего количества скрытых АЯГ среди "нормальных" галактик, не проявляющих каких-либо особенностей активности в оптических спектрах. Однако только точные статистические расчеты могут ответить, сколько галактики, обнаруженных в рентгеновских лучах, являются скрытыми АЯГ. Другой вопрос заключается в том, могут ли рентгеновские светимости и отношения X/opt потоков классифицировать галактики по их рентгеновским свойствам, например, есть ли возможность ввести класс рентгеновских АЯГ, не зависящих от их оптической спектральной классификации.

Таблица 4

ЗНАЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ОТНОШЕНИЙ ЖЕСТКОСТИ HR1 И HR2 ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ

Класс	HR1	HR2
АЯГ	-0.16	+0.13
Галактики	+0.71	+0.31
Звезды	+0.02	+0.12

На рис.9 показано распределение отношений жесткости HR1 и HR2 для различных классов объектов. Существует небольшая разница в распределении HR1, показывающая разделение между АЯГ, галактиками и звездами. Однако в распределении HR2 не наблюдается какой-либо определенной особенности, позволяющей различать разные типы объектов.

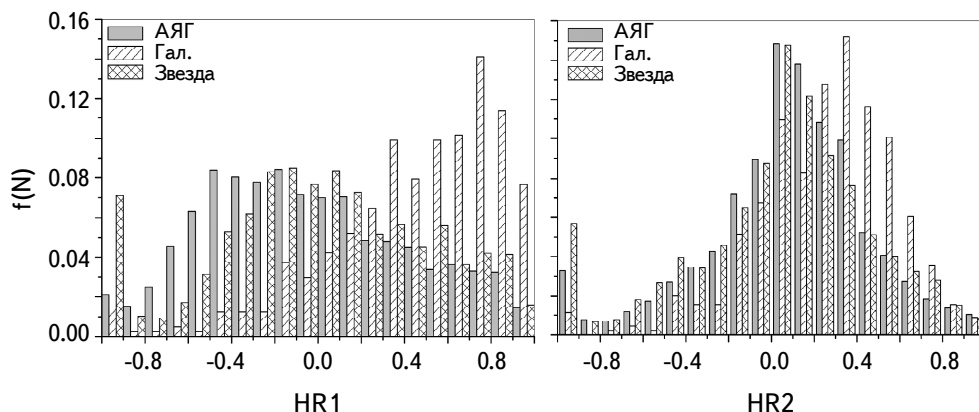


Рис.9. Распределение HR1 (слева) и HR2 (справа) для различных типов объектов: АЯГ, галактик и звезд.

В табл.4 приведены значения HR1 и HR2 для разных типов объектов. Данные столбцов: 1) класс объектов, 2) значение HR1, 3) значение HR2.

Для дальнейшего исследования отношений потоков и попытки выделить АЯГ от нормальных галактик и звезд по этому признаку мы приводим в табл.5 значения отношений потоков $\log(X/opt)$, $\log(X/rad)$, $\log(X/IR)$.

Основным свойством АЯГ является их радиоизлучение, которое, как полагают, связано с наличием более или менее заметных радиоструй, выходящих из центрального ядра. По соотношению радиоизлучения к оптическому потоку они разделяются на радиозумные (блазары, радиогалактики, многие из квазаров) и радиоспокойные (квазары, большинство сейфертовских галактик

Таблица 5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ПОТОКА К ОПТИЧЕСКОМУ, РАДИО И ИК ПОТОКАМ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ОБЪЕКТОВ НАШЕЙ ВЫБОРКИ

Класс	$\log(f_X/f_{opt})$			$\log(f_X/f_{rad})$			$\log(f_X/f_{IR})$		
	мин	сред	макс	мин	сред	макс	мин	сред	макс
АЯГ	-3.69	-0.42	1.63	2.11	5.45	7.40	-4.23	-0.42	1.45
Галактики	-3.97	-0.72	1.93	3.21	5.35	6.89	-3.36	-0.57	1.14
Звезды	-6.70	-1.76	1.39	3.27	5.28	6.90	-6.44	-2.93	1.02

и т.д.) АЯГ. Были проведены исследования избранных радиошумных рентгеновских АЯГ [39-41].

В своем обзоре авторы [42] получили, что радиошумные АЯГ составляют 15-20% всех АЯГ. Эта доля увеличивается с увеличением оптической и рентгеновской светимости ([43-45]) до 50%. Из-за отсутствия красных смещений для большей части АЯГ из нашей выборки мы не можем исследовать зависимость светимости от долей радиошумных и радиоспокойных АЯГ. Однако мы можем получить хотя бы общее представление о том, как они представлены в нашем каталоге. Чтобы получить радиопотоки для нашей выборки АЯГ, мы провели поиск в каталогах NRAO-VLA 1.4 ГГц (NVSS) и FIRST Survey 1.4 ГГц для отождествления радиоисточников, совпадающих с оптическими аналогами, определенными как АЯГ, как показано в табл.1: Обнаружено 930 и 1021 радиоисточников, соответственно, что позволяет вести достоверную статистику. Мы приводим в табл.5 минимальные, максимальные и медианные значения отношений X/rad потоков для наших объектов.

Из графика распределения цвета 2MASS H-K от величины H (рис.4) видно, что звезды четко отличаются от галактик в ближнем инфракрасном диапазоне, это можно увидеть из графика. Мы также построили такие диаграммы для других звездных величин и цветов 2MASS. Например, распределение АЯГ охватывает диапазон $J \approx 14 \div 17.5$, а распределение звезд начинается с $J < 15$. С помощью этого распределения мы можем выделять звезды от галактик, где яркие галактики смешиваются с АЯГ. В табл.5 показано распределение отношения потока X/IR для различных классов объектов нашей выборки.

Недавние исследования показали, что галактики отличаются от АЯГ на основе отношения рентгеновских потоков к инфракрасному и оптическому потокам. Таким образом, если мы сможем отождествлять все источники рентгеновского излучения в оптическом и инфракрасном диапазонах, а затем построить отношения их потоков, то с большой долей вероятности можно четко идентифицировать источники, которые являются рентгеновскими АЯГ.

6. Заключение. Путем оптических отождествлений (HQS) рентгеновских источников ROSAT из каталогов HRC и BHRC (на основе низкодисперсных спектров оцифрованных пластинок HQS) была создана большая выборка рентгеновских активных ядер галактик (АЯГ) и создан каталог ROSAT HRC/BHRC AGN. Были получены следующие результаты:

1. Выяснено, что в каталоги HRC и BHRC входят неправильно классифицированные источники (HRC - 1024, BHRC - 59). Были внесены соответствующие исправления и эти источники были переклассифицированы как АЯГ, таким образом увеличив общее количество выбранных АЯГ, имеющих рентгеновское излучение.

2. Был создан общий каталог из 4253 рентгеновских АЯГ ($CR \geq 0.04$ ct/s), (рентгеновские объекты с оцифрованных пластинок HQS). Список содержит 3369 истинных и 884 кандидата в АЯГ. Каталог охватывает все северное небо на высоких галактических широтах $\delta \geq 0^\circ$, $|b| \geq 20^\circ$. В табл.6 показано распределение типов АЯГ в каталоге ROSAT HRC/BHRC AGN в сравнении с прежними числами из HRC и BHRC.

Таблица 6

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ АЯГ В КАТАЛОГЕ ROSAT HRC/BHRC AGN В СРАВНЕНИИ С ПРЕЖНИМИ ЧИСЛАМИ ИЗ HRC И BHRC

Тип	HRC	BHRC	HRC/BHRC	Доля (%)
Блазары	0	16	267	6.28
Кварзары	874	994	1269	29.84
АЯГ	560	393	1833	43.10
Кандидаты в АЯГ	214	141	884	20.78
Всего	1648	1544	4253	100.00

3. Для всех АЯГ, а также галактик и звезд всей выборки были проведены кросс-корреляции с каталогами в гамма, рентгеновском, УФ, оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах, а также собраны различные данные из каталогов АЯГ.

4. Были рассчитаны все возможные физические параметры исследуемых объектов: лучевые скорости, расстояния, абсолютные звездные величины, светимости и т.д.

5. Согласно оптической спектроскопии (в основном данные VCV-13 и BZCAT, а также NED), 3369 источников, включенных в каталог, являются подтвержденными АЯГ, а остальные 884 являются кандидатами в АЯГ, определенные как АЯГ из низкодисперсных спектров HQS. С помощью различных диаграмм мы показываем, что они в основном тоже являются АЯГ.

6. Построены диаграммы, которые можно использовать для разделения АЯГ от галактик и звезд.

В дальнейшем планируется провести детальные исследования (в том числе спектральные) 884 кандидатов в АЯГ с целью подтверждения их природы. Это также поможет нам использовать эти данные для выявления новых кандидатов в АЯГ.

Каталог AGN HRC/BHRC может быть полезен для различных исследований рентгеновских АЯГ, а также для исследования и статистики рентгеновских свойств галактик.

В работе были использованы данные из NASA/IPAC Extragalactic Database (NED), а так же данные из SDSS-III <http://www.sdss3.org/>.

Авторы выражают благодарность рецензенту статьи за ценные замечания и предложения, которые способствовали ее улучшению.

НАН РА Бюраканская астрофизическая обсерватория им.

В.А.Амбарцумяна, (БАО), Армения, e-mail: paronyan_gurgen@yahoo.com

CATALOGUE OF X-RAY ACTIVE GALACTIC NUCLEI BASED ON ROSAT BSC AND FSC SOURCES

G.M.PARONYAN, A.M.MICKAELIAN, H.V.ABRAHAMYAN,
G.A.MIKAYELIAN

We have created a general catalogue of Active Galactic Nuclei (AGN) selected from optical identifications of X-ray sources using two sources: Hamburg-ROSAT Catalogue (HRC) and Byurakan-Hamburg-ROSAT Catalogue (BHRC). However, HRC and BHRC contain a number of misidentifications and using the recent optical and multiwavelength (MW) catalogues we have revised both samples excluding false AGN and adding new genuine AGN. As a result, a new sample of 4253 X-ray selected AGN was created (ROSAT BSC/FSC AGN). All these sources are either genuine AGN or have been classified as candidate. For these sources we retrieved all MW data (γ -, X-ray, UV, optical, IR, radio) from recent catalogues and carried out statistical investigations. An attempt to find connections between the radiation fluxes in different bands for different types of sources, and identify their characteristics thus confirming candidate AGN have been done. We have analyzed X-ray properties of these sources to find a limit between normal galaxies and X-ray AGN, in fact hidden AGN.

Keywords: *AGN: quasars: HRC/BHRC: hidden AGN*

ЛИТЕРАТУРА

1. *W.Voges, B.Aschenbach, Th.Boller et al.*, Astron. Astrophys., **349**, 389, 1999.
2. *W.Voges, B.Aschenbach, Th.Boller et al.*, IAU Circ., 7432R, 2000.

3. *Th.Boller, M.J.Freyberg, J.Trümper et al.*, *Astron. Astrophys.*, **588**, A103, 2016.
4. *A.Schwobe, G.Hasinger, I.Lehmann et al.*, *Astron. Nachr.*, **321**, 1, 2000.
5. *H.-J.Hagen, D.Groote, D.Engels et al.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **111**, 195, 1995.
6. *F.-J.Zickgraf, D.Engels, H.-J.Hagen et al.*, *Astron. Astrophys.*, **406**, 535, 2003.
7. *A.M.Mickaelian, L.R.Hovhannisyan, D.Engels et al.*, *Astron. Astrophys.*, **449**, 425, 2006.
8. *M.P.Veron-Cetty, P.Veron*, *Astron. Astrophys.*, **518**, A10, 2010.
9. *E.Massaro, A.Maselli, C.Leto et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **357**, 75, 2015.
10. *D.S.Aguado, R.Ahumada, A.Almeida et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **240**, 23A, 2019.
11. *P.L.Nolan, A.A.Abdo, M.Ackermann et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **199**, 31, 2012.
12. *A.J.Bird, A.Bazzano, L.Bassani et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **186**, 1B, 2010.
13. *L.Bianchi, B.Luciana, B.Efremova et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **411**, 2770B, 2011.
14. *R.G.McMahon, M.J.Irwin, S.J.Maddox*, *Institute of Astronomy, Cambridge, CB3 0HA*, 2000.
15. *D.G.Monet, S.E.Levine, B.Canizian et al.*, *Astron. J.*, **125**, 984, 2003.
16. *B.M.Lasker et al.*, *Astron. J.*, **136**, 735, 2008.
17. *D.S.Aguado, R.Ahumada, A.Almeida et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **240**, 23A, 2019.
18. *R.M.Cutri et al.*, *IPAC/Caltech*, 2013.
19. *M.F.Skrutskie, R.M.Cutri, R.Stiening et al.*, *Astron. J.*, **131**, 1163, 2006.
20. *F.Marocco, P.R.M.Eisenhardt, J.W.Fowler et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **247**, 69, 2020.
21. *C.A.Beichman, G.Neugebauer, H.J.Habing et al.*, *IRAS catalogs and atlases*, 1988.
22. *M.Moshir, G.Kopan, T.Conrow et al.*, *JPL D-10015 8/92*, (IPAC), 1992.
23. *H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, A.V.Knyazyan*, *Ascom.*, **11**, 99, 2015.
24. *J.J.Condon, W.D.Cotton, E.W.Greisen et al.*, *Astron. J.*, **115**, 1693, 1998.
25. *R.H.Becker, D.J.Helfand, R.L.White et al.*, *Astrophys. J.*, **475**, 479, 1997.
26. *G.M.Paronyan, A.M.Mickaelian, G.S.Harutyunyan et al.*, *Astrophysics*, **62**, 147, 2019.
27. *G.M.Paronyan, A.M.Mickaelian, H.V.Abrahamyan et al.*, *Astrophysics*, **63**, 166, 2020.
28. *F.Natali, E.Giallongo, S.Cristiani et al.*, *Astron. J.*, **115**, 397, 1998.
29. *L.Wisotzki*, *Astron. Astrophys.*, **353**, 861, 2000.
30. *A.G.Riess, L-G.Strolger, J.Tonry et al.*, *Astrophys. J.*, **607**, 665, 2004.
31. *S.Perlmutter, G.Aldering, G.Goldhaber et al.*, *Astrophys. J.*, **517**, 565, 1999.
32. *J.B.Oke*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **27**, 21, 1974.
33. *M.Cohen, W.A.Wheaton, S.T.Megeath*, *Astron. J.*, **126**, 1090, 2003.
34. *M.Fukugita, T.Ichikawa, J.E.Gunn*, *Astron. J.*, **111**, 1748, 1996.

35. *A.N.Cox, C.A.Pilachowski*, PT, **53**, 10, 2000.
36. *E.L.Wright, P.R.M.Eisenhardt, A.K.Mainzer et al.*, Astron. J., **140**, 1868, 2010.
37. *J.H.M.M.Schmitt, T.A.Fleming, M.S.Giampapa*, Astrophys. J., **450**, 392, 1995.
38. *P.Morrissey, T.Conrow, T.A.Barlow*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **173**, 682, 2007.
39. *S.A.Laurent-Muehleisen, R.I.Kollgaard, R.Ciardullo*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **118**, 127, 1998.
40. *E.S.Perman, P.Padovani, P.Giommi et al.*, Astron. J., **115**, 1253, 1998.
41. *H.Landt, P.Padovani, E.S.Perman et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **323**, 757, 2001.
42. *C.M.Urry, P.Padovani*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **107**, 803, 1995.
43. *P.Padovani*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **263**, 461, 1993.
44. *F. La Franca, L.Gregorini, S.Cristiani et al.*, Astron. J., **108**, 1548, 1994.
45. *R. della Ceca, T.Maccacaro, I.M.Gioia et al.*, Astrophys. J., **389**, 491, 1992.