

НОВЫЕ АКТИВНЫЕ ЯДРА ГАЛАКТИК, ОБНАРУЖЕННЫЕ ТЕЛЕСКОПАМИ ART-XC И eROZITA ОБСЕРВАТОРИИ СРГ В ХОДЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЗОРА ВСЕГО НЕБА

© 2022 г. Г. С. Усков^{1*}, И. А. Зазнобин¹, С. Ю. Сазонов¹, А. Н. Семена¹, М. Р. Гильфанов^{1,2}, Р. А. Буренин¹, М. В. Еселевич³, Р. А. Кривонос¹, А. Р. Ляпин¹, П. С. Медведев¹, Г. А. Хорунжев¹, Р. А. Сюняев^{1,2}

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Институт астрофизики общества им. Макса Планка, Гархинг, Германия

³Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Поступила в редакцию 03.12.2021 г.

После доработки 28.12.2021 г.; принята к публикации 28.12.2021 г.

Представлены результаты отождествления 17 рентгеновских источников, обнаруженных в диапазоне энергий 4–12 кэВ телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского в течение первого года обзора всего неба обсерватории СРГ. Три из них были открыты телескопом ART-XC, а остальные уже были известны ранее как рентгеновские источники, однако их природа оставалась неизвестной. С помощью 1.6-м телескопа АЗТ-ЗЗИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН и 1.5-м Российско-турецкого телескопа Национальной обсерватории TÜBİTAK были получены оптические спектры девяти источников, расположенных на северном небе ($\delta > -20^\circ$). Для остальных объектов были проанализированы архивные оптические спектры, полученные в ходе обзора 6dF. Все исследованные объекты оказались сейфертовскими галактиками (8 — первого типа, 7 — второго типа и 2 — промежуточного типа 1.8) на красных смещениях до $z \approx 0.15$. По данным телескопов eROSITA и ART-XC обсерватории СРГ получены рентгеновские спектры в диапазоне 0.2–20 кэВ для восьми источников. У трех из них обнаружено значительное внутреннее поглощение ($N_{\text{H}} > 10^{22} \text{ см}^{-2}$), причем два из них, вероятно, являются сильно поглощенными ($N_{\text{H}} \sim 10^{23} \text{ см}^{-2}$). Эта статья является продолжением серии публикаций по оптическому отождествлению активных ядер галактик, обнаруженных телескопом ART-XC.

Ключевые слова: активные ядра галактик, обзоры неба, оптические наблюдения, красные смещения, рентгеновские наблюдения.

DOI: 10.31857/S032001082202005X

ВВЕДЕНИЕ

Орбитальная обсерватория Спектр–Рентген–Гамма (СРГ) (Сюняев и др., 2021) проводит обзор всего неба в рентгеновских лучах начиная с 12 декабря 2019 г. Всего запланировано провести восемь обзоров, каждый продолжительностью шесть месяцев. На борту СРГ находятся два телескопа с рентгеновской оптикой косоугольного падения: eROZITA (Предел и др., 2021) и ART-XC им. Павлинского (Павлинский и др., 2021a), работающие в диапазонах энергий 0.2–8 кэВ и 4–30 кэВ соответственно.

15 декабря 2020 г. завершился второй обзор неба обсерватории СРГ. По сумме двух обзоров

был составлен первый каталог источников, зарегистрированных в диапазоне энергий 4–12 кэВ телескопом ART-XC (Павлинский и др., 2021b). Этот каталог был скоррелирован с: 1) каталогами источников, обнаруженных в предыдущих рентгеновских обзорах неба, 2) предварительным каталогом источников, обнаруженных на половине небесной сферы $0 < |l| < 180^\circ$ в мягком рентгеновском диапазоне в ходе первых трех обзоров всего неба телескопа eROZITA обсерватории СРГ, 3) каталогами астрофизических объектов в других диапазонах длин волн. В результате был составлен список объектов, открытых телескопом ART-

*Электронный адрес: uskov@cosmos.ru

¹За обработку данных телескопа eROZITA на этой части неба отвечают российские ученые.

ХС, и ранее известных рентгеновских источников, подтвержденных с помощью телескопа ART-XC, природа которых оставалась неизвестной или плохо изученной. Большинство этих объектов также зарегистрированы телескопом eРОЗИТА обсерватории СРГ. Для установления природы этих объектов проводятся спектроскопические наблюдения на наземных оптических телескопах.

В настоящей работе представлены результаты отождествления девяти источников из первого каталога источников ART-XC с помощью наблюдений на 1.6-м телескопе АЗТ-ЗЗИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН и 1.5-м Российско-турецком телескопе (РТТ-150) Национальной обсерватории TÜBİTAK. Эти объекты, расположенные на северном небе, оказались активными ядрами галактик (АЯГ). Представлены также результаты отождествления восьми источников ART-XC на южном небе по имеющимся архивным данным спектроскопического обзора 6dF, которые тоже оказались АЯГ. Кроме того, построены широкополосные (0.2–20 кэВ) рентгеновские спектры восьми северных объектов (с координатами в диапазоне $0 < |l| < 180^\circ$), полученные по данным телескопов eРОЗИТА и ART-XC в ходе первых трех полугодовых обзоров неба. С помощью этих спектров удалось выявить значительное внутреннее поглощение в нескольких объектах. Данная статья продолжает серию публикаций по отождествлению новых АЯГ и катаклизмических переменных из обзора всего неба телескопа ART-XC обсерватории СРГ, начатую в работах Зазнобин и др. (2021a,b).

Представленные оценки светимостей основаны на модели плоской Вселенной с параметрами $H_0 = 70$, $\Omega_m = 0.3$.

ВЫБОРКА ОБЪЕКТОВ

Выборка 17 исследуемых объектов была произведена из каталога рентгеновских источников, обнаруженных телескопом ART-XC в течение первого года обзора всего неба (12 декабря 2019 г. – 15 декабря 2020 г.) (Павлинский и др., 2021b). Рассматривались только точечные источники из этого каталога. Согласно критерию составления каталога, все такие источники были зарегистрированы на уровне значимости не менее 4.82 стандартных отклонений в диапазоне энергий 4–12 кэВ. Положения источников на небе измерены по данным ART-XC с точностью лучше 30 угл. сек. Для 8 источников из этой выборки, расположенных в области неба $0 < |l| < 180^\circ$, в нашем распоряжении есть также данные телескопа СРГ/eРОЗИТА, что позволило построить широкополосные рентгеновские спектры этих объектов по совокупности данных телескопов eРОЗИТА и ART-XC. Данные

eРОЗИТА для 9 остальных источников принадлежат немецкому консорциуму СРГ/eРОЗИТА и не рассматриваются в настоящей работе.

Для 9 из 17 рентгеновских источников, расположенных на северном небе ($\delta > -20^\circ$), нами были получены оптические спектры. Для оставшихся 8 источников, расположенных на южном небе, мы проанализировали имеющиеся архивные данные спектроскопического обзора галактик 6dF (Джонс и др., 2004). В табл. 1 и 2 для всех объектов приведены: координаты источника по данным ART-XC и eРОЗИТА (если имеются), координаты предполагаемого оптического партнера, расстояние между положениями рентгеновского источника и оптического партнера, рентгеновский поток в диапазоне энергий 4–12 кэВ.

РЕНТГЕНОВСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

На текущий момент все источники выборки наблюдались в ходе первых трех обзоров всего неба обсерватории СРГ. Используя полученные телескопами eРОЗИТА и ART-XC объединенные данные этих обзоров, мы построили спектры 8 источников выборки, расположенных в области неба $0 < |l| < 180^\circ$, в диапазоне энергий от 0.2 до 20 кэВ. Переменность объектов не исследовалась.

Рентгеновские спектры ART-XC были получены с помощью программного обеспечения ARTPRODUCTS v0.9 (Павлинский и др., 2021a), используя калибровочные файлы версии 20200401. Данные со всех семи модулей телескопа ART-XC были объединены. Спектры источников извлекались в области радиусом $120''$ в трех диапазонах энергий: 4–8, 8–12 и 12–20 кэВ.

Данные телескопа eРОЗИТА были обработаны с помощью созданной и поддерживаемой в ИКИ РАН системы калибровки и обработки данных, построенной с использованием элементов пакета eSASS (eROSITA Science Analysis Software System) и математического обеспечения, разработанного в научной группе по рентгеновскому каталогу Российского консорциума телескопа eРОЗИТА. Спектры источников извлекались в круге радиусом $R = 60''$, а спектры фона — в кольце с внутренним радиусом $R_{in} = 120''$ и внешним радиусом $R_{out} = 300''$ около источника. В случае, если в область фона попадали другие источники, они исключались с радиусом $R = 40''$. Спектры извлекались по данным всех семи модулей телескопа в диапазоне 0.2–9.0 кэВ. При аппроксимации спектров данные были сгруппированы таким образом, чтобы в каждом энергетическом канале было не менее 3 отсчетов.

Таблица 1. Рентгеновские источники, для которых были проведены наблюдения на телескопах АЗТ-ЗЗИК и РТТ-150

| № | Источник ART-XC | Координаты eROSITA | | Оптические координаты | | r_A | r_e | F_A^{4-12} | Открыт |
|---|-----------------------|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|--------|-------|---------------------|--------|
| | | α | δ | α | δ | | | | |
| 1 | SRGA J025234.3+431004 | — | — | 43.14170 | +43.16740 | 3.5'' | — | $2.7^{+2.3}_{-1.8}$ | Swift |
| 2 | SRGA J062627.2+072734 | — | — | 96.61250 | +7.45806 | 5.8'' | — | $1.7^{+3.6}_{-2.3}$ | POCAT |
| 3 | SRGA J070636.4+635109 | 106.64528 | +63.84891 | 106.64500 | +63.84889 | 16.8'' | 1.4'' | $5.4^{+3.6}_{-2.6}$ | CPГ |
| 4 | SRGA J092021.6+860249 | 140.06928 | +86.05057 | 140.06973 | +86.05012 | 12.5'' | 2.3'' | $5.1^{+2.5}_{-2.0}$ | POCAT |
| 5 | SRGA J195702.4+615036 | 299.25991 | +61.84267 | 299.26000 | +61.84306 | 1.0'' | 0.4'' | $3.4^{+1.4}_{-1.2}$ | POCAT |
| 6 | SRGA J221913.2+362014 | 334.81076 | +36.33471 | 334.81050 | +36.33630 | 16.3'' | 4.4'' | $5.4^{+3.0}_{-2.3}$ | CPГ |
| 7 | SRGA J223714.9+402939 | 339.31426 | +40.49534 | 339.31458 | +40.49583 | 9.1'' | 1.5'' | $5.0^{+2.9}_{-2.3}$ | POCAT |
| 8 | SRGA J232037.8+482329 | 350.16453 | +48.39126 | 350.16417 | +48.39056 | 16.2'' | 1.0'' | $1.6^{+2.0}_{-1.5}$ | POCAT |
| 9 | SRGA J235250.6–170449 | 358.21433 | –17.07735 | 358.21417 | –17.07694 | 16.6'' | 1.4'' | $6.6^{+4.0}_{-3.0}$ | Swift |

Примечание. Столбец 1: порядковый номер источника в исследуемой выборке. Столбец 2: название источника в каталоге ART-XC (используемые в названиях координаты рентгеновских источников даны для эпохи J2000.0). Столбцы 3 и 4: координаты источника по данным телескопа ePOЗИТА. Столбцы 5 и 6: координаты предполагаемого оптического партнера. Столбец 7: расстояние между положениями источника ART-XC и оптического объекта. Столбец 8: расстояние между положениями источника ePOЗИТА и оптического объекта. Столбец 9: рентгеновский поток в диапазоне 4–12 кэВ по данным первых двух обзоров неба телескопа ART-XC (Павлинский и др., 2021b), в единицах 10^{-12} эрг с^{-1} см^{-2} . Столбец 10: рентгеновская обсерватория, впервые обнаружившая источник. Для SRGA J025234.3+431004 координаты ePOЗИТА не приведены из-за недостаточно значимого детектирования источника телескопом ePOЗИТА, а для SRGA J062627.2+072734 — из-за расположения источника на половине неба $180 < |l| < 360^\circ$, за обработку данных телескопа ePOЗИТА на которой отвечают немецкие ученые.

Таблица 2. Рентгеновские источники, для которых имеются архивные данные обзора 6dF

| № | Источник ART-XC | Оптические координаты | | r_A | F_A^{4-12} | Открыт |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------|--------|----------------------|------------|
| | | α | δ | | | |
| 10 | SRGA J030838.1–552041 | 47.15875 | –55.34472 | 4.0'' | $4.8^{+1.9}_{-1.5}$ | CPГ |
| 11 | SRGA J052959.8–340157 | 82.49669 | –34.03293 | 7.5'' | $4.6^{+2.0}_{-1.7}$ | XMM-Newton |
| 12 | SRGA J055053.7–621457 | 87.72339 | –62.24863 | 2.2'' | $1.4^{+0.5}_{-0.5}$ | POCAT |
| 13 | SRGA J060241.1–595152 | 90.67472 | –59.86456 | 6.3'' | $2.5^{+0.9}_{-0.8}$ | XMM-Newton |
| 14 | SRGA J061322.9–290027 | 93.35120 | –29.00633 | 19.0'' | $12.4^{+3.9}_{-3.2}$ | POCAT |
| 15 | SRGA J063324.9–561424 | 98.36091 | –56.23914 | 14.8'' | $3.4^{+1.4}_{-1.2}$ | POCAT |
| 16 | SRGA J064421.5–662620 | 101.09111 | –66.43886 | 2.2'' | $0.6^{+0.5}_{-0.5}$ | POCAT |
| 17 | SRGA J072823.5–440823 | 112.09742 | –44.14005 | 1.6'' | $4.6^{+2.5}_{-1.9}$ | POCAT |

Примечание. Содержания столбцов аналогичны табл. 1. Источники расположены на половине неба $180 < |l| < 360^\circ$, поэтому информация по данным телескопа ePOЗИТА не приводится.

Среди 17 источников из каталога ART-XC, отобранных для исследований, 8 расположены на половине неба, за обработку данных eROZITA на которой отвечает российский консорциум телескопа eROZITA. Все источники детектируются телескопом eROZITA как в мягком (0.3–2.2 кэВ), так и в жестком (4–9 кэВ) диапазонах, кроме SRGA J025234.3+431004, который надежно ($\gtrsim 5\sigma$) регистрируется только на энергиях $\gtrsim 2.2$ кэВ. Изображения всех 8 источников по данным eROZITA в диапазонах энергий 0.3–2.2, 2.2–6.0 и 4.0–9.0 кэВ приведены на рис. 1.

Спектральный анализ проводился совместно по данным телескопов ART-XC и eROZITA. Аппроксимация спектров проводилась в диапазоне 0.2–20 кэВ с помощью ПО XSPEC v12.11.0n² (Арнауд, 1996). Для подгонки моделей использовалась W-статистика — модифицированная С-статистика (Кэш, 1979), в которой учитывается наличие пуассоновского фона вокруг источника.

При спектральном анализе данных телескопа ART-XC использовалась предварительная версия матрицы отклика, подготовленная по результатам наблюдений Крабовидной Туманности и ее пульсара. Для исследования относительной калибровки телескопов ART-XC и eROZITA мы выбрали сравнительно яркие источники из нашей выборки и аппроксимировали одновременно их спектры степенными законами с поглощениями. При этом была добавлена кросс-калибровочная константа. Для телескопа eROZITA она была зафиксирована на единицу, а для телескопа ART-XC считалась одинаковой для всех источников. Мы получили значение константы 1.3 и соответствующий 90% доверительный интервал (1.0–1.7). Так как значение кросс-калибровочной константы совместимо с единицей, мы сделали вывод, что ее введение не требуется. Отметим, что работа по уточнению матрицы отклика телескопа ART-XC продолжается, и при анализе данных последующих выпусков может потребоваться значение кросс-калибровочной константы, отличное от единицы.

Рентгеновское излучение АЯГ может испытывать поглощение в газопылевом торе вокруг сверхмассивной черной дыры (СМЧД) и в межзвездной среде родительской галактики. Одной из целей исследования была оценка колонки вещества вдоль луча зрения N_{H} внутри исследуемых объектов. Для описания рентгеновских спектров мы использовали обычную для исследований АЯГ модель степенного континуума с завалом на низких энергиях в результате фотопоглощения в Галактике и в самом объекте. На энергиях ниже 2 кэВ в рентгеновских спектрах АЯГ часто наблюдается дополнительное

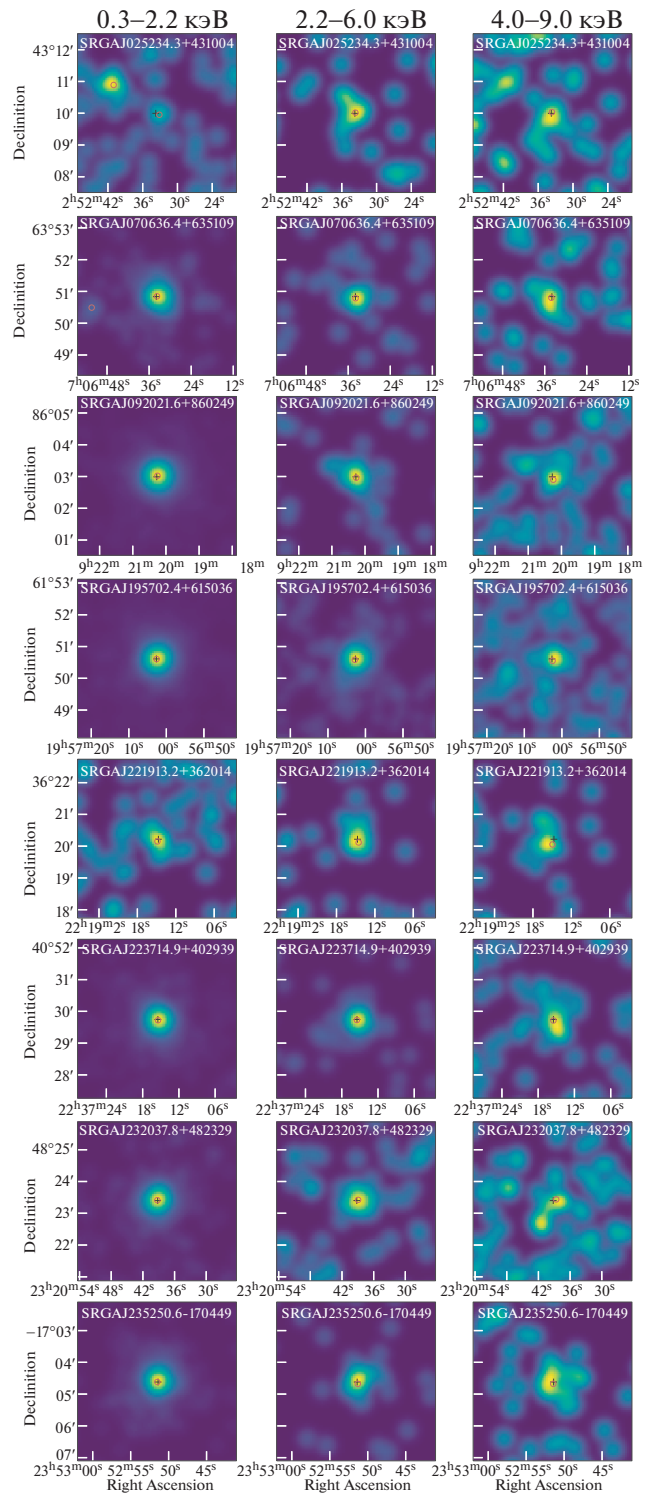


Рис. 1. Изображения eROZITA для 8 источников, расположенных на половине неба, обрабатываемой Российским консорциумом телескопа eROZITA, в диапазоне энергий 0.3–2.2 (слева), 2.2–6.0 (в центре) и 4.0–9.0 (справа) кэВ. Размер изображений 5×5 угл. мин. Кружками указаны положения источников, детектируемых eROZITA на уровне достоверности выше 3 σ . Положения обсуждаемых здесь источников по данным ART-XC показаны черным крестом.

²<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/xanadu/xspec/>

Таблица 3. Рентгеновские спектральные параметры

| Источник ART-XC | N_{H}^{MW} | N_{H} | Γ | F_{PL}^{4-12} | $A_{\text{BB}}, 10^{-6}$ | Cstat (dof) | AIC |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------------|-------|
| Модель PHA(ZPHA CFLUX PL) | | | | | | | |
| SRGA J025234.3+431004 | 1.0 | 78^{+391}_{-71} | $0.6^{+2.4}_{-1.3}$ | $2.4^{+4.9}_{-1.2}$ | — | 12 (10) | 31.6 |
| SRGA J070636.4+635109 | 0.4 | <0.2 | $1.1^{+0.2}_{-0.2}$ | $1.9^{+0.9}_{-0.7}$ | — | 68 (53) | 173.8 |
| SRGA J092021.6+860249 | 0.5 | <0.2 | $2.2^{+0.1}_{-0.1}$ | $1.0^{+0.2}_{-0.2}$ | — | 230 (212) | 654 |
| SRGA J195702.4+615036 | 0.7 | <0.3 | $1.7^{+0.1}_{-0.1}$ | $2.3^{+0.5}_{-0.4}$ | — | 289 (283) | 854.9 |
| SRGA J221913.2+362014 | 1.0 | 80^{+53}_{-41} | $1.8^{+1.0}_{-0.9}$ | $2.2^{+1.2}_{-0.9}$ | — | 19 (14) | 47 |
| SRGA J223714.9+402939 | 1.2 | <0.6 | $1.4^{+0.1}_{-0.1}$ | $5.2^{+1.1}_{-0.9}$ | — | 183 (189) | 560.9 |
| SRGA J232037.8+482329 | 1.3 | <0.4 | $1.5^{+0.2}_{-0.2}$ | $1.4^{+0.5}_{-0.4}$ | — | 119 (92) | 302.5 |
| SRGA J235250.6–170449 | 0.2 | $1.7^{+0.7}_{-0.6}$ | $1.3^{+0.2}_{-0.2}$ | $6.0^{+2.1}_{-1.7}$ | — | 94 (120) | 333.7 |
| Модель PHA(ZPHA CFLUX PL + BB) | | | | | | | |
| SRGAJ070636.4+635109 | 0.4 | <4.8 | $1.0^{+0.5}_{-0.4}$ | $2.3^{+1.5}_{-1}$ | $3.1^{+1.4}_{-2.1}$ | 61 (52) | 165.4 |
| SRGAJ223714.9+402939 | 1.2 | $2.3^{+1.6}_{-1.5}$ | $1.7^{+0.3}_{-0.3}$ | $4.1^{+1.5}_{-1.2}$ | $14.1^{+5.6}_{-7.4}$ | 177 (189) | 554.5 |

Примечание. N_{H}^{MW} , N_{H} — колонковые плотности газа в Галактике и в объекте соответственно, в единицах 10^{21} см^{-2} ; F_{PL}^{4-12} — поправленный за поглощение поток в энергетическом диапазоне 4–12 кэВ, создаваемый степенной компонентой, в единицах $10^{-12} \text{ эрг с}^{-1} \text{ см}^{-2}$; A_{BB} — нормировка чернотельной компоненты.

излучение, природа которого дискутируется (см., например, Бойсай и др., 2016). Принимая во внимание сравнительно небольшое количество фотонов в изучаемых здесь спектрах, мы использовали простую феноменологическую модель чернотельного излучения с фиксированной температурой $kT = 0.1$ кэВ для описания мягкой компоненты в спектре. Таким образом, мы использовали две модели в XSPEC:

$$phabs(zphabs(cflux powerlaw)),$$

$$phabs(zphabs(cflux powerlaw) + blackbody),$$

где $phabs$ — поглощение в Галактике по данным обзора HIPI (Бехти и др., 2016), $zphabs$ — поглощение на красном смещении z данного АЯГ (измеренном по оптическому спектру объекта), $cflux$ — модель свертки, которая нормирует степенную компоненту по потоку в энергетическом диапазоне 4–12 кэВ (таким образом определяется поток, поправленный за поглощение).

Для сравнения качества аппроксимации между этими двумя моделями мы использовали информационный критерий Акаике (Акаике, 1974) $AIC = 2k + cstat$, где k — количество свободных параметров модели, $cstat$ — значение функции правдо-

подобия $-2 \log L_{\text{max}}$, (Кэш, 1979). Если при добавлении чернотельной компоненты значение AIC уменьшалось на 5 и более (это соответствует тому, что вероятность реализации первой модели составляет не более 8% вероятности реализации второй), то предпочтение отдавалось двухкомпонентной модели.

Результаты аппроксимации спектров приведены в табл. 3. Доверительные интервалы значений параметров приведены на уровне 90%. Сами рентгеновские спектры представлены ниже в подразделах, посвященных отдельным источникам (рис. 2–10). При этом для лучшего зрительного восприятия некоторые спектры ePOZITTA были перебинированы. Для трех источников (SRGA J025234.3+431004, SRGA J221913.2+362014, SRGA J235250.6–170449), у которых по результатам спектрального анализа выявлено внутреннее поглощение, мы показываем также двумерные области значений наклона спектра Γ и колонки поглощения.

При анализе рис. 2–10 можно заметить, что наблюдаемое значение потока в первом энергетическом канале телескопа ART-XC в спектрах семи источников из восьми превышает значение,

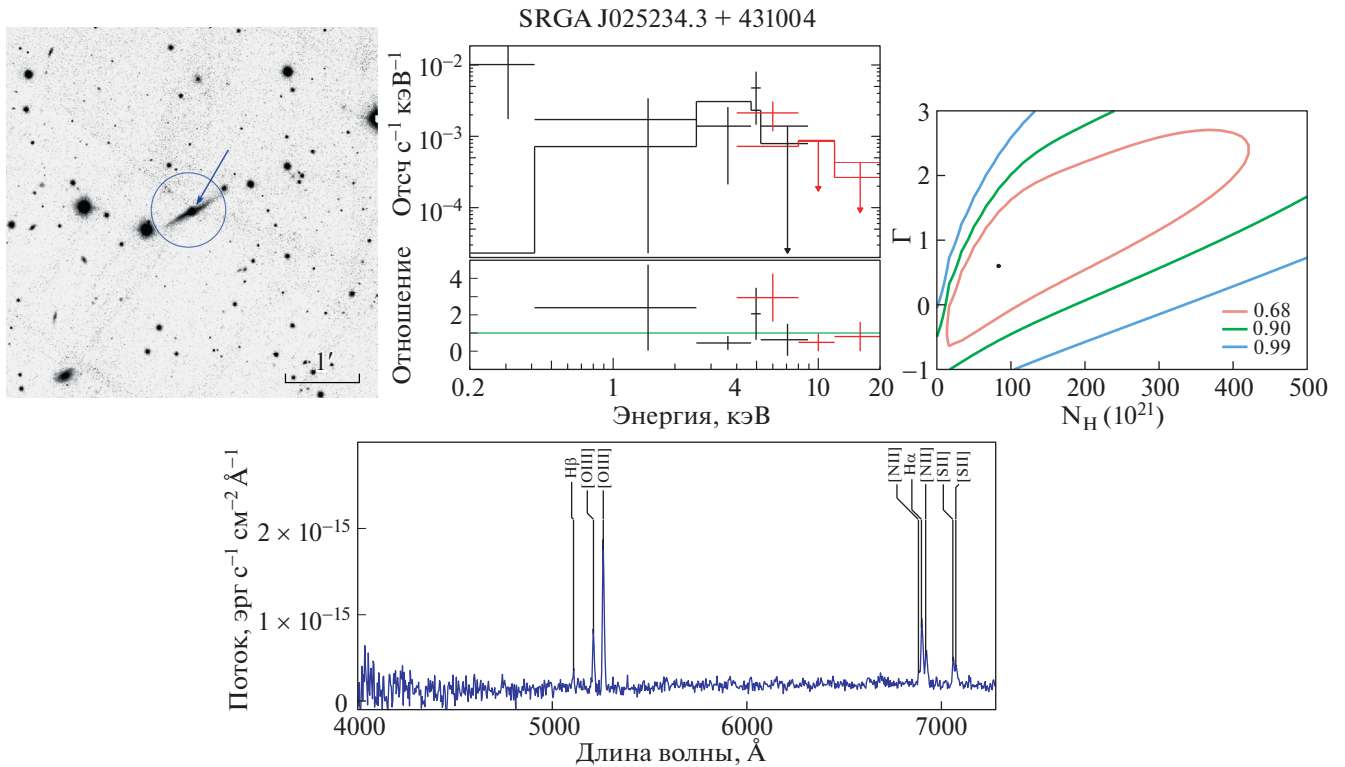


Рис. 2. Результаты наблюдений источника SRGA J025234.3+431004. Вверху слева: картинка наведения. Из-за недостаточно высокой значимости детектирования источника телескопом eРОЗИТА показана только область локализации по данным ART-XC синей окружностью, с радиусом $30''$. Стрелкой показан объект, для которого был получен оптический спектр. Вверху посередине: рентгеновский спектр по данным телескопов ART-XC (красным) и eРОЗИТА (черным), а также модель наилучшей аппроксимации (см. табл. 3). Стрелками показаны верхние пределы на уровне значимости 2σ . На нижней панели рентгеновского спектра показано отношение измерений к модели. Правее рентгеновского спектра изображены контуры правдоподобия cstat наилучшей модели рентгеновского спектра, для наклона Γ и колонковой плотности N_H . Внутренний красный контур соответствует 68% доверительному интервалу, зеленый — 90%, внешний синий — 99%. Внизу: оптический спектр, указаны основные линии излучения.

предсказанное моделью. В некоторых случаях это превышение значительное и статистически значимое. Часть наблюдаемого расхождения между данными ART-XC и моделью, вероятно, связана с эддингтоновским смещением, вызванным тем, что источники имеют в данных ART-XC невысокую значимость и находятся вблизи порога детектирования. Заметный вклад в наблюдаемое расхождение могут вносить также недостатки текущей калибровки телескопа ART-XC, которые будут устранены в последующих выпусках данных. В контексте интерпретации результатов совместного спектрального анализа данных телескопов eРОЗИТА и ART-XC, приведенных в данной работе, следует подчеркнуть, что интегральный отклик телескопа ART-XC в диапазоне 4–20 кэВ откалиброван по наблюдениям Краба достаточно хорошо и воспроизводит его поток с точностью $\sim 20\%$, что позволяет использовать эти данные для анализа широкополосных спектров. Также следует принимать во внимание, что для большинства ис-

точников спектральные параметры в значительной степени определяются данными телескопа eРОЗИТА, имеющими более высокую статистическую значимость.

ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Спектроскопия объектов северного неба ($\delta > -20^\circ$) проводилась на телескопе РТТ-150 с использованием спектрографа *TFOSC*³ и на телескопе АЗТ-3ЗИК с использованием спектрографа низкого и среднего разрешения АДАМ (Афанасьев и др., 2016; Буренин и др., 2016) (см. журнал наблюдений в табл. 4). Использовались длинные щели шириной $2''$, $3''$ на спектрографе АДАМ и $2''$ на спектрографе *TFOSC*. Центр щели совмещался с центральной областью наблюдаемой галактики. После каждой экспозиции положение

³<http://hea.iki.rssi.ru/rtt150/en/index.php?page=tfosc>

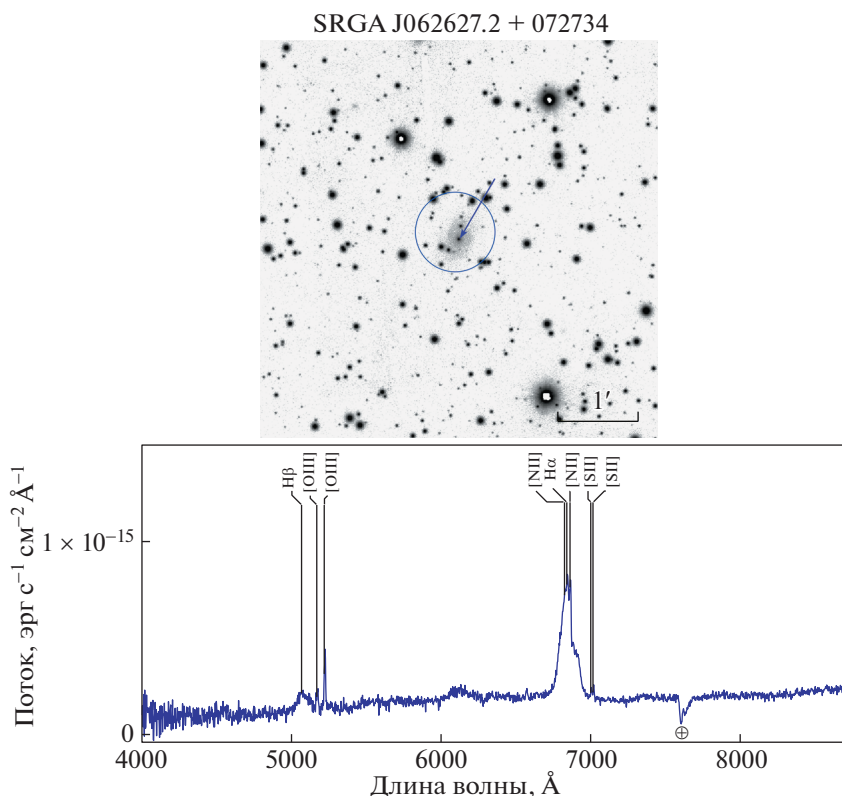


Рис. 3. То же, что на рис. 2, но для SRGA J062627.2+072734. Данные телескопа ePOZITA (область локализации, рентгеновский спектр и контуры cstat) не показаны из-за расположения источника на половине неба $180 < |l| < 360^\circ$.

объекта смещалось вдоль щели на $10\text{--}15''$ в случайном направлении вверх или вниз при помощи фотогида. Оптические наблюдения выполнялись при качестве атмосферы лучше $2.5''$.

На спектрографе *TFOSC* в качестве диспергирующего элемента использовалась дифракционная пропускающая решетка № 15 со спектральным диапазоном $3700\text{--}8700 \text{ \AA}$, обеспечивающая спектральное разрешение 12 \AA . Эта решетка позволяет получать на спектральных изображениях яркие линии бальмеровской серии для галактик вплоть до красного смещения $z = 0.32$. Позиционный угол щели спектрографа составляет 90 градусов. До и после получения серии спектроскопических изображений для каждого объекта мы получали изображения лампы с непрерывным спектром и линейчатый спектр Fe–Ag лампы.

На спектрографе АДАМ для получения спектров использовались объемные фазовые голографические решетки (VPHG), 600 штрихов на миллиметр. В качестве диспергирующего элемента мы использовали решетки VPHG600G спектрального диапазона $3650\text{--}7250 \text{ \AA}$ с разрешающей способностью 8.6 \AA для $2''$ -щели и 12.9 \AA для $3''$ -щели

и решетку VPHG600R спектрального диапазона $6460\text{--}10\,050 \text{ \AA}$ с разрешающей способностью 18.3 \AA для $3''$ -щели. При использовании решетки VPHG600R устанавливался фильтр OS11, который убирает с изображения второй порядок интерференции. На спектрографе установлена толстая ПЗС-матрица e2v CCD30-11, изготовленная по технологии глубокого обеднения. Это позволяет получать спектральные изображения на длине волны $10\,000 \text{ \AA}$ без интерференции на тонкой подложке матрицы. Все наблюдения выполнялись с позиционным углом щели, равным нулю. После каждой серии спектроскопических изображений для каждого объекта мы получали калибровочные изображения лампы с непрерывным спектром и линейчатый спектр He–Ne–Ag лампы.

В каждую ночь наблюдений снимался спектр спектрофотометрических стандартов из списка ESO⁴ для всех используемых наборов дифракционных решеток и щелей. Спектрофотометрические стандарты выбирались таким образом, чтобы они находились, приблизительно, на одинаковой высоте с наблюдаемым нами оптическим источником.

⁴<https://www.eso.org/sci/observing/tools/standards>

SRGA J070636.4 + 635109

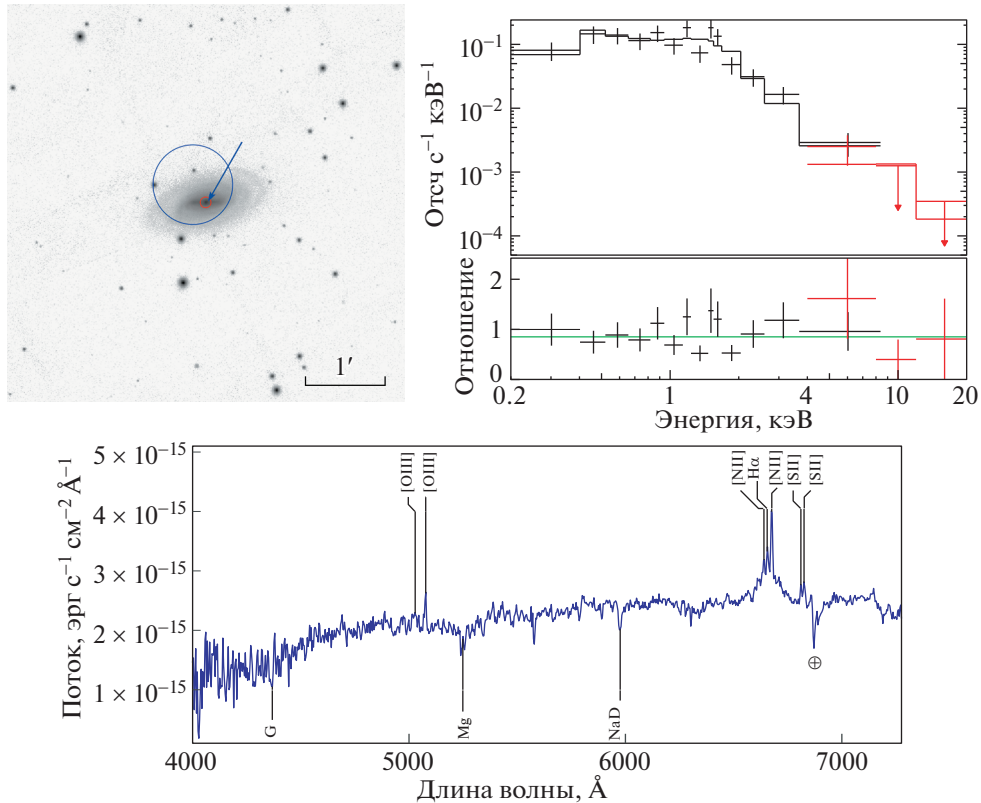


Рис. 4. Результаты наблюдений источника SRGA J070636.4+635109. Вверху слева: картинка наведения. Синей окружностью обозначена область локализации источника телескопом ART-XC, радиусом $30''$, красной окружностью — 98% область локализации телескопом eROSITA. Стрелкой показан объект, для которого был получен оптический спектр. Вверху справа: рентгеновский спектр по данным телескопов ART-XC (красным) и eROSITA (черным), а также модель наилучшей аппроксимации (см. табл. 3). Стрелками показаны верхние пределы на уровне значимости 2σ . На нижней панели рентгеновского спектра показано отношение измерений к модели. Внизу: оптический спектр, указаны основные линии излучения.

Обработка данных производилась с помощью ПО IRAF⁵ и собственного ПО. Калибровка по потоку была выполнена стандартными процедурами IRAF из пакета opedspec.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Здесь обсуждаются полученные результаты наблюдений объектов северного неба. Эмиссионные спектральные линии аппроксимировались функцией Гаусса, в результате чего определялись такие параметры, как центр линии, ширина линии на полувысоте $FWHM_{mes}$, поток в линии и ее эквивалентная ширина EW . Спектральный континуум аппроксимировался полиномом, порядок которого зависел от формы спектра.

Ширина широких бальмеровских линий корректировалась на спектральное разрешение прибора: $FWHM = \sqrt{FWHM_{mes}^2 - FWHM_{res}^2}$, где значения $FWHM_{res}$ определялись для каждого диспергирующего элемента и для каждой щели как ширина на полувысоте линий в спектре калибровочных ламп. Ширины узких линий согласуются с приборным уширением $FWHM_{res}$, поэтому для них в табл. 5–13 значения $FWHM$ не приведены.

Для классификации сейфертовских галактик использовались стандартные критерии (Остерброк, 1981; Верон-Сетти и др., 2001). Ошибки измерений параметров линий излучения приводятся на уровне достоверности 68%.

Доверительный интервал красного смещения определялся как ошибка средних красных смещений узких линий.

⁵<http://iraf.noao.edu/>

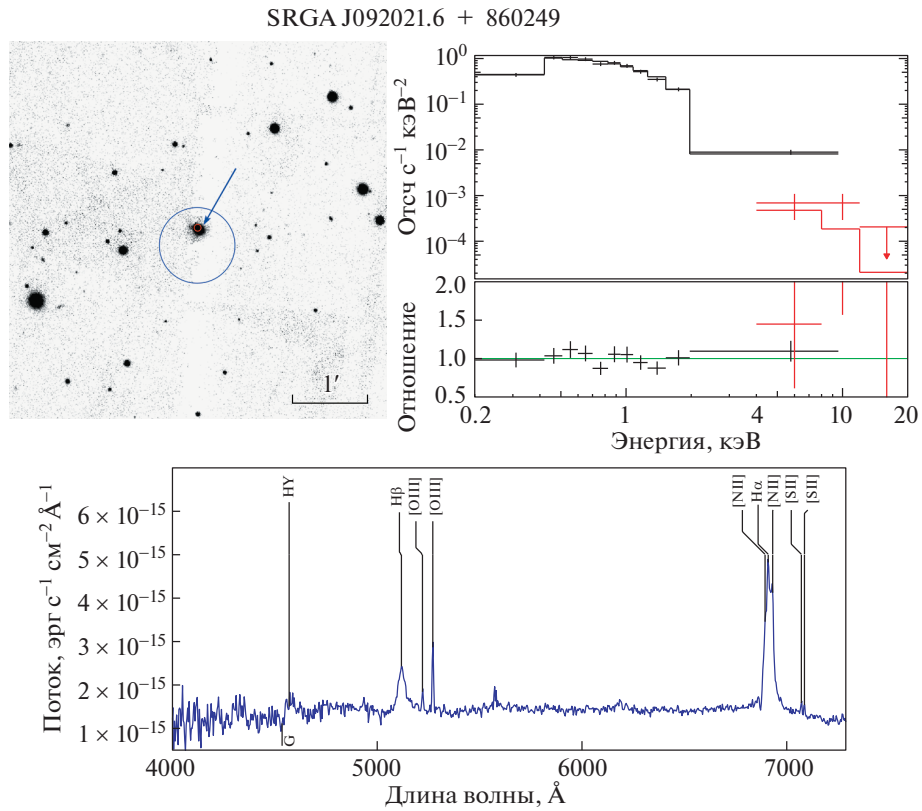


Рис. 5. То же, что на рис. 4, но для SRGA J092021.6+860249.

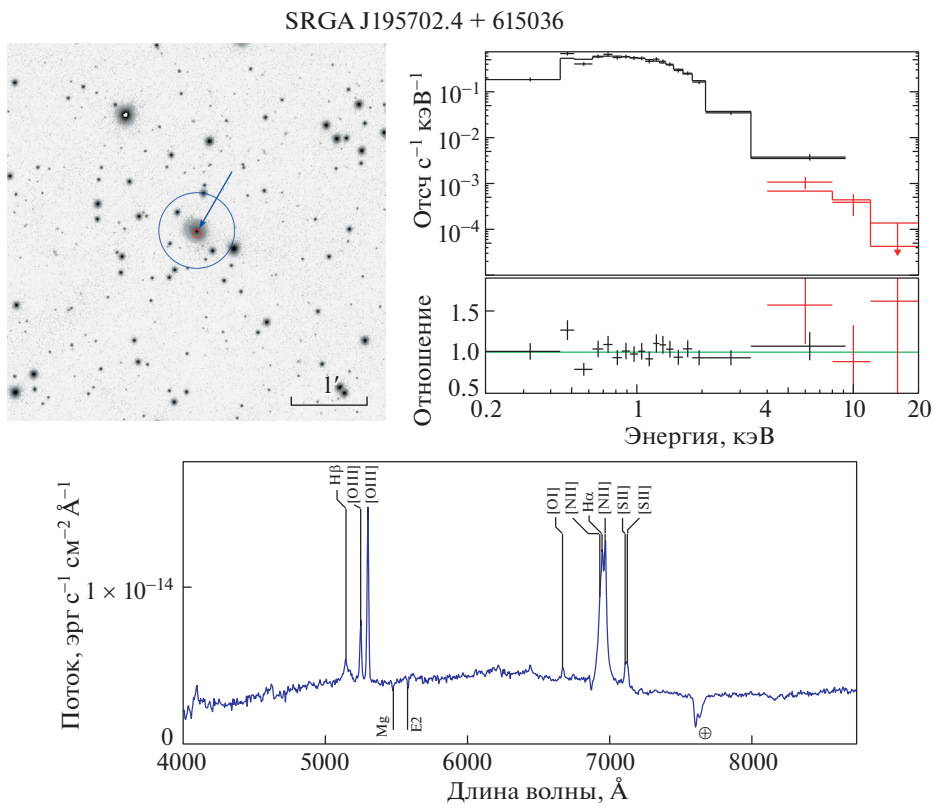


Рис. 6. То же, что на рис. 4, но для SRGA J195702.4+615036.

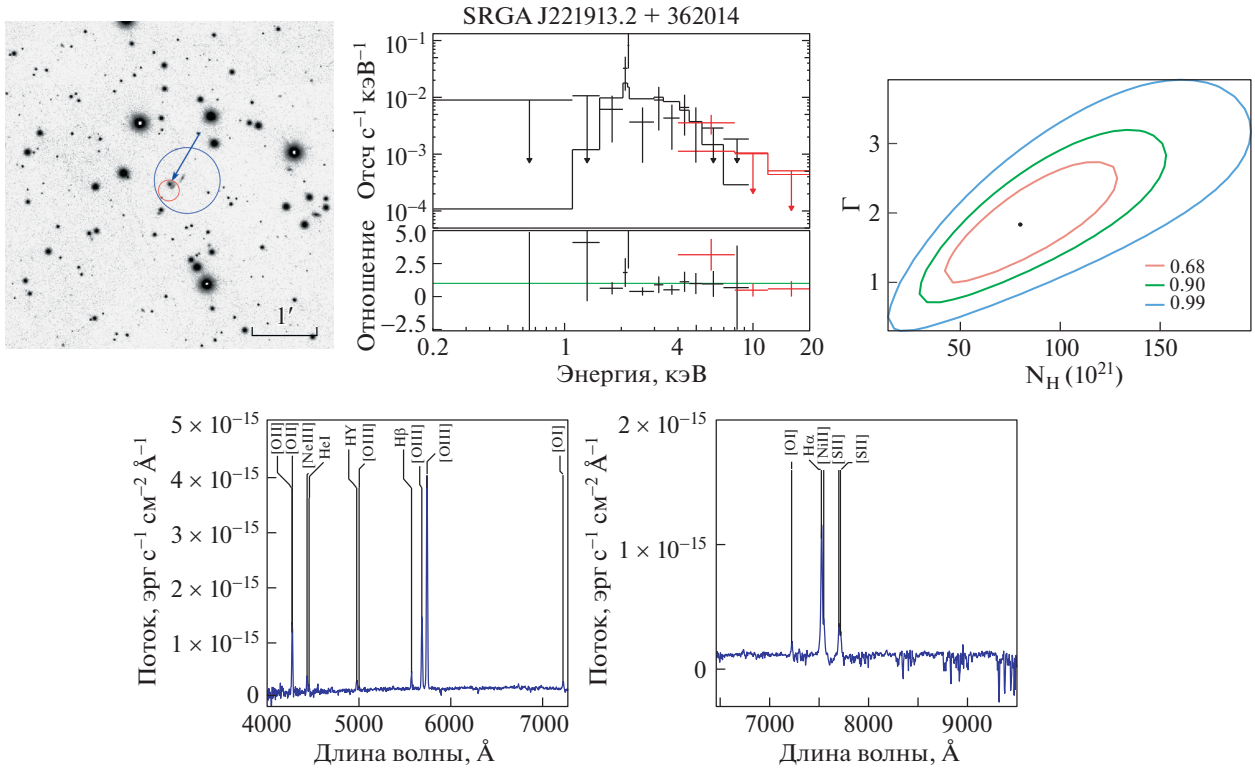


Рис. 7. То же, что на рис. 2, но для SRGA J221913.2+362014. На картинке наведения красной окружностью обозначена 98% область локализации источника телескопом eROSITA. Оптический спектр показан на двух нижних рисунках: слева — спектр, полученный в решетке VPHG600G, справа — спектр, полученный в решетке VPHG600R.

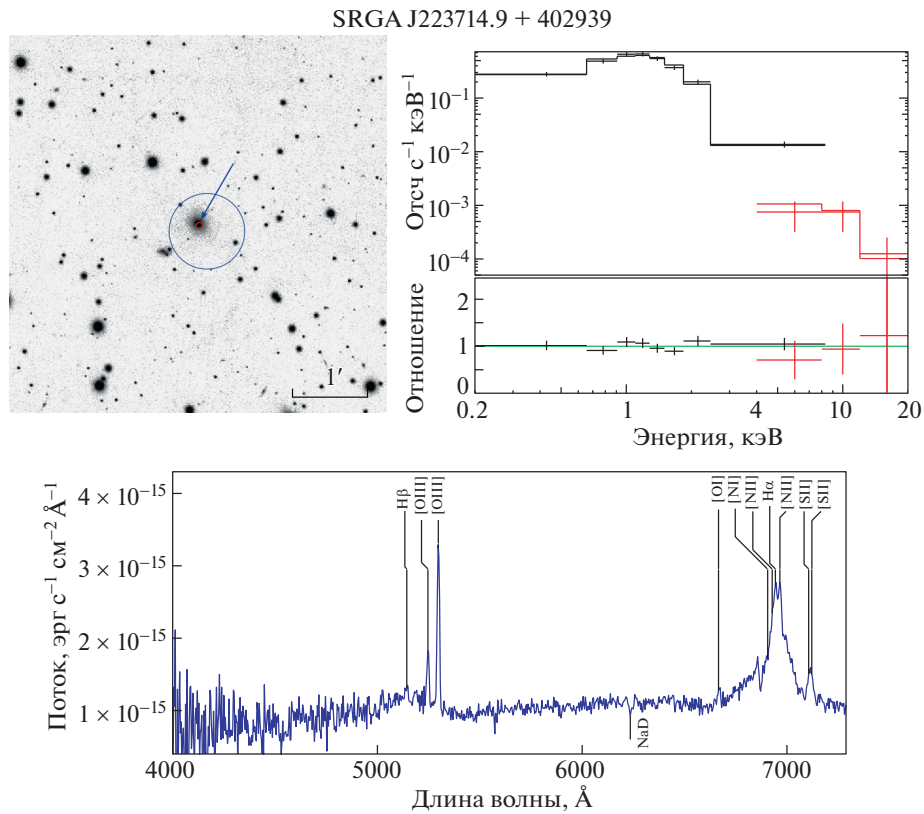


Рис. 8. То же, что на рис. 4, но для SRGA J223714.9+402939.

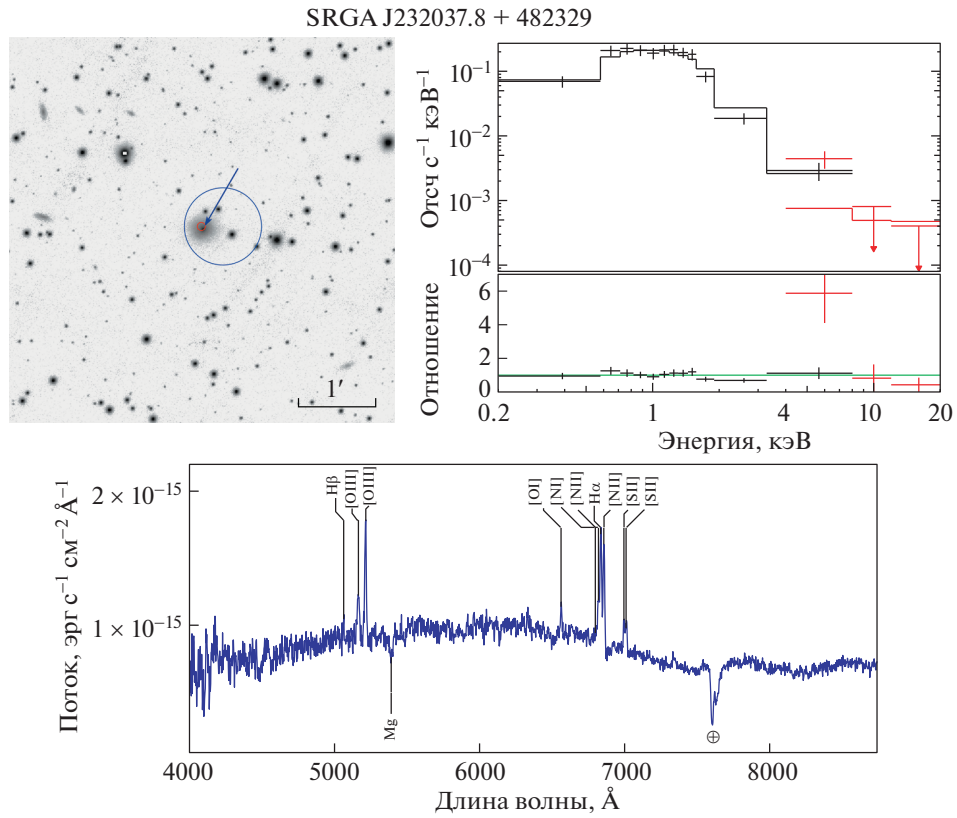


Рис. 9. То же, что на рис. 4, но для SRGA J232037.8+482329.

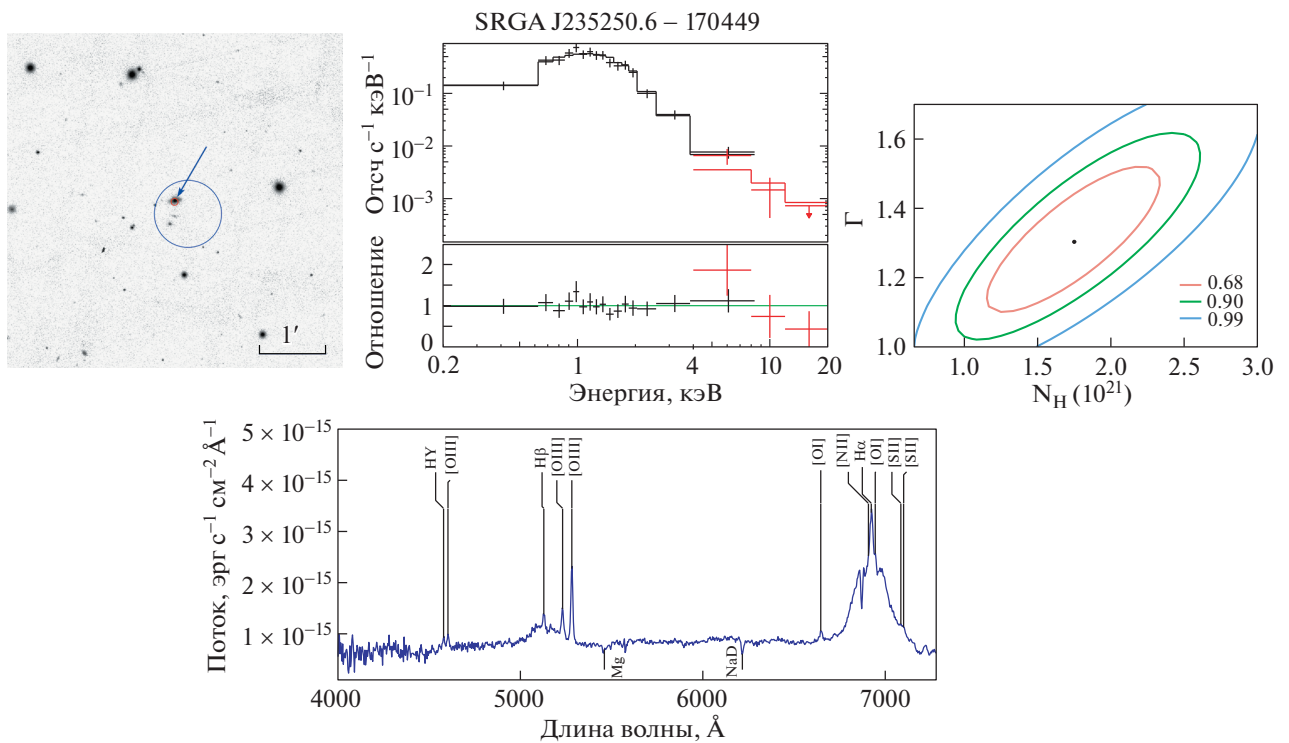


Рис. 10. То же, что на рис. 2, но для SRGA J235250.6–170449. На картинке наведения красной окружностью обозначена 98% область локализации источника телескопом eROSITA.

Таблица 4. Журнал оптических наблюдений

| Источник ART-XC | Дата | Гризма | Щель | Экспозиция, с | Телескоп |
|-----------------------|------------|----------|------|---------------|----------|
| SRGA J025234.3+431004 | 2021-09-29 | VPHG600G | 2'' | 3 × 300 | АЗТ-ЗЗИК |
| SRGA J062627.2+072734 | 2021-11-05 | G15 | 2'' | 8 × 600 | РТТ-150 |
| SRGA J070636.4+635109 | 2021-05-13 | VPHG600G | 2'' | 7 × 200 | АЗТ-ЗЗИК |
| SRGA J092021.6+860249 | 2021-10-31 | VPHG600G | 2'' | 4 × 300 | АЗТ-ЗЗИК |
| SRGA J195702.4+615036 | 2021-05-12 | G15 | 2'' | 5 × 600 | РТТ-150 |
| SRGA J221913.2+362014 | 2021-10-31 | VPHG600G | 3'' | 3 × 600 | АЗТ-ЗЗИК |
| | 2021-10-31 | VPHG600R | 3'' | 3 × 600 | АЗТ-ЗЗИК |
| SRGA J223714.9+402939 | 2021-05-13 | VPHG600G | 3'' | 3 × 200 | АЗТ-ЗЗИК |
| SRGA J232037.8+482329 | 2021-11-05 | G15 | 2'' | 4 × 120 | РТТ-150 |
| SRGA J235250.6–170449 | 2021-09-11 | VPHG600G | 2'' | 4 × 300 | АЗТ-ЗЗИК |

Таблица 5. Спектральные особенности SRGA J025234.3+431004

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| H β | 5109 | 1.8 ± 0.5 | -11.5 ± 3.0 | – |
| [OIII] λ 4959 | 5212 | 6.8 ± 0.5 | -44 ± 3 | – |
| [OIII] λ 5007 | 5262 | 17.8 ± 0.1 | -117 ± 4 | – |
| [NII] λ 6548 | 6884 | 1.2 ± 0.3 | -5.9 ± 1.4 | – |
| H α | 6900 | 9.3 ± 0.4 | -46 ± 2 | – |
| [NII] λ 6584 | 6923 | 5.3 ± 0.4 | -27 ± 2 | – |
| [SII] λ 6718 | 7061 | 2.6 ± 0.5 | -13.2 ± 2.6 | – |
| [SII] λ 6732 | 7075 | 3.2 ± 0.6 | -16.0 ± 3.1 | – |

SRGA J025234.3+431004

Этот источник был открыт в жестком рентгеновском обзоре неба прибора BAT обсерватории Swift (PBC J0252.3+4309 = SWIFT J0252.3+4312 (Кузумано и др., 2010; Оу и др., 2018). В области локализации ART-XC находится наблюдаемая с ребра галактика LEDA 90641 с инфракрасным цветом $W1 - W2 = 0.77$, который указывает на вероятное присутствие активного ядра. Согласно астрономической базе данных SIMBAD, красное смещение галактики $z = 0.0518$.

В спектре галактики (рис. 2, табл. 5) присутствуют узкие эмиссионные линии H β , [OIII] λ 4959, [OIII] λ 5007, [NII] λ 6548 H α , [NII] λ 6584 и дублета серы, по которым можно уточнить красное смещение: $z = 0.05123 \pm 0.00024$. По положению на ВРТ-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 1.01 \pm 0.11$ и $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = -0.24 \pm 0.04$) объект можно отнести к сейфертовским галактикам, а отсутствие широких компонент линий означает, что это Sy2.

Таблица 6. Спектральные особенности SRGA J062627.2+072734

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| H β , узкая | 5077 | <0.3 | >-2.5 | — |
| H β , широкая | 5077 | 7.9 ± 0.5 | -64 ± 4 | 54 ± 4 |
| [OIII] λ 4959 | 5173 | 1.3 ± 0.2 | -10.1 ± 1.3 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5224 | 3.2 ± 0.2 | -24 ± 1 | — |
| [NII] λ 6548 | 6826 | 1.9 ± 0.3 | -10.4 ± 1.6 | — |
| H α , широкая | 6841 | 55 ± 1 | -297 ± 5 | 53 ± 1 |
| H α , узкая | 6841 | 2.5 ± 0.3 | -13.2 ± 1.6 | — |
| [NII] λ 6584 | 6859 | 2.3 ± 0.3 | -12.2 ± 1.6 | — |
| [SII] λ 6718 | 7002 | 0.5 ± 0.2 | -2.7 ± 1.0 | — |
| [SII] λ 6732 | 7017 | 0.5 ± 0.2 | -2.8 ± 0.8 | — |

Таблица 7. Спектральные особенности SRGA J070636.4+635109

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|----------------|---------------------------|
| H β | 4930 | <1.1 | >-0.5 | — |
| [OIII] λ 4959 | 5027 | 2.4 ± 0.8 | -1.2 ± 0.4 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5076 | 4.9 ± 0.9 | -2.4 ± 0.4 | — |
| [NII] λ 6548 | 6640 | 2.5 ± 0.6 | -1.0 ± 0.2 | — |
| H α | 6657 | 4.4 ± 0.7 | -1.8 ± 0.3 | — |
| H α , широкая | 6657 | 68 ± 5 | -28 ± 2 | 61 ± 4 |
| [NII] λ 6584 | 6676 | 11.4 ± 0.1 | -4.7 ± 0.3 | — |
| [SII] λ 6718 | 6811 | 2.5 ± 0.5 | -1.0 ± 0.2 | — |
| [SII] λ 6732 | 6826 | 4.0 ± 0.7 | -1.6 ± 0.3 | — |

SRGA J062627.2+072734

Этот источник был открыт в ходе обзора всего неба обсерватории ROSAT (2RXS J062625.8+072733). Он присутствует также в каталоге источников жесткого рентгеновского обзора Swift/BAT (SWIFT J0626.6+0729) (Ou и др., 2018). Объект находится на половине неба $180 < |l| < 360^\circ$, на которой мы не располагаем данными телескопа ePOZITA. В области локализации телескопа ART-XC находится галактика LEDA 136513

(рис. 3) с характерным для АЯГ ИК-цветом ($W1 - W2 = 0.86$).

В оптическом спектре галактики (рис. 3, табл. 6) присутствуют линии излучения H α и H β , имеющие мощные широкие компоненты, а также узкие запрещенные линии [OIII] λ 4959, [OIII] λ 5007, [NII] λ 6548, [NII] λ 6584 и дублета серы. По этим линиям определяется красное смещение: $z = 0.04254 \pm 0.00013$. Измеренные для узких компонент линий H α и H β соотношения

Таблица 8. Спектральные особенности SRGA J092021.6+860249

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-14} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | $FWHM$, 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|----------------------|
| H γ , узкая | 4581 | <0.2 | >-1.6 | — |
| H γ , широкая | 4581 | 1.8 ± 0.4 | -14.3 ± 3.0 | 32 ± 7 |
| H β , узкая | 5121 | 0.2 ± 0.1 | -1.1 ± 0.5 | — |
| H β , широкая | 5121 | 4.2 ± 0.2 | -30 ± 2 | 28 ± 2 |
| [OIII] λ 4959 | 5222 | 0.4 ± 0.1 | -2.8 ± 0.5 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5272 | 1.3 ± 0.1 | -9.0 ± 0.4 | — |
| [NII] λ 6548 | 6894 | <0.7 | >-4.3 | — |
| H α , узкая | 6910 | <1.5 | >-9.9 | — |
| H α , широкая | 6910 | 10.5 ± 1.6 | -70 ± 11 | 14.9 ± 0.6 |
| [NII] λ 6584 | 6931 | 2.1 ± 0.6 | -13.8 ± 3.8 | — |
| [SII] λ 6718 | 7072 | 0.19 ± 0.04 | -1.5 ± 0.3 | — |
| [SII] λ 6732 | 7086 | 0.16 ± 0.03 | -1.2 ± 0.3 | — |

Таблица 9. Спектральные особенности SRGA J195702.4+615036

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-14} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | $FWHM$, 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|----------------------|
| H β , узкая | 5146 | 0.7 ± 0.3 | -1.7 ± 0.7 | — |
| H β , широкая | 5146 | 5.0 ± 0.7 | -12.5 ± 1.7 | 35 ± 5 |
| [OIII] λ 4959 | 5249 | 5.5 ± 0.3 | -13.7 ± 0.6 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5299 | 14.5 ± 0.2 | -36 ± 1 | — |
| [OI] λ 6300 | 6671 | 1.2 ± 0.1 | -2.9 ± 0.3 | — |
| [NII] λ 6548 | 6935 | 2.2 ± 0.7 | -5.5 ± 1.7 | — |
| H α , узкая | 6950 | 3.9 ± 1.0 | -10.0 ± 2.5 | — |
| H α , широкая | 6950 | 36 ± 3 | -92 ± 6 | 27 ± 2 |
| [NII] λ 6584 | 6970 | 6.9 ± 0.8 | -17.6 ± 2.2 | — |
| [SII] λ 6718 | 7111 | 2.2 ± 0.3 | -5.8 ± 0.7 | — |
| [SII] λ 6732 | 7126 | 2.0 ± 0.3 | -5.4 ± 0.7 | — |

Таблица 10. Спектральные особенности SRGA J221913.2+362014

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| H β | 5572 | 2.9 ± 0.2 | -23 ± 2 | — |
| [OIII] λ 4959 | 5686 | 17.2 ± 0.3 | -135 ± 2 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5741 | 51 ± 1 | -403 ± 2 | — |
| [OI] λ 6300 | 7225 | 1.5 ± 0.2 | -13.8 ± 2.2 | — |
| [NII] λ 6548 | 7505 | 0.2 ± 0.1 | -12.4 ± 2.7 | — |
| H α | 7526 | 18.0 ± 0.8 | -132 ± 8 | — |
| [NII] λ 6584 | 7550 | 4.7 ± 0.3 | -35 ± 4 | — |
| [SII] λ 6718 | 7702 | 5.0 ± 0.9 | -56 ± 10 | — |
| [SII] λ 6732 | 7722 | 2.3 ± 0.9 | -26 ± 10 | — |

Таблица 11. Спектральные особенности SRGA J223714.9+402939

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-14} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| H β , узкая | 5144 | <0.2 | >-4.6 | — |
| H β , широкая | 5144 | 6.8 ± 0.7 | -73 ± 8 | 161 ± 18 |
| [OIII] λ 4959 | 5247 | 0.9 ± 0.1 | -9.5 ± 1.3 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5298 | 2.9 ± 0.1 | -31 ± 2 | — |
| [OI] λ 6300 | 6668 | 0.30 ± 0.07 | -2.8 ± 0.7 | — |
| [NII] λ 6548 | 6929 | 0.6 ± 0.1 | -5.3 ± 1.0 | 5.4^* |
| H α , узкая | 6945 | 1.7 ± 0.1 | -15.5 ± 1.1 | — |
| H α , широкая | 6945 | 17.5 ± 1.0 | -164 ± 9 | 97 ± 5 |
| [NII] λ 6584 | 6967 | 1.8 ± 0.1 | -16.7 ± 1.2 | — |
| [SII] λ 6718 | 7109 | 0.5 ± 0.1 | -4.5 ± 0.6 | — |
| [SII] λ 6732 | 7124 | 0.5 ± 0.1 | -4.8 ± 0.6 | — |

* Значение параметра при аппроксимации линии зафиксировано.

$\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) > 1.01$, $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = -0.03 \pm 0.08$ характерны для АЯГ, а наличие широких компонент H α и H β с потоками на порядок выше потоков в узких компонентах позволяет отнести этот объект к сейфертовским галактикам 1-го типа (Sy1).

SRGA J070636.4+635109

Этот рентгеновский источник был открыт телескопом ART-XC обсерватории СРГ в ходе первого года обзора всего неба (Павлинский и др., 2021b). Он был также зарегистрирован гамма-обсерваторией ИНТЕГРАЛ в ходе проведения многолетнего жесткого рентгеновского обзора

Таблица 12. Спектральные особенности SRGA J232037.8+482329

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| H β | 5062 | 1.1 ± 0.4 | -1.2 ± 0.5 | — |
| [OIII] λ 4959 | 5164 | 5.1 ± 0.5 | -5.6 ± 0.5 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5213 | 11.5 ± 0.5 | -12.7 ± 0.6 | — |
| [OI] λ 6300 | 6563 | 2.9 ± 0.4 | -3.2 ± 0.4 | — |
| [NII] λ 6548 | 6819 | 4.4 ± 0.3 | -5.0 ± 0.4 | — |
| H α | 6836 | 11.2 ± 0.4 | -12.9 ± 0.5 | — |
| [NII] λ 6584 | 6857 | 9.8 ± 0.4 | -11.4 ± 0.4 | — |
| [SII] λ 6718 | 6997 | 3.1 ± 0.3 | -3.8 ± 0.4 | — |
| [SII] λ 6732 | 7012 | 2.8 ± 0.3 | -3.5 ± 0.4 | — |

Таблица 13. Спектральные особенности SRGA J235250.6–170449

| Линия | Длина волны, Å | Поток, 10^{-15} эрг с^{-1} см^{-2} | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10^2 км/с |
|-----------------------|----------------|--|----------------|---------------------------|
| H β , узкая | 5129 | 3.5 ± 0.5 | -4.4 ± 0.6 | — |
| H β , широкая | 5129 | 67 ± 3 | -85 ± 4 | 112 ± 5 |
| [OIII] λ 4959 | 5231 | 7.6 ± 0.5 | -9.6 ± 0.7 | — |
| [OIII] λ 5007 | 5282 | 19.0 ± 0.5 | -24 ± 1 | — |
| [OI] λ 6302 | 6648 | 3.9 ± 0.6 | -4.7 ± 0.7 | — |
| [NII] λ 6548 | 6909 | 1.1 ± 0.7 | -1.4 ± 1.0 | — |
| H α , узкая | 6925 | 15.2 ± 0.8 | -20 ± 1 | — |
| H α , широкая | 6925 | 368 ± 4 | -493 ± 6 | 93 ± 2 |
| [NII] λ 6584 | 6946 | 1.3 ± 0.6 | -1.7 ± 0.9 | — |
| [SII] λ 6718 | 7089 | 2.0 ± 0.7 | -2.8 ± 0.9 | — |
| [SII] λ 6732 | 7105 | 2.5 ± 0.6 | -3.6 ± 0.9 | — |

всего неба (см. Кривонос и др., 2021, в качестве обзора), на картах области галактики M81 (Мереминский и др., в стадии подготовки) с потоком $(8.6 \pm 2.0) \times 10^{-12}$ эрг с^{-1} см^{-2} в диапазоне энергий 17–60 кэВ. В области локализации ART-XC, уточненной по данным ePOZITA (рис. 4), находится галактика UGC 3660 на $z = 0.0143$ (согласно SIMBAD), с которой можно связать также

радиоисточник NVSS J070632+635101 (Кондон и др., 1998).

В спектре галактики (рис. 4, табл. 7) присутствуют узкие эмиссионные линии [OIII] λ 4959, [OIII] λ 5007, [NII] λ 6548, H α , [NII] λ 6584 и дублета серы, видна широкая компонента H α . При этом линия H β не детектируется. В спектре присутствуют также линии поглощения G, MgI, NaD фраунго-

феровской серии. Измеренное по линиям красное смещение объекта: $z = 0.01404 \pm 0.00019$.

По положению на ВРТ-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) > 0.65$, $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = 0.42 \pm 0.07$) объект может быть отнесен к сейфертовским галактикам либо к галактикам типа LINER. Однако наличие широкой компоненты $\text{H}\alpha$ и отсутствие линии $\text{H}\beta$ позволяют классифицировать объект как сейфертовскую галактику типа 1.8 (Sy1.8).

SRGA J092021.6+860249

Этот источник был открыт в ходе обзора всего неба обсерватории ROSAT (2RXS J092015.8+860253). В области локализации еРОЗИТА (рис. 5) находится галактика LEDA 2790304 с характерным для АЯГ ИК-цветом $W1 - W2 = 0.64$. С ней связан также радиоисточник NVSS J091958+860300.

В оптическом спектре (рис. 5, табл. 8) присутствуют линии излучения бальмеровской серии $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$, $\text{H}\gamma$ с широкими компонентами, узкие запрещенные линии $[\text{OIII}]\lambda 4959$, $[\text{OIII}]\lambda 5007$, $[\text{NII}]\lambda 6584$, $[\text{SII}]\lambda 6718$, $[\text{SII}]\lambda 6732$ и линия поглощения G. Измеренное красное смещение объекта $z = 0.05286 \pm 0.00013$. Отношения потоков в узких линиях $\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 0.9 \pm 0.2$ и $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) > 0.01$ характерны для АЯГ, а наличие широких компонент линий $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$ и $\text{H}\gamma$ позволяет классифицировать объект как Sy1.

SRGA J195702.4+615036

Этот источник был открыт в ходе обзора всего неба обсерватории ROSAT (2RXS J195702.4+615038). В области локализации еРОЗИТА (рис. 6) находится галактика LEDA 2625686 с характерным для АЯГ ИК-цветом $W1 - W2 = 0.65$.

В спектре галактики (рис. 6, табл. 9) видны эмиссионные линии $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$ с широкими компонентами, запрещенные линии $[\text{OIII}]\lambda 4959$, $[\text{OIII}]\lambda 5007$, $[\text{OI}]\lambda 6300$, $[\text{SII}]\lambda 6718$, $[\text{SII}]\lambda 6732$, а также фраунгоферова линия поглощения MgI. Измеренное красное смещение объекта $z = 0.05857 \pm 0.00014$. Отношения потоков в узких линиях $\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 1.34 \pm 0.19$ и $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = 0.24 \pm 0.12$ указывают на наличие активного ядра. Поток в широких компонентах линий $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$ значительно превышает поток в узких компонентах, что позволяет классифицировать объект как Sy1.

SRGA J221913.2+362014

Этот рентгеновский источник был открыт телескопом ART-XC обсерватории СРГ в ходе первого года обзора всего неба (Павлинский и др., 2021b). В области локализации ART-XC, уточненной по данным еРОЗИТА (рис. 4), находится оптический-ИК-радио источник NVSS J221914+362011 = WISEA J221914.50+362010.5 с характерным для АЯГ ИК-цветом $W1 - W2 = 1.2$.

В оптическом спектре (рис. 7, табл. 10) видно много запрещенных линий излучения нейтрального и ионизованного кислорода, серы, неона, а также присутствуют узкие линии излучения бальмеровской серии водорода $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$, $\text{H}\gamma$. Измеренное красное смещение: $z = 0.14667 \pm 0.00003$. По положению на ВРТ-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 1.25 \pm 0.04$ и $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = -0.58 \pm 0.04$) объект можно отнести к сейфертовским галактикам, а отсутствие широких компонент бальмеровских линий означает, что это Sy2.

SRGA J223714.9+402939

Этот источник был открыт в ходе направленных наблюдений обсерватории ROSAT (источник 1WGA J2237.2+4029) (Вайт и др., 2000). В области локализации еРОЗИТА (рис. 8) находится галактика LEDA 5060459 с характерным для АЯГ ИК-цветом $W1 - W2 = 0.73$. Согласно SIMBAD, красное смещение галактики $z = 0.0580$.

В оптическом спектре (рис. 8, табл. 11) видны запрещенные линии излучения кислорода и серы, а также линии излучения $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$ с широкими компонентами. Уточненное красное смещение объекта: $z = 0.05818 \pm 0.00011$. По положению на ВРТ-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) > 1.14$, $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = 0.03 \pm 0.04$) объект можно отнести к сейфертовским галактикам, а наличие широких компонент линий $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$, поток в которых во много раз превышает поток в узких компонентах, позволяет классифицировать объект как Sy1.

SRGA J232037.8+482329

Этот источник был открыт в ходе обзора всего неба обсерватории ROSAT (2RXS J232039.7+482317). В области локализации еРОЗИТА находится галактика LEDA 2316409 на $z = 0.04150$ (согласно SIMBAD), с которой связан радиоисточник NVSS J232039+482326.

В спектре галактики (рис. 9, табл. 12) видны запрещенные линии кислорода и серы, узкие линии излучения $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$, а также фраунгоферова линия поглощения MgI. Уточненное красное смещение

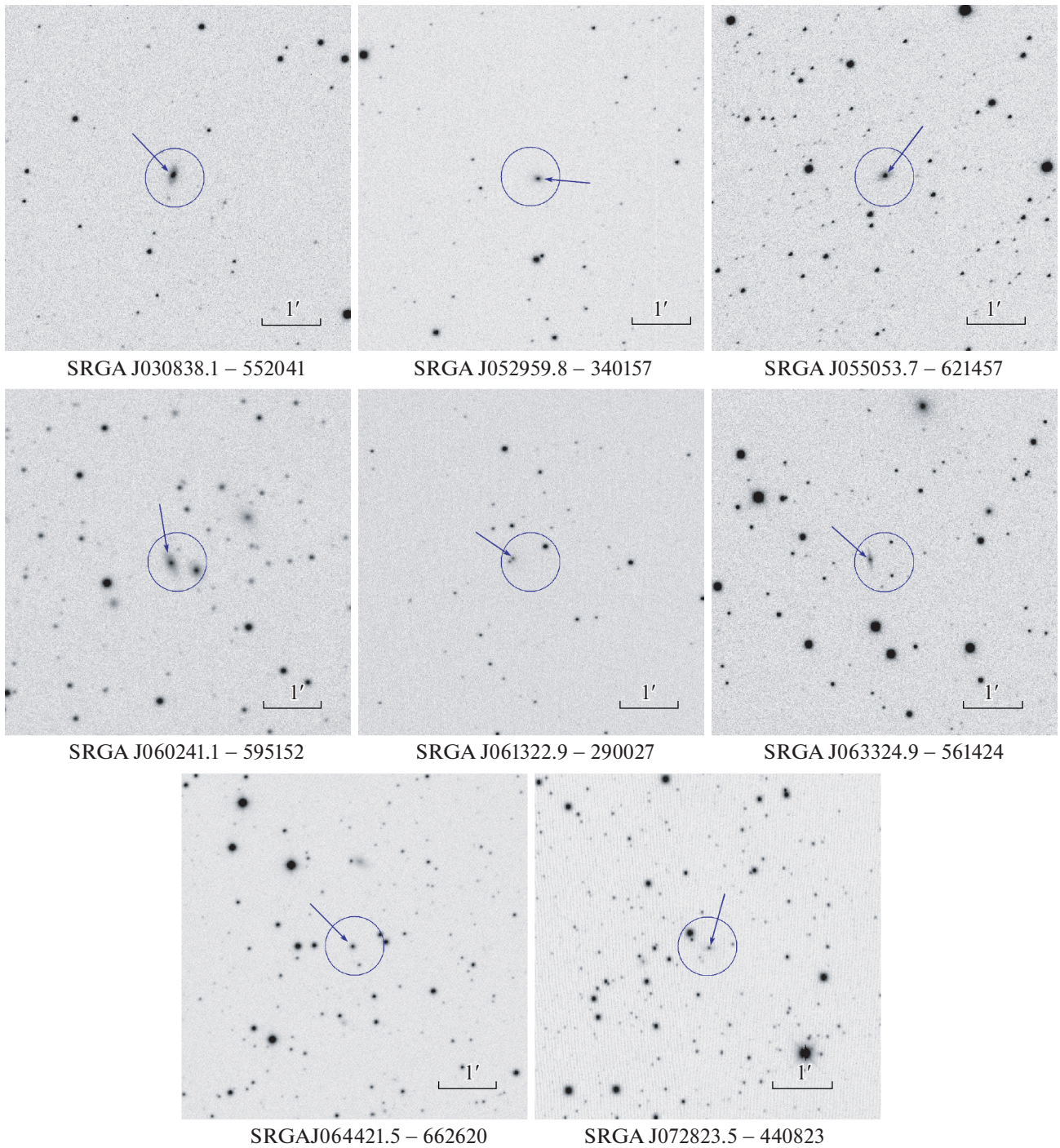


Рис. 11. Оптические изображения в фильтре i из обзора *SkyMapper* (Келлер и др., 2007) вокруг 8 рентгеновских источников ART-XC на южном небе. Синей окружностью обозначена область локализации телескопом ART-XC, радиусом $30''$. Стрелкой показаны галактики, для которых был получен спектр в обзоре 6dF.

галактики: $z = 0.04197 \pm 0.00017$. По положению на BPT-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 1.03 \pm 0.17$, $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = -0.06 \pm 0.02$) и отсутствию широких компонент линий $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$ объект можно классифицировать как Sy2.

SRGA J235250.6-170449

Этот источник был открыт в жестком рентгеновском обзоре неба прибора BAT обсерватории Swift (Оу и др., 2018). В области локализации ePOZITA (рис. 10) присутствует галакти-

Таблица 14. Спектральные особенности объектов из обзора 6dF

| Линия | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10 ² км/с |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| SRGA J030838.1–552041 | | |
| Hβ | -3.2 ± 1.3 | 2.8 ± 1.1 |
| [OIII]λ4959 | -12.6 ± 4.0 | 3.5 ± 1.1 |
| [OIII]λ5007 | -41 ± 7 | 3.5 ± 0.3 |
| [NII]λ6548 | -4.3 ^{+3.0} _{-2.4} | 3.5 ± 1.3 |
| Hα | -18.6 ± 2.0 | 4.2 ± 0.4 |
| [NII]λ6584 | -14.3 ± 3.2 | 3.7 ± 0.5 |
| [SII]λ6718 | -5.0 ± 1.6 | 4.1 ± 1.7 |
| [SII]λ6732 | -4.6 ± 1.6 | 3.9 ± 1.7 |
| SRGA J052959.8–340157 | | |
| [OII]λ3727 | -16.6 ± 4.9 | 5.8 ± 0.9 |
| Hβ | -4.6 ± 1.8 | 6.0 ± 1.7 |
| [OIII]λ4959 | -21 ± 4 | 6.9 ± 0.6 |
| [OIII]λ5007 | -65 ± 9 | 6.3 ± 0.6 |
| [NII]λ6548 | -4.1 ± 0.9 | 6.3 ± 0.3 |
| Hα, узкая | -20.6 ± 0.9 | 6.3 ± 0.3 |
| Hα, широкая | -62 ± 5 | 72 ± 6 |
| [NII]λ6584 | -16.2 ± 0.9 | 6.3 ± 0.3 |
| SRGA J055053.7–621457 | | |
| Hδ, широкая | -17.5 ± 1.9 | 32 ± 4 |
| Hγ, широкая | -16.2 ± 1.2 | 22 ± 2 |
| Hβ, узкая | <1.9 | – |
| Hβ, широкая | -38 ± 2 | 24 ± 2 |
| [OIII]λ4959 | -6.3 ± 2.2 | 6.7 ± 1.6 |
| [OIII]λ5007 | -21 ± 2 | 6.7 ± 0.6 |
| Hα, узкая | -6.4 ± 2.8 | 5.6 ± 0.8 |
| Hα, широкая | -90 ± 5 | 20 ± 1 |
| [NII]λ6584 | -12.8 ± 2.4 | 5.5 ± 0.8 |
| SRGA J060241.1–595152 | | |
| Hβ | -6.7 ± 2.3 | 3.1 ± 0.8 |
| [OIII]λ4959 | -14.0 ± 3.7 | 4.4 ± 0.5 |
| [OIII]λ5007 | -49 ± 11 | 3.7 ± 0.4 |
| Hα | -19 ⁺⁹ ₋₁₈ | 4.9 ± 1.7 |
| [NII]λ6584 | -14 ⁺⁷ ₋₁₄ | 4.9 ± 1.7 |

Таблица 14. Окончание

| Линия | Экв. ширина, Å | <i>FWHM</i> , 10 ² км/с |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| SRGA J061322.9–290027 | | |
| Hβ | -3.1 ± 1.2 | 4.1 ± 1.5 |
| [OIII]λ4959 | -8.2 ± 2.8 | 5.6 ± 1.3 |
| [OIII]λ5007 | -25 ± 5 | 5.1 ± 0.5 |
| [OI]λ6300 | -5.2 ± 1.9 | 6.3 ± 1.3 |
| [NII]λ6548 | -7.9 ± 2.4 | 6.1 ± 0.8 |
| Hα | -16.8 ± 2.4 | 6.1 ± 0.8 |
| [NII]λ6584 | -21 ± 3 | 6.0 ± 0.8 |
| [SII]λ6718 | -5.4 ^{+1.6} _{-3.0} | 5.4 ± 2.1 |
| [SII]λ6732 | -8.2 ± 3.1 | 7.6 ± 2.0 |
| SRGA J063324.9–561424 | | |
| [OIII]λ4959 | -7.8 ^{+3.6} _{-5.4} | 3.0 ± 1.2 |
| [OIII]λ5007 | -29 ⁺¹⁰ ₋₂₇ | 3.0 ± 1.2 |
| [NII]λ6548 | -11.8 ± 3.8 | 4.2 ± 1.4 |
| Hα | -23 ⁺⁶ ₋₁₆ | 4.2 ± 1.4 |
| [NII]λ6584 | -15.3 ± 4.9 | 4.2 ± 1.4 |
| SRGA J064421.5–662620 | | |
| Hγ | -2.9 ± 0.9 | 3.7 ± 1.7 |
| [OII]λ3727 | -14.4 ± 4.8 | 7.6 ± 1.6 |
| Hβ, узкая | -5.2 ± 1.4 | 2.9 ± 1.6 |
| Hβ, широкая | -35 ± 2 | 58 ± 4 |
| [OIII]λ4959 | -8.6 ± 1.8 | 4.0 ± 0.9 |
| [OIII]λ5007 | -31 ± 6 | 4.7 ± 0.8 |
| Hα, узкая | -22 ± 1 | 2.8 ± 0.2 |
| Hα, широкая | -130 ± 4 | 40 ± 2 |
| [NII]λ6584 | -12.2 ± 0.8 | 2.8 ± 0.2 |
| SRGA J072823.5–440823 | | |
| Hγ, широкая | -24 ± 2 | 32 ± 3 |
| Hβ, узкая | <1.4 | – |
| Hβ, широкая | -55 ± 2 | 34 ± 2 |
| [OIII]λ4959 | -4.7 ^{+1.1} _{-3.4} | 4.6 ± 1.6 |
| [OIII]λ5007 | -20 ⁺⁴ ₋₆ | 4.3 ± 0.9 |
| Hα, узкая | -12.5 ± 2.7 | 5.0 ± 0.8 |
| Hα, широкая | -210 ± 5 | 30 ± 1 |
| [NII]λ6584 | -5.4 ± 1.8 | 5.0 ± 0.8 |

Таблица 15. Соотношение потоков в эмиссионных линиях объектов из обзора 6dF

| Объект | $\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta)$ | $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha)$ |
|-----------------------|--|--|
| SRGA J030838.1–552041 | 1.05 ± 0.12 | -0.11 ± 0.07 |
| SRGA J052959.8–340157 | 1.09 ± 0.07 | -0.11 ± 0.03 |
| SRGA J055053.7–621457 | >1.11 | 0.30 ± 0.21 |
| SRGA J060241.1–595152 | 0.89 ± 0.13 | -0.15 ± 0.37 |
| SRGA J061322.9–290027 | 0.96 ± 0.15 | 0.09 ± 0.08 |
| SRGA J063324.9–561424 | >0.87 | -0.19 ± 0.24 |
| SRGA J064421.5–662620 | 0.85 ± 0.04 | -0.26 ± 0.03 |
| SRGA J072823.5–440823 | >1.14 | -0.37 ± 0.17 |

Таблица 16. Свойства активных ядер галактик, спектры которых получены на телескопах АЗТ-33ИК и РТТ-150

| Объект | Оптический тип | z | $\log L_X^1$ |
|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| SRGA J025234.3+431004 | Sy2 | 0.05123 ± 0.00024 | 43.0 ± 0.4 |
| SRGA J062627.2+072734 | Sy1 | 0.04254 ± 0.00013 | 43.0 ± 0.4 |
| SRGA J070636.4+635109 | Sy1.8 | 0.01404 ± 0.00019 | 42.4 ± 0.3 |
| SRGA J092021.6+860249 | Sy1 | 0.05286 ± 0.00013 | 43.5 ± 0.2 |
| SRGA J195702.4+615036 | Sy1 | 0.05857 ± 0.00014 | 43.4 ± 0.2 |
| SRGA J221913.2+362014 | Sy2 | 0.14667 ± 0.00003 | 44.4 ± 0.2 |
| SRGA J223714.9+402939 | Sy1 | 0.05818 ± 0.00011 | 43.6 ± 0.3 |
| SRGA J232037.8+482329 | Sy2 | 0.04197 ± 0.00017 | 42.8 ± 0.4 |
| SRGA J235250.6–170449 | Sy1 | 0.05502 ± 0.00012 | 43.7 ± 0.3 |

¹ Светимость в наблюдаемом диапазоне энергий 4–12 кэВ в единицах эрг/с, без поправки за поглощение. Ошибка соответствует 68% доверительному интервалу.

ка 2MASS J23525142–1704372, ИК-цвет которой ($W1 - W2 = 0.54$) позволяет предположить наличие АЯГ.

В спектре галактики (рис. 10, табл. 13) присутствуют много запрещенных линий излучения кислорода, серы, азота, линии бальмеровской серии $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$, $\text{H}\gamma$, у первых двух из которых есть мощные широкие компоненты, также видны линии поглощения фраунгоферовской серии MgI , NaD . Измеренное красное смещение объекта $z = 0.05502 \pm 0.00012$. Хотя по положению на ВРТ-диаграмме ($\lg([\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 0.74 \pm$

± 0.06 , $\lg([\text{NII}]\lambda 6584/\text{H}\alpha) = -1.07 \pm 0.22$) объект нельзя однозначно отнести к сейфертовским галактикам, наличие мощных широких компонентов линий излучения $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$ позволяет классифицировать его как Sy1.

Объекты южного неба

Восемь источников ART-ХС южного неба ($\delta > -20^\circ$) отождествляются с галактиками (рис. 11), для которых имеются спектры, полученные в ходе обзора 6dF (Джонс и др.,

Таблица 17. Свойства активных ядер галактик, спектры которых получены в ходе обзора 6dF

| Объект | Оптический тип | z^1 | $\log L_X^2$ |
|-----------------------|----------------|---------|----------------|
| SRGA J030838.1–552041 | Sy2 | 0.07791 | 43.8 ± 0.2 |
| SRGA J052959.8–340157 | Sy1.8 | 0.07900 | 43.8 ± 0.2 |
| SRGA J055053.7–621457 | Sy1 | 0.05875 | 43.0 ± 0.2 |
| SRGA J060241.1–595152 | Sy2 | 0.10051 | 43.8 ± 0.2 |
| SRGA J061322.9–290027 | Sy2 | 0.07051 | 44.1 ± 0.1 |
| SRGA J063324.9–561424 | Sy2 | 0.04784 | 43.2 ± 0.2 |
| SRGA J064421.5–662620 | Sy1 | 0.07843 | 42.9 ± 0.4 |
| SRGA J072823.5–440823 | Sy1 | 0.08171 | 43.8 ± 0.2 |

¹ Значения взяты из каталога красных смещений обзора 6dF.

² Светимость в наблюдаемом диапазоне энергий 4–12 кэВ в единицах эрг/с, без поправки за поглощение. Ошибка соответствует 68% доверительному интервалу, без учета погрешности z .

2004, 2009). Один из этих рентгеновских источников (SRGA J030838.1–552041), связанный с галактикой LEDA 410289, был открыт телеско-

пом ART-XC обсерватории СРГ (Павлинский и др., 2021b), два (SRGAJ052959.8–340157 = XMMSL2 J052958.9–340159 = LEDA 668116, SRGAJ060241.1–595152 = XMMSL2 J060241.6–595149 = LEDA 178859) были обнаружены впервые во время перенаведений обсерватории XMM-Newton (XMM-Newton slew survey, Исследовательский научный центр XMM-Newton 2018), а остальные пять (SRGAJ055053.7–621457 = 2RXS J055054.2–621454 = LEDA 178653, SRGAJ061322.9–290027 = 2RXS J061324.1–290029 = LEDA 734640, SRGAJ063324.9–561424 = 2RXS J063326.4–561427 = LEDA 148903, SRGAJ064421.5–662620 = 2RXS J064422.7–662623 = 2MASS J06442187–6626199, SRGAJ072823.5–440823 = 2RXS J072822.3–440821 = 2MASS J07282338–4408241) были открыты в ходе обзора всего неба обсерватории POCAT (Боллер и др., 2016). Все перечисленные галактики характеризуются ИК-цветом, характерным для сейфертовских галактик (значения $W_1 - W_2$ от 0.5 до 1.0).

Обзор 6dF проводился на 1.2-м телескопе Шмидта UKST с помощью мультиволоконного спектрографа с полем зрения 5.7° , оснащенного двумя решетками низкого разрешения $R \approx 1000$ с перекрывающимися спектральными диапазонами. При этом был полностью покрыт диапазон 4000–7500 Å. Полученные в ходе обзора спектры не откалиброваны по потоку и представлены⁶ в отсчетах, что не позволяет измерять абсолютные

⁶<http://www-wfau.roe.ac.uk/6dFGS/>

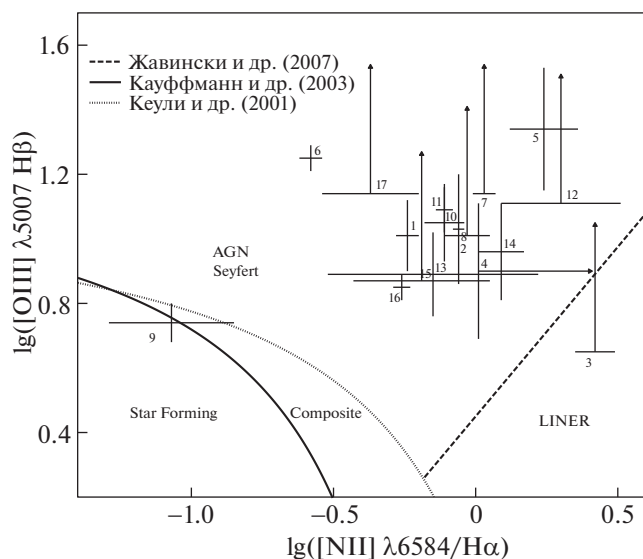


Рис. 12. Расположение исследуемых АЯГ на BPT-диаграмме (Балдвин и др., 1981), полученной по данным Слоановского обзора (выпуск 7, Сообщество СДСС 2009). На графике представлены доверительные интервалы отношений потоков. Стрелкой указаны нижние $2\text{-}\sigma$ пределы. Разграничительные линии между разными классами галактик взяты из работ: Кауффманн и др. (2003) — сплошная линия, Кеули и др. (2001) — пунктирная линия, Жавински и др. (2007) — штриховая линия. Источники отмечены по номерам, указанным в табл. 1, 2.

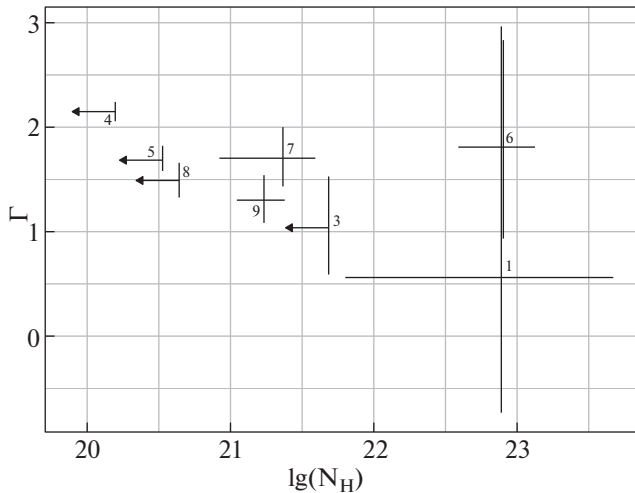


Рис. 13. Зависимость наклона рентгеновского степенного континуума от внутренней колонки поглощения для 8 АЯГ, исследованных по данным телескопов ART-XC и ePOZITA (см. табл. 3). Стрелками показаны 90% верхние пределы. Источники указаны по номерам из табл. 1.

потоки в эмиссионных линиях. Однако эти данные могут использоваться для оценки эквивалентной ширины линий и соотношения потоков в парах близко расположенных линий ($H\beta$, $[OIII]\lambda 5007$) и ($[NII]\lambda 6584$, $H\alpha$), которые используются для классификации АЯГ по ВРТ-диаграмме.

В табл. 14, 15 представлены определенные на основе спектров 6dF характеристики эмиссионных линий объектов нашей выборки. Погрешности приведены на уровне достоверности 68%. Ширины линий (FWHM) поправлены на приборное уширение, равное 5.75 \AA . Красные смещения объектов взяты из каталога 6dF (Джонс и др., 2009).

СВОЙСТВА ОБНАРУЖЕННЫХ АЯГ

В табл. 16, 17 представлены основные свойства АЯГ, которые удалось отождествить в данной работе: красное смещение, оптический тип и рентгеновская светимость L_X в диапазоне энергий 4–12 кэВ.

Рентгеновская светимость была получена на основе потока в диапазоне 4–12 кэВ (см. табл. 1, 2) из каталога рентгеновских источников (Павлинский и др., 2021b) первого года обзора СРГ/ART-XC и фотометрического расстояния до объекта, рассчитанного по его красному смещению. Приведенные значения L_X не учитывают k -поправки и не исправлены за поглощение на луче зрения.

Все обсуждаемые объекты оказались близкими сейфертовскими галактиками со светимостью $L_X \sim 3 \times 10^{43} - 3 \times 10^{44}$ эрг/с и попадают в область

сейфертовских галактик на стандартной ВРТ-диаграмме (рис. 12) отношений потоков в линиях $[OIII]\lambda 5007/H\beta$, $[NII]\lambda 6584/H\alpha$. Хотя источники SRGA J070636.4+635109 и SRGA J235250.6–170449 находятся на границе этой области, присутствие в спектрах этих галактик широких компонент бальмеровских линий водорода однозначно говорит о том, что это сейфертовские галактики 1-го типа.

На рис. 13 показана зависимость наклона степенного континуума Γ от колонки внутреннего поглощения N_H для 8 объектов выборки, для которых был проведен анализ рентгеновских спектров по данным телескопов ART-XC и ePOZITA обсерватории СРГ. Большинство полученных значений наклона согласуются в пределах ошибок с $\Gamma \sim 1.5-2$, что характерно для АЯГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью наблюдений, проведенных на телескопах АЗТ-3ЗИК и РТТ-150, и архивных спектральных данных из обзора 6dF нам удалось отождествить 17 новых активных ядер галактик среди рентгеновских источников, зарегистрированных в течение первого года обзора всего неба телескопа ART-XC обсерватории СРГ. Все они оказались близкими сейфертовскими галактиками (8 Sy1, 2 Sy1.8, 7 Sy2) на красных смещениях от $z = 0.014$ до $z = 0.147$.

Для 8 объектов, расположенных на половине неба $0 < l < 180^\circ$, были построены широкополосные (0.2–20 кэВ) рентгеновские спектры по данным телескопов ART-XC и ePOZITA обсерватории СРГ. В спектрах трех из этих объектов выявлено внутреннее поглощение, причем два из них (сейфертовские галактики 2-го типа SRGA J025234.3+431004 и SRGA J221913.2+362014) являются сильно поглощенными ($N_H \sim 10^{23} \text{ см}^{-2}$), а третий (Sy1 SRGA J235250.6–170449) характеризуется относительно небольшим поглощением ($N_H \sim 10^{22} \text{ см}^{-2}$). Отметим, что сильно поглощенный источник SRGA J025234.3+431004 ассоциирован с галактикой (LEDA 90641), которая наблюдается с ребра, поэтому поглощение в этом случае может возникать не только в газопылевом торе около сверхмассивной черной дыры, но и в межзвездной среде галактики.

Обзор всего неба обсерватории СРГ продолжается. Ожидается, что к окончанию 4-летнего обзора телескоп ART-XC зарегистрирует около 5 тысяч источников в диапазоне энергий 4–12 кэВ, в основном активных ядер галактик на малых красных смещениях (Павлинский и др., 2021b), в том числе много ранее неизвестных. Как было продемонстрировано в данной работе и в предыдущей статье из

этой серии (Зазнобин и др., 2021а), задачу по отождествлению новых АЯГ из обзора SRG/ART-XC можно эффективно решать с помощью оптических телескопов 1.5-м класса.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 19-12-00396. Авторы благодарят TÜBİTAK, ИКИ РАН, КФУ и АН РТ за поддержку наблюдений на Российско-турецком 1.5-м телескопе (РТТ-150). Измерения на телескопе АЗТ-ЗЗИК выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России и получены с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Ангара”⁷. В этом исследовании использованы данные наблюдений телескопов ART-XC и eРОЗИТА на борту обсерватории SRG. Обсерватория SRG изготовлена Роскосмосом в интересах Российской академии наук в лице Института космических исследований в рамках Российской федеральной научной программы с участием Германского центра авиации и космонавтики (DLR). Космический аппарат SRG спроектирован, изготовлен, запущен и управляется НПО им. Лавочкина и его субподрядчиками. Прием научных данных осуществляется комплексом антенн дальней космической связи в Медвежьих озерах, Усурийске и Байконуре и финансируется Роскосмосом. Рентгеновский телескоп eРОЗИТА изготовлен консорциумом германских институтов во главе с Институтом внеземной астрофизики Общества им. Макса Планка при поддержке DLR. Использованные в настоящей работе данные телескопа eРОЗИТА обработаны с помощью программного обеспечения eSASS, разработанного германским консорциумом eРОЗИТА, и программного обеспечения для обработки и анализа данных, разработанного российским консорциумом телескопа eРОЗИТА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акаике Х., IEEE Transactions on Automatic Control **19**, 716 (1974) [Akaike H.723, 479].
2. Арнауд (K. Arnaud), ASP Conf. **101**, 17 (1996).
3. Афанасьев В.Л., Додонов С.Н., Амирханян В.Р., Моисеев А.В., Астрофиз. бюлл. **71**, 514 (2016) [V.L. Afanasiev, et al., Astrophys. Bull. 71, 479].
4. Балдвин и др. (J.A. Baldwin, M.M. Phillips, R. Terlevich), Publ. Astron. Soc. Pacific **93**, (1981).
5. Бехти и др., Astron. Astrophys. **594**, A116 (2016).
6. Боллер и др. (Th. Boller, M.J. Freyberg, J. Trümper, F. Haberl, W. Voges, and K. Nandra), Astron. Astrophys. **588**, A103 (2016).
7. Бойсай и др. (R. Boissay, C. Ricci, S. Paltani), Astron. Astrophys. **588**, A70 (2016).
8. Буренин Р.А., Амвросов А.Л., Еселевич М.В., Григорьев В.М., Арефьев В.А., Воробьев В.С. и др., Письма в Астрон. журн. **42**, 5 (2016). [R.A. Burenin, A.L. Amvrosov, M.V. Eselevich, V.M. Grigor'ev, V.A. Aref'ev, V.S. Vorob'ev, et al., Astron. Lett. **42**, 333 (2016)].
9. Вайт и др. (N.E. White, P. Giommi, L. Angelini), VizieR On-line Data Catalog: IX/31, (2000).
10. Верон-Сетти и др. (M.-P. Véron-Cetty, P. Véron, and A.C. Gonçalves), Astron. Astrophys. **372**, (2001).
11. Джонс и др. (D.H. Jones, W. Saunders, M. Colless, M.A. Read, Q.A. Parker, F.G. Watson, et al.), MNRAS **355**, 747 (2004).
12. Джонс и др. (D.H. Jones, M.A. Read, W. Saunders, M. Colless, T. Jarrett, Q.A. Parker, et al.), MNRAS **399**, 683 (2009).
13. Жавински и др. (K. Schawinski, D. Thomas, M. Sarzi, C. Maraston, S. Kaviraj, S.-J. Joo, S.K. Yi, and J. Silk), MNRAS **382**, 4 (2007).
14. Зазнобин И.А., Усков Г.С., Сазонов С.Ю., Буренин Р.А., Медведев П.С., Хорунжев Г.А. и др., Письма в Астрон. журн. **47**, 71 (2021). [I.A. Zaznobin, G.S. Uskov, S.Yu. Sazonov, R.A. Burenin, P.S. Medvedev, G.A. Khorunzhev, et al., Astron. Lett. **47**, 71 (2021)].
15. Зазнобин и др. (I. Zaznobin, S. Sazonov, R. Burenin, G. Uskov, A. Semena, M. Gilfanov, et al.) ArXiv:2107.05611, Astron. Astrophys. Special issue “The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission” (2021).
16. Исследовательский научный центр XMMNewton, VizieR On-line Data Catalog IX/53, (2018).[The XMM-Newton Survey Science Centre].
17. Кауффманн и др. (G. Kauffmann, T.M. Heckman, C. Tremonti, J. Brinchmann, S. Charlot, S.D.M. White, et al.), MNRAS **346**, 4 (2003).
18. Келлер и др. (S.C. Keller, B.P. Schmidt, M.S. Bessell, P.G. Conroy, P. Francis, A. Granlund, et al.), Publ. Astron. Soc. Australia **24**, 1 (2007).
19. Кеули и др. (L.J. Kewley, M.A. Dopita, R.S. Sutherland, C.A. Heisler, and J. Trevena), Astron. J. **556**, 1 (2001).
20. Кондон и др. (J.J. Condon, W.D. Cotton, E.W. Greisen, Q.F. Yin, R.A. Perley, et al.), Astron. J. **115**, 1693 (1998).
21. Кривонос и др. (R.A. Krivonos, A.J. Bird, E.M. Churazov, J.A. Tomsick, A. Bazzano, V. Beckmann, G. Bélanger, et al.), New Astron. Rev. **92**, 101612 (2021).
22. Кусумано и др. (G. Cusumano, V. La Parola, A. Segreto, C. Ferrigno, A. Maselli, et al.), Astron. Astrophys. **524**, A64 (2010).
23. Кэш (W. Cash), Astrophys. J. **228**, 939 (1979).
24. Оу и др. (K. Oh, M. Koss, C.B. Markwardt, K. Schawinski, W.H. Baumgartner, et al.), Astrophys. J. Suppl. Ser. **235**, 4 (2018).

⁷<http://ckp-ri.ru/ckp/3056/>

25. Остерброк (D.E. Osterbrock), *Astrophys. J.* **241**, 462 (1981).
26. Павлинский и др. (M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, N. Alexandrovich, V. Arefiev, V. Babyshkin, O. Batanov, et al.), *Astron. Astrophys.* **650**, 18 (2021).
27. Павлинский и др. (M. Pavlinsky, S. Sazonov, R. Burenin, E. Filippova, R. Krivonos, V. Arefiev, et al.), <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141770>, *Astron. Astrophys. Special issue "The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission"* (2021).
28. Предель и др. (P. Predehl, R. Andritschke, V. Arefiev, V. Babyshkin, O. Batanov, M. Becker et al.), *Astron. Astrophys.* **647**, 16 (2021).
29. Сообщество СДСС, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **182**, 2 (2009) [SDSS Collaboration: K.N. Abazajian, J.K. Adelman-McCarthy, M.A. Agüeros, S.S. Allam, P.C. Allende Prieto, et al.].
30. Сюняев и др. (R. Sunyaev, V. Arefiev, V. Babyshkin, A. Bogomolov, K. Borisov, M. Buntov, et al.), <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141779>, *Astron. Astrophys. Special issue "The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission"* (2021).