

# Поиск красных карликов среди рентгеновских объектов глубокого обзора экваториальной области неба по данным eROSITA

*Алексей А. Шляпников*

## Абстракт

В работе представлено отождествление звёзд нижней части Главной последовательности среди объектов глубокого обзора экваториальной области неба, выполненного телескопом eROSITA на орбитальной обсерватории SRG. Из 27910 рентгеновских объектов 110, возможно, являются кандидатами на идентификацию с красными карликами. 12 звёзд ранее были классифицированы, как рентгеновские источники. В области идентификации двух звёзд попадают галактики. Несколько отождествлений содержат близко расположенные объекты. Список идентифицированных объектов, комментарии к нему и поисковые карты даны в приложениях.

## Введение

Рентгеновский телескоп eROSITA (extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array – телескоп для широкоугольного обзора в рентгеновском диапазоне) [1] на борту обсерватории Спектр-Рентген-Гамма (Spectrum-Roentgen-Gamma - SRG) [2] обладает значительным полем (~ 1 градус в диаметре) для регистрации неба в диапазоне энергий от 0,2 до 8,0 кэВ. Телескоп также может выполнять наблюдения больших участков неба. Максимальный поддерживаемый размер прямоугольников с равномерным сканированием области составляет 12,5 x 12,5 градуса.

Обсерватория SRG была успешно запущена в июле 2019 года. До начала обзора всего неба, для проверки всех различных возможностей приборов, в начале миссии был проведен ряд специальных наблюдений.

Исследование экваториальной области неба (eFEDS - eROSITA Final Equatorial DePTH Survey) стало самым длительным по времени наблюдением в период проверки возможностей приборов телескопа eROSITA. В целом было затрачено около 100 часов. Поле eFEDS имеет площадь примерно 140 град<sup>2</sup> и состоит из четырех отдельных прямоугольных областей сканирования по 35 град<sup>2</sup>. Выбор площадки был обусловлен наличием значительного числа многоволновых наблюдений данной области неба [3].

## Поиск красных карликов в каталоге eFEDS

По результатам глубокого обзора eFEDS было опубликовано два каталога рентгеновских источников: однозначно обнаруженные источники в диапазоне 0,2–2,3 кэВ и жесткие (2,3–5 кэВ) источники, наблюдавшиеся в многодиапазонном режиме [3]. В данной работе для идентификации объектов из нового Каталога звёзд с активностью солнечного типа CSAST [4] были выбраны 27910 рентгеновских источников с высокой степенью вероятности обнаружения, которые составляют основной каталог eFEDS [5].

Распределение на небесной сфере в проекции AITOFF звёзд из каталога CSAST и область объектов eFEDS продемонстрирована на рисунке 1. Каталог CSAST (версия 2.0 от 8 августа 2021 года) содержит 314618 объектов. Учитывая специфику CSAST, в него вошли звёзды из каталога GAIA DR2 [6], удовлетворяющие следующим требованиям:

$$T_{\star} < 7000^{\circ} \text{ K} \quad (1)$$

$$L_{\star} < 1.1 L_{\odot} \quad (2)$$

$$L_{\star} \geq 6.136^{-6} \times T_{\star} - 0.022 \quad (3)$$

То есть, эффективная температура звёзд < 7000° К, светимость < 1.1 светимости Солнца. Неравенство 3 отсекает из каталога GAIA белые карлики, расположенные в нижней левой части диаграммы Герцшпрунга-Рассела.

Дополнительно применялся критерий отбора по радиусу. Он должен был не превышать 1.1 радиуса Солнца.

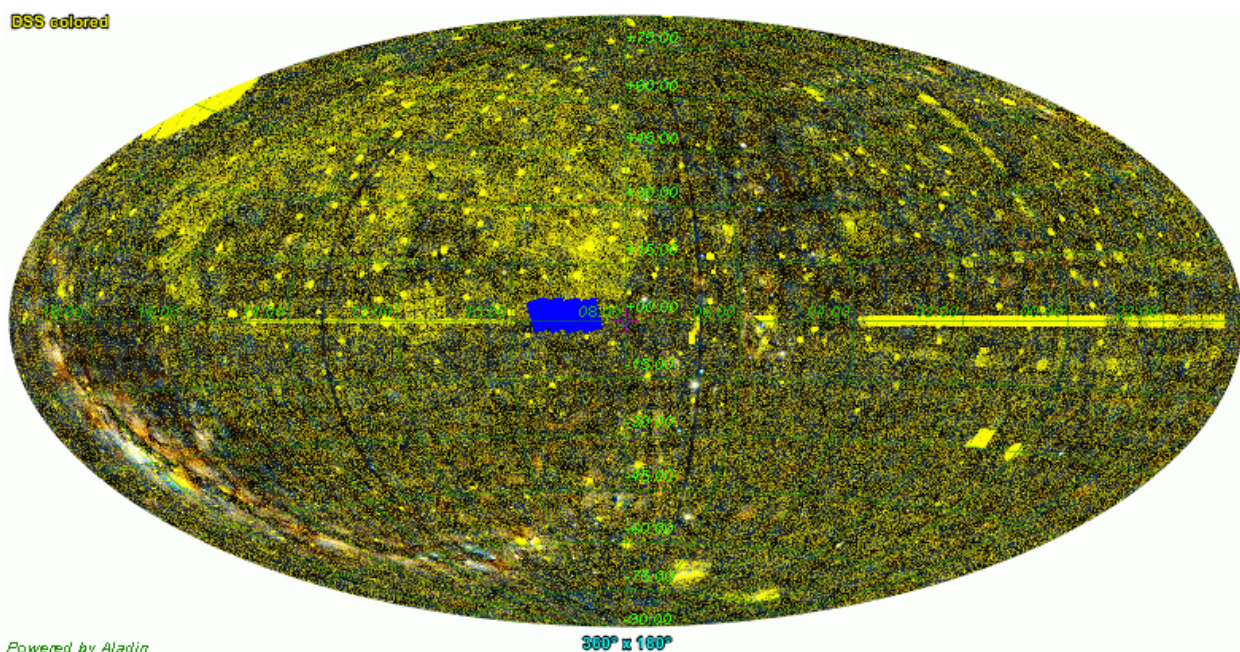


Рис. 1. Область eFEDS на фоне звёзд из каталога CSAST обозначена голубым цветом.

Более детальное распределение идентифицируемых объектов представлено на рисунке 2. На нём берюзовым цветом указаны объекты из каталога eFEDS, а желтыми маркерами обозначены звёзды из CSAST. Рисунок хорошо иллюстрирует четыре отдельные прямоугольные области сканирования eROSITA.

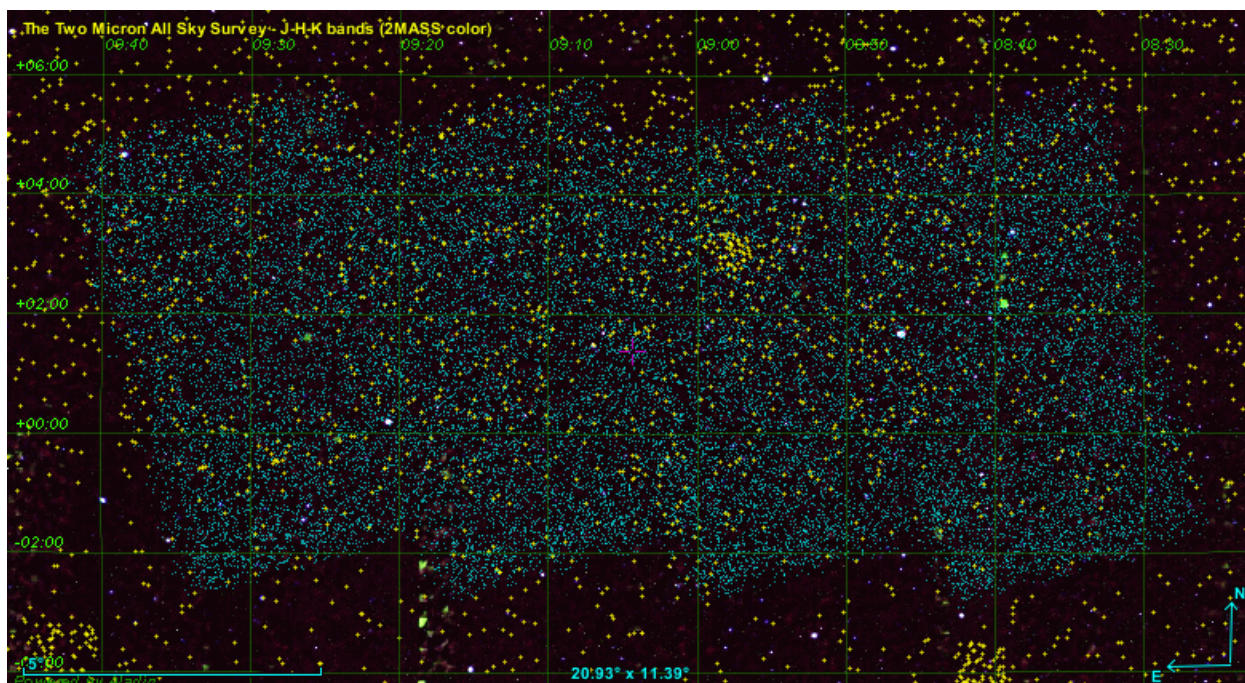


Рис. 2. Области eFEDS и звёзды из каталога CSAST (пояснения в тексте).

Для идентификации объектов из каталога eFEDS использовались откорректированные значения прямого восхождения и склонения объектов, а также комбинированная ошибка в определении координат. Рисунок 3 иллюстрирует гистограмму распределения числа

ошибок в определении координат от их радиуса в угловых секундах для всех объектов eFEDS.

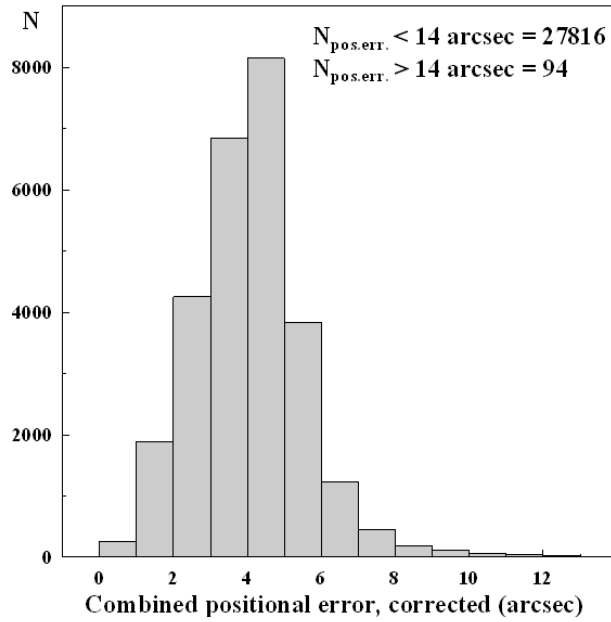


Рис. 3. Распределение числа ошибок в определении координат от их радиуса.

Учитывая, что средний радиус ошибок в определении координат eFEDS составляет 4.8 угловые секунды, поиск кандидатов на идентификацию производился в утроенном радиусе. На рисунках 4 и 5 показаны соответственно распределения: числа ошибок в определении координат для объектов – возможных кандидатов на отождествление с красными карликами и гистограмма числа объектов в зависимости от их расстояния до положения рентгеновского источника.

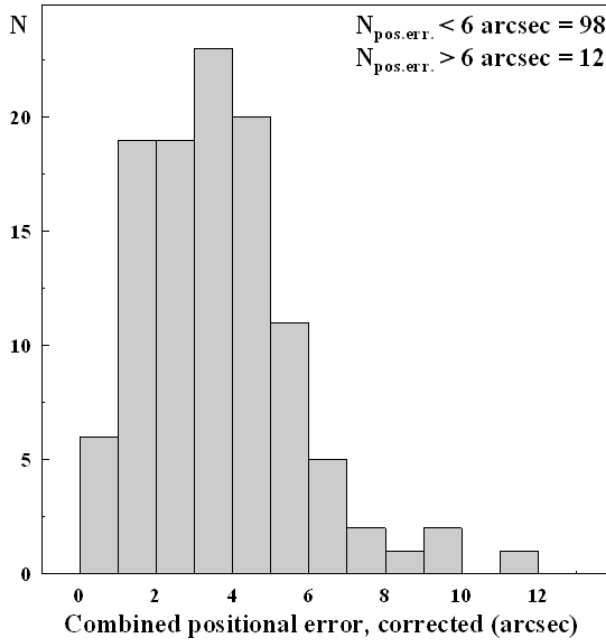


Рис. 4.

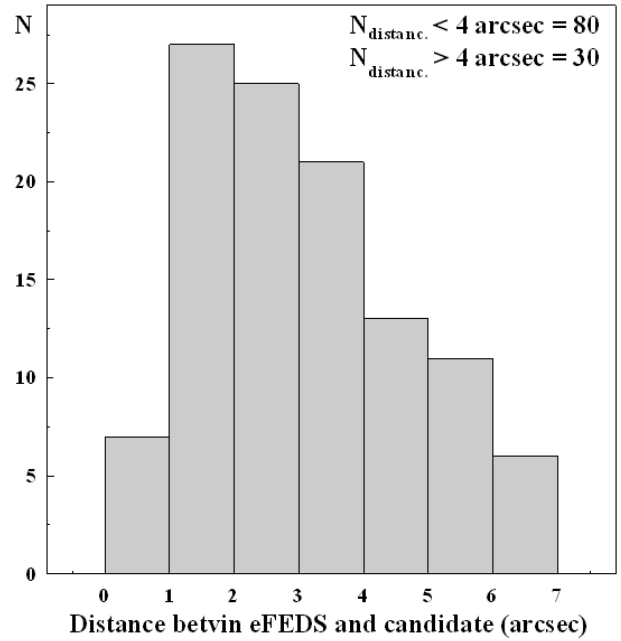


Рис. 5.

Рисунок 6 демонстрирует положение идентифицированных объектов на фоне распределения на небе рентгеновских источников из каталога eFEDS.

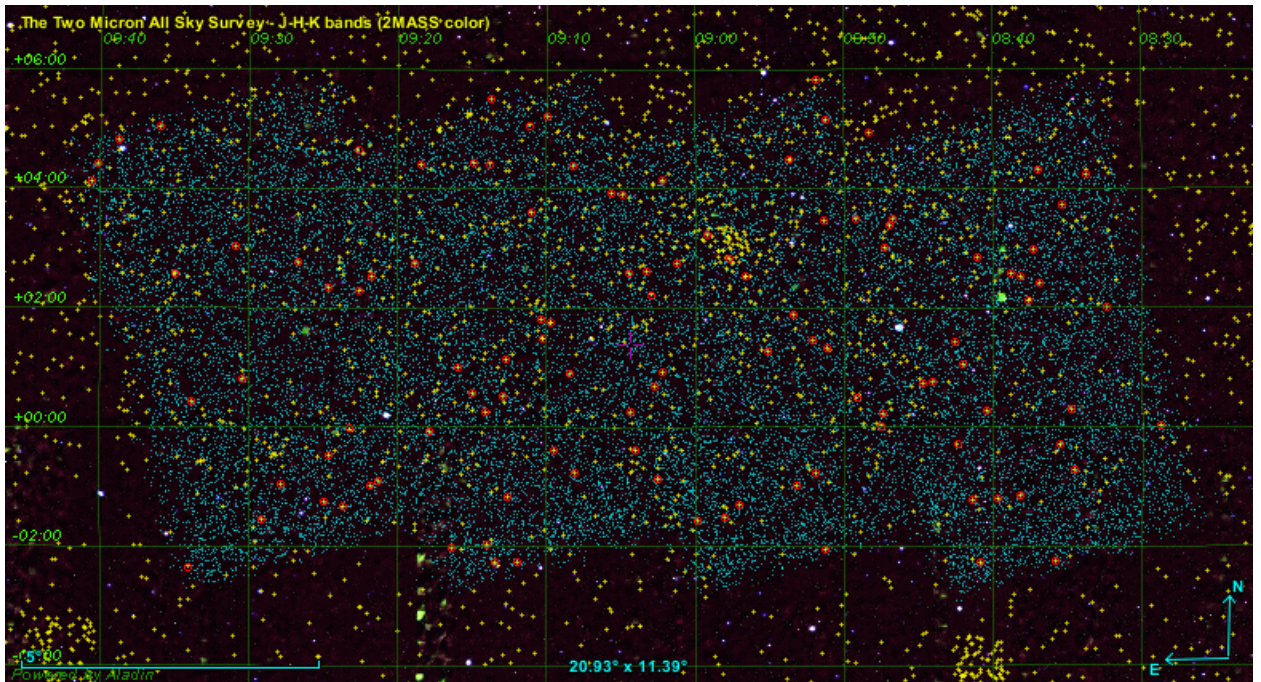


Рис. 6. Отождествлённые звёзды из каталога CSAST в областях eFEDS.

### Анализ идентифицированных объектов

В таблице (Приложение 1) из 110 звёзд указаны две области, в которые попадают известные галактики: галактика Сейфорта 1-го типа - SDSS J084818.23+045643.1 со звёздной величиной в полосе  $G_{\text{GAIA}} = 20^{\text{m}}.306$  (рис. 7) и галактика SDSS J090807.97-004613.9 с редуцированной по данным GAIA звёздной величиной в полосе  $V = 19^{\text{m}}.039$ . Эта галактика находится на расстоянии 5 угловых секунд ниже и правее звезды (рис. 8).

Галактика SDSS J084818.23+045643.1 является рентгеновским источником 1RXS J084818.2+045709, и, очевидно, ей необходимо дать предпочтение при идентификации с объектом из каталога eFEDS. У галактики SDSS J090807.97-004613.9 ранее рентгеновское излучение не зафиксировано, но, учитывая её близость к положению объекта из eFEDS, возможно именно она является кандидатом на отождествление. Зелёные окружности на рисунках – область ошибок в определении координат по eFEDS, красная окружность – утроенный диаметр.

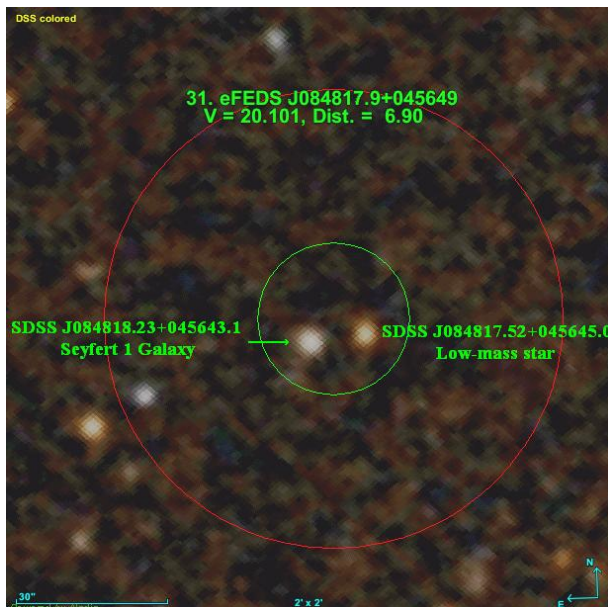


Рис. 7.

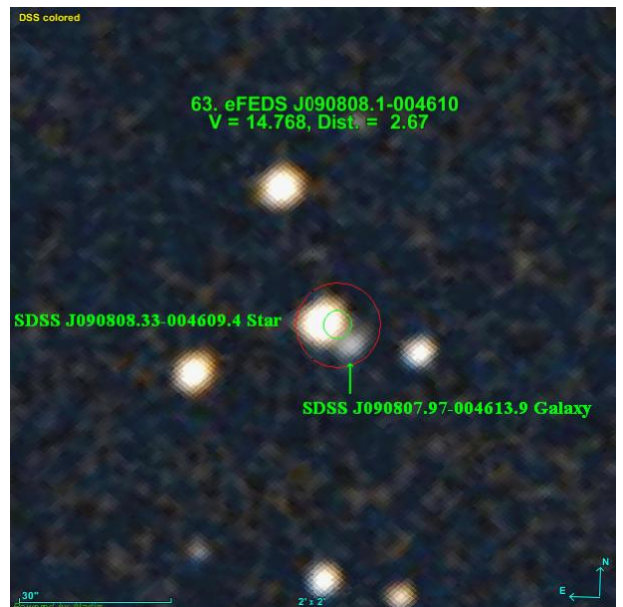


Рис. 8.

Отметим, также, что в девять областей локализации eFEDS попадает более одного объекта, а 12 звёзд ранее были классифицированы, как рентгеновские источники. Более подробно информация об объектах приведена в конце таблицы с идентификацией источников.

### **Заключение**

Среди объектов глубокого обзора экваториальной области неба, выполненного телескопом eROSITA на обсерватории SRG, произведена идентификация звёзд, попадающих в 110 полей, ограниченных радиусом ошибок в определении рентгеновских координат. 12 звёзд ранее были классифицированы, как рентгеновские источники, что подтверждает правильность независимого отождествления. В областях идентификации двух звёзд были обнаружены галактики, одна из которых является известным рентгеновским объектом. Несколько отождествлений содержат близко расположенные объекты. В приложении 1 и 2 даны: список идентифицированных объектов с комментариями к нему и поисковые карты. Все области были проанализированы визуально.

Список объектов, ассоциированных с рентгеновскими источниками, зарегистрированными обсерваторией eROSITA, будет использован для анализа проявлений эруптивной активности звёзд по данным долговременных оптических наблюдений, выполняемых космическими и наземными средствами. А объекты, удовлетворяющие требованиям для включения в новый Каталог, будут присоединены к нему.

При выполнении работы активно использовались поддерживаемые Центром астрономических данных в Страсбурге приложения SIMBAD [7], VizieR [8] и Aladin [9], а также система астрофизических данных SAO/NASA ADS [10]. Автор признателен всем, кто обеспечивает их работу и выражает благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за частичную поддержку проведённых исследований за счёт грантов № 19-02-00191 и № 19-29-11027.

### **Литература**

1. Predehl P., Andritschke R., Arefiev V. et al. 2021, A&A, 647, A1.
2. Sunyaev R., Arefiev V., Babyshkin V. et al. 2021, arXiv e-prints, arXiv:2104.13267.
3. Brunner H., Liu T., Lamer G. et al. 2021, arXiv e-prints, arXiv:2106.14517.
4. Гершберг Р.Е., Клиорин Н.И., Пустильник Л.А., Шляпников А.А. "Физика звёзд средних и малых масс с активностью солнечного типа" / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2020. – 768 с. – ISBN 978-5-9221-1881-1. Приложение. Доступ к каталогу: <http://craocrimea.ru/~aas/CATALOGUES/CSAST/CSAST.html>
5. Доступ к каталогу eFEDS: <https://erosita.mpe.mpg.de/edr/eROSITAObservations/Catalogues/>
6. Gaia collaboration. Gaia data release 2 (Gaia DR2) // 2018A&A...616A...1G
7. Wenger et al. The SIMBAD astronomical database // A&AS, 2000, 143, 9.
8. Ochsenbein F., Bauer P., Marcout J. The VizieR database of astronomical catalogues // 2000A&AS..143...23O
9. Bonnarel F., Fernique P., Bienaymé O. The ALADIN interactive sky atlas. A reference tool for identification of astronomical sources // 2000A&AS..143...33B
10. SAO/NASA ADS. Доступ к ресурсу: <https://ui.adsabs.harvard.edu/about/>