

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ
СПЕКТРА ОБЪЕКТОВ ИЗ НОВОГО КАТАЛОГА
«ЗВЁЗД С АКТИВНОСТЬЮ СОЛНЕЧНОГО ТИПА» СРЕДИ
ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО И РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ**

Горбунов М.А., Шляпников А.А.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

**IDENTIFICATION IN THE OPTICAL RANGE OF THE SPECTRUM
OBJECTS FROM THE NEW CATALOG “STARS WITH SOLAR-TYPE
ACTIVITY” AMONG SOURCES OF X-RAY AND RADIO EMISSION**

Gorbunov M.A., Shlyapnikov A.A.

Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchny, Crimea, Russia

To supplement the new catalog of dwarf stars in the lower part of the Main Sequence with information about their possible X-ray and radio emission, a special interactive interface was developed. With its help, out of 314.618 objects of the catalog, a selection of 27.454 X-ray and radio sources was made. For the greatest unambiguous correspondence between stars and sources, the fields of all objects were viewed visually and compared with the SIMBAD and NED databases. The stages of the work done and the illustrated results obtained are presented.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-69-72

Введение

В третьей версии нового «Каталога звёзд с активностью солнечного типа» (Catalogue of Stars with Solar Type Activity, далее - CSSTA) 2021 года [1] содержится информация о зарегистрированном рентгеновском излучении у 2.909 объектов. Радиоизлучение зафиксировано всего лишь у 95 звёзд. С целью дополнения CSSTA информацией о рентгеновском и радиоизлучении звёзд был использован компилятивный каталог MORX [2]. В него вошли данные, связанные с наблюдением объектов в рентгеновском диапазоне обсерваториями XMM-Newton [3], ROSAT [4], Chandra [5] и Swift [6]. А также в радиодиапазоне в проектах NVSS [7], FIRST [8] и SUMSS [9].

Всего в каталоге представлено 1.002.855 оптических объектов. Каждый объект имеет координаты на эпоху 2000 года, оптические и радио/рентгеновские идентификаторы, фотометрию в красной и синей области спектра, а также значения вычисленных вероятностей соответствия. Это третье и последнее издание этого метода.

Отбор объектов MORX для каталога CSSTA

Третья колонка в описании каталога MORX содержит информацию о классификации объектов, выполненной автором. Всего классифицировано

18 типов источников. Среди них: внегалактические (собственно галактики, галактики с активными ядрами, объекты типа BL Лас (БЛ Лацерты), квазары и другие) и галактические (области звёздообразования, катаклизмические переменные, белые карлики), в том числе объекты неизвестного типа, но с предварительно определённым красным смещением по данным SDSS [10].

Для анализа и последующего включения в CSSTA из 1.002.855 объектов MORX были отобраны 698.284, имеющие классификацию как звёзды, рентгеновские либо радиоисточники, а также источники неизвестного типа.

Идентификация объектов MORX в каталоге GAIA DR2

С целью независимого отождествления в оптическом диапазоне спектра, а также извлечения информации о собственных движениях объектов (для исключения возможных внегалактических источников), была выполнена перекрёстная идентификация отобранных 698.284 объектов со звёздами из каталога GAIA DR2 [11].

После перекрёстной идентификации с радиусом 5 угловых секунд (исходя из того, что PSF изображения точечного оптического объекта должно быть не менее 3 угловых секунд на уровне полуширины аппроксимации, а поиск производится в области с утроенным радиусом) из 698.284 источников MORX в каталоге GAIA DR2 было обнаружено 546.010 объектов.

Учитывая, что значительное число объектов GAIA DR2 имеют одинаковые координаты, но не являются тесными парами, они были исключены из дальнейшего рассмотрения. Отметим, что среди данных объектов у большей части отсутствует информация об эффективной температуре, радиусе и светимости. Это обусловлено их слабым блеском (рис. 1).

Также были удалены объекты, не удовлетворяющие критериям отбора: эффективная температура $T_{\text{eff}} < 7100 \text{ K}$, радиус $R < 1.1 R_{\odot}$ и светимость объекта $L < 1.1 L_{\odot}$. В результате осталось 310.576 объектов перекрёстной идентификации источников MORX в каталоге GAIA DR2. Входной каталог для CSSTA содержит объекты ярче 17^{m} , поэтому более слабые объекты войдут уже в следующую версию «Каталога звёзд с активностью солнечного типа».

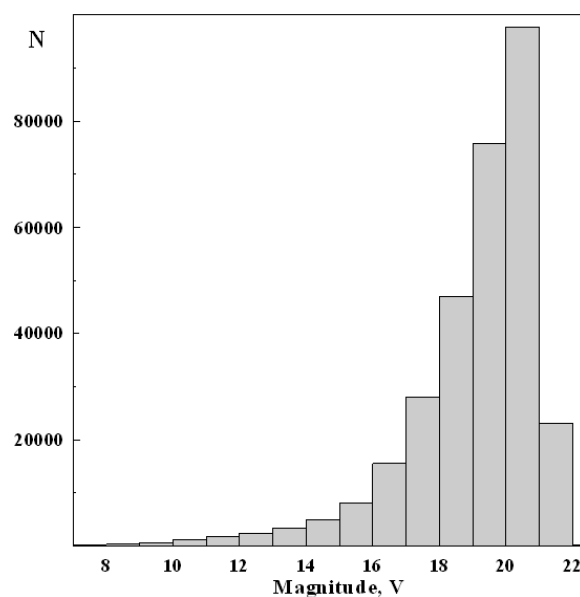


Рис. 1. Зависимость числа звёзд от их звёздной величины V.

Если в каталоге MORX объект не был отмечен как звезда, то для CSSTA отбирались источники, имеющие радио либо рентгеновское излучение с вероятностью и достоверностью более 50%, не являющиеся галактиками или квазарами.

Для включения в CSSTA объектов MORX была выполнена перекрёстная идентификация по координатам данных из MORX с объектами второго выпуска данных проекта GAIA. После выполнения перекрёстной идентификации по координатам звёзд из каталога GAIA DR2 с объектами MORX были оставлены только те, для которых есть информация об эффективной температуре, радиусе и светимости. Число совпадений составило 27.454 объекта.

Визуальная идентификация объектов каталога MORX

Для идентификации путём визуального контроля на основе html формата был разработан специальный интерактивный интерфейс, который позволяет открывать в новом окне область исследуемого объекта с нанесением на карту информации из баз данных SIMBAD [12] и NED [13].

Необходимость визуального контроля при идентификации объектов проиллюстрирована на рис. 2. Здесь в центре исследуемой области находится звезда, удовлетворяющая

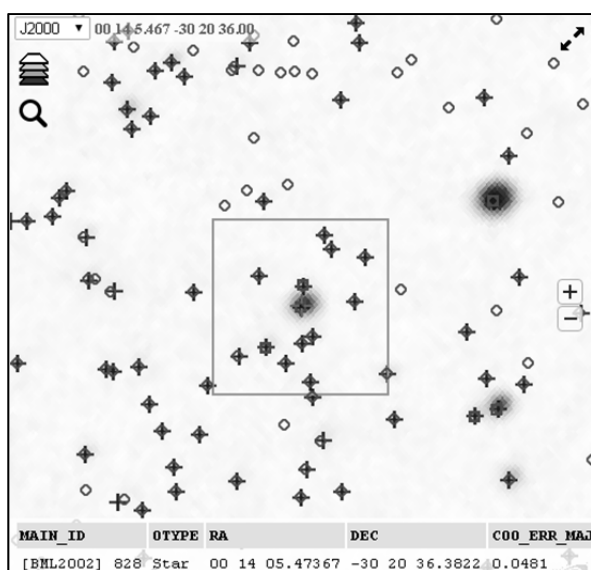


Рис. 2. Звезда, на фоне значительного числа галактик.

критериям для включения в CSSTA, которой мог бы соответствовать рентгеновский источник 3XMM J001405.4-302036. Однако, вблизи звезды находится большое число галактик, одна из которых возможно является источником рентгеновского излучения. Маркерами «+» и «o» обозначены объекты из [12] и [13].

Отметим, что большая часть рассматриваемых объектов являются плохо изученными и информация о них отсутствует в SIMBAD.

После проведения мониторинга всех 27.454 объектов в CSSTA будут добавлены лишь те, которые однозначно соответствуют звёздам. На начало октября 2022 г. перекрёстная идентификация CSSTA и выборки из MORX дала совпадение для 4.426 объектов.

Рис. 3 иллюстрируют гистограмму распределения числа звёзд от расстояния между объектами CSSTA и MORX. По рисунку видно, что большая часть объектов идентифицирована в радиусе менее одной угловой се-

кунды. А на рис. 4 представлена гистограмма распределения числа объектов от звёздной величины в полосе V.

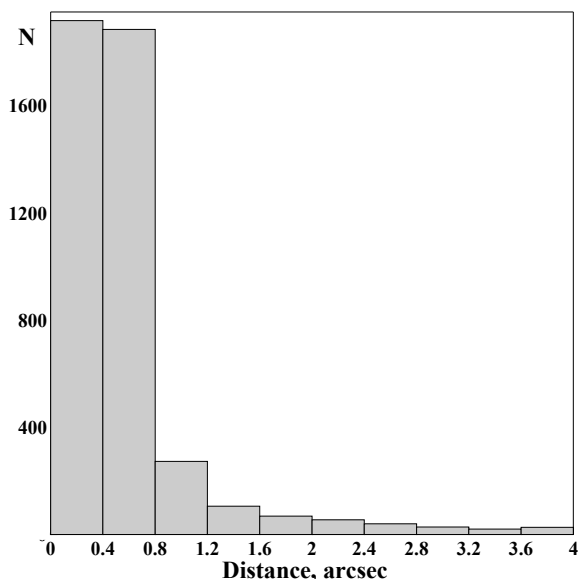


Рис. 3. Расстояние между объектами CSSTA и MORX.

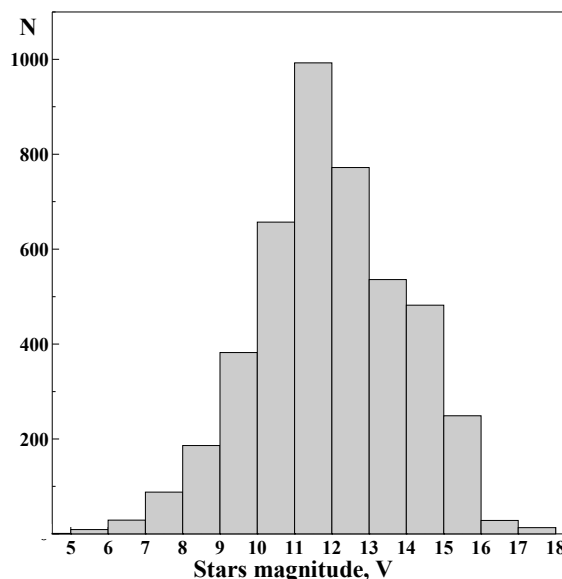


Рис. 4. Распределение звёзд, включаемых в CSSTA, по блеску.

Заключение

В результате проделанной работы из 1.002.855 объектов каталога MORX для последующего включения в «Каталог звёзд с активностью солнечного типа» были отобраны 27.454. Перекрёстная идентификация по координатам этих объектов и звёзд из CSSTA дала совпадение для 4.426 объектов. Среди них 2.507 звёзд с рентгеновским излучением, 1.820 рентгеновских источников идентифицированных со звёздами. 36 звёзд с радиоизлучением и 67 радиоисточников идентифицированных со звёздами. Один объект обладает и радио и рентгеновским излучением.

Второй автор выражает благодарность РФФИ за частичную поддержку проведённых исследований за счёт гранта 19-29-11027.

Литература

1. CSSTA - <http://craocrimea.ru/~aas/CATALOGUES/CSAST/CSAST.html>
2. Flesch E.W. The Million Optical Radio/X-ray Associations (MORX) catalogue // Publ. Astron. Soc. Australia, 2016, 33, 52.
3. XMM-Newton - <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton>
4. ROSAT - <https://www.mpe.mpg.de/ROSAT>
5. Chandra - <https://chandra.harvard.edu>
6. Swift - https://www.nasa.gov/mission_swift/main/
7. NVSS - <https://www.cv.nrao.edu/nvss/>
8. FIRST - <http://sundog.stsci.edu/>
9. SUMSS - <http://www.astrop.physics.usyd.edu.au/sumss/>
10. SDSS - <http://skyserver.sdss.org/dr10/en/sdss/sdsshome.aspx>
11. GAIA DR2 - <https://cdsarc.cds.unistra.fr/viz-bin/cat/I/345>
12. SIMBAD - <http://simbad.cds.unistra.fr/simbad/>
13. NED - <https://ned.ipac.caltech.edu/>