

- 1) **И.И. Хабибуллин**
- 2) **"Открытие телескопом eROSITA обсерватории СРГ большого круглого кандидата в остатки вспышки сверхновой типа Ia в гало Млечного Пути "**
- 3) **Churazov E., Khabibullin I., Bykov A., Chugai N., Sunyaev R., Zinchenko I., 2021, MNRAS, 507, 971. doi:10.1093/mnras/stab2125, SRG/eROSITA discovery of a large circular SNR candidate G116.6-26.1: SN Ia explosion probing the gas of the Milky Way halo?**
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021MNRAS.507..971C/abstract>

4) **Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность**

Остатки взрывов сверхновых дают нам важную информацию о структуре взрывающейся звезды, а также о свойствах окружающей среды. Активное взаимодействие между выброшенным веществом и окружающей средой приводит к возникновению ударных волн, нагреву и сжатию ее газа, что сопровождается эффективным ускорением частиц до очень высоких энергий. В результате эти объекты часто очень яркие во всем электромагнитном спектре, от низкочастотных радиоволн до ТэВ-ных гамма-лучей. Около 300 галактических остатков перечислены в текущих каталогах, большинство из них связаны со сверхновыми второго типа, вызванными коллапсом ядра массивных звезд, и потому сильно сконцентрированы в направлении Галактической плоскости. Менее частые термоядерные сверхновые отражают распределение маломассивных звезд и, следовательно, могут быть обнаружены на больших галактических широтах. Обнаружение остатков таких сверхновых представляет большой интерес, потому что открывает возможности для изучения горячего газа низкой плотности в гало нашей Галактики.

5) **Конкретная решаемая в работе задача и ее значение**

Хотя большинство остатков сверхновых были найдены по излучению в радиодиапазоне, рентгеновские обзоры остаются важным источником новых интересных кандидатов. С новым рентгеновским обзором телескопом eROSITA обсерватории СРГ, охватывающим все небо, можно ожидать, что будет найдено значительное количество кандидатов в остатки сверхновых, и, в частности, тех, которые имеют большой угловой размер и относительно низкую поверхностную яркость рентгеновского излучения, а также слабое радио и оптическое излучение. Нами был проведен систематический поиск таких объектов на половине неба, за работу с данными на которой отвечает российский консорциум телескопа eROSITA обсерватории СРГ.

6) **Используемый подход, его новизна и оригинальность**

Обсерватория СРГ с двумя рентгеновскими телескопами косоугольного падения на борту была запущена в июле 2019, начала обзор всего неба в декабре 2019 года и к середине июня 2021 года было выполнено три последовательных сканирования всего неба, достигнув чувствительности почти на порядок превышающей чувствительность предыдущего рентгеновского обзора всего неба обсерватории ROSAT. Благодаря исключительной чувствительности в мягком рентгеновском диапазоне и стабильному инструментальному фону частиц телескоп eROSITA позволяет обнаруживать и подробно исследовать большие диффузные структуры, такие как Галактические "пузыри", области звездообразования и остатки сверхновых. После исключения из карт компактных и умеренно протяженных источников и последующего сглаживания с пространственным окном размером в несколько угловых минут, нами были получены карты диффузного рентгеновского излучения в различных диапазонах энергии. Выделение значимых протяженных структур на таких картах

позволяет находить ранее неизвестные объекты, например, остатки сверхновых очень большого размера и низкой поверхностной яркости, расположенные вне плоскости Галактики.

7) Полученные результаты и их значимость

Нами был обнаружен слабый протяженный объект, SRGeJ0023 + 3625 = G116.6-26.1, который имеет большой угловой размер (~4 градуса в диаметре), почти круглую форму и мягкий спектр рентгеновского излучения, в котором преобладают линии гелие- и водородоподобного кислорода. Принимая во внимание его относительно большую галактическую широту, приблизительно 26 градусов "под плоскостью" Галактики, отсутствие заметного излучения на других длинах волн, а также величину колонки поглощения на мягких энергиях, согласующихся с интегралом вдоль луча зрения в этом направлении, мы предполагаем, что этот объект является относительно старым, около 40 000 лет, остатком взрыва сверхновой типа Ia, произошедшего в Галактическом гало на расстоянии ~3 килопарсек от Солнца, т.е. на высоте около 1 килопарсека от плоскости диска Галактики. В таком случае этот объект дает нам очень редкую возможность выявить свойства горячего газа вблизи границы галактического диска и гало и непосредственно наблюдать неравновесную динамику нагрева и ионизации плазмы. Будущие чувствительные наблюдения в радио, инфракрасном / оптическом и УФ-диапазонах должны подтвердить или опровергнуть этот сценарий и дополнить рентгеновскую картину более подробной информацией о магнитных полях, ускорении частиц и многофазной природе газа гало Галактики.

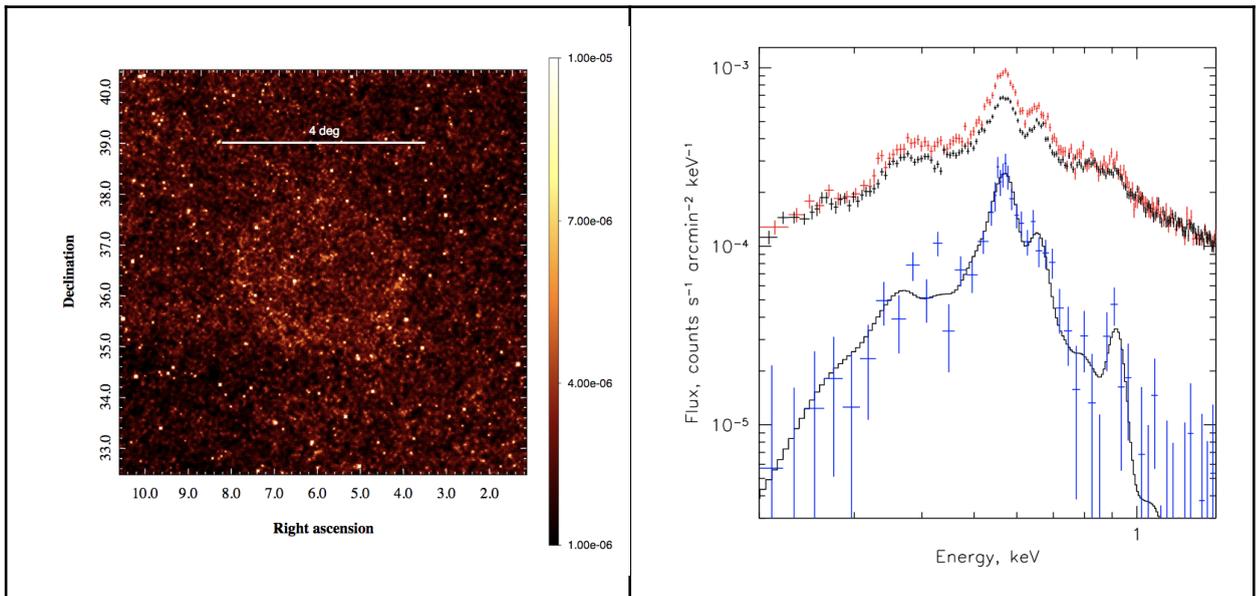


Рисунок 1. Слева - изображение области размером 8 на 8 градусов вокруг обнаруженного кандидата в остатки вспышки сверхновой G116.6-26.1, полученное телескопом eROSITA обсерватории СРГ в диапазоне 0.5-0.7 кэВ по данным трех обзоров всего неба. Слабое диффузное излучение практически круглого объекта отчетливо видно на фоне многочисленных точечных и умеренно-протяженных источников. Справа - спектр рентгеновского излучения из области G116.6-26.1 показан красным, из окружающей фоновой области - черным, разница между ними, т.е. спектр излучения непосредственно кандидата в остатки вспышки сверхновой, - синим. Излучение G116.6-26.1 в наибольшей степени определяется линиями гелие- и водородоподобного кислорода, а также неона. Черная кривая показывает его аппроксимацию моделью излучения равновесной горячей оптически тонкой плазмы с температурой 0.17 кэВ.