

1. Авторы: Прохоренко Сергей Александрович, Сазонов Сергей Юрьевич, Гильфанов Марат Равильевич, Сюняев Рашид Алиевич, Медведев Павел Сергеевич, и др.

2. Название: X-ray variability of SDSS quasars based on the SRG/eROSITA all-sky survey

3. Ссылки на публикацию:

MNRAS: <https://academic.oup.com/mnras/article/528/4/5972/7588863>

<https://doi.org/10.1093/mnras/stae261>

ArXiv: <https://arxiv.org/abs/2401.12860>

4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность:

Активные ядра галактик (АЯГ) — компактные источники мощного излучения, исходящего из центров некоторых (порядка одного процента) галактик. Самые энергичные из них называются квазарами. Непосредственным источником излучения служит аккреция вещества на сверхмассивные черные дыры (СМЧД).

Излучение АЯГ переменное во всех диапазонах электромагнитного спектра. Изменения рентгеновской яркости регистрируются на масштабах времени от нескольких часов до десятков лет (самых больших времен, доступных для прямых наблюдений).

Считается, что масса черной дыры и количество падающего на нее в единицу времени вещества должны определять не только общее энерговыделение, но и свойства переменности излучения АЯГ. Однако как именно устроена эта взаимосвязь — пока непонятно. Вероятно, процессы, происходящие в аккреционных дисках СМЧД и их горячих коронах, схожи с теми, что протекают на гораздо более коротких временах в компактных двойных системах при аккреции вещества на черные дыры звездных масс. Для описания этих процессов разработано множество теоретических моделей. Рентгеновские наблюдения АЯГ позволяют выяснить, какие из них верны или требуют доработки. А так как речь идет о стохастических процессах, то очень важно получить информацию о переменности как можно большего количества объектов.

5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение:

На основе данных двухлетнего обзора всего неба рентгеновским телескопом eROSITA, с добавлением данных обсерватории XMM-Newton, удалось проследить как изменялась рентгеновская яркость нескольких тысяч квазаров из оптического каталога Слоановского цифрового обзора неба (Sloan Digital Sky Survey, SDSS), и установить связь между характеристиками переменности и физическими параметрами сверхмассивных черных дыр, в частности, их массами и темпами аккреции для масштабов времени от нескольких месяцев до 20 лет и оценить параметры роста амплитуды переменности с временным масштабом.

6. Используемый подход, его новизна и оригинальность:

Телескоп eROSITA в ходе обзора всего неба, раз в полгода измерял рентгеновский поток каждого достаточно яркого АЯГ на небе. Таким образом мы использовали уникальный набор данных, позволяющий систематически исследовать рентгеновскую переменность тысяч квазаров на масштабах времени от полугода до двух лет.

Чтобы еще больше расширить исследуемый диапазон времен, для части объектов были привлечены архивные данные телескопа XMM-Newton, который работает в космосе уже более 20 лет, но в отличие от СРГ/еРОЗИТА проводит наблюдения отдельных площадок на небе, а не всего неба.

Для исследования были отобраны ранее известные квазары из каталога SDSS. Для них по данным оптической спектроскопии точно измерены красные смещения (т. е. расстояния) и получены оценки масс черных дыр. Чтобы уменьшить влияние ошибок измерения рентгеновского потока, рассматривались только такие квазары, яркость которых на суммарной карте неба, полученной телескопом СРГ/еРОЗИТА, превышала некий, достаточно высокий порог. Получившаяся выборка состоит из 2344 квазаров, для 157 из которых есть также данные XMM-Newton.

Для изучения характеристик переменности использовались методы работы со структурной функцией.

7. Полученные результаты и их значимость:

В результате исследования во-первых, удалось подтвердить, со значительно большей достоверностью, вывод ряда предыдущих работ, что относительная амплитуда переменности АЯГ растет с увеличением рассматриваемого масштаба времени.

Но еще более важным новым результатом исследования стал вывод о том, что рентгеновская переменность зависит от свойств СМЧД. Оказалось, что чем легче черная дыра и чем медленнее она растет, тем более переменное ее рентгеновское излучение. Самыми «изменчивыми» среди исследованных объектов оказались АЯГ с массами черных дыр меньше миллиарда масс Солнца и с темпами аккреции порядка нескольких процентов от критического. Рентгеновская яркость большинства таких АЯГ изменялась в несколько раз в ходе обзора неба СРГ/еРОЗИТЫ.

Мы планируем в дальнейшем использовать результаты этого исследования для изучения корреляции между рентгеновским и ультрафиолетовым излучением квазаров. Эта тема сейчас является предметом широкого обсуждения и интенсивных исследований.