

Зависимость долговременной рентгеновской переменности квазаров от массы и темпа аккреции черной дыры по данным обзоров SDSS, СРГ/ePOЗИТА и XMM- Newton

Докладчик Прохоренко С.А.¹

По материалам статьи, опубликованной в MNRAS. Соавторы: Сазонов С. Ю., Гильфанов М. Р., Балашев С. А., Бикмаев И. Ф., Иванчик А. В., Медведев П. С., Старобинский А. А., Сюняев Р. А.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

Исследуемая выборка квазаров

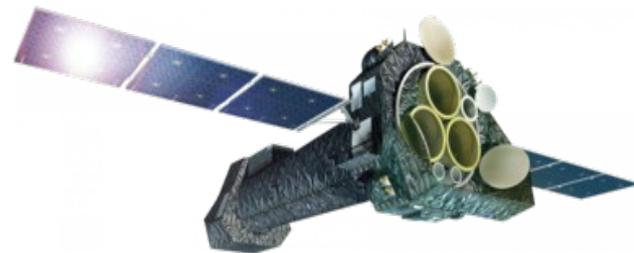
- 1 Использовался каталог спектроскопических квазаров SDSS DR14Q (Paris et.al. 2018)
- 2 Выбраны яркие по СРГ/еРОЗИТА квазары (с потоком за все обзоры выше 2×10^{-13} эрг/с/см²)
- 3 Выкинуты известные блазары
- 4 Получили 2344 квазара
 - Потоки в отдельных проходах получены с помощью процедуры принудительной фотометрии
 - Для 156 квазаров найдены потоки в 4XMM DR12 (Webb et al. 2020)
 - 1542 квазара выборки находятся в поле обзора LOFAR Two-metre Sky Survey (Shimwell et. Al 2022), где для 1048 есть радио поток.



Телескоп SDSS



Обсерватория СРГ



Телескоп XMM-Newton

Метод оценки переменности

- Используем структурную функцию SF в зависимости от Δt в системе покоя квазара
- Δt связан с Δt_{obs} в наблюдаемой системе как $\Delta t = \Delta t_{\text{obs}} / (1 + z)$, z - красное смещение

$$1) SF^2(\Delta t) = \left\langle \left[\log \frac{F_X(t + \Delta t)}{F_X(t)} \right]^2 \right\rangle = \langle [f(t + \Delta t) - f(t)]^2 \rangle,$$

где $f = \log(F_X)$ — логарифм потока, угловые скобки означают усреднение по ансамблю.

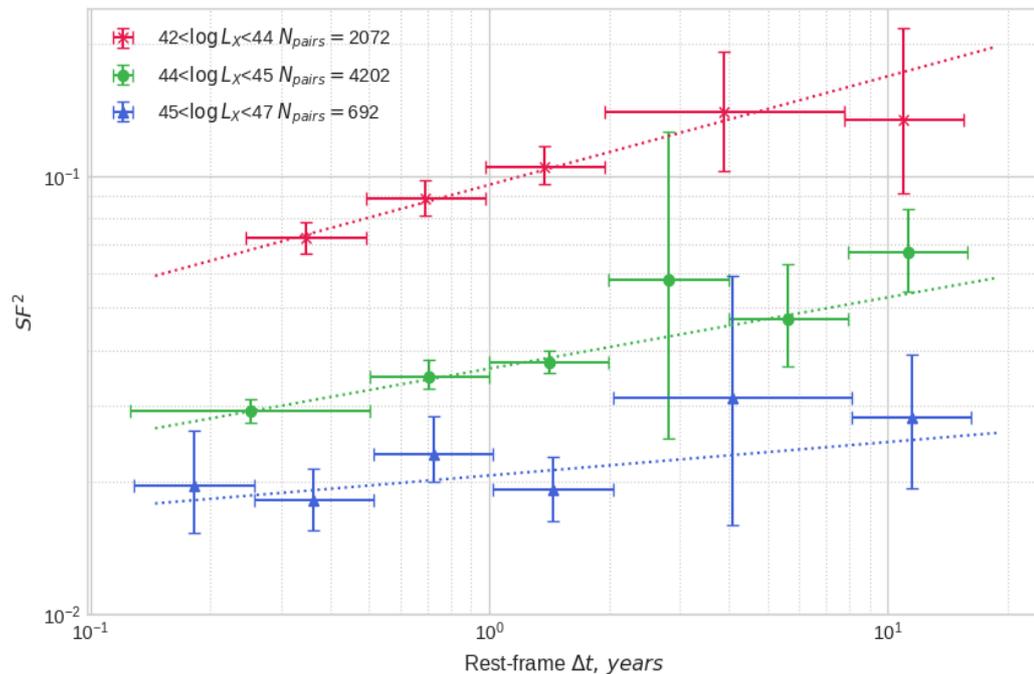
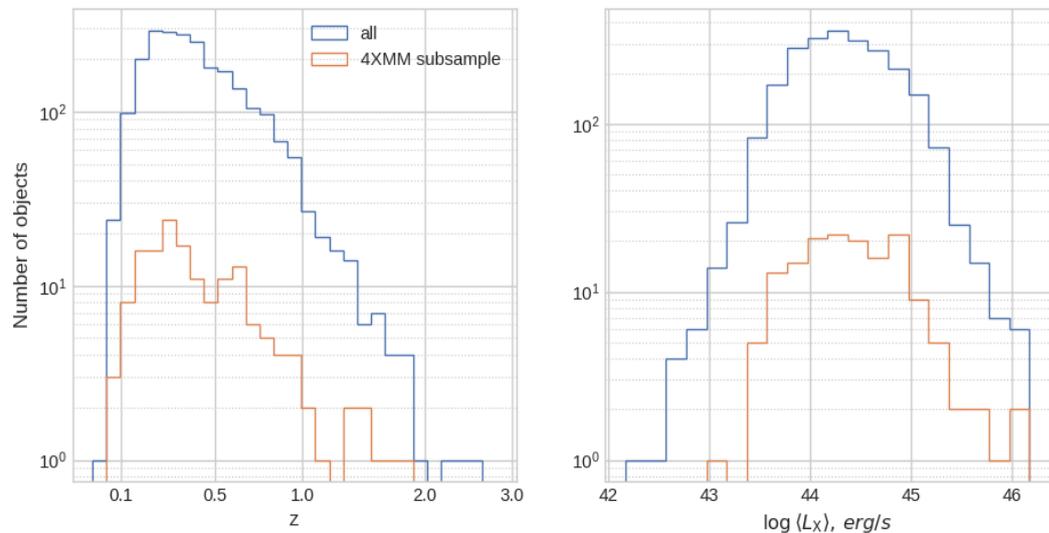
- Разбиваем подвыборку на бины по Δt и в каждом из них считаем:

$$2) SF^2 = \frac{1}{N_{\text{pair}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{pair}}} [f_i(t_i + \Delta t_i) - f_i(t_i)]^2 - \sigma_i^2(t_i) - \sigma_i^2(t_i + \Delta t_i) \quad \text{где } i \text{ пробегает по всем парам } (N_{\text{pair}}) \text{ в бине } \Delta t$$

- Здесь σ получен из ошибки σ_X на поток F_X как $\sigma = \frac{\sigma_X}{F_X \ln 10}$

- Для каждого квазара формируем пары потоков, один из которых — самое позднее измерение СРГ

ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СВЕТИМОСТИ



$SF^2 = 0.1$ означает изменение потока примерно в 2 раза

Для всех временных масштабов SF^2 падает с ростом светимости

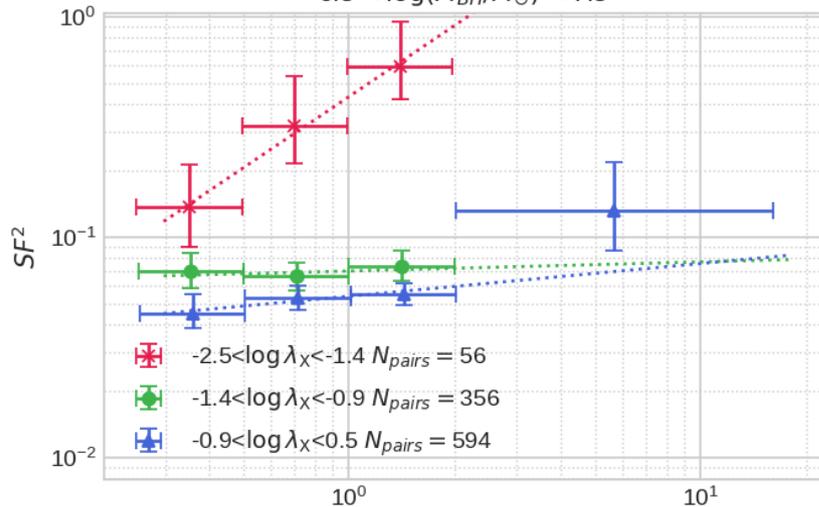
Фитирование моделью

$$SF^2(\Delta t) = A^2 \Delta t^\beta$$

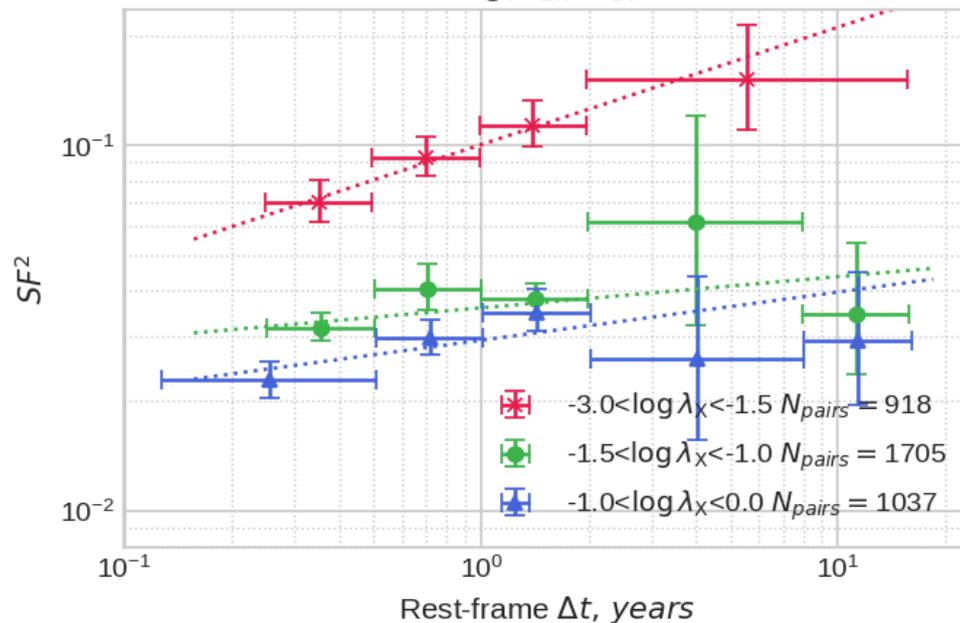
$\log L_X$ (эрг с ⁻¹)	A (SF при $\Delta t = 1$ год)	β
(42, 44)	0.302 ± 0.015	0.25 ± 0.07
(44, 45)	0.191 ± 0.004	0.16 ± 0.04
(45, 47)	0.144 ± 0.005	0.07 ± 0.11

Зависимость от массы ЧД и темпа аккреции

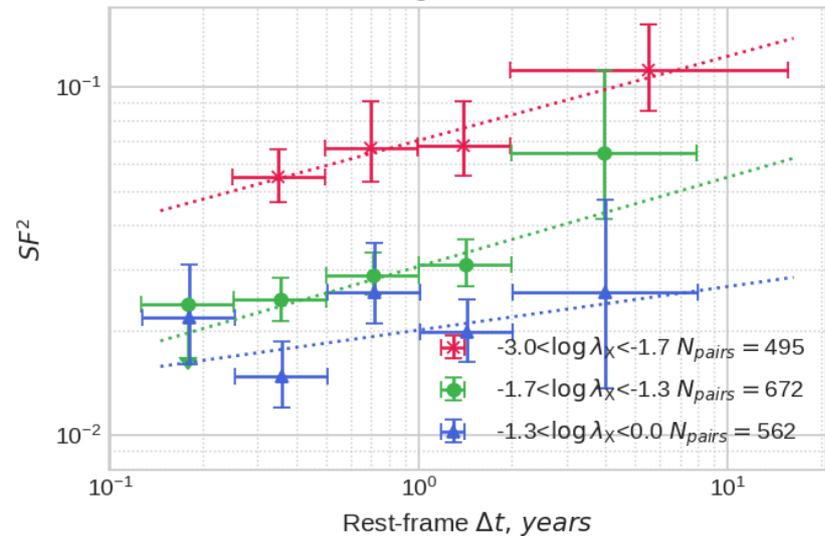
$6.8 < \log(M_{BH}/M_{\odot}) < 7.8$



$7.8 < \log(M_{BH}/M_{\odot}) < 8.8$



$8.8 < \log(M_{BH}/M_{\odot}) < 9.8$

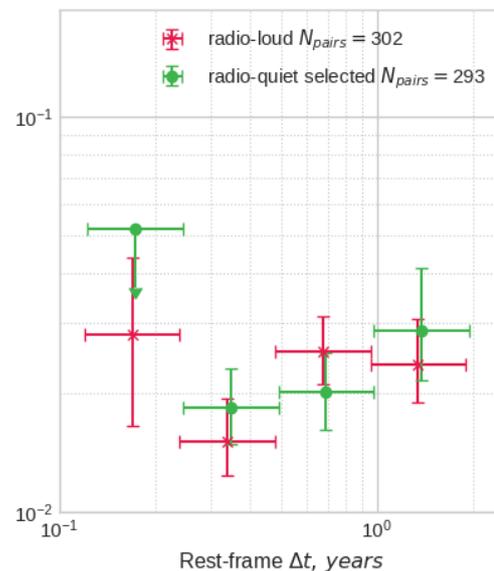
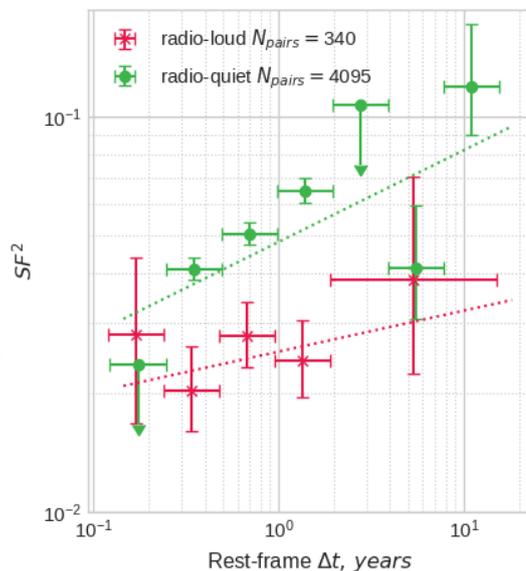
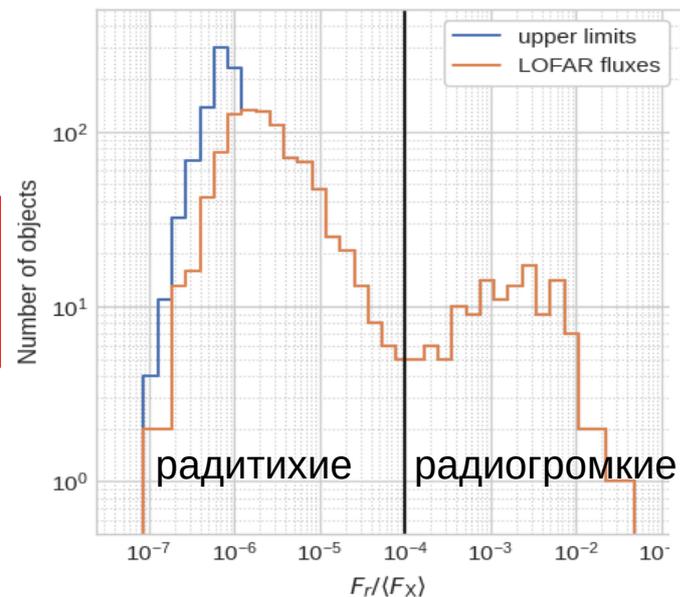
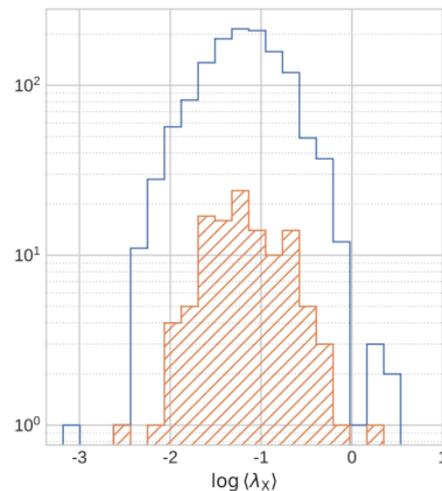
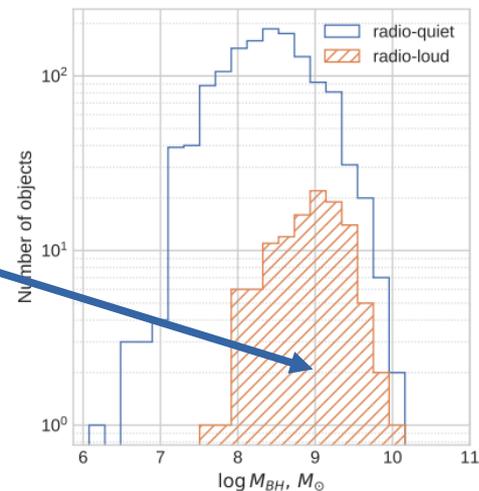


- SF^2 растет с ростом Δt и удовлетворительно описывается степенным законом
- SF^2 падает с ростом M_{BH} при фиксированных Δt и λ_{χ}
- SF^2 падает с ростом λ_{χ} при фиксированных Δt и M_{BH}
- SF^2 становится особенно большим при маленьких λ_{χ}

Зависимость от радиогромкости

Распределение отношений потока в полосе 120-168 MHz к потоку в полосе 0.3-2.3 кЭВ для квазаров нашей выборки имеет бимодальную форму.

Радиогромкие квазары в среднем имеют более массивные ЧД.



$SF^2(\Delta t)$ не зависит от радиогромкости, если учесть влияние M_{BH} и λ_χ

Заключение

Исследована переменность квазаров в рентгене для времен от нескольких месяцев до 20 лет на основе большой однородной выборки с надежно измеренными потоками:

- Подтверждена антикорреляция между амплитудой рентгеновской переменности и светимостью
- Переменность антикоррелирует как с массой СМЧД, так и с темпом аккреции.
- Есть указание на наличие отлнчнтельно высокой переменности у квазаров с низким темпом аккреции, что еще не было установлено ранее
- Зависимости SF^2 от временного масштаба хорошо описываются степенным законом с положительным наклоном
- Полученные результаты мы уже применяем для исследования корреляции между светимостями квазаров в рентгене и УФ, что имеет перспективы приложения в космологии