

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Ускова Григория Сергеевича**  
**на тему «Отождествление и многоволновое исследование активных ядер**  
**галактик, обнаруженных телескопом ART-XC орбитальной**  
**рентгеновской обсерватории Спектр-РГ»**  
**по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

Диссертация Григория Сергеевича Ускова посвящена изучению уникальной выборки активных галактических ядер ARTSS1-5, обнаруженных обзором всего неба телескопом ART-XC им. М.Н.Павлинского. Ее уникальность обусловлена как ее промежуточным положением между существующими выборками активных ядер галактик, построенных по данным в «мягком» и «жестком» рентгеновских диапазонах, так и высокой полнотой отождествления объектов по данным в оптическом диапазоне. Кроме того, в ARTSS1-5 представлен ряд объектов с уникальными свойствами, изучение которых представляет несомненный интерес.

Диссертант поставил и успешно решил в соавторстве с коллегами целый ряд научных задач, в том числе – установил природу 48 активных ядер галактик (далее – АЯГ) из каталога ARTSS1-5, для чего были получены спектры этих источников на наземных оптических телескопах 1.5-м класса и исследованы их рентгеновские свойства на основе обзоров eROSITA и ART-XC, отождествил и исследовал свойства кандидата в мощные квазары SRGA J2306+1556 на  $z=0.4389$ , детально исследовал рентгеновские свойства мощного квазара PG 1634+706 на  $z=1.337$  на основе данных телескопов eROSITA и ART-XC обсерватории СРГ и обсерватории XMM-Newton.

В первой главе автору вместе с коллегами в ходе наблюдений на оптических телескопах АЗТ-33ИК (ИСЗФ РАН) и РТТ-150 (Российско-

Турецкая обсерватория Тюбитеак) и по анализу архивных данных обзоров 6dF и SDSS удалось отождествить 48 активных ядер галактик, зарегистрированных в рентгеновском диапазоне энергий 4–12кэВ телескопом ART-XC им. М. Н. Павлинского в ходе обзора всего неба (2019–2022гг). Из этой выборки 15 источников раньше не были известны как рентгеновские, а природа остальных 33 объектов оставалась неизвестной или плохо изученной. Все исследованные объекты оказались сравнительно близкими сейфертовскими галактиками в диапазоне красных смещений  $z = 0.014\text{--}0.283$  и следующим распределением по типам: 19 Sy1, 17 Sy2, 10 Sy1.9 и 2 NLSy1.

При этом рентгеновские светимости исследованных объектов находятся в диапазоне от  $\sim 10^{42}$  до  $\sim 10^{45}$  эрг  $\text{с}^{-1}$  (4–12 кэВ), что типично для АЯГ на  $z \lesssim 0.3$ . Измеренные спектральные наклоны для большинства объектов оказались вблизи “канонического” для АЯГ (исключая блазары) значения  $\Gamma = 1.8$ . Результаты многоволновых данных в ИК и радиодиапазонах дали указание на наличие объектов с уникальными свойствами, отличающимися высокой степенью поглощающего вещества на луче зрения. Для 18 галактик типа Sy1 были оценены массы центральных чёрных дыр на основе измеренных характеристик широких бальмеровских линий и соответствующих эмпирических соотношений. Кроме того, по рентгеновской светимости были оценены болометрические светимости этих объектов, что позволило оценить их темпы аккреции. Массы варьируются в пределах от  $\sim 5 \times 10^6 M_\odot$  до  $\sim 7 \times 10^8 M_\odot$ , а  $\lambda_{\text{Edd}}$  – в основном, от  $\sim 0.5\%$  до  $\sim 20\%$ . Это согласуется с популярной точкой зрения о темпах аккреции вещества на центральную черную дыру в галактиках Sy1.

Во второй главе диссертации исследовался сильно поглощённый квазар SRGAJ2306+1556, обнаруженный при “слепом” поиске в ходе рентгеновского обзора всего неба, выполненного телескопом ART-XC им. М. Н. Павлинского. Этот яркий (поток  $\sim 5 \times 10^{-12}$  эрг  $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$  в диапазоне энергий 4–12кэВ) рентгеновский источник был отождествлен с оптическим объектом, для которого оказался доступен архивный спектр в SDSS DR16. По этому

спектру объект был идентифицирован автором как квазар 2-го типа на красном смещении 0.4386. Это означает, что его внутренняя рентгеновская светимость превышала  $4 \times 10^{45}$  эрг  $\text{с}^{-1}$  во время обзора всего неба СРГ/АРТ-ХС. Уникальность объекта в том, что практически все известные квазары с такой высокой светимостью находятся на большем удалении от нас. Кроме того, согласно архивным данным SRGAJ2306+1556 оказался радиогромким. Для подробного изучения этого интересного квазара были организованы последующие точечные рентгеновские наблюдения с помощью СРГ/АРТ-ХС и телескопа XRT на борту обсерватории Neil Gehrels Swift, которые позволили обнаружить сильное поглощение в рентгеновском спектре источника ( $N_{\text{H}} \sim 2 \times 10^{23} \text{ см}^{-2}$ ).

Третья глава диссертации посвящена квазару PG1634+706, который характеризуется огромной рентгеновской ( $L_{\text{x}} \sim 10^{46}$  эрг/с) и болометрической ( $\sim 10^{48}$  эрг/с) светимостью, но при этом находится на умеренном красном смещении  $z = 1.337$ . Масса черной дыры оценивается в  $\sim 10^{10} M_{\odot}$  (примерная оценка на основе ширины и светимости линии  $H_{\beta}$ ), а темп акреции вещества - как близкий к критическому. Новые наблюдения с помощью обсерваторий СРГ и XMM-Newton позволили наиболее точно измерить его энергетический спектр в широком диапазоне  $\sim 1\text{--}30$  кэВ (в системе покоя квазара). Одним из наиболее интересных результатов стало обнаружение широкой ( $\sim 1$  кэВ на половине высоты) эмиссионной линии. Средневзвешенное положение линии согласуется с энергией 6.4 кэВ, соответствующей переходу К $\alpha$  в нейтральном атоме железа, при этом уширение линии является статистически значимым. Помимо спектральных свойств автором исследовалась переменность рентгеновского излучения квазара PG1634+706. На временах порядка часов его рентгеновская светимость не демонстрирует статистически значимой переменности. Однако его светимость заметно менялась от наблюдения к наблюдению осенью 2019 года, увеличившись примерно на 50% за  $\sim 25$  дней. Сравнение этих измерений с предыдущими данными других рентгеновских обсерваторий показало, что за всю 17-летнюю историю

наблюдений квазара PG1634+706 его рентгеновская светимость варьировалась не более чем в 2.5 раза, а вариации на масштабах времени нескольких недель и нескольких лет сравнимы по амплитуде.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и 1 приложения. Полный объём диссертации составляет 198 страниц, включая 31 рисунок и 21 таблицу. Список литературы содержит 174 наименований. По результатам исследования было опубликовано шесть статей в рецензируемых журналах, в пяти из них диссертант внес основной вклад и являлся первым автором, а в шестой – его вклад сопоставим с вкладом первого автора. Они докладывались на восьми конференциях в основном всероссийского масштаба.

Работа написана с минимумом опечаток и читается легко и с удовольствием, она подытоживает результаты многолетних исследований, проводимых автором с коллегами по анализу результатов миссии СРГ.

У меня нет никаких сомнений в том, что диссертационная работа Ускова Григория Сергеевича «Отождествление и многоволновое исследование активных ядер галактик, обнаруженных телескопом ART-XC орбитальной рентгеновской обсерватории Спектр-РГ» отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Усков Григорий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидатафизико-математических наук по специальности1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук, руководитель научного направления, лаборатория физики оптических транзиентов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук

**ВЛАСЮК Валерий Валентинович**

04.12.2025

Контактные данные:

тел.: 7 (87878) 46336, e-mail: vvlas@sao.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.03.02 – астрофизика, звездная астрономия

Адрес места работы:

369167, Карачаево-Черкесская республика, пос.Нижний Архыз

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

Лаборатория физики оптических транзиентов

тел.: 7 (87878) 46336, e-mail: vvlas@sao.ru

Подпись сотрудника САО РАН Власюка В.В. удостоверяю: