

**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 Г. С. Ускова связана с получением и интерпретацией наблюдательных данных, и основана как на материале, полученном обсерваторией Спектр-Рентген-Гамма, так и на оптических наблюдениях, с привлечением данных других обсерваторий. Она подводит итог большой работы автора по изучению активных ядер галактик с опорой на анализ их рентгеновского излучения, прежде всего - на основе материала, полученного телескопом ART-XC им. Павлинского орбитальной рентгеновской обсерватории "Спектр-РГ". Наблюдения на этом телескопе покрывают "средний" рентгеновский диапазон энергий 4–12 кэВ, удачно заполняя интервал между существующими выборками источников по данным обзоров в мягком и жестком рентгеновском диапазоне, что придает особую ценность результатам наблюдений.

Основная цель работы – отождествление рентгеновских источников с оптическими объектами по данным оптических телескопов АЗТ-33ИК и РТТ-150, получение оптических спектров и подробное изучение физических свойств некоторых из объектов. В диссертационной работе исследуется 48 рентгеновских источников, отождествляемых с активными ядрами оптически наблюдавшихся галактик, анализируются данные проведенной рентгеновской и

оптической спектроскопии источников.. Несколько выбранных объектов исследовались более глубоко и детально.

Изучение природы активных ядер галактик и связанных с ними явлений является одним из наиболее важных и перспективных направлений современной астрофизики. Тема диссертации **актуальна**, поскольку работа включает поиск и изучение активных ядер в малоисследованном ранее диапазоне рентгеновского спектра, в том числе ядер, необычных по своим характеристикам.

Работы, вошедшие в диссертацию Ускова, **оригинальны по содержанию**, и содержат большое количество **новой информации** о рентгеновских активных ядрах. **Основные результаты опубликованы** в пяти статьях в Письмах в АЖ (Astronomy Letters) и одной – в Monthly Notices of RAS, а также представлялись автором на многочисленных научных конференциях. Во всех выносимых на защиту результатах **личный вклад автора** диссертационной работы является значимым, либо определяющим.

Автором диссертации получен уникальный научный материал и вынесен на защиту целый ряд выводов, представляющих научный интерес. Из них я бы выделил три наиболее значимых в научном плане.

Во-первых, с использованием проведённых оптических наблюдений и имеющихся обзоров неба были отожествлены с сейфертовскими галактиками разных типов почти полсотни рентгеновских источников, и исследованы свойства их ядер. При этом в 15 случаях галактики ранее не были известны как рентгеновские источники, в остальных случаях природа рентгеновских источников была неясной или плохо изученной. Положение источников на ВРТ-диаграммах подтвердило механизм возбуждения спектральных линий, характерный для активных ядер. При этом для части рентгеновских ядер по анализу данных наблюдений были получены отношения болометрической

светимости к эддингтоновскому предельному значению, что также является важным достижением.

Во-вторых, среди открытых рентгеновских источников был обнаружен квазар со сравнительно небольшим красным смещением ( $Z \sim 0.4$ ) и сильным поглощением излучения ядра, который, тем не менее, обладает рекордно высокой для небольших  $Z$  рентгеновской светимостью, достигающей в максимуме активности  $\sim 4-6 \times 10^{45}$  эрг/с в диапазоне 2–10 кэВ. Это, к примеру, многократно превышает полную светимость гигантских галактик типа Млечного Пути, проинтегрированную по всему диапазону электромагнитного спектра. Как было показано в диссертации, данный объект отождествляется с радиоисточником и является радиогалактикой.

В-третьих, на основании имеющихся к настоящему времени данных – как рентгеновских, так и относящихся к другим спектральным диапазонам, был подробно изучен квазар на красном смещении  $z = 1.34$ , отличающийся рекордно высокой мощностью рентгеновского излучения. Была исследована его рентгеновская переменность, а также смоделирован и интерпретирован спектр в широком интервале энергий.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения, содержащего табличные данные о спектральных особенностях рассматривавшихся в работе источников.

**В первой главе** представлены результаты оптического отождествления кандидатов в активные ядра галактик по наблюдениям с телескопом ART-XC в ходе обзора всего неба, а также результаты оптической спектроскопии галактик, наблюдавшихся на двух оптических телескопах. Проведена классификация объектов, получен и интерпретирован оптический спектр ядер, оценена колонковая плотность газа в направлении на активное ядро, получена грубая оценка массы сверх массивных черных дыр по ширине водородных линий с использованием известной эмпирической зависимости.

Дана качественная интерпретация систематического роста ИК показателя цвета WISE W2-W1 с увеличением рентгеновской светимости источника.

**Вторая глава** целиком посвящена исследованию в различных областях электромагнитного спектра радиоизлучающего квазара рекордно высокой светимости SRGAJ2306+1556 со сравнительно малым красным смещением и сильным поглощением, открытого в ходе рентгеновского обзора неба. Использовались также данные рентгеновского телескопа Swift и оптические обзоры SDSS и DESI. Был частично пере-обработан оптический спектр источника, полученный в обсерватории Апачи-Пойнт и уточнено его красное смещение. Было построено широкополосное спектральное распределение энергии источника от радиодиапазона до рентгеновского диапазона энергий. Показано, что галактика связана с радиоисточником и является радиогалактикой. Объект оказался уникальным по рентгеновской светимости и величине поглощения излучения среди сравнительно близких активных ядер.

**В третьей главе** исследуются рентгеновские свойства далекого квазара PG1634+706 с красным смещением  $z = 1.34$ , по данным двух рентгеновских телескопов обсерватории СРГ и рентгеновского телескопа XMM-Newton. Объект относится к числу наиболее мощных рентгеновских источников. Результаты подтвердили экстремально высокие рентгеновские и болометрические светимости ядра квазара. В работе построен и интерпретирован рентгеновский спектр квазара. Сделан вывод об изменении рентгеновской светимости ядра (в 2.5 раза) за промежуток в 17 лет при отсутствии заметной быстрой переменности. Особый интерес представляет статистически значимый вывод о присутствии в спектре широкой линии Кальфа, возникающей во внутренних областях аккреционных дисков.

В **Заключении** формулируются основные выводы диссертации и делаются комментарии к ним. Отмечается, что работы, проводимые автором по отождествлению рентгеновских источников и по исследованию и интерпретации их спектров, продолжаются.

Работа написана хорошим языком, легко читается. К недостаткам можно отнести крайне скучную информацию о родительских галактиках, с которыми удалось отождествить рентгеновские источники. Все внимание автора сосредоточено исключительно на характеристиках ядер. При этом светимость родительских галактик, морфология, угол наклона диска, там, где он есть, или другие характеристики, которые могут иметь отношение к наблюдаемым особенностям центральных источников, в диссертации никак не обсуждаются.

Подводя итог, подчеркну, что работа выполнена на высоком уровне и представляет собой значительный вклад в исследование рентгеновских активных ядер галактик, проявляющих себя как рентгеновские источники. Для отдельных источников она объединяет информацию о рентгеновском излучении с данными оптических, инфракрасных и радионаблюдений, что придает особенную ценность результатам. Хотя работа имеет законченный вид на данном этапе, она демонстрирует возможности продолжения исследований активных ядер в рамках поставленных в диссертации задач.

Основные результаты работы являются обоснованными и опубликованы в рецензируемых журналах. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Указанные выше замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация 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.

Исходя из изложенного выше, я считаю, что представленная диссертация удовлетворяет всем необходимым требованиям для успешной защиты, и ее автор, Усков Григорий Сергеевич, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук, профессор, профессор Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», заведующий отделом внегалактической астрономии Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

**Засов Анатолий Владимирович**

**21.11.2025**

Контактные данные:

tel.: +74959391660, [zasov@sai.msu.ru](mailto:zasov@sai.msu.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Адрес места работы:

119234, г. Москва, Университетский проспект, д. 13, ГАИШ МГУ

Тел.: +7-495-939-28-58; e-mail: [director@sai.msu.ru](mailto:director@sai.msu.ru)

Подпись сотрудника МГУ А. В. Засова удостоверяю: