

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Хорунжева Георгия Андреевича

«Поиск и исследование активных ядер галактик и далеких квазаров по данным рентгеновских обзоров неба и наземных телескопов»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

Квазары, являясь самыми мощными квазистационарными источниками энерговыделения во Вселенной, с момента своего открытия (отождествление линий в 1963 г.) и до настоящего времени привлекают особое внимание исследователей как с точки зрения физики и эволюции самих квазаров, так и их использования как одних из самых ярких и удаленных источников, просвечивающих более 90 процентов объема видимой части Вселенной.

Одной из целей представленной диссертационной работы является измерение масс сверхмассивных черных дыр и темпов аккреции для выборки близких сейфертовских галактик, наблюдавшихся обсерваторией ИНТЕГРАЛ в рентгеновском диапазоне. Другой целью диссертационной работы является получение оценки плотности далеких квазаров и измерение их рентгеновской функции светимости. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы как для уже имеющихся данных по работающим рентгеновским обсерваториям, так и имеют хорошую перспективу применения к источникам из обзора, планирующегося к запуску спутника Спектр-РГ.

Представленная диссертация состоит из пяти глав и заключения. **Во введении** (глава 1), описаны цели работы и ее актуальность, основные положения, выносимые на защиту, список публикаций по теме диссертации. **Глава 2**, посвящена измерению масс черных дыр и темпу аккреции активных ядер галактик близкой Вселенной. Представлена и используется выборка 68 сейфертовских галактик, зарегистрированных в жестком рентгеновском диапазоне обсерваторией ИНТЕГРАЛ. Масса сверхмассивных черных дыр оценивалась двумя способами: по инфракрасной светимости балджа и с использованием форм широких эмиссионных линий. Выполнены сравнения оценок масс СМЧД, полученных различными методами. Представлены оценки темпа аккреции

вещества на СМЧД, показано что аккреция газа в сейфертовских галактиках идет в высоком темпе и в радиационно эффективном режиме.

Глава 3, посвящена поиску рентгеновских квазаров на больших красных смещениях. Представлена выборка кандидатов в квазары с $z > 3$, полученная в результате поиска таких объектов среди рентгеновских источников, наблюдавшихся обсерваторией ХММ-Ньютон. В результате составлен каталог 903 кандидатов в квазары. Алгоритмы отбора квазаров с большими красными смещениями можно будет применять для отбора таких объектов среди рентгеновских источников всего неба в будущих наблюдениях.

Глава 4, посвящена оптической спектроскопии кандидатов в квазары с красными смещениями $3 < z < 5$. Была подготовлена программа наблюдений кандидатов, в результате выполнения которой удалось получить спектры 18 отобранных источников. В главе описываются параметры и результаты наблюдений, так же представлено описание параметров наблюдений отдельных квазаров и результаты их анализа.

В заключительной **главе 5** получены оценки рентгеновской функции светимости. Полученная рентгеновская выборка ярких квазаров с красным смещением $z > 3$ является одной из самых обширных по площади покрытия неба и числу ярких источников.

Использование результатов выполненной диссертационной работы позволяет выполнять дальнейшее поиск и исследование рентгеновских квазаров за счет постоянно обновляемых рентгеновских (ХММ-Ньютон) и оптических (SDSS, Pan-Starrs) данных и, конечно, это будет особенно актуально для будущих рентгеновских обзоров всего неба.

По существу диссертации замечаний, которые ставили бы под сомнение полученные результаты и их важность, не имеется. Однако есть ряд замечаний по представлению информации в диссертации и несколько стилистических замечаний.

1. Анализ рентгеновских наблюдений является одной из ключевых составляющих диссертационной работы, по ходу которой постоянно возникают такие понятия как рентгеновский диапазон, жесткий рентгеновский диапазон, диапазоны конкретных рентгеновских инструментов 0.2-10, 2-6, 6-30, 17-60 кэВ. Конечно, диссертант оптимист и верит в лучшее, что эти понятия, характеристики и особенности различных диапазонов и так все должны знать. Однако, по мнению оппонента все-таки следовало бы, как минимум, во введении четко определить

границы мягкого и жесткого рентгеновского диапазонов, специфику и особенности наблюдений в различных диапазонах, а также и их выбор. В продолжение определения диапазонов, так, например, в подписи к рис. 1.4 диссертант пишет: «Сравнение спектров в широком диапазоне ЭМ-волн от рентгена до далекого ИК», при этом графики построены до значений 10^6 кэВ (т.е. 1 ГэВ), что по мнению оппонента всё-таки соответствует уже гамма диапазону.

2. Многоволновые наблюдения астрофизических объектов, несомненно, позволяют проводить многосторонние исследования физических явлений, характеризующих эти объекты, но поскольку опять-таки одним из ключевых аспектов диссертации являются рентгеновские наблюдения, то хорошо бы было во введении или в главе 3 кратко пояснить почему важны наблюдения квазаров именно в рентгеновском диапазоне, а также сравнить с наблюдениями в других диапазонах (т.е. что мы узнаем, какого рода информацию получаем, изучая квазары в оптике, ультрафиолете, рентгене и др. диапазонах).

Стилистические замечания:

1. Некоторые численные значения по тексту выглядят как абсолютные цифры, без какого-либо отношения к чему-либо, в некоторых случаях можно догадаться с чем соотноситься цифра (хотя ни читающий, ни оппонент не должны этого делать), в других случаях это несколько затруднительно. Так, например, в подразделе 2.3.1. на стр. 27 из фразы: «Для 17 объектов оцененный по рентгеновской светимости вклад...» не понятно, что это за 17 объектов, и только из предыдущего раздела 2.2 можно понять, что это 17 из 68 объектов исследуемой выборки. На странице 30: «была проведена серия спектральных наблюдений выборки 19 сейфертовских ядер галактик» - почему 19? Введение главы 3 (тоже для главы 4): «Поиск квазаров на $z \gtrsim 3$ является одним из важнейших ...» - почему 3, а не 2 или 4?
2. Несколько неаккуратно представлены космологические параметры: так на стр. 42 обозначения космологических параметров выбраны в нестандартной форме, а численные значения первых двух представлены с 10% точностью, в то время как эти же космологические параметры на 93 стр. представлены в чуть более привычном виде и уже с 1% точностью.

