

“ УТВЕРЖДАЮ ”

Проректор по научной деятельности  
Казанского (Приволжского)  
федерального университета

проф. Нургалеев Д.К.

“07” марта 2018 г.



Отзыв Ведущей организации

на диссертацию Мереминского Ильи Александровича

**МОНИТОРИНГ НЕБА В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ  
ЭНЕРГИЙ ОБСЕРВАТОРИЕЙ INTEGRAL: ОБЗОРЫ БОЛЬШОЙ  
ПЛОЩАДИ И ТРАНЗИЕНТНЫЕ ИСТОЧНИКИ,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Число зарегистрированных рентгеновских источников все еще остается довольно небольшой величиной. Особенно это заметно в жестком рентгеновском диапазоне, где количество известных источников не превышает трех тысяч. Поэтому чрезвычайно важно увеличивать эту величину, систематизируя и сводя воедино все доступные наблюдения. Орбитальная обсерватория INTEGRAL по-прежнему остается непревзойденным инструментом для этой цели, так как обсерватория NuSTAR обладает существенно меньшим полем зрения. Надо отметить, что если данные телескопа IBIS/ISGRI достаточно хорошо используются, и каталоги источников в диапазоне энергий  $>15$  кэВ являются достаточно полными и регулярно обновляются по мере накопления данных, то данные другого телескопа обсерватории, JEM-X, используются не так эффективно. Отчасти это связано с тем, что телескоп работает в более мягком диапазоне энергий, 3-35 кэВ, изученном и другими обсерваториями, и тем, что его поле зрения в четыре раза меньше, чем поле зрения телескопа IBIS. Тем не менее, полученная этим телескопом информация имеет ценность, и диссертант с успехом ею воспользовался, составив каталог постоянных и транзиентных рентгеновских источников в направлении на центр Галактики. Кроме того, были проделаны и еще две обзорные работы, уже с использованием телескопа IBIS/ISGRI. Надо отметить, что автор не ограничился просто фиксацией источников, в том числе и новых, а использовал эти сведения для получения научных результатов, таких как

изучение пространственного распределения источников и их функций светимости. В этом состоит **актуальность и научная новизна** исследования.

Диссертация состоит из пяти глав – всего 85 страниц, включая 34 рисунка и 10 таблиц, список цитированной литературы содержит 131 работу.

В **первой** вводной Главе дается краткая история возникновения рентгеновской астрономии, начиная со времен еще до работ Рикардо Джиакони и заканчивая обсерваторией NuSTAR, с упором на описание выполненных обзоров, а также формулируются цели работы.

**Вторая**, также очень короткая Глава содержит описание орбитальных рентгеновских обсерваторий INTEGRAL и Swift, а также размещенных на их борту рентгеновских телескопов, архивные данные которых использовались при выполнении работы.

Основное содержание работы изложено в **третьей** Главе. Она содержит описание трех обзоров, выполненных автором в первой части диссертации. Первый обзор постоянных и транзиентных источников, расположенных в направлении на центр Галактики внутри окружности размером 20 градусов, сделан при помощи телескопа JEM-X обсерватории INTEGRAL. Всего диссертантом было зарегистрировано 105 источников, большинство из которых являются маломассивными рентгеновскими двойными, компактные объекты в которых являются нейтронными звездами или черными дырами. Для построения обзора использовались архивные наблюдения, выполненные в течение длительного времени, более десяти лет. Это позволило И.А.Мереминскому разделить популяцию рентгеновских двойных на постоянные и переменные источники, и построить функцию светимости отдельно для каждой популяции. В целом функция светимости для постоянных источников оказалась плоской с крутым падением в сторону источников высокой светимости. Излом происходит на характерной светимости  $2 \cdot 10^{37}$  эрг/с. Она совпала с усредненной функцией светимости, полученной ранее Маратом Гильфановым с соавторами по источникам, расположенным в других галактиках. А вот функция светимости транзиентных источников, оставаясь плоской на маленьких светимостях, имеет излом при существенно меньшей характерной светимости,  $\sim 1 \cdot 10^{36}$  эрг/с. Данное исследование **имеет большую ценность**, так как позволяет оценить вклад переменных источников в функции светимости рентгеновских источников в других галактиках. Кроме того, по результатам данного обзора Илье Александровичу удалось показать, что пространственное распределение зарегистрированных рентгеновских источников соответствует распределению звездной массы в Галактике.

Второй обзор посвящен изучению трех площадок на небе, удаленных от галактической плоскости, и содержащих в основном внегалактические объекты. Это площадки вокруг Большого Магелланова Облака (БМО), галактики M81, и в направлении на скопление галактик Coma. Этот обзор получен на основе

наблюдений телескопа IBIS обсерватории INTEGRAL, и является продолжением обзоров, выполненных ранее Романом Кривоносом с соавторами. За время, прошедшее с выполнения предыдущих обзоров, значительно выросла суммарная экспозиция для этих площадок, что позволило в два раза повысить чувствительность обзора, до 0.18 мКраб. Это позволило диссертанту обнаружить 37 новых источников из 147 зарегистрированных. Одним из результатов построения обзора является подсчет числа активных ядер галактик (АЯГ) разной яркости. Полученная зависимость числа АЯГ с потоком не меньше заданного (кривая  $\log N - \log S$ ) согласуется с ожидаемой при однородном распределении АЯГ в пространстве. Наклон полученной зависимости имеет показатель степени  $-1.56 \pm 0.13$ , при ожидаемом значении  $-1.5$ , и служит хорошим дополнением и уточнением к ранее опубликованным результатам.

И, наконец, третий обзор, покрывающий широкую (30 градусов) полосу вдоль всей галактической плоскости, выполнен также по результатам наблюдений телескопа IBIS в жестком рентгеновском диапазоне. Он также является продолжением выполненных ранее обзоров, и благодаря увеличению накопленного времени наблюдений имеет лучшую чувствительность. Диссертанту удалось зарегистрировать 402 источника, 41 из которых был обнаружен впервые. И.А.Мереминским был проведен поиск аналогов этих источников в других спектральных диапазонах, и 11 из них оказались известными мягкими рентгеновскими источниками, а 3 были также зарегистрированы ранее в оптическом диапазоне спектра.

**Четвертая** Глава посвящена исследованию двух транзиентных источников, рентгеновской Новой GRS 1739-278, открытой ранее обсерваторией GRANAT, и нового рентгеновского барстера IGR J17445-2447. Для обоих источников были использованы не только наблюдения обсерватории INTEGRAL, но и обсерватории Swift, а в случае рентгеновской Новой были привлечены и оптические наблюдения, выполненные на Российско – Турецком 1.5-м телескопе РТТ-150. Исследованная вспышка Новой представляет интерес, поскольку темп аккреции на черную дыру в ней так и не достиг достаточной величины, чтобы перевести аккрецию в режим стандартного оптически толстого диска. В результате, рентгеновский спектр Новой оставался жестким в течение всей вспышки. Первая термоядерная вспышка известного рентгеновского источника IGR J17445-2447 была обнаружена в апреле 2017 г. телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL, что позволило понять природу этого источника. Его положение удалось хорошо локализовать с помощью наблюдений, выполненных телескопом XRT на борту обсерватории Swift. К сожалению, характеристики телескопа JEM-X не позволили выполнить детальный анализ всплеска, был получен только один усредненный спектр, аппроксимированный чернотельным излучением с температурой  $kT=1.6 \pm 0.3$  кэВ. Тем не менее, Илья Александрович оценил расстояние до источника в предположении, что максимальный

зарегистрированный поток соответствует эддингтоновской светимости нейтронной звезды.

В пятой, заключительной главе диссертации, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Представленная к защите диссертация не лишена и некоторых недостатков. На наш взгляд, главным из них является отсутствие какого-либо научного анализа обзора галактической плоскости телескопом IBIS/ISGRI, представленного в разделе 3.3. Кроме того, достойно сожаления, что при интерпретации спектра рентгеновского барстера IGR J17445-2747 не были использованы результаты моделирования спектров барстеров, хотя диссертант работает в отделе ИКИ РАН, в котором была выполнена одна из пионерских работ, посвященная такому моделированию (Лapidус, Титарчук, Сюняев 1985, 1986).

Надо признать, однако, что основная часть претензий к тексту диссертации носит технический и терминологический характер. В тексте присутствует определенное количество опечаток и даже одно неоконченное предложение на стр. 36. К неудачным адаптациям английских терминов на русский язык можно отнести слово “компаньон” вместо английского counterpart, что вызывает ненужную ассоциацию с оптическим компаньоном релятивистского объекта. Использованное один раз автором слово “двойник” гораздо лучше соответствует этому термину. Вызывает также смущение использование термина “газовая камера” вместо газоразрядного счетчика. Может быть, это и хорошо, что современное молодое поколение не чувствует всего ужаса этого термина. Есть еще несколько примеров неудачного использования терминов. А именно, выражение “поверхностная плотность”, использовалось вместо “лучевой концентрации межзвездного водорода” (стр. 67). Неясно, что имелось в виду под “поверхностной площадью” и “поверхностной плотностью” на стр. 47. Вызывает также сожаление отсутствие склонений фамилий авторов при цитировании источников. Однако, все эти недостатки имеют технический характер и не умаляют научных достоинств диссертации.

**Апробация** работы обеспечена выступлениями автора на российских и международных научных конференциях. Основные положения диссертации опубликованы в 7 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК.

В целом, диссертация И.А.Мереминского представляет собой оригинальное завершённое научное исследование с **новизной** в обнаружении новых жестких рентгеновских источников в архивных данных орбитальной обсерватории INTEGRAL, и определением их основных физических параметров.

Результаты, полученные в диссертации И.А.Мереминского, могут быть использованы в ГАИШ МГУ, САО РАН, ИНАСАН, КФУ, КраО, ГАО РАН и в других отечественных и зарубежных организациях, занимающихся

исследованиями активных ядер галактик и компактных рентгеновских источников.

Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертации.

Считаем, что диссертация „Мониторинг неба в рентгеновском диапазоне энергий обсерваторией INTEGRAL: обзоры большой площади и транзиентные источники“ является завершенным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Илья Александрович Мереминский** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

Отзыв обсужден и утвержден на Астрофизическом Семинаре кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета 6-го марта 2018 года.

Отзыв подготовил: д. ф.-м. н., ст.н.сотр.  
Лаборатории “Рентгеновская астрономия”

Института физики КФУ

420008, г. Казань, ул.Кремлевская, д.18,

телефон (843)-292-77-97

электронный адрес:

[valery.suleimanov@uni-tuebingen.de](mailto:valery.suleimanov@uni-tuebingen.de)



Сулейманов В.Ф.

Зав. кафедрой астрономии и космической  
геодезии Института физики Казанского  
(Приволжского) федерального университета



Бикмаев И.Ф.