

**УТВЕРЖДАЮ:**

директор Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института астрономии РАН (ИНАСАН)

Член-корреспондент РАН \_\_\_\_\_ Д. В. Бисикало

«21» марта 2017 г.



### **ОТЗЫВ**

*ведущей организации*

*на диссертационную работу Золотухина Ивана Юрьевича на соискание ученой степени «доктор физико-математических наук» по специальности «01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия» (отрасль наук: «физико-математические/технические») на тему «Многоволновые исследования редких астрофизических объектов с использованием больших массивов данных»*

Представленная диссертация посвящена исследованиям разнообразных астрофизических объектов — нормальных и компактных галактик, маломассивных рентгеновских двойных, рентгеновских пульсаров и гипер-ярких рентгеновских источников — в различных диапазонах длин волн с использованием публично доступных данных из Виртуальной Обсерватории. Известно, что среди наук, в которых набирает в последние годы популярность направление data science — извлечение научных фактов из больших массивов данных — астрономия занимает одну из лидирующих позиций. Одной из реализаций такого подхода в астрономии является международная инициатива по созданию Виртуальной Обсерватории (ВО), представляющей собой инициативу по стандартизации и индексированию астрономических данных и средств работы с ними в целях увеличения эффективности их использования. Экспоненциальный рост объема публично доступных астрономических данных делает парадигму data science и применение в исследованиях методов ВО крайне актуальными. Применение методов data science наиболее эффективно, прежде всего, для выявления ранее неизвестных закономерностей и объектов с экстремальными и аномальными свойствами в больших массивах данных. Представленная И.Ю. Золотухиным диссертация «Многоволновые исследования редких астрофизических объектов с использованием больших массивов данных» является ярким примером такого эффективного исследования. Объединяющим фактором в этой работе является методика получения нового знания из имеющихся данных благодаря их объединению и комплексному анализу.

Работа состоит из введения, четырех глав и списка литературы.

Во введении приводится постановка астрофизических задач, на решение которых направлена диссертация, описывается их актуальность и сопутствующий научный контекст, а также обсуждается используемый автором инструментарий. Первая глава диссертации посвящена методическим наработкам автора: в ней дается описание создания каталога RCSED

параметров галактик и их звездного населения для почти миллиона объектов, а также создание крупнейшего каталога рентгеновских источников 3XMM и базы данных зарегистрированных обсерваторией XMM-Newton фотонов. Во второй главе представлены исследования популяции рентгеновских источников в нашей Галактике на основании данных больших цифровых обзоров неба 2MASS, IPHAS, UKIDSS и WISE, открытие кандидатов в редкие ультракомпактные и симбиотические двойные системы с нейтронными звездами, и построение важного соотношения между орбитальным периодом и светимостью подобных систем в ИК диапазоне. Третья глава посвящена нормальным галактикам, а именно обнаружению наиболее точного из известных фотометрических соотношений для их цветов и светимостей в данных каталога RCSED, представленного в первой главе. На основании этого соотношения во второй части главы описывается обнаружение в каталоге RCSED 195 компактных эллиптических галактик в дополнение к всего 30 ранее известным, и описание механизма их выбрасывания из родительских скоплений в результате эффекта пращи. Стоит отдельно отметить, что это исследование было опубликовано автором в престижном междисциплинарном научном журнале Science в 2015 году. Четвертая и заключительная глава содержит описание успешного поиска в данных каталога 3XMM редких рентгеновских источников: гипер-ярких рентгеновских источников в первой части главы и внегалактических пульсаров во второй.

В диссертации И.Ю. Золотухина получены важные результаты сразу в нескольких направлениях астрофизики. Среди них продемонстрированная впервые возможность (и заметная частота таких событий) выбрасывания компактных эллиптических галактик посредством взаимодействия трех тел из скоплений галактик, которая представляет значительный интерес с точки зрения развития взглядов на происхождение и эволюцию карликовых галактик. Создание первой статистически достоверной выборки гипер-ярких рентгеновских источников важно и чрезвычайно актуально для продолжающихся в последнее десятилетие активных поисков гипотетической популяции аккрецирующих черных дыр промежуточной массы. Обнаружение нераскрученного пульсара в галактике Андромеды, ставшего самым медленным из известных в шаровых скоплениях пульсаров, несомненно, представляет существенное значение для развития стандартной теории раскручивания аккрецирующих нейтронных звезд. Значимость полученных научных результатов не вызывает сомнений, что подтверждено фактом публикации большей части результатов в престижных тематических и междисциплинарных международных научных журналах.

К значительным достоинствам работы следует отнести представление части методических наработок автора в виде специальных веб-сервисов, доступных для использования астрономическим сообществом (веб-сайт каталога RCSED, веб-сайт каталога 3XMM с фотонной базой данных и другие) и поэтому имеющих большую практическую ценность для различных приложений в астрофизике. Сами представленные каталоги галактик и рентгеновских источников уже сейчас широко востребованы в мировом научном астрономическом сообществе как однородные наборы данных, на основании которых проводятся новые исследования.

Кроме того, непосредственную практическую ценность для астрофизических исследований имеют новые методики, представленные в диссертации: 1) метод определения красных смещений нормальных галактик по трем фотометрическим измерениям; 2) метод надежной морфологической классификации галактик по их цвету ультрафиолет–оптика; 3) использование обнаруженного универсального соотношения цвет–цвет–величина для поиска редких типов галактик, таких, как компактные эллиптические (сЕ) или галактики после вспышки звездообразования (PSG); 4) метод оценки орбитального периода маломассивных рентгеновских двойных систем с постоянной аккрецией по одному фотометрическому

измерению в инфракрасном диапазоне; 5) метод вне-центрального кросс-отождествления больших астрономических каталогов с каталогами красных смещений галактик для поиска объектов на их периферии; 6) тонкий метод поиска пульсаций рентгеновских источников в наборах данных с бедной фотонной статистикой. Стоит особенно отметить аккуратное математическое обоснование последнего метода.

Существенная методическая ценность диссертации позволяет рекомендовать ряд ее результатов к использованию в учебных курсах по различным дисциплинам современной астрофизики. В частности, фотонная база данных обсерватории XMM-Newton и посвященный ей веб-сайт позволяют исследовать быструю переменность классических рентгеновских объектов, например, магнетаров, без использования сложного программного обеспечения и могла бы быть полезна в учебных курсах по анализу временных рядов и по рентгеновской астрономии. Сайт каталога галактик RCSED непосредственно снабжен готовыми учебными занятиями для облегчения научного использования данных каталога, которые можно использовать в учебных курсах по внегалактической астрономии.

В диссертации демонстрируется успех подхода представления методических результатов в виде доступных через сеть Интернет веб-ресурсов для использования учеными в России и за рубежом. Подобная практика может быть рекомендована к применению научным группам и отечественным институтам в рамках парадигмы data science – эффективного использования существующих доступных научному сообществу данных для получения новых научных результатов.

Тематика и результаты диссертации соответствуют приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года в Российской Федерации "Информационно-коммуникационные технологии", а также критической технологии Российской Федерации "Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем" и приоритетному направлению «Стратегические информационные технологии» Программы развития Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова до 2020 года.

Все результаты, представленные в диссертации, являются оригинальными и никогда прежде не выносились на защиту. Их качество и актуальность не вызывает сомнений. Диссертация написана ясным языком и хорошо иллюстрирована. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и корректно описывает личный вклад автора.

Диссертационная работа была доложена и обсуждена на астрофизическом семинаре ИНАСАН 20 февраля 2017 года (протокол №1/2017 от 20.02.2017г.), по результатам которого был составлен настоящий отзыв.

Совокупность представленных в диссертации работ и описанных в них новых научных и методических достижений позволяет констатировать, что автору удалось внести значительный вклад в создание и развитие нового для российской астрофизики научного направления – получения научных результатов в результате обработки и анализа больших массивов данных. Таким образом, диссертация И.Ю. Золотухина на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно

квалифицировать как научное достижение, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а её автор несомненно заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

**Отзыв составил:**

Директор ИНАСАН, руководитель астрофизического семинара ИНАСАН  
член-корр. РАН, доктор физ.-мат.наук



Д.В.Бисикало

старший научный сотрудник  
кандидат физ.-мат. наук



Д.А. Ковалева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН)  
119017, Москва, ул. Пятницкая, 48  
телефон: 8 495 951 5461  
электронный адрес: [admin@inasan.ru](mailto:admin@inasan.ru)