

ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н. С.Ю. Сазонова на диссертационную работу И.И. Хабибуллина «Внегалактические транзиентные источники в планируемом обзоре неба обсерватории Спектр-РГ и архивных данных ROSAT и XMM-Newton. Моделирование рентгеновского излучения рентгеновских струй», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия»

Работа Ильдара Инзиловича Хабибуллина посвящена, в первую очередь, разработке методов обнаружения различных типов вспыхивающих рентгеновских источников и исследованию популяций таких объектов по данным планируемого обзора всего неба обсерватории СРГ. Российско-немецкий проект СРГ является одним из важнейших астрофизических проектов ближайшего десятилетия в мире и крупнейшим современным астрофизическим проектом России. Благодаря рекордной чувствительности, которую предполагается достичь в ходе четырехлетнего обзора неба, может быть зарегистрировано несколько миллионов внегалактических рентгеновских источников и порядка миллиона объектов в нашей Галактике. Рентгеновские астрономы впервые получают огромные выборки релятивистских астрофизических объектов разных типов, на основе которых станет возможно детально изучать свойства популяций объектов и их космологическую эволюцию.

До сих пор основное внимание участников проекта СРГ было обращено на то, сколько и каких рентгеновских источников, постоянно присутствующих на небе, можно будет обнаружить в ходе обзора. Работа Ильдара Хабибуллина стала одной из первых, в которых была рассмотрена возможность обнаружения в ходе обзора СРГ вспышечных объектов, таких как рентгеновские послесвечения гамма-всплесков и рентгеновские вспышки, связанные с приливным разрушением звезд в гравитационном поле сверхмассивных черных дыр. Ильдар предложил набор критериев, по которым в ходе обзора СРГ можно будет находить послесвечения гамма-всплесков и отличать такие транзиенты от гораздо более многочисленных вспышек активных ядер галактик и звезд. Оказалось, что всего можно будет обнаружить несколько десятков послесвечений. Хотя такая выборка и будет уступать по размеру уже имеющимся, она будет уникальна тем, что послесвечения впервые будут отбираться сами по себе, а не в связи с предшествующим гамма-всплеском. Это позволит взглянуть на популяционные свойства послесвечений «под другим углом». Особенно интересным может оказаться обнаружение послесвечений «сиротских» всплесков – событий, похожих по своему происхождению (коллапс массивных звезд) на гамма-всплески, но без вспышки гамма-

излучения. Ильдар также впервые показал, что обзор СРГ может оказаться уникальным в плане обнаружения рентгеновских вспышек, связанных с приливным разрушением звезд вблизи сверхмассивных черных дыр. По его оценкам, по данным телескопа eРОЗИТА, с помощью разработанного им набора критериев можно будет регистрировать такие события примерно раз в день! Для сравнения, сейчас известно не более двух десятков возможных событий приливного разрушения. Причем обзор СРГ позволит отодвинуть горизонт регистрации таких событий с $z \sim 0.1$ до $z \sim 0.2$, а в случае более редких событий приливного разрушения с релятивистскими джетами – до $z \sim 3-4$. В результате станет возможным не только впервые исследовать популяционные свойства событий приливного разрушения (такие как распределение масс черных дыр, около которых происходят такие события, и свойства центральных звездных скоплений в галактиках), но и начать изучать их эволюцию с красным смещением.

Выполнив оценки для обзора СРГ, мы решили проверить предложенную методику обнаружения событий приливного разрушения на уже имеющихся рентгеновских данных. Ильдар показал, что максимально большой объем Вселенной в настоящее время может быть «просмотрен» с помощью кросс-корреляции данных обсерваторий ROSAT и XMM-Newton, разнесенных во времени более чем на 10 лет. В результате кропотливой и творческой работы, связанной с обработкой большого объема информации из общедоступных баз данных и каталогов (не только рентгеновских, но и оптических и других), удалось найти несколько ранее неизвестных кандидатов в события приливного разрушения. Теперь для этих объектов требуется провести оптические спектроскопические наблюдения с целью подтверждения или опровержения их природы и измерения красного смещения родительских галактик. Пожалуй наиболее важным результатом этой работы стало получение надежной верхней оценки частоты событий приливного разрушения в локальной Вселенной. Она оказалась ниже некоторых оценок, полученных ранее.

Заключительная часть диссертационной работы связана с предыдущими темой исследования экстремальных физических явлений, происходящих вблизи черных дыр, и посвящена изучению свойств рентгеновского излучения релятивистских струй галактического микроквара SS433. Эта двойная система, в которой, по всей видимости, происходит сверхкритическая аккреция на черную дыру, замечательна тем, что она близкая и единственная известная система такого типа в нашей Галактике. Объект SS433 исследуется во всех диапазонах длин волн уже несколько десятилетий, но продолжает давать богатую пищу для размышлений теоретикам. Особенно интересны джеты SS433, изучение которых может пролить свет на механизмы запуска релятивистских струй в квазарах. В нашей работе было впервые обращено внимание на то, что струи газа в SS433 не являются оптически тонкими для

излучения в резонансных рентгеновских линиях, что должно сказываться на спектре рентгеновского излучения. Ильдар выполнил методом Монте-Карло детальные расчеты переноса рентгеновского излучения в джетах и показал, что интенсивность и ширина ярких рентгеновских линий SS433 должны зависеть от количества рассеяний, испытываемых рентгеновскими квантами в джетах. Это дает возможность измерения геометрических и физических параметров джетов (начальный размер, угол раствора, плотность) с помощью тонкой рентгеновской спектроскопии. Ильдар уже получил предварительные ограничения такого рода по данным прибора HETG обсерватории Chandra. Основные же наши надежды связаны со спектрометром, который должен быть запущен в следующем году в составе японской обсерватории Astro-H. С помощью этого прибора можно будет впервые детально исследовать структуру линий железа в спектре SS433 и, как мы надеемся, получить качественно новую информацию о релятивистских струях в этой системе и в целом о барионных релятивистских джетах, возникающих при аккреции черные дыры.

Работы, вошедшие в диссертацию, опубликованы в четырех статьях в ведущих астрофизических журналах и неоднократно докладывались на российских и международных конференциях и семинарах. Тема исследований весьма актуальна. Считаю, что диссертационная работа Ильдара Инзиловича Хабибуллина отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

С.Ю. Сазонов, д.ф.-м.н.



28.09.2015