

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА,
доктора физико-математических наук Титарчука Л.Г. на диссертационную
работу Сейфиной Е.В. «Спектральные признаки черных дыр и нейтронных звезд в
аккрецирующих рентгеновских двойных системах», представленной на соискание
ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 –
Астрофизика и звездная астрономия**

Представленная докторская диссертация Сейфиной Елены Викторовны является результатом долгого и плодотворного научного поиска решения ключевой проблемы астрофизики - идентификации природы компактного объекта с помощью анализа данных рентгеновских телескопов.

Знаменательным является то, что вся профессиональная и научная жизнь Е.В. Сейфиной связана с Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова, в который в 1982 г. она вошла студенткой на астрономическом отделении физического факультета МГУ и теперь в 2016 г. представляет докторскую диссертацию. В 1988 г. Елена Викторовна с отличием окончила астрономическое отделение физического факультета МГУ и поступила в аспирантуру на кафедру астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ. Во время обучения в аспирантуре (1988 – 1991 гг.) она занималась исследованием процессов формирования рентгеновского излучения струйных выбросов на адиабатической стадии расширения, а также разработкой методики расчета теоретических рентгеновских кривых блеска объекта SS 433 в модели толстого прецессирующего диска и толстых нерелятивистских джетов. После окончания аспирантуры в 1991 г. работала в должности младшего научного сотрудника ГАИШ (1991 - 1997 гг.) сначала в лаборатории РАТАН-600 отдела радиоастрономии, а затем, с января 1997 г. в отделе звездной астрофизики. В 1996 г. в ГАИШ МГУ успешно защитила кандидатскую диссертационную работу на тему "Моделирование рентгеновского излучения объекта SS 433". С октября 1997 г. по сентябрь 2005 г. переведена на должность научного сотрудника отдела звездной астрофизики. С сентября 2005 г. по настоящее время работает в должности старшего научного сотрудника отдела звездной астрофизики, специализируется в области астрофизики компактных объектов (нейтронных звезд, черных дыр). Ее серьезное и вдумчивое отношение к работе способствовало тому, что практически сразу в сферу ее научных интересов попали наблюдательные аспекты проблемы диагностики компактных объектов. После защиты кандидатской диссертации Е.В. Сейфина продолжила работу в выбранном направлении, при этом значительно расширила и углубила исследования. Большой опыт работы в области квалифицированной обработки наблюдательных рентгеновских данных и научный задел предыдущих исследований дали толчок к разработке направлений, нашедших отражение в докторской диссертации. С 2003 по настоящее время активно занимается обработкой рентгеновских данных, полученных с бортов орбитальных обсерваторий RXTE, Chandra, Suzaku, BeppoSAX, Swift, INTEGRAL и др. Сейфина Е.В. принимает активное участие в российских и международных

конференциях, входит в международный комитет научных экспертов (2015 - 2016 гг.) по распределению наблюдательного времени на орбитальной гамма-рентгеновской обсерватории INTEGRAL, является рецензентом журналов Monthly Notices of the Royal Astronomical Society и Astrophysical Journal (основных изданий научного сообщества по астрофизике). Результаты ее работы неоднократно докладывались на международных и российских конференциях и опубликованы в зарубежных журналах.

Мы познакомились с Сейфиной Е.В. на конференции ИКИ РАН в 2008 г. Обсуждая вопросы сложного поведения рентгеновского излучения двойных систем с черными дырами, решили написать совместную работу, посвященную уникальному рентгеновскому источнику GRS1915+105. Ей удалось установить наблюдательную зависимость спектрального индекса как функцию частоты квазипериодических осцилляций, а также скорости аккреции вещества по рентгеновским данным в этом сложном объекте. Более того, ею была обнаружена фаза насыщения индекса при высоких темпах аккреции, что указывало на наличие сходящегося потока, т.е., по сути, наличие черной дыры в этом объекте. С тех пор проводим совместную научную работу. В итоге, нам удалось исследовать массу самых разнообразных галактических рентгеновских объектов, что позволило найти фундаментальные наблюдательные признаки отличия двух классов компактных объектов (черных дыр и нейтронных звезд) по рентгеновским спектрам.

Как известно, определение типа компактных объектов как черной дыры или нейтронной звезды по явным признакам, таким как наличие когерентных пульсаций или измерений массы по орбитальным параметрам, возможно только для небольшого числа источников. В большинстве случаев прямым наблюдениям доступна лишь высокотемпературная плазма, составляющая внутреннюю область аккреционного потока окружающего объект. Ситуация осложняется тем, что аккрецирующие системы непрерывно эволюционируют от одного спектрального состояния к другому. В работах Е.В. Сейфиной развивается системный подход к исследованию рентгеновских источников, включающий анализ энергетических спектров и спектров переменности, и предлагаются спектральные признаки, позволяющие определить тип объекта по поведению его характеристик во время фаз активности объекта. Обнаруженные наблюдательные признаки основаны на фундаментальных принципах распространения излучения и предполагающие наличие твердой поверхности (в случае нейтронной звезды) или горизонта событий (в случае черной дыры). Такой подход выгодно отличается от популярных интерпретаций, полагающихся на упрощенную картину аккреции. Это характеризует Сейфину Е.В. как научного работника, способного неординарно мыслить, самостоятельно формулировать цели и задачи исследования, производить научно-практические исследования и анализировать полученные результаты. Найденный способ диагностики черных дыр в двойных системах был ею также применен для идентификации природы компактных объектов для внегалактических объектов, в частности,

в ультраярких источниках. Также ею внедрен метод оценки масс черных дыр на основе масштабирования рентгеновских спектральных и временных характеристик этих источников. На основе этих результатов Сейфина Е.В. решила написать докторскую диссертацию на тему «Спектральные признаки черных дыр и нейтронных звезд в аккрецирующих рентгеновских двойных системах».

Диссертационная работа Сейфиной Е.В. посвящена чрезвычайно актуальной проблеме, а именно, поиску/исследованию наблюдательных спектральных признаков, отличающих нейтронные звезды от черных дыр, входящих в состав аккрецирующих рентгеновских двойных систем.

Целью исследований автора являлся анализ данных наблюдений галактических и внегалактических источников рентгеновского излучения, принадлежащих разным классам (кандидаты в черные дыры звездных и "промежуточных" масс, микроквазары, нейтронные звезды, входящие в состав массивных и маломассивных двойных систем, в том числе, atoll- и Z-источники), полученных детекторами обсерваторий RXTE, BeppoSAX, SWIFT, Чандра и Suzaku. а также интерпретация результатов этого анализа на основе моделей первых принципов с возможностью систематизации основных спектральных характеристик. Другой целью работы была разработка и применение метода наблюдательной диагностики природы компактных объектов на основе сравнительного анализа поведения спектральных характеристик черных дыр и нейтронных звезд во время смены спектральных состояний.

Диссертация Сейфиной Е.В. является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, содержащей новые оригинальные решения этой важной задачи астрофизики, позволяющей надлежащую проверку действующих теорий аккреции на компактные объекты. Квалифицированный анализ достаточно обширного наблюдательного материала обеспечил высокую аргументированность научных результатов проведенного исследования, ее правильная реакция на мои комментарии и замечания рецензентов работы свидетельствуют о взыскательности и высокой требовательности диссертантки к себе и своим трудам.

Результаты работы Е.В. Сейфиной полно и своевременно опубликованы в различных периодических изданиях. Всего по теме диссертации ею опубликовано 21 научная работа, в том числе 11 статей в ведущих рецензируемых астрофизических журналах, включенных в перечень ВАК РФ, 2 статьи в сборниках трудов конференций и 8 тезисов докладов. Результаты исследований докладывались ею на 20 международных научных конференциях, на всероссийских и иных конференциях.

Хотелось бы также отметить ее работоспособность и владение методами научного анализа. Она обладает достаточно высоким уровнем подготовленности к проведению глубоких научных изысканий, имеет широкую эрудицию в области практической и теоретической астрофизики.

Научная состоятельность исследования не вызывает сомнений и позволяет представить диссертационное исследование к защите. Таким

образом, представленная к защите диссертация по форме и содержанию, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов полностью соответствуют требованиям, предъявляемых ВАК к диссертационным исследованиям. Уровень научной подготовки, о котором свидетельствует представленная к защите диссертационная работа, позволяет считать, что Сейфина Е.В. заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-экономических наук по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия.

Научный консультант,
доктор физико-математических наук
профессор Национального исследовательского
ядерного университета ``МИФИ''

 Л.Г. Титарчук

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

 *Меморокова Н.О.*