

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.212.01

протокол N 3 от 07 ноября 2023 г.

Председатель:

Заместитель председателя

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук,

Клочкова Валентина Георгиевна

Учёный секретарь:

кандидат физ.-мат. наук

Шолухова Ольга Николаевна

Состав совета – 13 человек, присутствуют – 12:

д.ф.-м.н., Клочкова В.Г. 01.03.02

к.ф.-м.н., Шолухова О.Н. 01.03.02

д.ф.-м.н., Васильев Е.О. 01.03.02

д.ф.-м.н., Глаголевский Ю.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Караченцев И.Д. 01.03.02

д.ф.-м.н., Макаров Д.И. 01.03.02

д.ф.-м.н., Мингалиев М.Г. 01.03.02

д.ф.-м.н., Моисеев А.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Панчук В.Е. 01.03.02

д.ф.-м.н., Романюк И.И. 01.03.02

д.ф.-м.н., Трушкин С.А. 01.03.02

д.ф.-м.н., Сачков М.Е. 01.03.02

Председатель:

Уважаемые коллеги, доброе утро всем! Мы можем начинать. У нас кворум есть, и даже с большим запасом. К сожалению председатель нашего совета сегодня отсутствует и мне поручено провести очередное заседание совета.

В наш совет представлена к защите диссертация Малыгина Евгения Андреевича «Исследование геометрии и кинематики центральных областей активных галактик». Диссертация на соискание степени кандидата физ.-мат. наук. Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник нашей обсерватории Моисеев Алексей Валерьевич. Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории. Официальными оппонентами мы просили быть Левшакова Сергея Анатольевича, доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника физтеха имени Иоффе академии наук РФ и Кравченко Евгению Васильевну, кандидата физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника МФТИ. Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет". Прошу секретаря совета представить ситуацию с документами соискателя.

Секретарь:

Все необходимые документы представлены, экзамены сданы. Всё по плану, как ВАК требует.

Председатель:

Вопросы есть к секретарю совета или ко мне? Вопросов по формальной части нет. В таком случае мы перейдём к научному докладу соискателя.

Малыгин Е.А.:

Доброго утра, уважаемые коллеги!

Диссертация начата под руководством Афанасьева Виктора Леонидовича. В настоящее время научным руководителем является Моисеев Алексей Валерьевич. Работа посвящена исследованию геометрии и кинематики центральных областей активных галактик, которые являются наиболее яркими объектами во Вселенной, колоссальная светимость которых объясняется посредством аккреции вещества на центральную сверхмассивную чёрную дыру. И исследование характеристик и параметров чёрных дыр, а также характеристик окружающего их вещества, является первостепенной задачей астрофизики, поскольку выявлена из наблюдений эволюционная связь параметров центральных чёрных дыр с родительскими галактиками. Например, корреляция массы чёрной дыры с дисперсией скоростей звёзд в сферической составляющей, со светимостью, со звёздной массой балджа. И при всём при этом оптически центральный парсек является неразрешимым. А нам важно понимать, как устроена кинематика вещества в центральном парсеке для уточнения портрета активных галактических ядер.

Цель работы созвучна с её названием. Это исследование физических характеристик геометрии и кинематики вещества в центральном парсеке активных галактических ядер. Для выполнения цели выполняются следующие задачи. Во-первых, это адаптация метода фотометрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах для определения размеров BLR-областей. Спектральный метод эхокартирования подразумевает использование телескопов двухметрового класса и более. Адаптация фотометрической версии позволяет задействовать телескопы метрового класса. Спектральные наблюдения позволяют определять скорости газа в BLR-области в проекции на луч зрения. Также спектрополяриметрические методы позволяют получать широкий набор параметров таких как массы чёрных дыр, спины чёрных дыр, также магнитные поля в аккреционных дисках. Адаптация метода поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах для определения радиуса сублимации пыли, а также методическое исследование многорежимного фокального редуктора MAGIC для метрового телескопа с целью высокоточных наблюдений активных галактических ядер.

Здесь важно подчеркнуть, что всестороннее применение оптических методов позволяет нам исследовать активных галактические ядра... в настоящее время вероятно это единственный способ наиболее эффективно измерять кинематику и оценивать геометрию вещества в оптически неразрешимом центральном парсеке. Более того, методы должны быть самосогласованными и давать непротиворечивые результаты.

Работа состоит из четырёх Глав, Введения, Заключения и Литературы.

Первая Глава посвящена описанию наблюдательных методов, использованных в данной работе. Наблюдения проводились на телескопах САО РАН: 6-м БТА и 1-м Цейсс-1000. А также с использованием телескопа Коперника в обсерватории Асьяго. В первой Главе описываются особенности приборов, с помощью которых проводились наблюдения. На слайде приведены не все приборы. В частности, это известный фокальный редуктор AFOSC на телескопе Коперника. Прибор поляриметр StoP. Также фокальный редуктор MAGIC. Все эти приборы роднит использование двойной призмы Волластона в качестве анализатора поляризации, а также среднеполосных фильтров для наблюдений активных галактик.

В данном эксперименте мы используем пятидесятимиллиметровые интерференционные светофильтры с характерной шириной полосы пропускания порядка 250 ангстремов. Фильтры подбираются в зависимости от наблюдательных проявлений исследуемых галактик.

На слайде приведён справа пример наблюдений – кадр, полученный с помощью поляриметра StoP. С помощью двойной призмы Волластона в интерференционном светофильтре. Слева представлен кадр, полученный на фокальном редукторе MAGIC с использованием более редкой реализации призмы Волластона квадрупольного дизайна, которая даёт нам существенно большее поле зрения.

Также в первой Главе вводится математический формализм параметров Стокса для измерения степени линейной поляризации, а также поляризационного угла. Также приводятся особенности статистики, в частности – коррекция за смещение для данных с низким отношением сигнал/шум.

Также в первой Главе описывается методическое исследование наблюдательных режимов фокального редуктора MAGIC, построена модель инструментальной поляризации, учёт которой позволяет нам достигать точностей порядка 0.2% в степени линейной поляризации, а также 3° по поляризационному углу в сравнении с наблюдениями опубликованных исследованных ранее звёзд-стандартов.

В диссертации исследуется четыре галактики. Все они являются активными галактиками первого типа с широкими эмиссионными линиями. Первые две галактики исследуются во второй и третьей Главах. Все они наблюдались в обсерватории CAO РАН. В частности, большинство наблюдений получено самим диссертантом. Галактики Маркаряна описываются в последней Главе. И частично они наблюдались в обсерватории Асыго. Все галактики наблюдались с использованием интерференционных светофильтров.

В частности, во второй Главе описывается метод фотометрического эхокартирования. Приведено количество полученных наблюдательных эпох – порядка 30 для каждой из исследуемой галактик. Три прибора используются на метровом телескопе Цейсс-1000, SCORPIO-2 используется в первичном фокусе БТА. Мониторинг по продолжительности составляет порядка двух лет.

Получены спектральные данные с помощью приборов семейства SCORPIO. Здесь поверх спектров нанесены полосы пропускания интерференционных светофильтров. Идея состоит в том, чтобы в один фильтр целиком попадала широкая эмиссионная линия, которая ассоциируется с излучением облаков газа в BLR-области (области формирования широких линий). Второй фильтр ориентируется на континуум рядом. Континуальное излучение ассоциируется с излучением аккреционного диска.

В ходе мониторинга построены кривые блеска в континууме, а также в линии. И с использованием алгоритма JAVELIN, широко известном в мире исследователей по эхокартированию, мы обнаружили задержку излучения в эмиссионной линии

относительно континуального. Что и подразумевается в методе светового эхокартирования. 31 день и 55 дней для этих галактик.

Спектральный анализ подразумевает учёт узких компонент, которые ассоциируются с излучением из области формирования узких эмиссионных линий, за вычитанием которых остаётся широкие компоненты. И измеряется дисперсия, рассчитывается второй момент величины для измерения скорости обращения газа в BLR-области.

На данном слайде приведён результат моделирования в пакете JAVELIN. Визуально наглядно видно, что кривая блеска излучения в линии действительно отстоит от континуальной на величину порядка месяца. Из фотометрического эхокартирования мы обнаруживаем задержку излучения, при умножении на скорость света мы получаем расстояние до облаков газа. Также из спектральных данных мы получаем скорости вращения этого газа. Таким образом, применяя теорему вириала, мы оцениваем массу центральной чёрной дыры с точностью до безразмерного параметра f , в котором заложена информация о геометрии системы.

Таким образом мы получили измерение массы чёрных дыр порядка 10 и 25 млн солнечных масс. Также по спектральным данным измерена светимость галактики.

В третьей Главе мы продолжили исследование данных объектов по результатам полученных из реверберационного эхокартирования. Мы уже получали спектрополяриметрические данные, то есть спектры в четырёх направлениях поляризации. В том числе и поляриметрические данные для учёта вклада межзвёздной поляризации.

На слайде представлен результат – спектрополяриметрические данные для галактики LEDA 3095839. В широкой эмиссионной линии мы не наблюдаем проявлений экваториального рассеяния, что позволяет нам допустить, что генерируемая поляризация относится к аккреционному диску.

Вообще, чёрные дыры – наиболее простые объекты в астрофизике. Они описываются едва ли двумя параметрами: массой и спином. Причём от величины спина зависят такие параметры как радиус последней устойчивой орбиты и такой параметр как радиационная эффективность аккреционного диска. Который мы можем измерить исходя из наших наблюдений, поскольку светимость галактики мы измерили, а массу получили методом реверберации. Тогда, численно решая уравнение, мы можем оценить величину спина.

С другой стороны, современные модели говорят нам, что геометрия магнитного поля описывается зависимостью от радиуса в аккреционном диске, имеющей

степенной вид. Применяя классический спектральный подход, мы измеряем магнитное поле на горизонте событий, поскольку все величины уже измерены – это скорости обращения облаков газа, массы чёрных дыр, а также светимости.

Применяя вторую модель, более продвинутую, которая включает в себя наблюдения в поляризованном свете, исходя из того, что поляризация формируется в аккреционном диске механизмом Соболева-Чандрасекара, вследствие фарадеевской деполяризации мы наблюдаем исходную поляризацию. Применяя данную модель, мы также оцениваем магнитное поле. Полученные значения соответствуют друг другу, порядка 10 кГс, что характерно для объектов данного типа. Исходя из данной модели, мы приходим к тому, что геометрия, наклон системы соответствует либо 35° , либо 45° .

Для галактики VII Zw 244 получены спектрополяриметрические данные. Здесь в линиях мы наблюдаем характерные признаки экваториального рассеяния. А именно – противоположное поведение в параметрах Q и U, причём как в линии H α , так и в линии H β . Также – характерный провал в степени поляризации на 1-1.5% относительно средней континуальной. И переключение поляризационного угла, амплитуда вариации которого существенно превышает уровень ошибок.

Это позволяет нам уверенно говорить, что изначально неполяризованное излучение из BLR-области отражается на внутренней поверхности пылевого тора, что позволяет нам применить спектрополяриметрический метод измерения масс чёрных дыр. Идея метода состоит в следующем. Дифференциально вращающийся диск BLR-газа излучает из разных частей на единичную площадку под разными углами, соответственно мы получаем разные углы отражения, что сказывается на поляризационном угле. Из геометрии системы мы строим зависимость скорости BLR-газа от поляризационного угла, что позволяет нам измерить массу чёрной дыры вне зависимости от геометрии системы.

Более того, в зависимости присутствует такой параметр как R_{SC} , расстояние до области экваториального рассеяния. Существует три метода измерения данного параметра, два из них инфракрасные, третий предложен в 2020 году Шабловинской, Афанасьевым и Поповичем. Для данной галактики данный параметр мы взяли у другой группы исследователей, которые наблюдали галактику в инфракрасных лучах. Применяя наши спектрополяриметрические данные, мы строим зависимость скорости от изменений поляризационного угла и находим массу чёрной дыры.

Соответственно, сравнивая спектрополяриметрическую массу с полученной методом реверберации мы находим величину параметра f , которые в себе содержит

информацию о геометрии системы. Измеряем наклон, который равен 14° для данной галактики.

Также мы применили классический метод измерения спина и магнитного поля и данным методом мы получили наклон системы 18° . Что в рамках погрешностей фактически совпадает с предыдущим измерением. Более того, для данной галактики в инфракрасных наблюдениях были построена модель другими исследователями, где был измерен наклон тора в 15° . Это три совершенно независимых метода, которые дали одинаковый результат. Что является свидетельством достоверности и уверенного результата.

Четвёртая Глава посвящена поляриметрическому методу эхокартирования. Фактически это расширение метода фотометрической реверберации с добавлением в оптический тракт анализатора поляризации – двойной призмы Волластона. Идея аналогична: в один фильтр попадает широкая эмиссионная линия, во второй континуум рядом. Исследовались две галактики: Mrk 509 и Mrk 335. Галактики выбраны вследствие того, что в них заведомо были известны признаки экваториального рассеяния. Галактика Mrk 335 наблюдалась в том числе на телескопе в Асыаго.

Идея та же – построение кривых блеска. Но здесь уже в поляризованной линии и ищется задержка относительно неполяризованного континуума. Аналогичные кривые блеска построены для второй галактики. Применяется ранее апробированный метод JAVELIN. Для галактики Mrk 335 мы имеем достаточно широкие пики, которые соответствуют 150 и 180 дням. Однако для галактики Mrk 509 мы имеем достаточно уверенный пик 114 световых дней.

Почему этот метод важен? Во-первых, он серьёзно усиливает точность спектрополяриметрического метода измерения масс. С другой стороны, данный результат отличается вдвое от инфракрасных наблюдений, проведённых для данного галактики другой группой исследователей – коллаборацией GRAVITY. Это логично, поскольку инфракрасные наблюдения проникают на бóльшую оптическую глубину, а область, где доминирует рассеяние на электронах находится несколько ближе. И это серьёзно уточняет наши методы измерения масс чёрных дыр.

В Заключении приводятся озвученные измерения. Именно: размеры BLR-областей, магнитные поля, светимость галактики, наклон системы, масса и спин чёрных дыр. Также – адаптирован метод поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах на метровом телескоп Цейсс-1000. С применением прибора MAGIC для активных галактик Mrk 335 и Mrk 509 определены расстояния

до области экваториального рассеяния. Проведено методическое исследование прибора MAGIC, введённого в эксплуатацию на метровом телескопе в 2020 году. Показано, что в режиме фотометрии звездообразного объекта до 14 величины в среднеполосных фильтрах при единичном *seeing* за 20 минут экспонирования достигается точность лучше 0.01 звёздной величины. В режиме поляриметрии лучше 0.6%.

Научная новизна. В ходе многолетнего мониторинга впервые измерены размеры BLR-областей в объектах LEDA 3095839 и VII Zw 244 методом фотометрического эхокартирования, что позволило оценить массы их центральных сверхмассивных чёрных дыр.

Впервые в спектре галактики VII Zw 244 в поляризованном свете были обнаружены признаки экваториального рассеяния в линиях H α и H β , что позволило применить спектрополяриметрический метод измерения массы чёрной дыры и в комбинации с методом фотометрического эхокартирования независимо определить угол наклона системы. Также на основе спектральных данных впервые дана оценка спина центральной чёрной дыры и величины напряжённости магнитного поля на горизонте событий.

Впервые для галактики LEDA 3095839 из спектрополяриметрических наблюдений были получены оценки величины спина чёрной дыры, напряжённости магнитного поля на горизонте событий и угла наклона системы.

Впервые для объектов Mrk 335 и Mrk 509 получены оценки расстояний до области экваториального рассеяния методом поляриметрического эхокартирования.

Практическая значимость. На примере наблюдений методом фотометрического эхокартирования показано, что наблюдения в среднеполосных фотометрических фильтрах не уступают по точности методу спектрального эхокартирования, но при этом экономят телескопное время, что позволяет применять методику на телескопах малого класса для картирования активных ядер.

Представленные в работе спектрополяриметрические данные показывают возможность применения различных численных моделей генерации поляризации в континууме и в линии. А значит – оценки широкого набора параметров чёрных дыр и газа вокруг неё.

Адаптация метода поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах позволяет эффективно использовать малые телескопы для оценки области экваториального рассеяния в активных ядрах 1-го типа. Это позволит повысить точность спектрополяриметрического метода измерения масс чёрных дыр для

бóльшего количества активных галактик, поскольку прежде параметр R_{SC} оценивался зачастую из допущений.

Апробация работы. Результаты лично представлялись диссертантом на семинарах САО, КрАО, КФУ, а также на международных и всероссийских конференциях. Результаты опубликованы в шести рецензируемых журналах.

Личный вклад автора. Получение наблюдательного материала, обработка, анализ, интерпретация данных. Адаптация фотометрического и поляриметрического методов эхокартирования активных галактик в среднеполосных фильтрах на телескопах САО РАН. Также – методическая работа по введению в эксплуатацию нового многорежимного фокального редуктора MAGIC для метрового телескопа.

Положения, выносимые на защиту. Для активных галактик VII Zw 244 и LEDA 3095839 определены размеры областей формирования широких линий с помощью адаптированной методики фотометрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах на 1-м и 6-м оптических телескопах САО РАН.

Для активных галактик VII Zw 244 и LEDA 3095839 по спектральным данным оценены скорости газа в области формирования широких линий, выявлены различные механизмы генерации поляризации излучения: формирование в аккреционном диске для LEDA 3095839 и признаки экваториального рассеяния для VII Zw 244. Анализ поляриметрических и спектрополяриметрических данных в комбинации с методом эхокартирования позволил определить величины массы и спинов центральных сверхмассивных чёрных дыр, напряжённости магнитного поля на горизонте событий и углов наклона системы. Для LEDA 3095839 определён показатель степени зависимости магнитного поля в аккреционном диске от радиуса.

Для активных галактик Mrk 335 и Mrk 509 определены расстояния до области экваториального рассеяния с помощью адаптированного метода поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах на метровом телескопе Цейсс-1000 с прибором MAGIC.

Проведено методическое исследование прибора MAGIC, введённого в эксплуатацию на метровом телескопе Цейсс-1000 в 2020 году. Показано, что достигаемая с данным фокальным редуктором точность измерения линейной поляризации лучше 0.6% для объектов до 14 звёздной величины в среднеполосных фильтрах за 20 минут экспонирования.

Председатель:

Спасибо большое! Поблагодарим докладчика. И задаём вопросы. Пожалуйста, не забывайте говорить свою фамилию.

Романюк И.И.:

Мой вопрос такой. Я понимаю, что у Вас нет конкурентов в России, а как Ваша работа смотрится на мировом уровне? Много ли в мире поляриметрических работ по активным ядрам галактик? И кто ваши основные конкуренты?

Малыгин Е.А.:

Спасибо за вопрос! Касательно реверберации в мире, конечно, много конкурентов. А касательно поляриметрических методов – я думаю, порядка 10 человек, кто занимается профессионально именно спектрополяриметрическим методом. Опять же – представленная адаптация поляриметрического метода эхокартирования уже применяется в других обсерваториях на других телескопах. В частности, мы сотрудничаем с болгарскими и, соответственно, с итальянцами в обсерватории Асьяго. Очень узкое комьюнити, очень невысокая конкуренция таким образом получается.

Романюк И.И.:

Спасибо!

Валеев А.Ф.:

Евгений, скажите, пожалуйста. Можно из второй Главы последний слайд? Там, где табличка. У Вас там, где приведены измерения времени задержки – что влияет в основном на время задержки... То есть, какие параметры влияют на ошибку определения времени задержки? То есть, для одной из галактик у Вас практически в 4 раза больше ошибка определения задержки. И второй связанный с этим вопрос – у Вас в определении массы линейным образом входит это время задержки и ошибка тоже, собственно, должна входить линейно. Хотя здесь ошибка определения в 4 раза больше, а на ошибку измерения массы она влияет примерно в 2 раза.

Малыгин Е.А.:

Хорошо, спасибо за вопрос! Что касается точности эхокартирования. В основном здесь самый большой вклад – влияет количество полученных наблюдательных эпох. Чем чаще мы будем заполнять кривую блеска, тем точнее у нас получится моделирование этих кривых и сопоставление с поиском задержки. Соответственно, очень важно как можно чаще проводить наблюдения. Метод подразумевает многолетний мониторинг. Чем чаще – тем лучше. Соответственно, мы смотрели

эволюцию во времени, когда наблюдали... Например, получили первые 10 наблюдательных эпох, 20 эпох – сначала у нас частокол был в нашем корреляционном анализе, затем стали появляться широкие пики. Затем некоторые паразитные пики стали отсеиваться как артефакты. И, соответственно, пик становился всё уже и уже. Ошибка формируется узостью или шириной в гистограмме распределения. Чем большее количество эпох мы получим, тем точнее мы получим результат.

В принципе, дело достаточно непредсказуемое, поскольку мы не можем предсказать поведение активности активного галактического ядра. В случае, если перепады в кривой блеска очень резкие и мы детально их прописываем – мы очень точно находим запаздывание сигнала. Однако если у нас объект слабопеременный – соответственно мы очень долго ищем искомую задержку и нужно копить большее количество эпох. Эти обстоятельства сказываются на точности измерения.

Что касается массы. Все погрешности входят в массы по классическим математическим формулам.

Валеев А.Ф.:

Спасибо!

Председатель:

Вас устраивает ответ?

Валеев А.Ф.:

Да.

Председатель:

Хорошо, кто-то ещё хочет задать вопрос? Пожалуйста.

Сачков М.Е.:

Связанный вопрос. Всё-таки. Каковы же наши знания точности масс. Как Вы оценили? В процентах, например.

Малыгин Е.А.:

Порядка десяти процентов. Методы дают погрешности порядка десяти процентов.

Председатель:

Ещё есть вопросы?

Пустильник С.А.:

Скажите, пожалуйста, Ваши оценки спинов для нескольких галактик – насколько они характерны или типичны для оценок других активных объектов?

Малыгин Е.А.:

Спасибо за вопрос! Да, действительно, оценки очень типичны для большинства наблюдаемых объектов. Они очень близки к единичке.

Председатель:

Ещё вопросы, пожалуйста.

Шарина М.Е.:

Скажите, пожалуйста, до Вас эти галактики кто-нибудь исследовал? Почему именно их Вы выбрали?

Малыгин Е.А.:

Спасибо за вопрос! Галактики не исследованы ранее. Например, методом фотометрического эхокартирования. После нас появлялись работы, которые исследовали те же галактики – наши результаты с ними совпадали. Что показывает, что методы работоспособные. Что касается поляриметрического эхокартирования – это совершенно новый метод. В принципе получены новые оценки. Спектрополяриметрические исследования данных галактик, первых двух, тоже являются новизной. Там впервые найдены признаки экваториального рассеяния, и они впервые все были исследованы. Эти галактики, например, маркарянские, прежде исследовались, но по другим параметрам. По реверберации, например. Но в рамках данного исследования такие параметры не исследуются. Спасибо.

Председатель:

Не вижу желающих.

Хорошо, завершили мы этот этап. Мы переходим к официальным отзывам всякого рода. У нас сейчас первым говорит научный руководитель.

Моисеев А.В.:

У меня там есть официальная бумага. Но я, наверное, скажу это же самое, могу же сказать своими словами?

Во-первых, как говорил Евгений вначале – он писал диплом, поступил в аспирантуру к Виктору Леонидовичу Афанасьеву, который, собственно, сформулировал начальную задачу данного проекта. Поскольку, в общем-то, идея была в том, чтобы на новом аппаратном уровне реализовать исторически очень

старый метод. Потому что те, кто знают историю исследований активных галактических ядер, знают, что обнаружение задержки переменности между континуумом и линиями, по которой можно измерять массу чёрных дыр – это работа Черепашука и Лютого в 70-х годах в Крыму, это работы Сергея Николаевича Фабрики у нас на 60-см телескопе – они делались, как раз, в узкополосных фильтрах. Потом как-то от этого отошли. Сейчас и фильтры появились новые, и возможности другие. И при этом можно переходить на более далёкие слабые объекты на небольших телескопах. Было решено эту методику адаптировать, использовать. И, как оказалось, поймали такой мировой тренд. Сейчас это параллельно пошло в мире. Плюс использование поляризации, поскольку опыт к этому времени в группе накопился. И Евгений ещё на уровне дипломной работы принимал участие во всём этом движении. Поскольку прибор MAGIC был к этому времени завершён Виктором Леонидовичем. В частности, например, такая работа, о которой здесь не говорилось и вскользь упоминается в диссертации, поскольку она может быть не совсем по области физ.-мат. наук – но на метровом телескопе у нас был обнаружен довольно сильно рассеянный свет. И Евгений с коллегами занимался тем, что построили систему диафрагм, которая позволила это дело блокировать, что сильно улучшило ситуацию при наблюдениях плоского поля по фону неба.

Но, к сожалению, Виктора Леонидовича не стало, как только Евгений поступил в аспирантуру. И дальше мы с ним работали, но я это движение продолжал, не сильно мешая молодому человеку, потому что и так было понятно, что и как заниматься. Здесь такой момент важный. Показывался список публикаций – в нём нет публикаций с научным руководителем. Хотя они у нас имеются. Но они не очень подходят под тему диссертации. И здесь важно то, что Евгений Андреевич то, что делал в диссертации – лишь часть всей той работы, которую он делал в САО. В частности, даже по теме диссертации – я в своё время предложил сейчас такую актуальную тему, как измерение масс чёрных дыр в карликовых галактиках, поскольку там галактики поменьше, массы чёрных дыр поменьше, а это важно для всяких масштабных соотношений – и была проделана соответствующая работа, просто не повезло, за наблюдаемый период не было ни одной вспышки у объекта. То есть, у нас есть хороший ряд, но с нулевым результатом, поэтому мы решили его не включать.

И третий момент, показывался список публикаций – здесь я считаю важным следующее. Если не рассматривать и исключить аппаратные работы по инструменту, который сделал ещё Виктор Леонидович, то вся научная часть – это молодёжный коллектив. Роман Иванович Уклеин там самый старший. То есть, у нас сложилась такая самоподдерживающаяся система из молодёжи, которая работала,

а старшие товарищи только иногда давали совет. Я считаю это важной частью, показывающей уровень самостоятельности в данной диссертационной работе.

Председатель:

Прекрасно! Спасибо большое. И следующий отзыв нам зачитает Ольга Николаевна от нашей организации.

Секретарь:

(заключение с места выполнения работы)

Председатель:

Друзья, у нас отзывов на автореферат не было, поэтому нам нужно заслушать отзыв ведущей организации. Попросим снова зачитать секретаря, поскольку представителей из Казани нет.

Секретарь:

(отзыв ведущей организации)

Председатель:

Спасибо! Евгений, Вам надо отвечать на вопросы. Замечания, комментарии требуют.

Малыгин Е.А.:

Да, благодарю за ценные замечания. Я прокомментирую, наверное, наиболее важные вопросы. В частности, связанные с полученными двумя значениями наклона галактики LEDA 3095839. Фактически, полученные два набора значений – да, это два экстремума в пространстве решений. Однако, с точки зрения точности наблюдений и точности методов, фактически, это два неотличимых друг от друга значения геометрии – 35° и 45° , фактически, те же самые.

Наверное, стоит ещё более полно обобщить выводы. Думал это в дискуссии с оппонентом, но чуть раньше это проведу. Полученные результаты в сравнении вообще с Унифицированной Схемой, с Унифицированной моделью. На данной зависимости, а это хорошо известная популярная зависимость «размер BLR-области – светимость галактики на 5100\AA », я нанёс два полученных значения по задержке методом эхокартирования. Достаточно хорошее согласие с наблюдаемой эмпирической зависимостью.

Что касается величин магнитного поля и спинов – это характерные значения для типичных объектов данного типа. Что касается экваториального рассеяния – как я,

в принципе, в докладе упоминал – для одной из галактик получено значение вдове меньшее, чем по инфракрасным данным коллаборации GRAVITY. Это некоторое отличие. И самое важное – это действительно галактика VII Zw 244 с углом наклона системы в 15° . По идее, согласно Унифицированной Схеме мы должны наблюдать проявления блазаров, однако, в спектрах мы наблюдаем проявления активных галактик 1-го типа. Вопрос открытый, дискуссионный. Здесь идёт представление эмпирических данных. Возможно это хороший задел для теоретических моделирований уже другими исследователями. Здесь есть, возможно, некоторое несоответствие с Унифицированной Схемой. С другой стороны, отмечу, что в других публикациях по данной теме я встречал характерные такие же углы в 15° для галактик 1-го типа. То есть, такое встречается. Насколько справедлива Унифицированная Схema я не беру на себя смелость решать. Что есть, то и представил.

Председатель:

Всё-таки надо пояснить такую ограниченность обсуждения собственного Вашего в работе. Жучков на это напирает – всё-таки отсутствие дискуссии. Заключение в результате у Вас вышло слишком скудным.

Малыгин Е.А.:

Оно приводится в каждой из Глав по отдельности. Возможно, это следовало более обобщить в Заключение.

Председатель:

Хорошо, спасибо большое. И переходим к отзывам официальных оппонентов. Они оба присутствуют. Сергей Анатольевич, Вы готовы? Пожалуйста, Левшаков.

Левшаков С.А.:

Добрый день, уважаемые коллеги! Разрешите мне зачитать мой отзыв.

(отзыв оппонента С.А. Левшакова)

Председатель:

Спасибо большое! За такое внимательное изучение работы. Женя, надо защищаться!

Малыгин Е.А.:

Благодарю оппонента за очень ценные замечания! Я попробую отзащищаться от самых критических из них.

Одним из наиболее важных было первое замечание касательно моделирования кривых блеска. Очень резонное замечание. Однако надо подчеркнуть, что это не блажь диссертанта. Так случилось математически.

И для того, чтобы описать почему это произошло требуется несколько деталей озвучить касательно алгоритма JAVELIN, каким образом он работает. На самом деле, модельная кривая – это лишь визуализация. Основное действие происходит именно в данном распределении. И на данном графике параметр N представляет собой количество попаданий, фактически, частоту встречаемости так называемых сэмплов. Сэмпл подразумевает в себе набор параметров для моделирования. Это, в частности, амплитуда, масштаб, период переменности. В том числе туда входит задержка "tau". На основе этих параметров моделируется непрерывная кривая блеска. И, фактически, последовательность таких сэмплов представляет собой цепь Маркова. Если мы нормируем данное распределение на количество данных моделирования сэмплов – мы получим апостериорное распределение вероятностей. То есть, фактически, алгоритм моделирует, используя продвинутую байесовскую статистику... И, кстати, строго говоря, это не является кросскорреляционным методом. И, фактически, это не зависит от нас. Мы просто моделируем и смотрим, что получается. Ищется наилучшее соответствие. Насколько у нас соответствуют кривые блеска.

Что важно подчеркнуть. Если мы подадим на вход набор каких-то параметров – он не смоделирует. То есть, если у нас действительно имеется искомая задержка – моделирование даст какой-то результат. Для произвольного набора параметров мы не получим никаких результатов. И, более того, я чуть раньше говорил – мы смотрели эволюцию этих гистограмм во времени. Для 10 полученных эпох, для 15, 20, 30. Поначалу мы имели исключительный шум. То есть, мы не видели никаких результатов. Затем стали появляться первые пики, достаточно широкие. Со временем накопления наблюдательных эпох эти пики паразитные стали отсеиваться, сужаться. И, соответственно, мы получили уже искомые моделированные кривые блеска. С этим достаточно полно ответил?

Хорошо. Что касается ZDCF. Было замечание, что дескать, да, действительно, это робастный, устойчивый метод кросскорреляции. Но я, опять же, подчеркнул, что JAVELIN не относится к кросскорреляционным методам. Здесь используется именно байесовский подход и это не считается кросскорреляцией строго говоря математически. Среди прочих кросскорреляционных (классическая кросскорреляционная функция, интерполяционная) – дискретная ZDCF самая устойчивая как алгоритм.

ZDCF соответствует этому чёрному пику, когда мы исследовали синтезированные совмещённые кривые блеска, полученные с обоих телескопов. И почему мы утверждаем, что этот пик является артефактом (не имеет физического смысла)... Вообще говоря, мы же строим в том числе гистограммы для континуального излучения и излучения в широкой эмиссионной линии. В данном случае в поляризованной эмиссионной линии. И мы получаем один и тот же пик на одних и тех же значениях для обоих случаев. Что физически не корректно. Поэтому это результат артефакта.

Это вызвано, в том числе, недостаточным накоплением эпох, так называемой «каденцией». Термин профессиональный, не мною придуманный. Во всех публикациях встречается. Высокая каденция – когда очень частое заполнение. К сожалению, анализ всегда подразумевает некоторый творческий подход. Потому что мы имеем, как правило, большой частокол различных пиков. И отсеиваем паразитные, стараемся отыскать те из которых являются физическим отражением.

Что касается, было замечание, пиков 39 и 85 дней. Для галактики Mrk 509. Это хорошо изученная галактика. И прежде, в литературе, измеряли размеры BLR-областей. В частности, эта гистограмма для анализа континуальной кривой блеска и в широкой эмиссионной линии. Мы здесь фактически получаем значение 85 ± 11 , соответствующее измеренным прежде BLR-областям из литературы. Второй пик мы не можем никак объяснить, он, скорее всего, является паразитным. Мы его отмечаем из рассмотрения в принципе.

Ещё был важный критический комментарий, вопрос про эти точки с неопределённостями. Это, как раз, дискретная кросскорреляционная функция – она по данной оси отражена. В единице кривые блеска полностью коррелированы, в минус один антикорреляция. Нуль – никакой значимой корреляции.

Левшаков С.А.:

Надо было в подписи написать что это такое.

Мальгин Е.А.:

Виноват, не доглядел. В тексте это точно отражено.

Это по самым критическим замечаниям. Ещё что-то мне дополнить? Всё ли я покрыл?

Председатель:

Оппонент доволен.

Мальгин Е.А.:

Хорошо, спасибо!

Председатель:

Хорошо. И у нас есть ещё один отзыв оппонента. Пожалуйста.

Кравченко Е.В.:

(отзыв оппонента Е.В. Кравченко)

Председатель:

Спасибо! Женя, нужно ответить по крайней мере на свежие замечания.

Малыгин Е.А.:

Хорошо. Благодарю оппонента за очень ценные замечания. Я выделил самые критические, которые безусловно требуют ответа.

Насчёт выборки – привёл на слайде. В нашем исследовании мы проявили интерес к активным галактикам 1-го типа. Было ещё замечание касательно «что же с квазарами», правда, я до сих пор не знаю наблюдательных различий между сейфертовскими галактиками 1-го типа и квазарами с точки зрения ориентации в Унифицированной модели и в оптических проявлениях. Все четыре галактики – это галактики, которые имеют спектральные проявления широких эмиссионных линий. Первые две галактики были выбраны в первую очередь из соображений того, что это приполярные объекты. И поскольку подразумевается многолетний мониторинг, чтобы в течение года они были незаходящими для нашей обсерватории. Их склонения превышают 68° . Более того, эти объекты должны быть яркими. И красное смещение галактик выбрано таким образом, чтобы их широкие эмиссионные линии попадали в имеющийся набор интерференционных светофильтров. Было важно показать, что метод работает.

Здесь очень важным стоит отметить почему так мало объектов. Потому что, за пусть небольшим количеством объектов стоит очень большое количество затраченного телескопного времени. Подразумевается многолетний мониторинг. Ежемесячные наблюдения. Полученное количество эпох. Требуется много лет наблюдать конкретно один объект. С удовольствием могли бы наблюдать больше, но я просто даже не уверен, что нам выдадут столько телескопного времени.

То есть, здесь пусть малое количество объектов. Но они показывают в том числе то, что методы работоспособные.

Что касается галактик Mrk 335 и Mrk 509 – их выбор был основан на ранее обнаруженных признаках экваториального рассеяния. Чтобы поляриметрический мониторинг был сам по себе осмысленный и соответствовал физической задаче.

Надеюсь на этот вопрос я ответил.

Кравченко Е.В.:

Да.

Малыгин Е.А.:

Что касается соотношения результатов с Унифицированной Схемой – я озвучил, когда отвечал для ведущей организации. Здесь самым интересным, конечно, является наклон в 15° . Об этом я несколько раньше говорил.

Про довольно тонкие эффекты такие как прецессия системы – да, мы в работе представляем исключительно эмпирический результат без претензии на учёт таких эффектов и частных. То есть, полученные результаты могут послужить уже для дальнейшего теоретического моделирования данных систем, описания их наблюдательных проявлений.

Про Цейсс-1000 и систему отсекаателей света. Сюда я тоже дополнительный слайд вставил. И о том, как в других обсерваториях борются с рассеянным излучением в системе – вообще говоря, в большинстве обсерваторий с этим никак и не борются. В редких случаях, в публикациях возникает – действительно очень редкие телескопы облагораживают и защищают от паразитной засветки.

Что касается англицизмов таких как «фринги» в ПЗС-системах – они соответствуют интерференционному узору, возникающему в красной части ПЗС-детекторов. Это достаточно широко употребляемый термин. Возможно его следовало как-то перефразировать.

Касательно моделирования. При моделировании мы не учитываем происхождение магнитного поля в принципе. Поскольку лишь определяется его сама величина. И как оно влияет на наблюдаемую поляризацию. То есть, насколько это в согласии с наблюдательными данными.

И про достоверность изменения угла поляризации. Очень хорошее замечание. Действительно, в дальнейших исследованиях мы возьмём на вооружение. Но что касается изменений поляризационного угла в линиях. Не знаю, насколько здесь хорошо видно, но в каждом конкретном бине очень маленькая сигма. Сигма как раз соответствует среднеквадратическому отклонению. И оно столь мало, что переключение угла наглядно демонстрируется. Что оно отличается от среднего

континуального угла по длинам волн. Особенно в $N\alpha$ это видно. Этого достаточно, чтобы говорить, что скачок не является случайным.

Если есть ещё какие-то вопросы, которые я не затронул...

Председатель:

Оппонент, Вы довольны ответами?

Кравченко Е.В.:

Да, всё в порядке.

Председатель:

Хорошо, коллеги, официальные отзывы мы заслушали. Обсудили, ответили на них. И переходим к общей дискуссии. Участвуют все желающие, все присутствующие. Без всяких ограничений. Выступавшие, не выступавшие.

Пожалуйста, кто хочет высказать свою позицию? И оценку работе.

Мингалиев М.Г.:

Коллеги, мы выслушали представление квалификационной работы. И провели достаточно долгое обсуждение, выслушали мнение многих учреждений и официальных оппонентов. Всякая работа определяется поставленной задачей. И для нас, как для профессионалов-астрономов, и как результат выслушивания всех отзывов – это актуальнейшая тема в астрофизике. Которая разрешалась представленной диссертацией. Задача выполнена прекрасно! Наблюдения, обработка, интерпретация полученных данных. И развитие методики проведения наблюдений и обработки. Представленная диссертация и последующие дискуссии, которые инициировала ведущая организация, официальные оппоненты, и ответы диссертанта прекрасно иллюстрируют высокую квалификацию Евгения по обсуждаемой теме. Я не комментирую его представленный доклад, доклад также полностью отражал как саму диссертацию, так и автореферат. Содержание проведённой работы, подробное изложение его, всё это было нам прекрасно представлено. И с моей точки зрения представленная нам работа полностью соответствует требованиям ВАК. Главное требование – содержание работы. Её актуальность. И полученные результаты не вызывают сомнения. Потому что результаты представлялись на многих конференциях, публично обсуждались и опубликованы в рецензируемых изданиях. В основных положениях, которые нам представлялись, стоят практически во всех пунктах слова «впервые». И это действительно соответствует тому, что получено и нам представлено. Поэтому я призываю коллег голосовать за присуждение учёной степени кандидата физ.-мат.

наук Евгению Малыгину и поздравляю его с прекрасным изложением и выполненной работой.

Малыгин Е.А.:

Спасибо!

Председатель:

Кто ещё хочет высказать свою позицию?

Васильев Е.О.:

На самом деле, известно, что наблюдения ценны сами по себе. Любые наблюдения. Но иногда, когда слушаешь доклады, то люди наблюдают один объект, как-то интерпретируют и всё. На этом всё заканчивается. Мне понравилось, когда я впервые столкнулся со школой Виктора Леонидовича, то, что проверяется всё несколькими методами. И в диссертации Евгения это сделано очень хорошо, даже несколько методов было применено для проверки, они подтвердили полученные результаты. Это мне очень нравится, и я буду голосовать «за».

Малыгин Е.А.:

Спасибо!

Председатель:

Спасибо большое! Кто ещё хочет высказать своё мнение?

Романюк И.И.:

А надо?

Председатель:

Надо! Работа незаурядная. Думаю, что надо.

Романюк И.И.:

Я бы не выступал, потому что я не специалист, но! Я услышал прекрасный доклад, прекрасные ответы на вопросы, заданные оппонентами и ведущей организацией. Вижу сформировавшегося настоящего научного сотрудника, буду голосовать за диссертацию. И призываю всех остальных тоже.

Председатель:

Спасибо большое!

Малыгин Е.А.:

Благодарю!

Председатель:

Появился ещё желающий.

Панчук В.Е.:

Как говорят, вспоминая забытый язык, *«хибамаешь мусаиш»* – *«если хочешь – обязан»*. Значит, я своё выступление в безусловную поддержку соискателя хочу сформулировать с использованием тех ощущений, которые я получаю вместе с Игорем Дмитриевичем на экзаменационных комиссиях, на аттестационных, на вот этих всех формальных вещах, которые сейчас Мин.науки требует от аспирантов. Они очень недовольные, они, конечно, очень страдают. При этом, я могу сказать, что на этих мероприятиях удаётся уже увидеть кто есть кто. И я не знаю, как эти мероприятия назывались – как-то они назывались – вот про Малыгина при этом удалось узнать, что он регулярно смотрит литературу. Он в курсе вещей, которые достаточно далеко расположены от его научных интересов. Что касается, собственно, по работе, по выбору объектов и так далее. Здесь, конечно, конфликт – это мониторинг и количество. Любой наблюдатель принимает решение в соответствии с теми обстоятельствами, в которые он поставлен. Комитетом, руководителем и всеми остальными. Погодой.

Цейсс... Значит, Цейсс. И то, что там нашли, что отсекатели неправильно построены. Докладываю, у Цейсс-1000 (его 1000 называют, не говорят «метровый Цейсс») до куда доходит 80 см. То есть, у Цейсса, вот какой он хороший, доступный телескоп – есть много ошибок, которые устойчивые наблюдатели обнаружили в своё время. Одни обнаружили, что у него виньетирование пучка пока там он по этим зеркалам пройдёт. Другие обнаружили, что у него отсекатели не тем инженером построены и так далее. Такие вещи есть и у БТА тоже. И это, как раз, показывает уровень наблюдателя, который: а) обнаружил, б) ликвидировал. Ну, в хорошем смысле слова.

Я буду голосовать «за», используя свой опыт пребывания в вашем драгоценном диссертационном совете в течение 30 лет. И прошу членов совета поддержать мою точку зрения.

Малыгин Е.А.:

Спасибо!

Председатель:

Ну что, коллеги? Кто-то хочет, очень хочет высказаться? Последний?

Панчук В.Е.:

Никто не хочет.

Романюк И.И.:

Давайте голосовать!

Председатель:

То есть, никто не хочет? В таком случае назначаем такой состав, надо голосовать за него. Трушкин, Мингалиев и Макаров.

Комиссия приступает к работе (*после голосования*).

(проводится процедура тайного голосования)

Председатель:

Уважаемые члены диссертационного совета и все присутствующие на заседании! Комиссия оглашает результаты тайного голосования.

Председатель счётной комиссии Мингалиев М.Г.:

Протокол №3 заседания счётной комиссии, избранной диссертационным советом. Состав избранной комиссии: Макаров, Трушкин, Мингалиев. Председателя мы избрали внутри себя. Мингалиев.

Присутствовало, я состав не оглашаю – 13 человек... Присутствовало на данном заседании 12 членов совета. Роздано бюллетеней – 12. Осталось нерозданных бюллетеней – 0. Оказалось в урне бюллетеней так же 12. Результаты голосования о присуждении учёной степени кандидата физико-математических наук Малыгину Евгению: за – 12, против – 0. Недействительных бюллетеней – 0.

Председатель:

Нам надо утвердить результаты работы комиссии. Кто «за»? Пожалуйста, голосуем. Кто «против»? И кто воздержался? По нулям.

Так что – поздравляем Женю!

Несмотря на все замечания и иногда нелестные комментарии, я считаю, что защита была блестящей, я Вас поздравляю!

Малыгин Е.А.:

Благодарю!

Председатель:

Члены совета, у нас ещё последний этап работы. Нам надо прочитать внимательно и изложить замечания...

Секретарь:

Нужно дать заключительное слово.

Малыгин Е.А.:

Я возьму с удовольствием!

Председатель:

Пожалуйста! А мы пока читаем и слушаем.

Панчук Е.В.:

Мы послушаем его.

Малыгин Е.А.:

Я, конечно, хотел, разумеется, поблагодарить состав диссертационного совета за вашу работу! Благодарю.

Главная благодарность, безусловно, адресована Виктору Леонидовичу Афанасьеву. Был идейный вдохновитель, целиком преданный науке исследователь. И для меня он задал представление о том, каким должен быть учёный-исследователь. В этой обсерватории я оказался именно благодаря интересу работы с ним.

Я благодарю Моисеева Алексея Валерьевича за научное руководство, за расширение кругозора и поддержку созданных им приборов, наблюдения на которых лежат в основе данной диссертации.

Я благодарю инженеров САО за большой вклад в обеспечение наблюдений, в частности, Перепелицына Александра Евгеньевича, Комарова Владимира Владимировича. Также я благодарен Фатхуллину Тимуру Амировичу и Емельянову Эдуарду Владимировичу за предоставление разработанной ими аппаратуры для наблюдений на 1-метровом телескопе Цейсс-1000 САО РАН.

Я выражаю благодарность всем причастным к данной работе коллегам спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов от молодых сотрудников, делящихся опытом наблюдений, до инженеров, делящихся опытом работы с приборами. Включая всех коллег, технически поддерживающих аппаратуру, разработанную в лаборатории, с помощью которой проводились наблюдения для данной диссертации.

Я благодарю сотрудников лаборатории перспективных разработок – Афанасьеву Ирину Викторовну, Мурзина Валерия Александровича. За расширение знаний об устройстве ПЗС. Я благодарен оппонентам за ценные замечания.

Диссертант признателен коллегам из ГАО РАН – Пиотровичу Михаилу Юрьевичу, Булиге Станиславе Дмитриевне и, конечно, Тинатин Михайловне Нацвлишвили за крайне продуктивное взаимодействие в совместных научных исследованиях.

Я выражаю благодарность действующей и предыдущей администрации, поощряющих стремление молодых сотрудников к наблюдениям на телескопах САО. Также я благодарю заведующую учебным отделом Панчук Асю Владимировну и учёного секретаря Кайсину Елену Ивановну за предоставленную возможность ускоренного завершения аспирантуры, за помощь в течение обучения.

Наконец, особую благодарность я выражаю моим очень близким коллегам – Шабловинской Елене Сергеевне и Уклеину Роману Ивановичу – за совместную плодотворную работу, без которой данная диссертация не была бы возможной. Вместе с вами любая задача решаема.

Спасибо!

Председатель:

Остался последний этап. Читаем и обсуждаем замечания.

(члены совета обсуждают проект заключения)

Председатель:

Прошу голосовать! Возражений нет? Спасибо всем за активное участие!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.212.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 7 ноября 2023 г. № 3

О присуждении Малыгину Евгению Андреевичу, Российская Федерация, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование геометрии и кинематики центральных областей активных галактик» по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия принята к защите 4 сентября 2023 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.1.212.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель, Малыгин Евгений Андреевич, 1992 года рождения, в 2020 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", с 01.09.2020 г. по 31.08.2023 г. проходил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, на данный момент работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН, Моисеев Алексей Валерьевич.

Официальные оппоненты:

1. Левшаков Сергей Анатольевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук";
2. Кравченко Евгения Васильевна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", г. Казань, в своём положительном заключении, подготовленном кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета Жучковым Р.Я., одобренном на астрофизическом семинаре кафедры астрономии и космической геодезии 19 октября 2023 года, утверждённом ВРИО проректора по научной деятельности Казанского (Приволжского) федерального университета доктором физико-математических наук Е.А. Туриловой, указала, что диссертация является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Малыгин Е.А. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации (общим объёмом 73 страниц), напечатанных в рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Uklein R. I., Malygin E. A., Shablovinskaya E. S., Perepelitsyn A. E., Grokhovskaya A. A.; "Photometric Reverberation Mapping of AGNs at $0.1 < z < 0.8$. I. Observational Technique", *Astrophysical Bulletin*, Volume 74, Issue 4, p. 388-395 (2019)
2. Malygin E., Uklein R., Shablovinskaya E., Grokhovskaya A., Perepelitsyn A.; "Medium-band photometric reverberation mapping of AGNs at $0.1 < z < 0.8$. Techniques and sample",

Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, Volume 50, no. 1, p. 328-340 (2020)

3. Malygin E. A., Shablovinskaya E. S., Uklein R. I., Grokhovskaya A. A.; "Measurement of the supermassive black hole masses in two active galactic nuclei by the photometric reverberation mapping method", Astronomy Letters, Volume 46, Issue 11, p. 726-733 (2020)

4. Afanasiev V. L., Amirkhanyan V. R., Uklein R. I., Perepelitsyn A. E., Malygin E. A., Shablovinskaya E. S., Afanasieva I. V.; "Universal focal reducer for small telescopes", Astronomische Nachrichten, Volume 343, Issue 1-2, article id. e210104 (2022)

5. Shablovinskaya Elena, Piotrovich Mikhail, Malygin Eugene, Buliga Stanislava, Natsvlshvili Tinatin; "Determination of the Physical Parameters of AGNs in Seyfert 1 Galaxies LEDA 3095839 and VII Zw 244 Based on Spectropolarimetric Observations", Universe, Volume 8, Issue 7, p. 383 (2022)

6. Shablovinskaya Elena, Popović Luka Č., Uklein Roman, Malygin Eugene, Ilić Dragana, Ciroi Stefano, Oparin Dmitry, Crepaldi Luca, Slavicheva-Mihova Lyuba, Mihov Boyko, Nikolov Yanko; "Polarimetric reverberation mapping in medium-band filters", Universe, Volume 9, Issue 1, p. 52 (2023)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) в ходе многолетнего фотометрического мониторинга в среднеполосных фильтрах впервые измерены размеры областей формирования широких линий в активных галактиках LEDA 3095839 и VII Zw 244 методом фотометрического эхокартирования;
- 2) впервые в спектре галактики VII Zw 244 в поляризованном свете были обнаружены признаки экваториального рассеяния в линиях $H\alpha$ и $H\beta$, что позволило применить спектрополяриметрический метод измерения массы СМЧД и в комбинации с методом фотометрического эхокартирования независимо определить угол наклона системы, а также на основе спектральных данных впервые дана оценка спина центральной СМЧД и величины напряжённости магнитного поля вблизи горизонта событий;

- 3) впервые для галактики LEDA 3095839 из спектрополяриметрических наблюдений были получены оценки величины спина СМЧД, напряжённости магнитного поля вблизи горизонта событий и угла наклона системы;
- 4) впервые для объектов Mrk 335 и Mrk 509 получены оценки расстояний до области экваториального рассеяния методом поляриметрического эхокартирования.

Теоретическая значимость диссертационной работы обоснована тем, что результаты, полученные соискателем, могут быть применены при разработке численных моделей истечений и сублимации пыли в центральных областях активных галактических ядер.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. На примере наблюдений методом фотометрического картирования в среднеполосных фильтрах показано, что точности результатов не уступают спектральному методу эхокартирования, но при этом экономят телескопное время и позволяют применять методику на телескопах 1-м диаметра для картирования АЯГ.
2. Представленные в работе спектрополяриметрические данные показывают возможность применения различных численных моделей генерации поляризации излучения в континууме и линии, а значит – оценки широкого набора параметров СМЧД и газа вокруг неё.
3. Адаптация метода поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах позволяет эффективно использовать телескопы малых и средних диаметров для оценки размеров области экваториального рассеяния R_{SC} в Сейфертовских галактиках 1-го типа. Это способствует повышению точности спектрополяриметрического метода измерения масс СМЧД в АЯГ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность опубликованных результатов обусловлена применением различных методов обработки наблюдательных данных и сопоставлением их результатов, учётом выводов других авторов при интерпретации данных. Все основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах.

Личный вклад автора во всех статьях равен вкладу других соавторов. Автор участвовал в получении наблюдательного материала на 1-м телескопе Цейсс-1000 с приборами MaNGaL, MMPP, StoP, MAGIC и 6-м телескопе БТА с приборами SCORPIO-1, SCORPIO-2, в адаптации методов фотометрического и поляриметрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах, первичной обработке и анализе данных. Наравне с соавторами обсуждал и интерпретировал результаты. Автор принимал активное участие в методической работе по исследованию нового многорежимного фокального редуктора MAGIC для 1-м телескопа Цейсс-1000.

На заседании 07 ноября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Малыгину Евгению Андреевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Ключкова В.Г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

07 ноября 2023 г.