

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д002.203.01

протокол N 118 от 04 декабря 2020г.

Председатель:

доктор физ.-мат. наук,
Клочкова Валентина Георгиевна

Ученый секретарь:

кандидат физ.-мат. наук
Шолухова Ольга Николаевна

Состав совета - 19 человек, присутствуют – 13:

д.ф.-м.н., Клочкова В.Г. 01.03.02
к.ф.-м.н., Шолухова О.Н. 01.03.02
д.ф.-м.н., Афанасьев В.Л. 01.03.02
д.ф.-м.н., Бескин Г.М. 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., Фабрика С.Н. 01.03.02

Председатель:

Представлена в совет к защите диссертация Опарина Д.В. "Изучение воздействия звездообразования на ионизованный газ в галактиках".

Работа выполнена в Специальной Астрофизической Обсерватории РАН, научный руководитель - Моисеев Алексей Валерьевич, доктор физ-мат наук, в.н.с. САО РАН, официальные оппоненты - Васильев Евгений Олегович, д.ф-м.н, в.н.с. федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования "Южный Федеральный Университет", Каратаева Гульнара Мирсатовна, кфмн, доцент кафедры астрофизики математико-механического факультета СПбГУ. Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное учреждение науки "ИНАСАН". Прошу секретаря совета представить ситуацию с документами соискателя.

Секретарь:

Добрый день, уважаемые коллеги. С документами у соискателя всё в порядке, всё соответствует, все положенные документы для ВАК отсканированы - всё в порядке.

Председатель:

Есть ли вопросы к секретарю совета? Вопросов нет - переходим, собственно, к научному докладу.

Опарин Д.В.:

Добрый день, уважаемые коллеги.

В современной астрофизике существует понимание критической важности учёта взаимного влияния процессов звездообразования и межзвёздной среды. Коллективное воздействие ветров молодых звёзд, взрывы сверхновых - всё это перемешивает межзвёздную среду, создаёт коллимированные потоки вещества как внутри галактики, так и за её пределы. Без учёта подобных процессов невозможно изучение как общей проблематики эволюции галактик в целом, так и истории звездообразования отдельных галактик. Отдельно стоит проблема диффузного ионизованного газа. До сих пор не ясно, что же ионизует этот газ — старое

звездное население, «утечка» Лайман-квантов из областей звездообразования, или же коллективное воздействие ударных волн и вспышек сверхновых. Учёт взаимного влияния необходим как при изучении отдельных галактик, так и космологической эволюции в целом.

Цели и задачи:

Целью данной диссертационной работы является исследование текущих процессов звездообразования и ионизированной межзвездной среды на масштабах от сотен парсек до нескольких килопарсек в ряде близких галактик с помощью данных оптической панорамной спектроскопии. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

Построение карт кинематических параметров ионизованного газа методом панорамной спектроскопии на основе наблюдений с редуктором светосилы SCORPIO-2 первичного фокуса 6-м телескопа БТА САО РАН.

Разработка и построение моделей, описывающих наблюдаемую кинематику галактических ветров, с целью определения основных параметров истечений.

Разработка методов определения источников ионизации диффузного газа в галактиках с помощью сочетания классических спектрофотометрических методик с информацией о дисперсии лучевых скоростей газа.

Разработка методов сравнительного анализа данных, полученных различными методами панорамной спектроскопии, включая и разработанный в САО РАН фотометр с перестраиваемым фильтром MaNGaL.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения.

Первая глава посвящена наблюдениям и обработке данных. Здесь представлены все использованные в работе наблюдательные методики: спектроскопия с длинной щелью, панорамная спектроскопия низкого разрешения, описываются наблюдения со сканирующим интерферометром Фабри-Перо (ИФП), узкополосная фотометрия с перестраиваемым фильтром.

Со второй главы начинается научная часть. Данная глава прежде всего посвящена пространственному моделированию истечений. Она разбита на две подглавы. В первой рассматривается галактический ветер в галактике NGC4460. Это карликовая изолированная галактика с центральной областью звездообразования. В 2010 году было показано, что лежащая вне плоскости галактического диска эмиссионная туманность является галактическим ветром. После этого были проведены наблюдения со сканирующим ИФП с достаточно хорошим спектральным разрешением. С помощью этих наблюдений были построены карты лучевых скоростей и дисперсий лучевых скоростей ионизованного газа. На основе этих карт была построена модель истечений, представляющая собой двойной вращающийся конус, которая была использована для учёта вклада вращательной составляющей в лучевые скорости данной ветровой структуры. После вычитания модели из поля лучевых скоростей получена карта остаточных скоростей, пересчёт которых в рамках конической модели ветра позволил получить скорости выбрасываемого вещества, составившие от 30 до 80 км/с, а так же кинематических параметров истечений, как то: возраста, кинетической энергии. Оценки вириальных скоростей галактики показали, что вещество движется недостаточно быстро, чтобы окончательно покинуть галактику и со временем вновь упадёт на галактический диск, провоцируя новые витки звездообразования.

Вторая галактика, рассматривавшаяся в рамках данной главы — видимая с ребра UGC10043, обладающая аналогичной центральной областью звездообразования с ветровой структурой. Ветер в данной галактике слабо заметен в линии $H\alpha$, но при этом хорошо заметен в линии $[NII]6583$. Данная галактика изучалась в коллаборации с группой CALIFA, данные о дисперсии лучевых скоростей, полученные на 6-м телескопе БТА, сопоставлялись со спектральными наблюдениями на 3.5-м телескопе обсерватории Calar-Alto со спектрографом PPAK. Для вычисления ветровых параметров использовалась аналогичная модель двойного вращающегося конуса, в рамках которой скорости истечений достигали

значений 250 км/с. С другой стороны, по данным диагностических диаграмм и их сопоставления с дисперсией лучевых скоростей строились сетки моделей ударной ионизации. Этот метод показал, что скорости ударных волн в ветровой туманности достигают 300-400 км/с — таким образом, значения скоростей выметаемого вещества, полученных двумя разными методами, показывают хорошее согласие.

В обеих галактиках ветер представляет собой сложную волокнистую клочковатую структуру с сильной дифференциацией скоростей отдельных филаментов.

Третья глава посвящена изучению состояния ионизованного газа с помощью диагностических диаграмм. ВРТ-диаграммы, названные так по имени авторов (Baldwin, Philips, Terlevich) - широко известный способ диагностики ист. ионизации газа по отношению близки оптических эмиссионных линий - как бальмеровских, так и запрещённых. Не зависит от поглощения. Позволяет уверенно разделять иониз. изл. ОВ-звёзд и AGN. В то же время на диаграммах смешиваются области, соответствующие газу, ионизованному посредством ударных волн, звездами асимптотической ветви гигантов, ядрами типа LINER (Low-Ionization Nuclear Emission Region). Добавление ещё одного параметра — дисперсии лучевых скоростей ионизованного газа (σ) — позволяет выделить газ, ионизованный ударными волнами (благодаря высокой турбулентности за фронтом волны). Однако для определения σ требуется достаточно высокое спектральное разрешение. Поэтому ранее подобная методика применялась для объектов с большими значениями дисперсии лучевых скоростей (несколько сотен км/с) — например, объектов типа AGN или галактик с высокими (1, 10 масс Солнца в год) темпами звездообразования. Сканирующий ИФП позволяет изучать объекты с σ порядка десятков км/с, что позволило изучать галактики с меньшими темпами звездообразования. Так, из четырёх, рассматриваемых в данной главе галактик наибольший темп звездообразования составил около половины массы Солнца в год.

В данной главе рассматривались четыре галактики с различной морфологией и историей звездообразования: Mrk35, Arp212, VII Zw403 и UGC10043. Использовалась комбинация данных наблюдений со сканирующим ИФП на 6-м телескопе БТА (для получения значений дисперсий лучевых скоростей ионизованного газа) и данные классической панорамной спектроскопии (для отношений линий). Для трёх галактик это были наблюдения в рамках обзора CALIFA, ещё одна изучалась с помощью мозаики полей, полученных с панорамным спектрографом MPFS CAO РАН. Строились три диаграммы отношений линий, а так же графики зависимости отношений линий от дисперсий лучевых скоростей. Для трёх галактик из четырёх обнаружена положительная корреляция σ и отношений линий. Исключением стала галактика VII Zw403 — довольно «спокойная», где уровень минимален, а основной вклад в возбуждение газа вносят, по видимому, фотоионизационные процессы.

Построение VPT- σ диаграмм по данным панорамной спектроскопии позволяет лучше понять причины ионизации межзвёздной среды и оценить вклад ударного возбуждения. Подтверждено предположение о прямом столкновении газовых облаков на наклонных орбитах с с основным галактическим диском в галактике Arp 212. В областях текущего звездообразования в галактиках Mrk 35 и VII Zw 403 доминирует фотоионизация. Области низкой поверхностной яркостью во внешних частях Mrk 35 демонстрируют существенный вклад ударного возбуждения в ионизацию газа.

Вместо классических методов панорамной спектроскопии, используемых для получения спектральной информации для построения VPT-диаграмм, может быть использована узкополосная фотометрия с перестраиваемым фильтром, позволяющая проводить картирование галактик в эмиссионных линиях и континууме.

В данном методе применяется ИФП низкого разрешения в сочетании со

среднеполосными фильтрами, что позволяет вырезать полосу пропускания шириной 10-15Å, при этом возможно управление шириной полосы и настройка рабочего спектрального диапазона. Такая технология реализована в нашей обсерватории в приборе MANGAL. Апробация метода для построения диагностических диаграмм представлена в данной главе на примере галактики NGC3077.

Эта галактика, локализованная в приливном хвосте нейтрального водорода галактики M81, наблюдалась в линии H α со сканирующим ИФП на 6-м телескопе БТА, а так же картировалась в эмиссионных линиях в режиме узкополосной фотометрии с перестраиваемым фильтром на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ с прибором MANGAL.

Профили линии H α в данной галактике имеют сложную многокомпонентную структуру, видны как уширения линий, так и выделение отдельных кинематических компонент - «красной» и «синей», отличающихся по скоростям от основного тела галактики. Корректность диагностические диаграмм, построенных по данным картирования с MANGAL, проверялась с помощью аналогичных отношений линий, полученных по данным двух длиннощелевых «разрезов» - оба варианта диаграмм показали хорошее соответствие, при этом их сравнение с ВРТ — диаграммами, полученными другими авторами по данным фотометрии на телескопе им. Хаббла, выявило в последних систематическую ошибку.

Показано, что часть областей с ярко выраженным многокомпонентным профилем эмиссионных линий является не расширяющимися сверхоболочками, а отдельными кинематическими компонентами, связанными как с истечением газа из областей звездообразования, так и с аккрецией вещества на галактику. Использование фотометрии с перестраиваемым фильтром для изучения состояния ионизации служит хорошей альтернативой классическим методам спектроскопии при изучении источников ионизации газа протяжённых объектов, в том числе и

объектов с низкой поверхностной яркостью. По результатам длиннощелевой спектроскопии уточнена оценка металличности галактики ($Z \sim 0.6Z_{\odot}$)

Основные положения, выносимые на защиту:

Совокупность параметров галактических ветров в галактиках NGC 4460 и UGC 10043. Для NGC 4460 уточнена оценка характерных скоростей выметаемого вещества в интервале 30 — 80 км/с, возраст ветровой структуры не превышает 50 млн. лет. Показано, что значения скоростей истечения меньше параболических, и выметенное вещество вернётся в галактику. Скорость выметаемого газа в UGC 10043 составляет 100 - 250 км/с, что согласуется с оценкой скоростей ударных волн по фотоионизационным моделям.

Результаты тестирования метода диагностики состояния ионизованного газа с помощью совместного использования данных о кинематике ионизованного газа в пяти галактиках, полученных с помощью сканирующего ИФП и данных интегрально-полевой спектроскопии о потоках в эмиссионных линиях. Показано, что высокое ($R \sim 16000$) спектральное разрешение сканирующего ИФП позволяет исследовать объекты с низкими значениями дисперсии лучевых скоростей ионизованного газа.

Вывод о том, что использование узкополосной фотометрии с перестраиваемым фильтром для изучения состояния ионизации газа по соотношениям оптических эмиссионных линий обеспечивает в многократное улучшение пространственного разрешения и большее поле зрения по сравнению с большинством методов панорамной спектроскопии, что делает данную технику актуальной для исследования протяжённых объектов с низкой поверхностной яркостью и сложной морфологией. Эффективность предложенного метода проверена на примере исследования галактики NGC 3077.

Вывод, полученный на основании распределения лучевых скоростей в галактике

NGC 3077, о том, что часть областей с многокомпонентным профилем эмиссионных линий, ранее считавшихся расширяющимися сверхоболочками, являются отдельными кинематическими компонентами, обусловленными как истечениями газа, так и выпадениями вещества на галактику из приливного хвоста M 81.

Научная новизна:

Впервые проведено спектральное картирование галактического ветра в карликовой галактике NGC 4460, уточнены оценки ветровых параметров: скорости истечения, выметенной массы, возраста ветровой структуры. В рамках модели псевдоизотермического холодного гало тёмной материи сделан вывод, что скорость выброса меньше параболических скоростей, и выметенное вещество со временем вновь упадёт на галактику.

Впервые проведено картирование галактического ветра в галактике UGC 10043, определены основные физические характеристики ветра. Наблюдаемое состояние ионизации газа объясняется в рамках сетки моделей ионизации газа ударными волнами. Требуемая величина удара хорошо согласуется с оценками скорости ветра, полученными в рамках пространственной модели истечения на основе наших измерений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо.

Впервые реализован метод диагностики состояния межзвездной среды галактик на основе совместного использования данных о кинематике ионизованного газа, полученных с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо, и данных интегрально-полевой спектроскопии о потоках в эмиссионных линиях. Изучены источники ионизации газа в нескольких близких галактиках с малым (менее $0.5 M_{\odot}$ в год) темпом звездообразования. Показано, что в ряде случаев наблюдается положительная корреляция между дисперсией лучевых скоростей и вкладом ударного возбуждения в ионизацию газа.

Впервые в практике отечественных обсерваторий состояние ионизованного газа в галактиках изучается с помощью узкополосной фотометрии с перестраиваемым

фильтром. С помощью этого метода исследовано состояние ионизации газа в галактике NGC 3077.

Научная и практическая значимость:

Полученные в диссертации параметры галактических ветров накладывают ограничения на уже существующие модели потери газа галактиками и могут использоваться для численного моделирования процессов звездообразования в галактиках.

Обнаруженная в ряде галактик с умеренным звездообразованием четкая связь между параметрами ионизации газа и дисперсией его лучевых скоростей может использоваться для построения моделей взаимодействия звездных комплексов с окружающим газом на масштабах около 1 кпк и для прояснения природы диффузного ионизованного газа в близких галактиках.

Представленный в диссертации метод, сочетающий анализ наблюдений со сканирующим ИФП и узкополосной фотометрии с перестраиваемым фильтром, позволяет решать задачи по исследованию состояния ионизации протяжённых эмиссионных объектов (в том числе и объектов с низкой поверхностно яркостью и малой дисперсией скоростей) на существующих российских телескопах, в том числе малого и среднего диаметра. По сравнению с панорамной спектроскопией данная методика обеспечивает в несколько раз большее поле зрения и лучшую пространственную дискретизацию.

Результаты, представленные в данной работе, описаны в 7 статьях, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Личный вклад автора равен вкладу соавторов. В частности для всех работ принималось активное участие в наблюдениях, обработке спектрального материала, определении фундаментальных параметров. Для части работ производились измерения магнитного поля и магнитное моделирование. Также для всех работ принималось участие в обсуждении, формулировке результатов и

подготовке к печати.

Апробация результатов проводилась как на стендовых, так и на устных докладах на российских и международных конференциях.

На этом все, спасибо за внимание!

Председатель:

Спасибо! Вопросы докладчику, пожалуйста.

Трушкин С.А.:

Я хотел узнать — когда мы говорим об ионизованной среде, принято называть такой параметр, как мера эмиссии. О каких мерах эмиссии идёт речь в случае данных ветровых комплексов?

Опарин Д.В.:

Затруднюсь дать количественную оценку, но в данной работе речь идёт об объектах с довольно слабыми источниками ионизации?

Трушкин С.А.:

Ну, хорошо, но я не нашёл, какой физический смысл этих ветров — это остатки сверхновых или что?

Опарин Д.В.:

В основном — да, речь идёт о коллективном воздействии взрывов сверхновых и звёздных вертах молодых OB-звёзд в областях звездообразования. Речь не идёт о более мощных источниках типа AGN.

Бескин Г.М.:

Карликовые галактики — там довольно много тёмной материи. В какой степени можно судить по структуре ветров и наличию потоков о влиянии темной материи на описанные процессы?

Опарин Д.В.:

Вопрос интересный. В работе какие вопросы тёмной материи я касался только в контексте оценки вириальных скоростей в NGC4460. Я, увы, не могу сейчас судить о степени влияния темной материи на данные процессы.

Бескин Г.М.:

Это представляется хорошим тестом для попыток понять её распределение.

Опарин Д.В.:

В рамках работы таких оценок не делалось.

Пустильник С.А.:

Работа интересная, очень много новизны, но у меня в связи с формулировкой практических приложений такой вопрос: говорится, что рассматриваются галактики с относительно небольшими темпами SFR — 0.5 масс Солнца в год. Это на самом деле очень большие темпы. Можно ли сформулировать в терминах, скажем, поверхностной яркости в $H\alpha$ — какие пределы для применения этого метода?

Опарин Д.В.:

В данном случае речь о сравнительно малом темпе звездообразования велась в контексте сравнения с объектами, ранее изучавшимися методами классической спектроскопии. Их спектральное разрешение позволяло анализировать дисперсии лучевых скоростей порядка сотен км/с. Высокое спектральное разрешение сканирующего ИФП позволяет изучать объекты с менее турбулизованной средой, речь о десятках км/с. Это более критичный параметр, нежели поверхностная яркость. На 2.5-м телескопе получалось картировать внешние галактики NGC3077 как в $H\alpha$, так и в запрещённых линиях.

Караченцев И.Д.:

Меня полностью убеждают показанные результаты, но есть вопрос общего плана: в поле зрения данного прибора попадают сотни галактик с яркими эмиссиями, предполагаемыми событиями. По какому принципу проводилась выборка объектов для изучения, была ли какая-то стратегия?

Опарин Д.В.:

На самом деле основная стратегия — это поиск в архивах БТА наблюдений подобных объектов со сканирующим ИФП? Разумеется, было интересно смотреть данные процессы на примере галактик с разной морфологией и историей звездообразования, но доступность архивных данных играла не последнюю роль.

Секретарь:

Вопрос от Левшакова

Левшаков С.А.:

Скажите, линии H-beta и, скажем, линии [OIII] могут образовываться в разных зонах. Как Вы оценивали при оценке степени ионизации, что они идут из одной и той же области?

Опарин Д.В.:

Вопрос на самом деле сложный, и не везде у меня получилось с ним до конца разобраться. Например, в NGC3077, обладающей сложной морфологией и несколькими кинематическими компонентами.

Левшаков С.А.:

Но ширины линий, их положение Вы смотрели?

Моисеев А.В.:

В нескольких галактиках да, но не во всех.

Председатель:

(отзыв научного руководителя Моисеева А.В.)

Спасибо! Теперь мы должны заслушать заключение организации, где была выполнена работа. Ольга Николаевна, пожалуйста!

Секретарь:

(заключение с места выполнения работы)

Председатель:

Спасибо! Коллеги переходим к отзыву ведущей организации.

Секретарь:

(отзыв ведущей организации)

Опарин Д.В.:

Во-первых — хотел бы поблагодарить коллектив ведущей организации и лично Д.З. Вибе за конструктивную критику. На мой взгляд, стоило бы немного пояснить о том, что такое «угол картинной плоскости» и связанных с этим цифрах. Речь идёт о модели вращающегося конуса, и формулировка «угол наклона

картинной плоскости к лучу зрения» - это неудачная формулировка, описывающая угол между лучом зрения и плоскостью галактического диска. Кинематические параметры ветра получались из пересчитанных скоростей движения вещества в ветре. Они получены, исходя из предположения, что вся материя ветра, видимая в оптическом диапазоне, движется вдоль стенок конуса, тогда как в центре — горячий газ, прозрачный в «оптике». Исходя из данных предпосылок, мы имеем четыре варианта соответствия точки на картинной плоскости и её положения на стенках конуса — это связано с тем, ближняя или дальняя стенка конуса видна, а так же с неопределённостью ориентации самой оси вращения галактики, какая из сторон к нам ближе, какая дальше. В рамках моделей рассматривались все варианты и выбирались наиболее вероятные. В целом же могу только принять критику.

Председатель:

У нас из официальных оппонентов присутствует один — Евгений Васильев.

Прошу.

Васильев Е.О.:

(отзыв оппонента Е. Васильева)

Председатель:

Замечания существенные, нужно ответить.

Опарин Д.В.:

Согласен, замечания существенные — и я, собственно, согласен с тем, что текст сумбурный. Касательно вопроса потери углового момента — согласен, что моя модель вращающегося конуса является первым приближением, когда писалась работа, лёгшая в основу соответствующей главы, я пытался усовершенствовать метод для учёта потери углового момента, однако однозначной модели тогда создать не получилось. Угол раствора конуса при этом невелик, и потому на мой взгляд вопросами потери момента при учёте вращения выметаемого вещества вблизи плоскости галактики можно пренебречь.

Секретарь:

(отзыв оппонента Г. Каратаевой)

Опарин Д.В.:

По большому счёту могу только поблагодарить Гульнару Мирсатовну за критику. Отдельное спасибо за совет за альтернативный вариант учёта поглощения. У нас с соавторами были определённые трудности во время написания той работы. Мы учитывали поглощение через избыток цвета, но и к предложенным методам стоит присмотреться. Спасибо.

Председатель:

Мы закончили с отзывами, переходим к дискуссии

Панчук В.Е.:

Я хотел бы отметить одно обстоятельство, не прозвучавшее в оценках диссертации. Важным в этой работе является аппаратура, методика наблюдений и — отличительная черта — экспансия на другие телескопы. Так, как мы наблюдаем у себя — понятно, а как наблюдают другие люди — отдельный вопрос. С моей точки зрения исследованные объекты — это иллюстрация методики, главное здесь — появление нового методического арсенала, позволяющего исследовать на БТА и других телескопах исследовать то, что ранее было невозможно. Считаю, что работа соответствует всем требованиям.

Мингалиев М.Г.:

С моей точки зрения представлена прекрасная наблюдательная квалификационная работа. Работа выполнена в очень короткий для экспериментальных работ срок., при этом проведены прекрасные исследования. Автор продемонстрировал прекрасное знание темы. В ответах на вопросы он иногда открыто признавал — да, что-то ещё не доделано, но на это мы обратим внимание в будущем.

Афанасьев В.Л.:

Отмечу вот какую вещь. Во-первых — диссертация имеет комплексный

характер. У нас есть много работ, которые делятся годами. Чем мне приятна диссертация — наш телескоп всегда искал свою нишу. Сейчас наша ниша, вообще говоря, загадочна. Если в 90-е годы методы 3D-спектроскопии, которые пришли от Кортеса, были передовыми, то за минувшее время на Западе были потрачены большие деньги в этой области, и мы стали отставать. В диссертации демонстрируется некая ниша телескопа, которая самодостаточна. Работа заполняет нишу между огромным количеством приборов для интегральной спектроскопии на западных телескопах — и, собственно, Фабри-Перо. Это очень важное обстоятельство, это работа наблюдательная с хорошей постановкой задачи по астрофизике, но она так же, несомненно, повлияет на работу нашего телескопа.

Председатель:

Заключительное слово соискателя.

Опарин Д.В.:

Я хотел бы поблагодарить своего научного руководителя — Алексей Валерьевич, большое Вам спасибо! - коллектив лаборатории ЛСФВО и весь коллектив обсерватории. Только благодаря всем вам я сегодня смог представить данную работу.

Председатель:

Предлагаю утвердить счетную комиссию в составе Бескин, Макаров Романюк. Единогласно? Члены совета, переходим к голосованию.

(проводится процедура тайного голосования)

Председатель:

Слово председателю счетной комиссии Бескину Г.М.

Бескин Г.М.:

Протокол номер 118. Заседание счетной комиссии, избранной диссертационным советом Д 002.203.01. Состав избранной комиссии: Бескин, Макаров Романюк.. Комиссия избрана для подсчета голосов, при тайном

голосовании по диссертации Опарина Д.В., на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 19 человек на срок действия номенклатуры специальностей научных работников приказом Минобрнауки России от 2.11.2012 г. №174/нк. Состав совета изменен приказом Минобрнауки РФ № 692/нк от 18 ноября.2020 г.

Присутствовало на заседании 13 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 12. Роздано бюллетеней 13. Оказалось в урне бюллетеней 13.

Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физ.-мат. наук Опарину Д.В.: за – 12, против – 0, недействительных – 1.

Председатель:

Нам надо утвердить протокол. Кто за то, чтобы утвердить протокол, прошу голосовать. Кто против утверждения? Кто воздержался? Принимается. Таким образом, можно поздравить!

Коллеги, теперь нам надо поработать над заключением.

(члены совета обсуждают проект заключения)

Председатель:

Коллеги! Есть еще замечания? Нет? Тогда эти замечания принимаются и учитываются. Утверждаем открытым голосованием это заключение. Нет возражений коллеги? Нет, единогласно. Все, спасибо большое всем за работу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИСЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.203.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 4 декабря 2020 г. № 118

О присуждении Опарину Дмитрию Владимировичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Изучение воздействия звездообразования на ионизованный газ в галактиках» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 2 октября 2020 г., протокол № 117, диссертационным советом Д002.203.01, 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, Опарин Дмитрий Владимирович, 1991 года рождения, в 2014 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский Государственный Университет им М.В. Ломоносова», с 01.09.2015 г. по 31.08.2019 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. Васильев Евгений Олегович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный Федеральный Университет»;

2. Каратаева Гульнара Мирсатовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрофизики математико-механического факультета Санкт-Петербургского Государственного Университета;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт астрономии Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подготовленном доктором физико-математических наук, заведующим отделом физики и эволюции звезд ИНАСАН Вибе Д.Ф., одобренном на Астрофизическом семинаре ИНАСАН 6 ноября 2020 года, утвержденном директором Федерального государственного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук чл.-корр. РАН Д.В. Бисикало, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а ее автор Опарин Д.В. безусловно заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации (общим объемом 91 страница), напечатанных в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Oparin D.V., Moiseev A.V.; "Galactic wind in NGC 4460: New observations", *Astrophysical Bulletin*, Vol.70, Issue 4, pp. 411– 424 (2015)
2. Lopez-Coba C., Sanchez S.F., Moiseev A.V., Oparin D.V. et al.; "Star Formation Driven Galactic Winds in UGC 10043", *Mon. Not. R. Astron. Soc.* Vol. 467, Issue 4. pp. 4951 – 4964 (2017)
3. Oparin D.V., Moiseev A.V.; "Diagnostics of Ionized Gas in Galaxies with the "BPT-Radial Velocity Dispersion" Relation", *Astrophysical Bulletin*, Vol.73, Issue 3, pp. 298–309 (2018)

4. Keel W. C., Bennert V. N., Pancoast, A., Harris Chelsea E., Nierenberg A., Chojnowaki S. Drew, Moiseev A. V., Oparin D. V., Lintott C. J., Schawinski K., Mitchell G., Cornen C. "AGN photoionization of gas in companion galaxies as a probe of AGN radiation in time and direction" *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, Vol. 483, pp. 4847– 4865 (2019)
5. Oparin, D. V., Moiseev, A. V., Egorov, O. V. "Ionized gas in the NGC 3077 galaxy" *Astrophysical Bulletin*, Vol.75, Issue 4, pp. 360 – 375 (2020)
6. Moiseev A., Perepelitsyn A., Oparin D. "Mapper of Narrow Galaxy Lines (MaNGaL): new tunable filter imager for Caucasian telescopes", *Experimental Astronomy*, Volume 50, Issue 2-3, pp. 199 – 214, (2020) DOI 10.1007/s10686-020-09672-x

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) были определены характеристики галактических ветров в галактиках NGC 4460 и UGC10043, померенные с использованием наблюдательных данных, полученных на 6-м телескопе CAO РАН со спектрографами SCORPIO и SCORPIO-2;
- 2) впервые реализован метод диагностики состояния межзвездной среды галактик на основе совместного использования данных о кинематике ионизованного газа, полученных с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо и данных интегрально-полевой спектроскопии о потоках в эмиссионных линиях. Изучены источники ионизации в нескольких близких галактиках с умеренным (менее 0.5 М Солнца в год) темпом звездообразования. Показано, что в ряде случаев наблюдается положительная корреляция между дисперсией лучевых скоростей и вкладом ударного возбуждения в ионизацию газа;
- 3) впервые в практике отечественных обсерваторий состояние ионизованного газа в галактиках исследовалось с помощью узкополосной фотометрии с перестраиваемым фильтром. С помощью этого метода исследовано состояние ионизации газа в галактике NGC 3077.

Теоретическая значимость диссертационной работы обоснована тем, что результаты, полученные соискателем, могут быть применены при разработке численных моделей галактических ветров.

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

1. полученные в диссертации параметры галактических ветров накладывают ограничения на уже существующие модели потери газа галактиками и могут использоваться для численного моделирования процессов звездообразования в галактиках;
2. обнаруженная в ряде галактик с умеренным звездообразованием четкая связь между параметрами ионизации газа и дисперсией его лучевых скоростей может использоваться для построения моделей взаимодействия звездных комплексов с окружающим газом на масштабах около 1 кпк и для прояснения природы диффузного ионизованного газа в близких галактиках;
3. представленный в диссертации метод, позволяет решать задачи по исследованию состояния ионизации протяжённых эмиссионных объектов (в том числе и объектов с низкой поверхностно яркостью и малой дисперсией скоростей) на существующих российских телескопах, в том числе малого и среднего диаметра.

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 первичной обработке данных, полученных со спектрографами SCORPIO и SCORPIO-2 в различных наблюдательных режимах с помощью пакетов программ в программной среде IDL; проводил наблюдения с фотометром с перестраиваемым фильтром MaNGaL на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ, принимал активное участие в обсуждении и формулировке полученных результатов.

На заседании 04 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Опарину Дмитрию Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12 , против - 0 , недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета



[Handwritten signature]

Клочкова В.Г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

[Handwritten signature]

Шолухова О.Н.

04 декабря 2020 г.