

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д002.203.01

протокол № 148 от 03 октября 2022 г.

Председатель:

заместитель председателя
диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук, Клочкова В.Г.

Секретарь:

член диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук, Романюк И.И.

Состав совета – 20 человек, присутствуют – 14:

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., Левшаков С.А. 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., Сачков М.Е. 01.03.02

д.ф.-м.н., Трушкин С.А. 01.03.02

д.ф.-м.н., Фабрика С.Н. 01.03.02

Председатель:

Уважаемые коллеги, мы начинаем завершающее на сегодняшний день наше заседание. Поэтому у меня два информационных объявления. По-прежнему в отсутствие председателя совета диссертационное заседание проводит заместитель Ключкова Валентина Георгиевна. И в связи с тем, что у нас защищается соискатель, у которого Ольга Николаевна Шолухова — научный руководитель, мы вынуждены вести заседание с временным секретарем совета — Иосиф Иванович любезно согласен вести документацию. В совет представлена работа Саркисяном Аркадием Норайровичем. Название работы — «Звёзды высокой светимости в галактиках Туманность Андромеды и Млечный Путь». Работа выполнена в Специальной астрофизической обсерватории Академии наук. Научный руководитель — кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории физики звезд САО Шолухова Ольга Николаевна. Официальные оппоненты: Малков Олег Юрьевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий отделом физики звездных систем ИНАСАН, и Тарасов Анатолий Евгеньевич, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник отдела физики звезд Крымской обсерватории. Ведущая организация — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет».

Мы можем приступить к докладу — 20 минут. Прошу вас.

Саркисян А.Н.:

Спасибо!

Звезды высокой светимости принято разделять на несколько типов по спектральным и фотометрическим особенностям: Of/late-WN-звёзды, яркие голубые переменные, тёплые гипергиганты, FeII-эмиссионные звёзды, горячие и промежуточные сверхгиганты, B[e]-сверхгиганты. Эти звезды оказываются весьма разнообразными по своим характеристикам, но в то же время имеют много общих признаков, что усложняет объяснение их природы. Для их надежной

классификации требуется тщательные спектральные и фотометрические исследования в широком диапазоне длин волн, а зачастую и длительный мониторинг. Преимущественно этим аспектам посвящена данная работа.

Актуальность работы:

Звёзды высокой светимости представляют собой весьма редкие массивные звёзды в галактиках: всего лишь около 10 звёзд с массой 20 масс Солнца и только одна с массой 100 масс Солнца приходится на миллион звёзд солнечного типа. Малочисленность звёзд высокой светимости с лихвой компенсируется их огромной ролью в эволюции родительских галактик. Благодаря действию их сильных звёздных ветров и вспышек в виде сверхновых они обеспечивают большую долю механической энергии, поступающей в межзвёздную среду. Они также генерируют основную часть ультрафиолетового ионизирующего излучения в галактиках и возбуждают излучение пыли в дальнем инфракрасном диапазоне за счет её прогрева. Кроме того, массивные звёзды служат основным источником обогащения межзвёздной среды тяжелыми элементами и тем самым существенно влияют на химическую эволюцию галактик.

Среди звёзд высокой светимости особое место занимают яркие голубые переменные звёзды, которые отличаются высоким отношением светимости к массе, а также значительной фотометрической и спектральной переменностью, вследствие которой они способны мимикрировать под другие типы звёзд высокой светимости. Можно сказать, что в определенной степени эти уникальные объекты являются центром, вокруг которого в настоящий момент идет изучение всех звёзд высокой светимости, поскольку неопределённость эволюционного статуса LBV звёзд и их взаимосвязи с другими типами объектов является одной из ключевых проблем теории эволюции массивных звёзд.

В этой связи изучение звёзд высокой светимости, и в особенности LBV звёзд, является актуальной задачей астрофизики. Весьма незначительное количество таких звёзд с одной стороны и широкий спектр их наблюдательных проявлений с

другой определяют и важность, и сложность задачи их поиска и классификации, решаемой в данном исследовании на выборке звёзд в галактиках Туманность Андромеды и Млечный Путь.

Целью данной работы является классификация и определение фундаментальных параметров звёзд высокой светимости галактик Туманность Андромеды и Млечный Путь. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Получение фотометрического и спектрального материала кандидатов в LBV звёзды в галактике Туманность Андромеды на телескопе БТА САО РАН и 3.5-метровом телескопе обсерватории Апачи-Пойнт.
- Обработка и анализ оптических и инфракрасных спектров LBV кандидатов.
- Изучение фотометрической и спектральной переменности выбранных объектов по полученным и архивным данным.
- Разработка программного обеспечения для выделения спектров в скученных полях звёзд.
- Моделирование спектральных распределений энергии всех изучаемых объектов в галактике Туманность Андромеды с целью оценки фундаментальных параметров: температуры фотосферы и болометрической светимости.
- Составление детального спектрального атласа звёзд сверхгигантов нашей Галактики.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Первая глава посвящена наблюдательным данным и их обработке.

Объекты исследования в галактике Туманность Андромеды были выбраны из списка LBV кандидатов, составленным Массеем и др., в котором авторы привели 24 кандидата в LBV звёзды в галактике M31. В работе было исследовано 12 звезд из этого списка, включая две известные LBV звёзды в M31 Var A-1 и AE And, а

также один галактический LBV кандидат MN112. Спектры в оптическом диапазоне для всех объектов были получены на 6-м телескопе БТА САО РАН при помощи редуктора светосилы SCORPIO. Фотометрические данные в фильтрах UBVR_I для объектов также получены на SCORPIO.

Инфракрасные спектры получены на 3.5-м телескопе обсерватории Апачи-Пойнт с помощью ИК-спектрографа TripleSpec. Для нескольких объектов была проведена фотометрия в ближнем ИК диапазоне на 3.5-м телескопе обсерватории Апачи-Пойнт. Для изучения объектов также широко использовались данные фотометрических каталогов LGGS, 2MASS, SDSS, Pan-STARRS и др., а также архивные спектральные и фотометрические данные, полученные другими авторами.

Для исследования в нашей Галактике было выбрано 9 сверхгигантов (в основном класса светимости Ia) спектральных классов от O9.5 до A1 и три звезды сравнения – один сверхгигант (класса светимости Ib) и два карлика соответствующих классов. Спектральные данные для этих объектов отобраны из архивов кудэ-эшелле-спектрометров 1-м телескопа САО и 2-м телескопа обсерватории Терскол, которые обеспечивают регистрацию спектра от 3400 до 10100 Å с разрешениями 40000 и 45000 соответственно. Первичная редукция ПЗС-изображений проведена в контексте ECHELLE системы MIDAS. Окончательная обработка выполнена с помощью программы DECH.

Экстракция длиннощелевых спектров объектов в M31 проводилась с помощью специально разработанной в ходе выполнения работы программы SPEXTRA, позволяющей экстрагировать спектры объектов в тесных звездных полях, с налагающимися туманностями или находящимися в условиях сильного фона.

Во второй главе представлены результаты спектрального и фотометрического исследования объектов в галактике M31 и звезды MN112.

На слайде представлены оптические спектры пяти объектов выборки в галактике Туманность Андромеды и галактического LBV кандидата MN112 в

голубой области спектра. В подавляющем большинстве это эмиссионные спектры. В них отождествлены основные спектральные линии: водородные линии серии Бальмера, HeI, FeII, [FeII]. Два объекта J004143 и MN112 имеют линии с профилями P Cyg. Более того, они спектрально близки к самой P Cyg — одной из самых известных LBV звезд.

На следующем слайде представлены результаты спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне. Инфракрасные спектры в целом соответствуют оптическим: в них также видны линии водорода, гелия, железа. Объект J004415, как и в оптике, демонстрируют сильные линии запрещенного железа, характерные для B[e]-сверхгигантов. Почти все спектры получены впервые для данных звезд.

Перейдем к наиболее интересным результатам, полученным в ходе спектрального и фотометрического исследования звезд в галактике M31. Для объекта J004526, который ранее был отмечен как горячий LBV кандидат, была обнаружена сильная фотометрическая переменность порядка 1 звездной величины. Переменность такой амплитуды является одним из главных критериев для классификации LBV звёзд. В ходе спектрального мониторинга обнаружена также существенная переменность объекта, характерная для LBV и связанная с переходом звезды из «холодного» состояния в «горячее». По спектральной и фотометрической переменности звезда классифицирована как LBV.

Другим интересным объектом исследования в галактике M31 являлся J004341, который за спектральную схожесть назван аналогом P Cyg в галактике M31. Для звезды была обнаружена фотометрическая переменность с 2010 по 2021 порядка 0.4 звездной величины с общим трендом увеличения блеска более 0.1 звездной величины. При этом соответствующее изменение цвета объекта полностью соответствует поведению LBV, когда звезда становится холоднее и ярче. Спектр объекта показывает линии водорода, He I, FeIII имеющие форму P Cyg. Выявлена переменность линии He II 4686, указывающая на LBV нестабильность у звезды. Звезда также классифицирована как LBV.

В третьей главе на основе полученных и архивных данных были построены спектральные распределения энергии объектов в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах. Для примера на слайде приведены спектральные распределения энергии подтвержденных B[e]-сверхгигантов J004417.10 и J004444.52 по данным БТА/SCORPIO, обсерватории Апачи-Пойнт, архивным данным LGGS, 2MASS. В спектральных распределениях энергии объектов наблюдается значительный избыток в ближнем ИК диапазоне, связанный с наличием горячей пылевой оболочки и являющийся характерной особенностью и одним из классификационных критериев B[e]-сверхгигантов.

Параметры непременных звезд в M31 были оценены в ходе моделирования спектральных распределений энергии:

- сначала были оценены примерные интервалы температур звёзд по спектрам;
- затем в результате аппроксимации спектрофотометрических данных чернотельным спектром с учетом ограничений по температурам были оценены величины межзвездного поглощения, радиусы и светимости звезд.

На слайде представлены результаты моделирования спектральных распределений энергии гипергиганта J004507 и LBV кандидата MN112.

Для LBV звезд был предложен метод оценки их параметров, основанный на свойстве менять блеск в оптическом диапазоне при примерно постоянной светимости. В этом случае, аппроксимируя спектральные распределения энергии в различных состояниях звезды и накладывая соответствующие ограничения на параметры температуры и межзвездного поглощения, удастся более точно определить параметры звезды в этих состояниях. Используя метод, были получены оценки эффективных температур LBV звезд Var A-1 и AE And в трех различных состояниях. После апробации на известных LBV звездах метод был применен для оценки параметров подтвержденных в работе LBV звёзд J004526 и J004341 в двух различных состояниях.

На основе проведенных спектральных и фотометрических исследований, анализа спектральных распределений энергии и полученных параметров звезд была проведена их классификация: у двух кандидатов подтвержден статус LBV, три звезды классифицированы как B[e]-сверхгиганты, две звезды — как теплые гипергиганты, одна звезда отнесена к классу железных эмиссионных звезд. На слайде представлены результаты определения параметров исследовавшиеся звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела.

Четвертая глава посвящена спектральному атласу сверхгигантов в галактике Млечный Путь. В атласе сопоставлены спектры высокого разрешения 9 сверхгигантов спектральных классов от O9.5 до A1. В интервале 3600-7800 Å отождествлено от 200 до 1000 звездных и межзвездных линий и полос. Для большинства из них измерены центральные остаточные интенсивности и гелиоцентрические лучевые скорости.

Положения, выносимые на защиту:

1. Подтверждён статус LBV для двух кандидатов J004526.62+415006.3, J004341.84+411112.0 в галактике Туманность Андромеды на основе обнаруженной характерной спектральной и фотометрической переменности по данным, полученным на телескопе БТА САО РАН.
2. По результатам спектроскопического и фотометрического анализа для шести звёзд в галактике Туманность Андромеды проведена классификация объектов. Звёзды J004417.10+411928.0, J004444.52+412804.0, J004415.00+420156.2 классифицированы как B[e]-сверхгиганты по наличию в их спектрах характерных линий [FeII], [OI], [CaII], 12CO, а также обнаруженных избытков излучения в ближнем инфракрасном диапазоне, связанных с наличием тёплой пыли. Подтверждена классификация двух звёзд J004507.65+413740.8, J004621.08+421308.2 как теплых гипергигантов. Объект J004411.36+413257.2 отнесен к типу FeII-эмиссионных звёзд.

3. Определение фундаментальных параметров (эффективные температуры, радиусы, светимости) у 8 звёзд в галактике Туманность Андромеды и звезды MN112 в галактике Млечный Путь на основе наблюдаемых спектральных линий и спектральных распределений энергии объектов. Определение параметров двух известных звёзд LBV Var A-1, AE And и двух подтвержденных LBV J004526.62+415006, J004341.84+411112.0 на основе нового метода оценки параметров LBV звёзд в двух и более различных состояниях. Для всех звёзд получены оценки величин межзвёздного поглощения.
4. Спектральный атлас девяти сверхгигантов (O9.5I–AI) в нашей Галактике. У каждого объекта отождествлено от 200 до 1000 линий, а также межзвёздных линий и полос, для большинства из которых измерены центральные остаточные интенсивности и гелиоцентрические лучевые скорости. Выявлены радиальные градиенты скорости в атмосферах изучаемых сверхгигантов. Уточнен класс светимости для двух звёзд в Галактике: звезда HD13854 классифицирована как сверхгигант Ia, а HD12953 – как гипергигант Ia-0.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Однородным методом исследовано 12 звёзд высокой светимости в галактике M31 на основе спектроскопии и фотометрии, выполненных на телескопе БТА САО РАН и 3.5-метровом телескопе обсерватории Апачи-Пойнт, и архивных данных.
2. Представлены результаты инфракрасной спектроскопии, впервые выполненной для 10 изучаемых объектов в галактике M31.
3. По результатам спектроскопического и фотометрического анализа проведена классификация объектов в галактике M31 либо ее уточнение. Двум кандидатам J004526.62+415006.3, J004341.84+411112.0 присвоен статус LBV, три звезды J004417.10+411928.0, J004444.52+412804.0,

J004415.00+420156.2 классифицированы как В[e]-сверхгиганты. Подтверждена классификация двух звёзд J004507.65+413740.8, J004621.08+421308.2 как теплых гипергигантов. Звезда J004411.36+413257.2 отнесена к типу FeII-эмиссионных звезд.

4. На основе спектроскопии и спектральных распределений энергии получены оценки фундаментальных параметров всех представленных в работе звёзд в галактике M31 и LBV кандидата MN112, в частности, эффективной температуры, болометрической светимости и межзвёздного поглощения.
5. Представлен новый метод оценки фундаментальных параметров LBV звёзд, основанный на изменении их спектрального распределения энергии при приблизительно постоянной болометрической светимости в течение цикла переменности S Dor. С помощью этого метода определены звёздные параметры для двух известных звёзд LBV Var A-1, AE And и двух подтвержденных LBV J004526.62+415006, J004341.84+411112.0 в двух и более различных состояниях.
6. Разработано программное обеспечение для оптимальной экстракции длиннощелевых спектров в тесных звёздных полях, объектов с налагающимися туманностями, звёзд, находящихся в условиях сильного фона.
7. Составлен спектральный атлас девяти сверхгигантов спектральных классов от O9.5 до A1 в галактике Млечный Путь. Выявлены радиальные градиенты скорости в атмосферах изучаемых сверхгигантов. Уточнен класс светимости для двух звёзд в Галактике: звезда HD13854 классифицирована как сверхгигант Ia, а HD12953 — как гипергигант Ia-0.

Апробация работы приводилась на 12 всероссийских и международных конференциях. Результаты работы опубликованы в 9 изданиях, 6 из которых рекомендованы ВАК. Личный вклад автора представлен на слайде.

У меня все. Спасибо за внимание!

Председатель:

Будем задавать вопросы.

Моисеев А.В.:

У меня короткие вопросы, конкретно по спектрам. В главе 2, в начале, вы показали там спектры инфракрасные. Там был удивительный спектр — совершенно плоский. Что это такое?

Саркисян А.Н.:

Это звезда гипергигант. На самом деле, там есть мелкие абсорбции. Просто тут такой масштаб, может быть, не совсем удачный.

Моисеев А.В.:

Сигнал-шум там хороший, да?

Саркисян А.Н.:

В принципе, да.

Моисеев А.В.:

И второе. У вас в третьей главе показано, как у вас вписывается спектр чернотельный в распределение энергии. У вас начиная с 1 микрона явно не подходит черное тело, это вы чем объясняете?

Саркисян А.Н.:

В данном случае, например, на нижней панели — это звезда MN112, это LBV кандидат. При аппроксимации мы не использовали эту область, потому что там есть вклад тормозного излучения, или пыли, или того и другого.

Моисеев А.В.:

А, ну то есть так и должно быть?

Саркисян А.Н.:

Да.

Моисеев А.В.:

Спасибо большое.

Романюк И.И.:

Вы сказали в начале доклада, что использовали свои программы обработки спектров. А зачем? Миллионы таких программ существуют. Или они вас не удовлетворяли? Чем ваша программа лучше тех, которые уже есть?

Саркисян А.Н.:

Программа, о которой идет речь, она специально была разработана для ситуации, когда есть тесные поля, когда могут налагаться туманности или другие звезды. Зачастую у нас борьба с туманностями и не хватает визуализации в других программах. В разработанном софте было так сделано удобно, чтобы не мучиться, так скажем.

Романюк И.И.:

Спасибо.

Васильев Е.О.:

У меня, собственно, продолжение вопроса Леши Моисеева. Есть два слайда с явными отличиями. Там пылевая часть, вы сказали, а там более близко к этому...

Саркисян А.Н.:

Да.

Васильев Е.О.:

Это два каких-то класса?

Саркисян А.Н.:

Не совсем так. Например, пылевой вклад наблюдается у В[e]-сверхгигантов, но может наблюдаться также и у гипергигантов, например, или у железных эмиссионных звезд. Более плавный — это такая история, как раз скорее, у LBV звезд — это тормозное излучение. Хотя тормозное излучение может быть и у В[e]-сверхгигантов, на самом деле. И там получается тогда комбинация и того, и того. Поэтому мы сознательно избегали инфракрасной области, старались аппроксимировать до того, в оптике.

Васильев Е.О.:

Спасибо.

Левшаков С.А.:

Не могли бы вы несколько слов сказать о методе определения масс и его достоверности, точности?

Саркисян А.Н.:

В данной работе массы не определялись.

Левшаков С.А.:

Ну в принципе для этих звезд высокой светимости как это делается? Они же одиночные звезды.

Саркисян А.Н.:

На этом слайде показаны эволюционные треки. Определяются параметры звезд и накладываются на треки. Но это будет сделано в следующей итерации исследований этих объектов.

Председатель:

Прошу, следующий вопрос.

Панчук В.Е.:

У меня два вопроса, но короткие. Первый. В разных текстах написано о наблюдениях на 3.5-м Апачи-Пойнт на спектрографе TripleSpec. Это чья заявка, кто наблюдал? Потому что у вас уже есть два соавтора, которых уже нет, это Гварамадзе и Евгений Леонидович Ченцов. Я в связи с этим хотел бы услышать ответы на два вопроса. Один: TripleSpec. Какое вы имеете к этому отношение? Ваша заявка или ваше совместное наблюдение? Это раз. Потому что в «Личном вкладе» это как-то так обходится. И второе — это хорошо известный атлас сверхгигантов. Что там ваше? Отождествление, выделение спектральных подклассов и так далее? Т.е. личный вклад.

Саркисян А.Н.:

Спасибо за вопрос. По поводу TripleSpec — это совместная заявка наша, моих коллег в том числе, и Дмитрия Бизяева, который, собственно, работает на этой обсерватории. Он и наблюдал по этой программе. Что касается личного вклада, то

в спектральном атласе — это обработка спектральных данных, отождествление спектральных линий наравне с Ченцовым Евгением Леонидовичем, в соавторстве с которым была выполнена эта работа.

Панчук В.Е.:

Спасибо, я удовлетворен ответом.

Председатель:

Кто-то еще хочет задать вопрос?

Горанский В.П.:

Я увидел у вас в спектрах холодное и горячее состояние объектов — одного или не знаю, сколько их. Эти спектры очень похожи на классические новые, и там холодное состояние объясняется тем, что на горячий белый карлик выпадает холодный газ с соседнего компонента. Не можете ли вы сказать, с чем связаны эти холодные и горячие состояния и не может ли этот процесс напоминать классические новые, если это двойные системы?

Саркисян А.Н.:

Мне сложно как-то прокомментировать сравнение со сверхновыми...

Горанский В.П.:

Классическими новыми.

Саркисян А.Н.:

Здесь речь идет о LBV звездах, и эти спектральные изменения связаны с изменением ветра звезд.

Председатель:

Вопрос был задан немножко в другом плане. Как это отличается с теми вещами, которые в классических новых?

Саркисян А.Н.:

Наверно, никак, не знаю.

Председатель:

Есть еще вопросы? Пока люди думают, я задам свой. Вы говорили для нескольких

объектов был выполнен мониторинг, найдена переменность. О каких временах характерных идет речь?

Саркисян А.Н.:

Речь идет о спектральном мониторинге?

Председатель:

Да.

Саркисян А.Н.:

Например, на этом слайде — здесь с 2011 по 2019 год мониторинг, на этом...

Председатель:

Ну, характерное время можете назвать? Годы, да?

Саркисян А.Н.:

Да, годы.

Председатель:

Еще есть вопросы? Пока не вопросов. Я хочу уточнить еще процедуру учета межзвездного поглощения. Вы брали для Андромеды какое-то одно значение или как-то определяли?

Саркисян А.Н.:

Величина межзвездного поглощения определялась из моделирования спектральных распределений.

Председатель:

А какой-то учет значительного — для таких объектов — около звезд?

Саркисян А.Н.:

Около звезд?

Председатель:

Не разделяли вы эти вещи, нет?

Саркисян А.Н.:

Нет, не разделяли.

Председатель:

Вообще-то это можно. Я видела на некоторых спектрах — там DIB стоит отождествлен. То есть все-таки можно отделить полное поглощение от межзвездного. На будущее, да?

Саркисян А.Н.:

На будущее — да. Спасибо!

Председатель:

Есть еще вопросы? Не вижу. В таком случае мы можем завершить. Спасибо за доклад. И мы переходим уже к официальным отзывам. У нас сейчас отзыв руководителя работы. У нас присутствует Ольга Николаевна. Она может его зачитать.

Шолухова О.Н.:

(зачитывает отзыв руководителя работы)

Председатель:

Спасибо большое. И нам нужно зачитать заключение нашей организации.

Секретарь:

(зачитывает заключение с места выполнения работы)

Председатель:

Спасибо, Иосиф Иванович. И мы переходим к официальным отзывам оппонентов. У нас присутствует Малков Олег Юрьевич. Прошу представить.

Малков О.Ю.:

Уважаемые коллеги, здравствуйте! Работа мне понравилась! Выполнена добротнo, изложена понятно и интересно. Ну это тоже можно объяснить, поскольку объекты интересные. Они с одной стороны малочисленные, а с другой — практически в одиночку определяют химию галактик в известной степени и фотометрию даже. Ну, теперь официальные слова.

(зачитывает отзыв)

Председатель:

Спасибо большое. Аркадий, вам надо ответить на замечания, вопросы.

Саркисян А.Н.:

Спасибо, Олег Юрьевич, за отзыв и замечания! С техническими замечаниями я, конечно, согласен. Что касается нераскрытости темы связи звезд высокой светимости со скоплениями. Да, я в принципе тоже согласен с замечанием. Действительно, эта тема популярна в последнее время, на фоне недавних исследований изолированности LBV звёзд и вытекающей отсюда критики классического сценария эволюции LBV звёзд. Но, поскольку эти вопросы прямо не были связаны с исследованиями в работе, я не стал на них концентрироваться.

Председатель:

Вас устраивает ответ?

Малков О.Ю.:

Да, вполне! Спасибо!

Председатель:

Спасибо большое. У нас отзыв второго оппонента должен был прозвучать через сеть. Тарасов.

Тарасов А.Е.:

Есть-есть!

Председатель:

Есть?

Тарасов А.Е.:

Есть! Меня слышно? Давайте докладывать.

Председатель:

Можем начинать.

Тарасов А.Е.:

Спасибо! Я приветствую совет, активно работающий в течении длительного промежутка времени! Очень приятно!

(зачитывает отзыв)

Диссертационная работа выполнена, по моему мнению, протекционистом. Поэтому больших замечаний нет. Она легко читается, все понятно. Методы обработки и получения результатов прекрасно описаны в рамках того ограниченного текста, который представляет из себя кандидатская диссертация. В заключение хочу сказать, что это уже вторая рецензируемая мною работа по звездам высокой светимости в соседних галактиках. И мне очень приятно, что в САО формируется такая школа, которая позволяет производить такие качественные детальные наблюдения. Надеюсь, что я еще увижу диссертации молодых сотрудников, которые выполнены с такой аккуратностью и на таком высоком уровне. Спасибо за внимание!

Председатель:

Спасибо большое за отзыв. Аркадий, вы хотите ответить?

Саркисян А.Н.:

Я хочу поблагодарить Анатолия Евгеньевича за положительный отзыв. Спасибо большое!

Тарасов А.Е.:

Пожалуйста!

Председатель:

В завершение у нас есть еще один отзыв — отзыв ведущей организации. Мы просто попросим его зачитать исполняющего обязанности секретаря.

Секретарь:

(зачитывает отзыв ведущей организации)

Председатель:

Спасибо, Иосиф Иванович.

(диссертанту) Вы хотите что-то сказать по поводу замечаний, возразить?

Саркисян А.Н.:

Я согласен с техническими замечаниями, такими как «объекты не по порядку» и «жаргонные выражения».

По поводу введения я хотел бы дать комментарий, что работа посвящена преимущественно классификации звезд высокой светимости. Это направление исследований в последние годы наиболее полно представлено циклом работ Хамфрис и др. Соответственно, обширность работ этой группы по тематике отразилась в обзоре литературы. Что касается связи звезд высокой светимости со сверхновыми, то в силу направленности работы некоторые аспекты, прямо не связанные с направлением работы, были опущены во введении.

По поводу «не хватает визуализации данных на диаграмме Гецшпрунга-Рассела». Действительно, в презентации я привел эту диаграмму, а в работе — нет, поскольку, к сожалению, нередко разделение звезд высокой светимости на этой диаграмме не очевидно. И, в частности, для исследовавшихся звезд диаграмма не дает в плане классификации какой-то новой информации. Поэтому я не привел ее в диссертации.

Что касается оценок масс, то, как я уже отвечал на вопрос при обсуждении, планируется провести оценки масс при дальнейшем исследовании звезд.

Председатель:

Хорошо! Мы завершили официальную часть и переходим к свободной дискуссии. Прошу желающих.

Горанский В.П.:

Диссертация очень высокого качества, как и другие работы спектральные, которые делаются в САО, — самого высокого качества. И я присутствую уже на второй защите, которая посвящается LBV, исследованию LBV. Да здесь еще и фотометрия самого высокого качества — распределение энергии. И тут возникают некоторые вопросы такого рода. У нас ведь главная LBV — η Carinae. Знаете, наверное? Это двойная система, взаимодействующая, т.е. вопрос о двойственности. Тут нам еще был один подарочек. На одну из звезд случай 15 DH — объект. Это когда на звезду типа LBV произошла аккреция, но в связи со слиянием. Кончилось это взрывом сверхновой. Причем в спектре появились очень

сильные линии FeII, которые мы наблюдаем вот в этих спектрах в холодном состоянии. Теперь смотрите классические новые: во вспышке они становятся очень горячими, но в максимуме вспышки иногда появляются повторные вспышки, в которых звезда при поярчании становится холодной. Почему? Потому что холодное вещество с соседней звезды неожиданно падает на эту звезду и начинается тот самый звездный ветер, и из-за холодного вещества получается как бы холодный взрыв. Вот может быть здесь собака и зарыта, почему у LBV бывают холодное и горячее состояние? И это все ведь из наших отличных наблюдений! Можно просто, может даже, на глаз увидеть. Т.е. в распределении энергии мы видим компонент, с которого возможна аккреция. Но вот эти все исследования, которые ведутся у нас, вообще даже не подозревают, что там могут быть какие-то компоненты и их взаимодействие. Но, может быть, даже и само явление LBV связано с существованием вот таких вот массивных компонентов у массивной звезды, из-за чего и холодный ветер этот появляется, и горячее состояние. Вот я на что хотел обратить внимание, что работы у нас очень высокого качества, но тут нужно посмотреть еще на многое другое и выявить, решать такого рода вопросы, хотя бы о двойственности.

Председатель:

Это работа на будущее. Тут же речь идет не только о таких объектах. Не всё сразу!

Горанский В.П.:

Но там всё видно — представляете?

Председатель:

Недавний результат по LBV 12 в ассоциации Cyg OB 2. ...У нас на шестиметровом телескопе несколько лет назад только была обнаружена двойственность, а возможно, и третий компонент этой системы — звезда 12 в Cyg OB2. Всё впереди! Для этих объектов, для некоторых, возможно. Сейчас это очень модная, как теперь говорят, актуальная тема разрешения очень массивных объектов на компоненты, менее массивные. И тогда физика становится проще. Но это всё впереди.

Так, кто у нас еще хочет выступить?

Моисеев А.В.:

Скажу, наверное, тоже чуть-чуть о работе на будущее. Потому что мне здесь кажется важным то, что в работе кроме спектроскопии БТА используются, и не просто используются, а взяты ИК спектры. Как подчеркивается в личном вкладе, выполнена диссертантом их первичная обработка. Это очень важно, что начинают появляться люди, которые могут работать именно с сырыми инфракрасными данными. Это вообще очень нетривиально. А с учетом того, что все-таки ненулевая вероятность все-таки еще пока есть, что у нас появится свой инфракрасный спектрограф на БТА (он потихоньку появляется, просто очень медленными шажками), то, я считаю, очень хорошо, что у нас уже будут те, кто сможет работать с этими данными.

Председатель:

Вы всё-таки оценку дайте работе. Потому что вы сказали о работе на будущее.

Моисеев А.В.:

Ну, это как раз подчеркивает, что работа совмещает в себе и хорошую спектроскопию БТА, и в общем-то перспективное направление работы. Опять таки, в рамках одной работы идет анализ разнообразных материалов. Причем там нетривиально различаются процедуры редукции, насколько я знаю. Это важный момент.

Председатель:

Это да, это самый важный момент. Так, кто-то еще хочет высказаться?

Васильев Е.О.:

Я коротко. Собственно любые исследования экстремальных объектов, а здесь у нас и довольно экстремальные, они очень ценны. И создание каких-то атласов, каталогов, очень ценно не только с методической точки зрения, но с физической. Поэтому работа очень интересная и хорошая. Я буду голосовать «за». Спасибо!

Председатель:

Хорошо.

Романюк И.И.:

Я кратко. Аркадий работает в САО уже 18 лет, в соседней лаборатории. Думаю, что он мог бы защититься и раньше. Ну как получилось — так получилось. Работа посвящена экстремально слабым объектам. В России нигде, кроме БГА, такие наблюдения выполнить невозможно. Я присоединяюсь к мнению оппонентов и ведущей организации и призываю голосовать за эту работу.

Председатель:

Еще кто-нибудь?

Панчук В.Е.:

Я буду мягким, но конкретным, потому что мы еще не на банкете, а участвуем в научной дискуссии. Что я хотел сказать, что я не услышал в докладе, — немножко объяснить ситуацию, которая в САО по LBV. На самом деле в САО по LBV есть, как говорится, два направления, две группировки, работа которых определяется техническими средствами. Значит, спектроскопия высокого разрешения. Я напомню, что LBV все-таки начал заниматься Евгений Леонидович Ченцов еще в прошлом веке. Это детальные профили и тонкое изучение, как живут профили. Это то, чего вы не увидите никогда на спектроскопии среднего разрешения. Поэтому люди, которые занимаются LBV где-то подальше — это спектроскопия среднего разрешения и немножко мониторинга, потому что темное время и на фотометрию, на ряды и все такое. Спектроскопия высокого разрешения — это детальное изучение профилей и их эволюции, если есть такая возможность. И вот как раз та работа, которую выполнил Евгений Леонидович с Аркадием Норайровичем — это спектроскопия высокого разрешения, это атлас. В чем здесь была молодого аспиранта первого года обучения...

Левшаков С.А.:

Высокое разрешение — это какое?

Панчук В.Е.:

Большое.

Левшаков С.А.:

Ну, в смысле? В цифрах?

Панчук В.Е.:

Ну, на Цейссе — это 35 000. У нас — это 80 000, крейсерская — 60 000.

Левшаков С.А.:

В км/с это сколько?

Панчук В.Е.:

Это в физтехе, там...

Левшаков С.А.:

Это важно, потому что звезды большой массы должны давать большое гравитационное смещение и вы можете начать их мерить, если у вас высокое разрешение.

Председатель:

Это сверхвысокое!

Панчук В.Е.:

Нет-нет, мы этого никогда не видим. Центры масс нужно знать — всё, закрыли вопрос...

...Значит, и вот его вклад — как аспирант первого года обучения он построил атлас. Ну понятно, Евгений Леонидович, но на Цейссе-1000 была короткая маленькая матрица. Для того чтобы слепить атлас из... Вот вклад, когда приходит молодой человек, который умеет из этого всего сделать атлас, и атлас хороший, правильный. Т.е. здесь нет никаких проблем, то здесь развивается, как говорится... Да действительно, можно было эти работы — вот то что говорили, кроме Роберты Хамфрис — можно было сослаться на те работы, в которых наши принимают участие. Но это нестрашно.

Второе — инфракрасные спектры. Инфракрасные спектры — это теллурические спектры, это вода и всё такое. Значит, здесь нигде, ни в одном моменте... Это так, замечание туда, вдогонку, на всякий случай. ...Как убираются теллурические спектры, которые, понятно, ведут себя так, как ведет себя атмосфера. Она ведет себя здесь так, на Апачи-Пойнт — немножко иначе. И учет аппаратной функции. Значит, все программы учета аппаратной функции, они, конечно, все хорошие, каждая новая программа еще лучше всех. Но там результат зависит от того, какой спектрограф. Одна из заслуг Афанасьева — извините, что опять напоминаю — это качественная аппаратная функция по высоте щели. Но на среднем разрешении вы не можете, физически и фундаментально, вы не можете вычестить узкие линии воды, ширина которых определяется температурой нашего положения...

Левшаков С.А.:

Володь, мы это все знаем.

Панчук В.Е.:

Ага. Всё, я тогда закончил.

Я оцениваю работу положительно. Да, долго, да. Но ничего — Аркадий делает со своей скоростью, ничего страшного.

Председатель:

Спасибо. Кто-то еще хочет сказать? Пожалуйста.

Тихонов Н.А.:

Ну сразу скажу, что работа очень интересная. В ней очень много наблюдательных данных. Безусловно автор и работа заслуживают степени кандидата физ.-мат. наук. Я вот что хочу сказать. Интерес к сверхмассивным звездам в общем-то и для галактик несомненен, потому что это изменение химического состава среды. Это важно и, в конце концов, для нас, потому что мы, все сидящие, состоим из остатков этих самых сверхмассивных звезд. Но эволюция звезды зависит, вообще говоря, от трех параметров — от первоначальной массы, от хим. состава и от наличия близких соседей. Так вот, если в этой трехмерной сетке разбираться, то,

по крайней мере, чтобы понять, надо зафиксировать хотя бы некоторые параметры. Так вот здесь как раз для Андромеды и Млечного Пути зафиксирована металличность, поскольку обе галактики — это высокометаллические галактики. И тогда уже можно разбираться, как эволюционируют эти самые сверхмассивные звезды. В работе приведены очень многие наблюдательные данные. Причем надо помнить, что это долговременные наблюдения, потому что для того, чтобы подтвердить, что звезда относится к LBV звездам, надо именно временные пики. Хочу сказать, что здесь никто не говорил. Кроме того, что зафиксирована металличность для двух галактик, ведется работа, я знаю, для галактик другой металличности. Т.е., по крайней мере, сетка эта расширяется (и Саркисян А.Н. участник в таких работах) не только для высокометаллических, но и для более низкометаллических галактик. Так что я думаю, что в будущем эта работа будет еще продолжена. Собственно говоря, у меня всё. Как я уже сказал — работа отличная.

Председатель:

Так. Кто-то еще хочет сказать? У меня тоже было выступление, но я воздержусь и ничего практически сложного не буду говорить. Я хорошо оцениваю эту работу. Думаю, у нее есть будущее. Так что надо нам голосовать.

Секретарь:

Давайте голосовать.

Шолухова О.Н.:

Последнее слово.

Председатель:

Давайте, Аркадий.

Саркисян А.Н.:

Я бы хотел сказать слова благодарности. В первую очередь диссовету, конечно. Еще раз хочу поблагодарить оппонентов Олега Юрьевича и Анатолия Евгеньевича, а также ведущую организацию в лице Ирины Александровны за

отзывы на работу и замечания. Хотел бы также поблагодарить своего руководителя Ольгу Николаевну за руководство работой и за всестороннюю помощь при ее выполнении; Сергея Николаевича Фабрику за наставничество и научные идеи; Валерия Валентиновича Власюка, под руководством которого я учился в аспирантуре; Ченцова Евгения Леонидовича за сотрудничество и огромную поддержку; своих коллег Винокурова, Соловьеву, Валеева, Костенкова за ценные замечания и всеобъемлющую помощь при выполнении работы; Николая Александровича Тихонова за советы по выполнению работы; свою супругу и семью за поддержку и заботу; весь коллектив обсерватории — за нашу обсерваторию.

Председатель:

Хорошо. А теперь я выберу членов комиссии: Дмитрий Макаров, Сергей Трушкин...

Трушкин С.А.:

Опять?

Председатель:

Ну, нас не так много, к сожалению.

Трушкин С.А.:

Ничего себе! Это эксплуатация.

Председатель:

Так, самоотвод, да? Марат Мингалиев. Юрий Владимирович, поработаете в комиссии? Это не так долго. Кто за такой состав счетной комиссии? Пожалуйста, голосуем. Кто против? Воздержавшихся нет? Давайте приступать.

(проводится процедура тайного голосования)

Председатель:

Даю слово председателю счетной комиссии.

Мингалиев М.Г.:

Коллеги, прошу внимания. Состав счетной комиссии: Глаголевский, Макаров, Мингалиев — председатель. Оглашаю результаты комиссии. Присутствовало на заседании 14 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации — 13. Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук Саркисяну Аркадию Норайровичу: «За» — 12, «Против» — 1, «Недействительных» — 1. Председатель и соответствующие члены комиссии.

Председатель:

Голосуем за такие результаты. Кто против? Кто воздержался?

В таком случае мы поздравляем Аркадия с хорошей защитой, с хорошим результатом.

Председатель:

На сегодня все?

Секретарь:

А заключение?

Председатель:

Надо собрать замечания по заключению.

(члены совета обсуждают проект заключения)

Секретарь:

Давайте голосовать за заключение.

Председатель:

Все за? Сачков, за? Все! Прекрасно!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.203.01 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 3 октября 2022 г. № 148

О присуждении Саркисяну Аркадию Норайровичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Звезды высокой светимости в галактиках Туманность Андромеды и Млечный Путь» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 28 июля 2022 г., протокол № 137, 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, Саркисян Аркадий Норайрович, 1981 года рождения, в 2004 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ставропольский государственный университет» по специальности ИВС0061129 «Физика». С 1.10.2004 г. по 30.08.2007 г. проходил обучение в очной аспирантуре САО РАН по специальности 01.02.03 «Астрофизика и радиоастрономия», на данный момент работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории физики звёзд 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 – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики звёзд САО РАН Шолухова Ольга Николаевна.

Официальные оппоненты:

1. Малков Олег Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом физики звездных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт астрономии Российской академии наук;

2. Тарасов Анатолий Евгеньевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела физики звезд Крымской астрофизической обсерватории РАН

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет", г. Ростов-на-Дону, в своем положительном заключении, подготовленном кандидатом физико-математических наук, доцентом, зав. кафедрой физики космоса Ачаровой Ириной Александровной, одобренном на объединенном астрофизическом семинаре кафедры физики космоса ЮФУ и отдела радиофизики и космических исследований Научно-исследовательского института ЮФУ 23 августа 2022 года, утвержденном Проректором по научной и исследовательской деятельности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», доктором химических наук А. В. Метелицей, указала, что диссертация является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а её автор Саркисян А.Н. безусловно заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации (общим объемом 93 страницы), 6 из которых напечатаны в рецензируемых журналах. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Chentsov E. L., Sarkisyan A. N. Spectral atlas of O9.5-A1-Type supergiants, *Astrophysical Bulletin*, 2007, 62, 257–284.

2. Sholukhova O., Bizyaev D., Fabrika S., Sarkisyan A., Malanushenko V., Valeev A. New luminous blue variables in the Andromeda galaxy, *MNRAS*. 2015, 447, 2459–2467.

3. Sarkisyan A. N., Vinokurov A. S., Solovieva Yu. N., Sholukhova O. N., Kostenkov A. E., Fabrika S. N. SPEXTRA: Optimal extraction code for long-slit spectra in crowded fields, *Astrophysical Bulletin*, 2017, 72, 486–501.

4. Sholukhova O. N., Fabrika S. N., Valeev A. F., Sarkisian A. N., LBV Candidates in M31 and M33. Overview of 20 Years of the 6-m Telescope: Observations and Results, *Astrophysical Bulletin*, 2018, 73, 413–424.

5. Sarkisyan A., Sholukhova O., Fabrika S., Bizyaev D., Valeev A., Vinokurov, A., Solovyeva Y., Kostenkov A., Malanushenko V., Nedialkov P., Luminous blue variable candidates in M31, MNRAS, 2020, 497, 687–697.

6. Sarkisyan A., Sholukhova O., Fabrika S., Valeev A., Valcheva A., Nedialkov P., Tatarnikov A. Photometric and Spectroscopic Analysis of LBV Candidate J004341.84+411112.0 in M31, Research in Astronomy and Astrophysics, 2022, 22, 015022.

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. Проведена классификация по типам объектов шести звезд высокой светимости в галактике Туманность Андромеды на основе спектроскопического и фотометрического анализа. Подтвержен статус LBV для двух кандидатов J004526.62+415006.3, J004341.84+411112.0 в галактике Туманность Андромеды на основе обнаруженной спектральной и фотометрической переменности по данным, полученным на телескопе БТА САО РАН.
2. Определены фундаментальные параметры (температура и светимость) у 8 звезд в галактике Туманность Андромеды и звезды MN112 в галактике Млечный Путь. Для двух известных звезд LBV Var A-1, AE And и двух подтвержденных LBV J004526.62+415006, J004341.84+411112.0 параметры определены на основе предложенного нового метода.
3. Создан спектральный атлас девяти сверхгигантов (O9.5I–AI) в нашей Галактике. Уточнен класс светимости для двух звезд в Галактике: звезда HD 13854 классифицирована как сверхгигант Ia, а HD 12953 – как гипергигант Ia-0.

Теоретическая значимость диссертационной работы обоснована тем, что результаты, полученные соискателем, могут быть использованы для исследования звёзд высокой светимости, включая LBV звёзды, B[e]-сверхгиганты, тёплые гипергиганты и другие.

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

1. При выполнении диссертационного исследования получен большой объём наблюдательных данных на телескопах БТА САО РАН и 3.5-метровом телескопе обсерватории Апачи-Пойнт. Анализ полученных данных позволил расширить понимание физических процессов, происходящих в звёздах высокой светимости;
2. Определены фундаментальные параметры (температура и светимость) LBV звёзд, LBV-кандидатов, B[e]-сверхгигантов и теплых гипергигантов галактики M31. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для дальнейшего изучения таких звёзд;
3. Разработанное автором программное обеспечение для экстракции длинноцелевых спектров в тесных звездных полях позволяет значительно снизить вклад посторонних источников (туманность, фоновое излучение звезд родительской галактики) в спектр изучаемого объекта и может применяться для экстракции спектров звёзд в удаленных галактиках;
4. Созданный спектральный атлас сверхгигантов наглядно показывает эволюцию спектра сверхгиганта в интервале спектральных классов O9–A1 и оказывает большую помощь при отождествления спектральных линий и классификации звезд высокой светимости.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов работы определяется применением стандартных методов и программ при обработке фотометрических и спектральных данных. Классификация звёзд и определение параметров проводились современными методами, предложенными в различных работах. Результаты работы апробированы на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад автора в анализ данных, обсуждение и формулировку результатов равен вкладу других соавторов.

Подготовка программы наблюдений, обработка и анализ спектрального материала, полученного на инфракрасном спектрографе обсерватории Апачи-Пойнт, обработка спектральных и фотометрических данных, полученных на БТА САО РАН, выполнены автором. Разработка идеи и реализация метода экстракции спектров выполнена автором. Оценка фундаментальных параметров изучаемых звёзд и их классификация выполнены наравне с соавторами.

На заседании 3 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Саркисяну Аркадию Норайровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12 , против - 1, недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Клочкова В.Г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

03 октября 2022 г.