

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д002.203.01

протокол №106 от 3 ноября 2017г.

Председатель: доктор физ.-мат. наук, профессор  
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., Богод В.М. 01.03.02  
д.ф.-м.н., Верходанов О.В. 01.03.02  
д.ф.-м.н., Гаген-Торн В.А. 01.03.02  
д.ф.-м.н., Глаголевский Ю.В. 01.03.02  
д.ф.-м.н., Засов А.В. 01.03.02  
д.ф.-м.н., Мингалиев М.А. 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., Щекинов Ю.А. 01.03.02

**Председатель:** Доброе утро все присутствующие, коллеги. У нас председатель совета диссертационного отсутствует по уважительной причине, поэтому заседание этого совета проведу я - его заместитель - Клочкова Валентина Георгиевна. Кворум у нас имеется, поэтому мы можем начинать работу. К защите представлена, значит... представлена работа Митрофановой... Митрофановой Арины Алексеевны. Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанском (Приволжском) федеральном университете". Научный руководитель кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии соответствующего университета приволжского: Шиманский Владислав Владимирович.

Официальные оппоненты: Павленко Елена Петровна Крымская Астрофизическая Обсерватория, доктор физ.-мат. наук, старший научный сотрудник и Буренин Родион Анатольевич, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ИКИ.

Ведущая организация: Государственный Астрономический Институт имени Штернберга МГУ, Москва.

Пожалуйста, огласите состояние дел с документами.

**Секретарь:** К документам претензий нет. Все документы, необходимые для защиты кандидатской диссертации сданы вовремя и в полном объеме.

**Председатель:** Так. Если нет никаких вопросов по документам у членов дисс. совета, то мы перейдем к докладу. Пожалуйста, у вас 20 минут.

**Митрофанова А.А.:** Доброе...

**Председатель:** Я... секундочку... Прошу присутствующих убрать звук на ваших телефонах, потому что очень мешает, тем более, что у нас идет запись.

**Митрофанова А.А.:** Доброе утро, уважаемые коллеги! Представляю вашему вниманию результаты диссертационной работы по теме "Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения". Работа выполнена в Казанском Федеральном Университете под руководством Владислава Владимировича Шиманского.

Тесные двойные системы являются отдельным классом двойных систем, расстояние между компонентами которых сопоставимо с их размерами. Такие объекты имеют компоненту, заполняющую полость Роша на одном из этапов эволюции с последующим обменом масс. В рамках диссертационной работы исследовались три предкатаклизмические переменные и карликовая Новая типа WZ Sge.

Предкатаклизмические переменные представляют собой группу разделенных короткопериодических систем, прошедших стадию общей оболочки. Главной компонентой является белый карлик или горячий субкарлик низкой светимости, вторичной - звезда позднего спектрального класса, близкая к Главной последовательности. Предкатаклизмические переменные находятся на промежуточной эволюционной стадии между системами с общими оболочками и полуразделенными системами с аккрецией вещества. Предкатаклизмические переменные делятся на 3 группы в зависимости от продолжительности их существования после сброса общей оболочки -

это молодые с sdO-субкарликами, молодые с sdB-субкарликами и старые предкатаклизмические переменные.

Катаклизмические переменные - это отдельный класс тесных двойных систем. Главной компонентой является белый карлик, аккрецирующий вещество менее массивного красного карлика, поверхность которого превышает границу своей полости Роша. Карликовые Новые являются классом катаклизмических переменных с дисковой аккрецией, вспышки которых обусловлены нестабильностью аккреционных процессов в системах. В настоящее время среди карликовых Новых отдельно выделяют класс систем типа WZ Sge. У этих объектов как правило отсутствуют обычные вспышки малых амплитуд, характерные для карликовых Новых, а наблюдаются только супервспышки с увеличением блеска до  $9^m$ . Исследование тесных двойных систем на основе теоретического моделирования их излучения является сложной астрофизической задачей, поскольку предусматривает физически корректный учет разных механизмов взаимодействия их компонент.

Актуальность работы определяется интенсивным развитием методов теоретического моделирования излучения систем с взаимодействующими компонентами, в том числе вырожденными. Данные методики к настоящему времени достигли точности, обеспечивающей количественный анализ всех типов наблюдательных данных с определением фундаментальных параметров систем, происходящих в них процессов и механизмов излучения. Новые методики могут применяться как самостоятельно, так и в совокупности с уже имеющимися комплексами, что позволит повысить точность и эффективность существующих методов теоретического моделирования.

Целью работы было уточнение эволюционного статуса, определение фундаментальных параметров, механизмов взаимодействия и физического состояния компонент тесных двойных систем на основе численного моделирования их оптического излучения.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- Обработка наборов спектроскопических и фотометрических данных, полученных с помощью телескопов САО РАН и КФУ, для избранных тесных двойных систем;
- Разработка методики определения параметров предкатаклизмических... молодых предкатаклизмических переменных на основе теоретического моделирования их кривых блеска и спектров с использованием эволюционных треков ядер планетарных туманностей;

- Разработка методики анализа карликовой Новой типа WZ Sge с применением доплеровской томографии и теоретического моделирования ее спектров в низком состоянии. Определение параметров карликовой Новой типа WZ Sge;
- Анализ соответствия характеристик предкатаклизмических переменных соответствующим теориям их эволюционного и физического состояния. Определение избытков светимости вторичных компонент систем.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Работа объемом сто шестьдесят девять страниц содержит пятьдесят три рисунка и пятнадцать таблиц. Список литературы включает в себя сто восемьдесят шесть источников. Во Введении кратко сформулированы актуальность диссертационной работы, цели и задачи исследования, научная новизна работы, ее научная, методическая и практическая значимости, достоверность полученных результатов, положения, выносимые на защиту, и личный вклад автора в исследование. Также приводятся список конференций, на которых докладывались основные результаты работы, а также список статей и тезисов, в которых они были опубликованы. Первая глава диссертации посвящена обзору современных исследований ряда классов тесных двойных систем и более полному раскрытию актуальности диссертационной работы.

Вторая глава диссертации посвящена описанию проведения наблюдений и их обработке. Фотометрические наблюдения были получены на телескопе Цейсс-1000 САО РАН и RTT-150. Для предкатаклизмической переменной PN G068 была уточнена эфемерида системы, а для объекта RE 2013 эфемерида была построена впервые. Орбитальные кривые блеска исследуемых предкатаклизмических переменных имеют форму, близкую к синусоидальной, что указывает на преобладание в них эффектов отражения.

Все спектроскопические наблюдения были получены на телескопе БТА САО РАН. Изменение интенсивностей в... интенсивностей всех линий в спектрах предкатаклизмических переменных происходит синхронно с вариациями блеска систем, что указывает на их формирование под действием эффектов отражения. Каких-либо аномалий в эмиссионных спектрах объекта RE 2013, свидетельствующих о наличии хромосферной и вспышечной активности холодной компоненты, не обнаружено.

Спектроскопические наблюдения карликовой Новой типа WZ Sge были получены в фазе максимума вспышки системы, в фазе промежуточного падения блеска и в спокойном

состоянии системы. Спектры в фазе максимума вспышки указывают на преобладание излучения оптически толстого аккреционного диска с горячим пограничным слоем, что характерно для вспышек карликовых Новых типа WZ Sge. Спектры в фазе промежуточного падения блеска формируются в оптически тонком аккреционном диске. При сравнении спектров фазы релаксации и спокойного состояния системы можно видеть, что интенсивность абсорбций H $\beta$  увеличилась, то есть белый карлик остыл, а интенсивность и ширина эмиссий уменьшилась, то есть диск стал шире, но оптически тоньше. Ой, простите! Оптически тоньше.

Третья глава посвящена описанию используемой в диссертационной работе методики моделирования облучаемых атмосфер и их оптического излучения. А также описанию программного комплекса SPECTR, в котором реализуется эта методика. Метод включает в себя учет эффектов отражения и несферичности компонент. Изначально поверхности компонент разбиваются на сегменты с переменным шагом. Для каждого сегмента вычисляются локальные параметры необлученной атмосферы и характеристики падающего излучения. Структура облучаемой атмосферы рассчитывалась с использованием метода баланса функций нагрева и охлаждения звездного газа. В качестве стартовых использовались сеточные модели атмосфер Кастелли и Куруца.

Четвертая глава посвящена исследованию двух молодых предкатаклизмических переменных PN G068 и TW Crv, а также исследованию предкатаклизмической переменной RE 2013. Значения лучевых скоростей компонент систем определялись с использованием метода кросс-корреляции. Для определения параметров предкатаклизмических переменных использовалось теоретическое моделирование их кривых блеска и спектров. Наблюдательных данных для объекта PN G068 недостаточно чтобы определить параметры системы. Поэтому характеристики главной компоненты были взяты из эволюционных треков ядер одиночных... ядер планетарных туманностей разных масс. Для определения параметров систем достигалось корректное описание наблюдаемых кривых блеска в трех полосах теоретическими для выбранных эволюционных треков. С использованием полученных оценок параметров проводилось теоретическое моделирование спектров системы в фазах минимума и максимума блеска. Разница в наблюдаемых и теоретических интенсивностях линий в спектрах системы обусловлена незначительным отклонением химического состава вторичной компоненты от солнечного.

Из проведенного анализа следует, что объект PN G068 является молодой предкатаклизмической переменной. Главная компонента системы является одной из наиболее горячих среди подобных молодых предкатаклизмических переменных. У вторичной компоненты температура и радиус превышают стандартные значения для ее предполагаемой массы, что указывает на наличие избытка светимости вторичной компоненты, что также было найдено ранее у молодых предкатаклизмических переменных типа BE UMa.

В спектрах TW Crv разница в наблюдаемых и теоретических интенсивностях Боуэновской бленды, всех линий OII и линии NII обусловлена отклонением от ЛТР. У вторичной компоненты TW Crv также наблюдается наличие избытка светимости. Характеристики главной компоненты полностью соответствуют эволюционным трекам одиночных ядер планетарных туманностей

На слайде представлены положения вторичных компонент исследуемых молодых предкатаклизмических переменных на эмпирической зависимости их избытка светимости от продолжительности существования систем после сброса общей оболочки. Разница в рассчитанных в работе и получаемых из зависимости избытков светимости вторичной компоненты PN G068 скорее всего обусловлена низкой точностью определения эффективной температуры вторичной компоненты или завышенными оценками массы главной компоненты. Корректность полученного в работе набора параметров TW Crv подтверждается хорошим согласием рассчитанных в работе и получаемых из зависимости значений избытка светимости вторичной компоненты. Аналогичные избытки светимости вторичных компонент всех молодых предкатаклизмических переменных типа BE UMa обусловлены их продолжительной релаксацией к состоянию Главной последовательности после стадии общей оболочки.

В наблюдаемых спектрах RE 2013 эмиссионные компоненты линий водорода примерно на 70% превышают теоретические, также в теоретических спектрах отсутствуют линии HeI. Из чего следует, что линии HeI и частично HII формируются под воздействием эффектов флуоресценции. Полученный в работе набор параметров RE 2013 позволяет корректно описывать наблюдаемые кривые блеска и спектры системы. У вторичной компоненты системы отсутствует избыток светимости, поэтому систему нельзя классифицировать как молодую предкатаклизмическую переменную. В результате был введен новый класс предкатаклизмических переменных промежуточного возраста.

Таким образом результаты тре... четвертой главы следующие: определены параметры трех предкатаклизмических переменных и проведена классификация объектов, разработана методика ана... методика анализа физики предкатаклизмических переменных с ограниченным набором наблюдательных данных, предложен новый класс предкатаклизмических переменных промежуточного возраста, а также расширена зависимость "возраст-избыток светимости" на максимальное количество известных в настоящее время систем.

Значения лучевых скоростей карликовой Новой в фазе максимума вспышки рассчитывались с использованием метода кросс-корреляции, а в фазе промежуточного падения блеска и в спокойном состоянии системы - методом Шафгера. Были построены доплеровские томограммы для фаз промежуточного падения блеска и спокойного состояния системы. При сравнении томограмм этих двух фаз в линиях H $\beta$  и HeI можно видеть, что яркость диска уменьшилась. Пятно в томограммах, скорее всего, соответствует излучению струи вещества, перетекающего со вторичной компоненты, в месте ее столкновения с аккреционным диском.

Для определения параметров GSC 02197 использовалось теоретическое моделирование ее спектров в фазах промежуточного падения блеска и в спокойном состоянии. В континууме оптических спектров этих двух фаз преобладает излучение белого карлика. Моделирование широких... моделирование крыльев широких абсорбционных линий H $\beta$  проводилось с учетом требования постоянства силы тяжести на поверхности белого карлика в этих двух состояниях системы. Аналогичный подход был реализован Лонгом и др. для ультрафиолетовых спектров WZ Sge и ультра... и Шкоди и др. для ультрафиолетовых спектров V455 And. В результате можно сделать вывод о хорошем согласии рассчитанных в работе параметров GSC 02197 и характеристик из каталога Риттера и Колба для систем типа WZ Sge и систем близкого класса переменности типа SU UMa с аналогичными значениями орбитальных периодов. Также было обнаружено изменение температуры белого карлика при переходе системы из фазы промежуточного падения блеска в спокойное состояние, что согласуется с результатами Лонга и др. для WZ Sge и Шкоди и др. для V455 And. В результате был предложен новый метод определения параметров карликовых Новых с использованием моделирования их оптических спектров в низком состоянии. Реализация данного метода в настоящее время продолжается с использованием наблюдений с БТА САО РАН.

Результаты пятой главы следующие: впервые построены доплеровские томограммы для карликовой Новой GSC 02197 и определены параметры системы, предложен новый метод определения параметров карликовых Новых на основе теоретического моделирования их оптических спектров в низком состоянии, реализация которого в настоящее время продолжается.

Итак, положения, выносимые на защиту. С вашего позволения я их зачитаю.

Первое положение. Результаты обработки и первичного анализа фотометрических и спектроскопических наблюдений предкатаклизмических переменных PN G068, TW Crv и RE 2013. Классификация предкатаклизмических переменных PN G068 и RE 2013 с построением их эфемерид.

Второе положение это методика анализа молодых предкатаклизмических переменных с ограниченным наблюдательным рядом на основе моделирования их излучения с применением эволюционных треков ядер планетарных туманностей. Фундаментальные параметры PN G068 и TW Crv. Зависимость "возраст-избыток светимости", расширенная на 12 молодых предкатаклизмических переменных. Вывод о наличии избытков светимости вторичных компонент PN G068 и TW Crv, характерных для систем этого типа.

Третье положение это фундаментальные параметры предкатаклизмической переменной RE 2013. Выводы об отсутствии избытка светимости вторичной компоненты этой системы, отсутствии у нее проявлений сильного магнитного поля и ее принадлежности к группе предкатаклизмических переменных промежуточного возраста.

И последнее положение это результаты обработки и первичного анализа фотометрических и спектроскопических наблюдений GSC 02197. Доплеровские карты, модель формирования излучения системы. Вывод о доминировании белого карлика в оптическом излучении системы в низком состоянии и фундаментальные параметры GSC 02197.

Следующие два слайда посвящены научной новизне работы и научной, методической и практической значимости диссертационной работы. С вашего позволения эти два слайда я пропущу, поскольку это все озвучивалось по ходу моего доклада. Результаты диссертационной работы были представлены на 8 конференциях, в большинстве случаев лично автором в устных докладах. Результаты диссертационной работы были опубликованы в 6 статьях из списка ВАК и в 7 тезисах конференций.

Личный вклад автора заключается в участии в формулировании темы исследований, проведении наблюдений на телескопах Цейсс-1000 и БТА САО РАН. Автором была

проведена обработка фотометрических и спектроскопических данных, проведено доплеровское картирование GSC 02197. И наравне с соавторами автор участвовал в разработке и реализации методов анализа всех систем, моделировании излучения всех систем, определении наборов параметров, обобщении и анализе полученных результатов и написании текстов всех статей.

Спасибо за внимание!

**Председатель:** Спасибо большое за доклад.

*(Аплодисменты)*

**Председатель:** Пожалуйста вопросы и не забывайте называть свою фамилию.

**Богод В.М.:** Богод. САО. Вот вы занимались доплеровской томографией. У вас, наверное, сложился какой-то взгляд на требования к этому методу. Что ограничивает и вообще какие перспективы этого метода?

**Митрофанова А.А.:** Спасибо большое за вопрос. По поводу перспектив именно приложения доплеровской томографии, наверно, я скажу, что этот метод очень корректно позволяет определить переход состояния системы... ну, например, аккреционного диска вот как в нашем случае... Да? из оптически толстого состояния в оптически тонкое, чтобы мы могли как раз таки и сделать вывод о преобладании излучения белого карлика в континууме оптических спектров системы. По поводу ограничений. Ну, я, наверное, затрудняюсь ответить на этот вопрос.

**Богод В.М.:** Ну как-то аппаратура должна, наверное, иметь пределы. Мысли есть какие-то?

**Митрофанова А.А.:** Ну... спектры должны быть высокого качества и, желательно, с... с хорошим отношением сигнал/шум.

**Богод В.М.:** Вот. Да. Спасибо.

**Председатель:** Афанасьев.

**Афанасьев В.Л.:** У меня вообще вопросов много, но я вот... по... по докладу. Вот покажите слайд, пожалуйста, там, где показан PG068 результаты наблюдений. А чем отличаются, вот, на правой панели верхний и нижний слайды.

**Митрофанова А.А.:** А, вот эти.

**Афанасьев В.Л.:** На взгляд они абсолютно одинаково.

**Панчук В.Е.:** Один сверху, а другой снизу.

**Афанасьев В.Л.:** Вот только если этим, сверху и снизу. Это прелестно, конечно.

**Митрофанова А.А.:** Спасибо большое за вопрос. В рамках диссертационной работы, ну... в рамках доклада, я уже упомянула, что наблюдательных данных для этой системы нам недостаточно, поэтому характеристики главной компоненты мы брали из эволюционных треков ядер планетарных туманностей. Мы выбрали два эволюционных трека с характеристиками главной компоненты масса, значит,  $0.7M_{\odot}$  и эффективная температура  $170000\text{K}$  и масса  $0.78M_{\odot}$  и температура  $230000\text{K}$ . И на основе параметров, получаемых с использованием этих эволюционных треков мы проводили описание наблюдаемых кривых блеска. И, как мы можем видеть, что и с использованием этих параметров достаточно корректно описываются наблюдаемые кривые блеска и с использованием второго набора параметров также.

**Афанасьев В.Л.:** Повторю свой вопрос. Визуально там никакого различия. Вот. На другом языке: какова значимость вот этого вывода для разных эволюционных треков? Значит, сходный же вопрос у меня есть по слайду для объекта GSC 02197. Покажите мне его. Дальше.

**Митрофанова А.А.:** А все. Здесь два слайда только.

**Афанасьев В.Л.:** Нет. Подождите. Там, где вы показывали спектры за разные эпохи, результат моделирования, вывод о белом карлике. Может это другой объект был?

**Митрофанова А.А.:** Вот здесь... здесь. Все правильно.

**Афанасьев В.Л.:** Ах, да. Да.

**Митрофанова А.А.:** Да. Вот он.

**Афанасьев В.Л.:** И чем отличаются вот эти слева. Опять таки, я понимаю, сверху и снизу. Вот в чем заключаются различия, то есть я... вы говорили о том, что в разные эпохи там преобладает белый карлик или наоборот...

**Митрофанова А.А.:** Оптически толстый аккреционный диск.

**Афанасьев В.Л.:** Аккреционный диск.

**Митрофанова А.А.:** Во вспышке.

**Афанасьев В.Л.:** Но. На левом... вот на этом... на левой панели на двух графиках, вообще говоря, различие непонятно состоит в чем. То есть общий вопрос следующий: какова статистическая значимость ваших утверждений. Обычно, когда сравниваются наблюдаемый спектр со спектром модельным, либо смотрят по  $\chi^2$ , вывод делают и так далее и так далее. Выводы хорошие, но чисто визуально они не впечатляют. Цифру можно назвать хотя бы одну? То есть значимость этого различия.

**Митрофанова А.А.:** Спасибо большое за уточнение вопроса. Ответу сначала на первую его часть: чем отличаются графики на левой панели. Верхний график.. верхний спектр соответствует фазе промежуточного падения блеска системы, а нижний - спокойному состоянию системы. То есть это...

**Председатель:** Интенсивности разные... интенсивности линий разные. Вот чем они отличаются.

**Митрофанова А.А.:** Так, я, наверное, даже лучше знаете как вам покажу, чтобы лучше было видно. Вот это кривая блеска системы GSC 02197 из статьи Хохоло и др. Как раз таки на ней показана фаза максимума вспышки, промежуточного падения блеска и спокойного состояния системы. Я уточню, что спектр в фазе максимума вспышки был получен 8 мая 2010 года, в фазе промежуточного падения блеска - 4 августа 2010 года, то

есть примерно где-то... 4 августа...так, дней после вспышки...ну, где-то примерно вот здесь. А уже в спокойном состоянии системы уже 21 июля 2012 года, то есть примерно где-то вот здесь. То есть если продолжать спокойное состояние системы, да. Вот. И вот для, как раз таки, двух состояний системы были и промоделированы наблюдаемые спектры. И как раз таки в двух состояниях системы с требованием постоянства силы тяжести на поверхности белого карлика мы определяли параметры и выяснили, что все-таки температура белого карлика у нас отличается, что согласуется с результатами мировых авторов. А по поводу...

**Панчук В.Е.:** Статистической значимости.

**Митрофанова А.А.:** Да. Корректность описания, например, спектров мы проверяли вычетом теоретического спектра из наблюдаемого и... получается... здесь у нас только абсорбционные линии. И мы проверяли такой фактор, чтобы, как раз таки, не осталось вклада абсорбционных линий в спектр системы.

**Афанасьев В.Л.:** Спасибо. Я понял. Спасибо.

**Председатель:** Так. Следующий вопрос. Пожалуйста, Ченцов.

**Ченцов Е.Л.:** Да. Ченцов. САО. Вот хотя бы здесь вершины водородных эмиссий раздвоены. За счет чего?

**Митрофанова А.А.:** За счет излучения аккреционного диска.

**Ченцов Е.Л.:** Диск и диск. Почему раздваивается?

**Митрофанова А.А.:** Это проявление излучения аккреционного диска.

**Панчук В.Е.:** Самопоглощение.

**Мингалиев М.Г.:** Самопоглощение, ну.

**Митрофанова А.А.:** Мы видим аккреционный диск. У нас в нем белый карлик находится. То есть у нас... излучение мы измеряем. То есть идущее к нам и от нас. И излучение,

которое идет... ну, то есть мы разное, получается... вклад... то есть... наверное, мне легче нарисовать...

**Панчук В.Е.:** Плюс самопоглощение.

**Митрофанова А.А.:** Да.

**Председатель:** Евгений, вы поняли?

**Ченцов Е.Л.:** Да. Спасибо большое.

**Митрофанова А.А.:** Мне легче было бы действительно нарисовать.

**Председатель:** Так. Еще вопросы.

**Щекинов Ю.А.:** У меня вопрос.

**Председатель:** Щекинов.

**Щекинов Ю.А.:** Щекинов, да. ФИАН. У меня вопрос вот какой: график, там где показана зависимость от возраста и избыток светимости. Первый короткий вопрос: время там указано в каких единицах у вас по оси икс? Это, это что?

**Митрофанова А.А.:** Это логарифм.

**Щекинов Ю.А.:** Нет. Понятно логарифм, а само время  $t$  величина.

**Афанасьев В.Л.:** В секундах, в годах.

**Митрофанова А.А.:** В годах.

**Щекинов Ю.А.:** В минутах, в часах.

**Митрофанова А.А.:** В годах.

**Щекинов Ю.А.:** В годах, да. Тогда... тогда вопросы у меня такие. Мой вопрос скорее праздный, любопытство. Каким образом получается эта зависимость, это же разные системы, да? И второе... и второй вопрос: вот там есть... вот сама эта кривая, она как-нибудь зависит от масс компонент или нет? Или это все для любых систем?

**Митрофанова А.А.:** Так, отвечу сначала... Спасибо за вопрос. Отвечу на первую его часть. На зависимости... зависимость "возраст-избыток светимости" она вообще построена только для одного класса объектов - это молодые предкатаклизмические переменные типа BE UMa. То есть уже на этой зависимости мы никак не поставим, например, старые предкатаклизмические переменные и даже предкатаклизмические переменные промежуточного возраста, поскольку у этих систем отсутствует избыток светимости вторичных компонент. Так, а второй вопрос. Ну, от масс компонент у нас зависит, собственно, определение параметров систем, из которых мы определяем наличие избытка светимости. И соответственно...

**Щекинов Ю.А.:** Ну да. Ну, вот здесь, скажем, те точки, которые приводятся здесь, они соответствуют какому-то определенному узкому классу... интервалу масс компонент или... или это... тут они разбросаны по широкому диапазону?

**Митрофанова А.А.:** Ну, здесь... массы компонент... здесь у систем sdO-субкарлики являются главной компонентой. У них массы больше  $0.51M_{\odot}$ .

**Щекинов Ю.А.:** Спасибо. Понятно.

**Председатель:** Устраивает вас ответ, да?

**Щекинов Ю.А.:** Да, да. Отлично все.

**Председатель:** Засов.

**Засов А.В.:** Засов. ГАИШ. Скажите, пожалуйста, я правильно понял, что положение, вот, точек PN G068 возможно связано с неточностью оценок. Тогда вот возникает вопрос: а какая, собственно, была точность? Вы говорите... Было бы значительно понятней, если бы были усы какие-то, показаны пределы ошибок. Это первое, и второе: нельзя ли все-таки предложить какой-либо физический механизм, кроме неточности, который опускает эти

точки вниз и их избыточная светимость меньше, чем обычно, или все упирается в неточность? Вот я не очень понимаю.

**Митрофанова А.А.:** Спасибо большое за вопрос. По поводу ошибок здесь... конечно недостаток графика, что здесь не приведены бары ошибок. Здесь ошибки примерно 30% от значения, определенного. И неточности определения параметров PN G068... они даже, наверное, больше связаны с тем, что мы не смогли непосредственно из наблюдений определить характеристики главной компоненты и нам пришлось брать эволюционные треки для того, чтобы получить характеристики главной компоненты. И из-за этого, следовательно, с учетом этого мы моделировали кривые блеска системы, получали параметры вторичной компоненты и отсюда, наверное, и идет... вот...отличие от получаемых из зависимости избытка светимости.

**Председатель:** Пока я не вижу желающих задать вопрос. Я задам вопрос, тем более что вот он тоже касается этого графика. Конечно, крайне неудачно то, что вы не представили здесь... не указали ошибки. Вопрос мой связан с тем как вы вообще переходили от параметров, которые получили из наблюдений, к светимости как таковой. Вы вообще не уделили внимания этой вещи. Если б вы сказали, как определена светимость: это что просто из  $\log g$  или какой-то другой метод? И все-таки ошибка определения светимости.

**Митрофанова А.А.:** Спасибо большое за вопрос. Вопрос по поводу определения светимости совпадает с вопросом из отзыва оппонента. Я по-возможности более полно его раскрою уже в ответах на отзыв оппонента или прям сейчас могу?

**Председатель:** Ну я задала свой вопрос, а там у оппонента уже свой вопрос.

**Митрофанова А.А.:** Хорошо. У нас параметры вторичной... вообще параметры систем определялись непосредственно из наблюдений, то есть температура и радиус вторичной компоненты. И светимость мы определяли... определяли из... с помощью закона Стефана-Больцмана. Вот. А теоретические... для определения теоретических светимостей мы использовали эволюционные треки Жирарди для звезд аналогичных масс Главной последовательности.

**Председатель:** Главной последовательности с неизвестно с каким химическим составом.

**Митрофанова А.А.:** Ну, с солнечным.

**Председатель:** С солнечным. Это, кстати, очень важный момент. Вот вы всюду говорите о солнечном химическом составе, хотя даже планетарные туманности - их треки - они очень чувствуют исходный химический состав. Спасибо. В общем меня устраивает ответ. Еще вопросы, пожалуйста.

**Гаген-Торн В.А.:** По автореферату вопрос. Значит, вот тут указаны доклады... тезисы докладов. И вот в пункте 11 мы читаем. Значит, у вас сначала фамилия идет первого автора, а потом соавторы. А в пункте 11 мы читаем. Шиманский В.В.. Двойные системы с жестким ультрафиолетовым излучением. Дальше. В.В. Шиманский и все. Вы забыли?

**Митрофанова А.А.:** Нет. Сейчас я прокомментирую. Спасибо большое за подобный вопрос. Здесь это все идет из особенностей конференции, то есть там именно запрашивался тезис от автора, который представлял сам доклад без включения соавторов в... ну, в тезис. Вот. Поэтому здесь главным автором является Владислав Владимирович Шиманский. Он, соответственно, с докладом выступал на этой конференции и поэтому в тезисах только его фамилия.

**Председатель:** Спасибо.

**Афанасьев В.Л.:** Тогда это не считается публикацией вашей.

**Председатель:** Вопросы.

**Афанасьев В.Л.:** Значит, я все-таки вот по этому. Вот в заключении, которое мы дальше будем рассматривать, говорится о том, что сделан вывод об избытке светимости PN G068. Результат, который вы показываете - это недостаток светимости. И все таки вопрос, как говорится, что-что, а какая статистическая значимость этого. Насколько я понимаю, все ваши точки - это точки, взятые из литературы. Если по ошибке вот избытка вы что-то сказали, а по возрасту с какой точностью возраст определялся? Просто, если поставить усы, вот, 30%. Возраст, наверное, тоже где-то с такой точностью.

**Митрофанова А.А.:** Да. Да.

**Афанасьев В.Л.:** То вывод этот о недостатке он тонет в ошибках просто-напросто. То есть он абсолютно не значимый. Я правильно понимаю?

**Митрофанова А.А.:** Мы здесь не говорим о недостатке избытка светимости. Мы говорим здесь, что возможно мы... вот этот вот недостаток избытка светимости показывает нам не совсем полностью корректное... корректный выбор эволюционных треков. Вот так вот, пожалуй.

**Афанасьев В.Л.:** Пусть будет так.

**Председатель:** Так. Есть вопросы у нас еще или мы уже иссякли?

**Афанасьев В.Л.:** Да нет, вопросы у нас есть, но время, время.

**Председатель:** Так. Рады услышать. Спасибо большое. Еще один вопрос.

**Щекинов Ю.А.:** У меня не вопрос.

**Председатель:** Да.

**Щекинов Ю.А.:** И может быть даже не замечание, а высказывание.

**Председатель:** Чуть позже будет дискуссия. Все высказывания. У нас будет обширная дискуссия. Спасибо большое. Итак, от ответов мы переходим сейчас к чему?

**Секретарь:** К отзыву научного руководителя.

**Председатель:** К отзывам. Мы переходим к отзывам. Первый отзыв научного руководителя. Пожалуйста, Владислав.

**Шиманский В.В.:** Добрый день, уважаемые коллеги! Я прочитаю свой отзыв с некоторыми купюрами, потому что я слишком много тут философствовал и, наверное, не все стоит тут это зачитывать. Так. Значит. В астрофизике наших дней теория и наблюдения объединены в единый инструмент исследований, работа которого носит предиктивно-корректирующий характер: достижения теории закладывают основу для постановки

новых задач и определение... и определяют необходимый для их решения объем и точность наблюдательных данных, а получение и анализ последних позволяет дополнить, уточнить или исправить существующие теоретические взгляды. В этих условиях тема диссертации Митрофановой А.А., посвященной вопросам применения методов моделирования двойных систем при анализе их наблюдений, является актуальной, а результаты диссертации имеют существенное научное значение.

Совместные работы в данном направлении начаты сотрудниками САО РАН и КФУ почти 20 лет назад. За прошедшее время были разработаны методы численного моделирования оптического излучения различных классов тесных двойных систем: предкатаклизмических переменных, катаклизмических переменных с канализированной и дисковой аккрецией, массивных рентгеновских и двойных вырожденных систем. Их применение при анализе полученных на телескопах БТА, Цейсс-1000 САО РАН и РТТ-150 КФУ фотометрических и спектроскопических наблюдений позволило решать широкий круг задач: определять эволюционный статус объектов, полные наборы их фундаментальных параметров, химический состав, исследовать механизмы взаимодействия компонент и формирования наблюдаемого излучения. Однако следует отметить, что такие работы ранее проводились, как правило, для хорошо известных ТДС с достаточно полным набором наблюдательных данных. Одной из задач подобных работ являлось тестирование имеющихся методик, их модернизация и определение границ их использования. Успешное решение данной задачи к концу прошлого десятилетия позволило перейти к изучению новых, недавно открытых, труднодоступных и слабых объектов, что и было реализовано в представленной диссертации. Оказалось, что ограниченный объем выполненных для них наблюдений не позволяет применять уже имеющиеся методики достаточно эффективно и требуют включения результатов моделирования эволюции объектов и современных методов картирования структуры изучаемых объектов. Названные модификации инструментов исследования ТДС проведены в рамках диссертации Митрофановой А.А. и позволили выполнить исследования 4 систем с неполным набором наблюдаемых данных. Следует отметить, что все системы анализ... что все системы, включенные в анализ, являются малоизученными или недавно открытыми. Поэтому подавляющая часть полученных для них характеристик, моделей строения и формирования излучения следует считать новыми.

Особо важным руководителем считает представленные в диссертации результаты для карликовой Новой GSC 02197 и предкатаклизмической переменной промежуточного возраста RE 2013. Для первой системы на основе доплеровского картирования и анализа изменений в оптических спектрах была построена качественная модель формирования

аккреционного диска после вспышки. В результате был сделан вывод о наличии оптически тонкого диска в низком состоянии данной системы и доминировании излучения белого карлика. Данный вывод позволил предложить и реализовать метод моделирования оптического излучения карликовых Новых в низком состоянии с прямым определением параметров их компонент. Важность и перспективность этого метода для дальнейших исследований карликовых Новых трудно переоценить, так как традиционные способы анализа, как правило, не позволяют найти полные наборы фундаментальных параметров для уже известных систем... ну, такого типа. Широкая реализация нового метода в настоящее время проводится по наблюдениям на БТА САО РАН, ну и мы начали добавлять данные с РТТ-150. Результаты исследования предкатаклизмической переменной RE 2013 имеют большое значение для уточнения теории физики и эволюции ТДС. Разделение предкатаклизмических переменных на группы старых и молодых систем проведено в 2003 году на основе различия их наблюдательных и физических характеристик. Однако продолжительность и особенности перехода молодой предкатаклизмической переменной в старую с потерей избытка светимости вторичной компоненты и появления у нее сильного магнитного поля до настоящего времени остаются неизученными. Диссертантом сделана оценка времени начала этого перехода и найдено, что возникновение... что возвращение вторичной компоненты к состоянию Главной последовательности не приводит к немедленному появлению магнитного поля, то есть при его формировании - ну, имеется в виду магнитного поля - возможно работает механизм магнитного динамо. Данный вопрос важен для моделирования... для моделирования эволюции предкатаклизмических переменных в катаклизмические, при котором эффективность магнитного звездного ветра имеет... имеет первостепенное значение. В целом, полученные Митрофановой А.А. результаты представляют значительный интерес как с точки зрения лучшего понимания физики и эволюции ТДС, так и для развития методов анализа их оптического излучения.

Руководитель считает необходимым отметить, что в процессе выполнения научной работы Митрофанова А.А. продемонстрировала высокий уровень подготовки в различных областях физики и астрофизики и зарекомендовала себя грамотным, ответственным и инициативным специалистом, готовым плодотворно участвовать в постановке и решении научных задач, анализировать и обобщать результаты своих исследований.

Считаю, что работа Митрофановой А.А. несомненно соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на звание кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия". Шиманский В.В. 28 июня 2017 года.

**Председатель:** Спасибо большое. Теперь нам предстоит заслушать отзыв организации, в которой выполнялась работа. Ольга Николаевна, пожалуйста.

**Секретарь:** Выписка из протокола №10 заседания кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанский (Приволжский) федеральный университет от "30" июня 2017 г. Слушали сообщение младшего научного сотрудника кафедры астрономии и космической геодезии Митрофановой А.А. о диссертационной работе на тему "Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения", представленной на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия". Научный руководитель - доцент, кандидат физ.-мат. наук Шиманский В.В. Тема диссертации утверждена Ученым советом Института Физики Казанского (Приволжского) федерального университета 25 марта 2016 г. Диссертационная работа посвящена разработке методик моделирования излучения тесных двойных систем разных классов с учетом различных механизмов излучения их компонент. Моделирование излучения молодых предкатаклизмических переменных с ограниченным наблюдательным рядом проводилось с применением эволюционных треков ядер планетарных туманностей разных масс. Для определения параметров карликовой Новой использовалось численное моделирование оптических спектров фазы промежуточной релаксации и спокойного состояния объекта. В работе исследованы три предкатаклизмические переменные и одна карликовая Новая, на основе моделирования кривых блеска и спектров систем определены наборы их фундаментальных параметров и уточнено эволюционное и физическое состояние. По докладу были заданы следующие вопросы:

Соколова М.Г.: Вы сказали, что был введен новый класс предкатаклизмических переменных промежуточного возраста. Насколько это было обоснованным и как было воспринято научным сообществом?

Склянов А.С.: Вы сказали, что у карликовых Новых типа WZ Sge во время вспышки блеск увеличивается на  $9^m$ . Всегда ли именно такое значение?

Бикмаев И.Ф.: При моделирования атмосферы главной компоненты системы PN G068 вы пользовались моделями Куруца? Не завышены ли оценки  $\log g$  вторичной компоненты этой системы.

И... на заданные вопросы соискателем даны развернутые, исчерпывающие ответы. В обсуждении диссертации принимали участие: профессор Сахибуллин Наиль Абдуллович, зав. кафедрой Бикмаев и доцент Шиманский. Рецензент диссертации Сахибуллин Н.А.

отметил, что работа свидетельствует о дальнейшем прогрессе казанской школы в области изучения тесных двойных систем, реализующей развитый ранее оригинальный подход к анализу излучения ТДС. Исследования двух молодых предкатаклизмических переменных отличаются от опубликованных работ других авторов методом анализа наблюдательных данных. Это позволило сделать важное заключение о том, что главные компоненты этих систем являются ядрами планетарных туманностей. Достоинством диссертации также является то, что все результаты были опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных изданиях и доложены на 8 научных конференциях. Дополнительно для каждой системы приведен подробный... подробный обзор ранее проведенных исследований. В работе приводится полная информация о наблюдениях и особенности обработки наблюдательных данных. Для определения параметров в диссертации предложена перспективная методика, которая может быть в дальнейшем использована для анализа подобных систем. В работе использован большой набор методов (оригинальных и уже имеющихся), что свидетельствует об эрудиции диссертанта. Постановили рекомендовать диссертацию Митрофановой на тему "Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения" к защите на соискание степени кандидата физ.-мат. наук и утвердить следующее заключение. Первое, целью работы является уточнение эволюционного статуса, определение фундаментальных параметров, механизмов взаимодействия и физического состояния компонент тесных двойных систем на основе численного моделирования их оптического излучения. Актуальность проблемы определяется быстрым развитием методов численного моделирования излучения систем с взаимодействующими компонентами, в том числе вырожденными, а также улучшением точности и качества наблюдательных данных за последние несколько десятилетий. Большая часть предкатаклизмических и катаклизмических переменных в наше время малоизучена, в то время как оценки параметров изученных объектов имеют низкую точность и несогласованность в работах разных авторов. Методики численного моделирования с качественным и количественным описанием дополнительных механизмов излучения включают в себя расчеты кривых блеска и спектров на основе моделей атмосфер и доплеровское картирование. Современные методики численного анализа позволяют выявлять тонкие механизмы взаимодействия компонент. Данные методики к настоящему времени достигли точности, обеспечивающей количественный анализ всех типов наблюдательных данных с определением фундаментальных характеристик и протекающих в них процессов и механизмов излучения. Я не буду зачитывать положения, выносимые на защиту.

**Председатель:** Поскольку они прозвучали.

**Секретарь:** Они прозвучали. Также научная новизна была уже озвучена и показана. Значит, методическая и практическая ценность. Методика определения фундаментальных параметров молодых предкатаклизмических переменных на основе моделирования их оптического излучения с использованием эволюционных треков ядер планетарных туманностей. Метод определения параметров карликовых Новых. Кривые блеска, наборы спектров и лучевых скоростей 3 предкатаклизмических переменных и карликовой Новой. Доплеровские карты карликовой Новой GSC 02197 в фазах промежуточного блеска и спокойного состояния системы.

Полученные в работе результаты могут найти применение в астрономических учреждениях, где исследуются тесные двойные системы и их компоненты (САО РАН, КраО, ГАО РАН, ГАИШ МГУ, ИНАСАН и др.), а также в образовательных учреждениях, в которых обучаются студенты по направлению "Астрономия". Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях. Я тоже это не буду зачитывать, мы это тоже видели.

Диссертация выполнена на кафедре астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета. В 2012-2016 гг. Митрофанова проходила обучение в очной аспирантуре КФУ. И оценивая диссертацию в целом, кафедра считает, что в ней рассмотрены проблемы и разработаны методы их решения, имеющие важное значение для дальнейшего развития физики тесных двойных систем. Представленная Митрофановой диссертация " Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения" соответствует специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия", полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на звание кандидата физ.-мат. наук и рекомендуется к защите по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия". Зав. кафедрой Бикмаев, Тутышкина. Все.

**Председатель:** Спасибо большое. Друзья, у нас следующий этап - это официальные отзывы. Поскольку, видимо, никаких отзывов не поступило на автореферат, у нас остались отзывы официальных оппонентов и ведущей организации. У меня вопрос: мы работаем почти час, если есть необходимость, мы можем устроить перерыв. Как считаете?

**Панчук В.Е.:** Да нет, не стоит.

**Председатель:** Перерыв?

**Панчук В.Е.:** Потерпим.

**Председатель:** Потерпим. Хорошо. Тогда продолжим и переходим собственно к отзывам. К отзыву ведущей организации, да?

**Секретарь:** Отзыв ведущей организации МГУ им. Ломоносова на диссертационную работу Митрофановой Арины Алексеевны. В диссертационной работе Митрофановой проводится исследование физического состояния нескольких тесных двойных звезд. Основой исследования является теоретическое моделирование оптического излучения с учетом физических процессов, протекающих в звездах, так и различных взаимодействий (лучистого, гравитационного, аккреционного) между компонентами систем. Это позволило получить полный набор параметров изучаемых систем и выявить тонкие механизмы взаимодействия их компонент (квазипериодические осцилляции блеска, струи в аккреционных дисках, общие газовые оболочки, эффекты отражения, несферичность компонент). Такое исследование актуально для современного состояния физики тесных двойных взаимодействующих звезд, так как это является новым шагом на пути понимания их природы. Методика, развитая в работе, может в дальнейшем применяться при анализе наблюдательных данных этих объектов, сложные структурные особенности которых и различного рода активность по-разному проявляют себя в излучении в различных областях спектра.

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключения и списка цитированной литературы (186 наименований). Я с вашего позволения не буду зачитывать содержание диссертации по новой, а перейду сразу к вопросам и замечаниям. В целом, диссертация написана грамотно, но есть некоторые замечания по тексту диссертации. В нескольких местах встречаются стилистические и грамматические ошибки. Например, лишняя "с" в слове "низкую с температуру". А в предложении "параметры главной компоненты системы: эффективная температура  $T_{\text{eff}}=47800\text{K}$ ,... содержание гелия к водороду ..." необходимо было написать "отношение содержания гелия к содержанию водорода". На странице 107 нет согласования в окончаниях "было определено" – "амплитуды лучевых скоростей". На странице 121 вместо выражения "фликеринг блеска", лучше написать просто "фликеринг". Страница 122 подпись к рисунку 38 "в шкале юлианский дат".

Отметим также, что в работе допущены некоторые некорректные определения и утверждения. Например. На странице 13 в выражении "...полости Роша (рисунок 1),

представляющей собой пару эквипотенциальных поверхностей каждой компоненты.."

определение полости Роша, как эквипотенциальной поверхности некорректно. "Полость" и "поверхность" – разные геометрические фигуры. На странице 13 в выражении "...Впоследствии начинается последовательное заполнение веществом компонент эквипотенциальных поверхностей между полостями...", вероятно, имелось в виду "полости" между "поверхностями".

Страница 32 "Масса выброшенного вещества достигает порядка  $10^5 M_{\odot}$ " – очевидная потеря знака минуса  $10^{-5}$ . На странице 35 некорректное определение: "Сверхгорбами называются периодические модуляции на кривых блеска с периодом в несколько процентов орбитального периода с амплитудой в несколько десятых звездной величины. Периоды так называемых "положительных сверхгорбов" больше орбитальных, а у "отрицательных сверхгорбов" они меньше орбитальных. Считается, что сверхгорбы возникают вследствие прецессирования большой полуоси эллиптического диска.". Выражение "с периодом в несколько процентов орбитального периода" необходимо было написать по-другому. При упоминании о "положительных" и "отрицательных" сверхгорбах необходимо было подчеркнуть, что возникновение сверхгорбов вследствие прецессии большой полуоси эллиптического диска принято относить только к "положительным" сверхгорбам.

На странице 35 "Периоды карликовых Новых в основном короче 0.6d, ...". 0.6 суток это 14.4 часа, а орбитальные периоды систем существенно меньше! ( $< 2 - 3$  часов). То есть здесь тоже некорректность.

На рисунке... на странице 37 " В течение сверхвспышки амплитуда ранних сверхгорбов увеличивается с фазой, а после сверхвспышки - систематически спадает...". Здесь несоответствие самого определения "ранних" сверхгорбов и падения их амплитуды.

На страницах 82 и 95 появляется понятие "лаймановская хромосфера". Понятие... пояснение понятия дано на странице 110. В Главе 5 проведен анализ карликовой Новой GSC 02197. Надо отметить, что у этой звезды есть другие названия, которые следовало бы указать. Например, при открытии она называлась Новая Пегаса 2010 и OT J213806. Отметим также некоторые недочеты этой главы.

Страница 119 - фраза "Интенсивность центральных эмиссий водородных линий увеличивается к  $H_{\beta}$ , однако максимума она достигает в линии  $He II$ ". С какой стороны увеличивается? В данной главе цитируется работа Розы Поджиани, и все время говорится "о нем", а не "о ней".

На странице 124: "При переходе от  $H_{\beta}$  к  $H_{\delta}$  интенсивность эмиссионных линий показывает сильный бальмеровский декремент..." Не очень понятно, что это означает, так как понятие бальмеровского декремента обязательно связано с наличием линии  $H_{\alpha}$ , которая не наблюдалась. То же самое на странице 126. Не очень понятно, как профиль линии может вращаться "синусоидально".

Относительно масс компонент. У диссертанта получились значения

отношения масс  $q = 0.17$  (вторичной компоненты к первичной), а масса вторичной звезды –  $0.12 M_{\text{Sun}}$ . Это несколько противоречит ранее найденным оценкам ( $0.09 M_{\text{Sun}}$ ), так и статистическим оценкам для величины  $q$  для этих звезд.

Отмеченные недостатки можно целиком отнести к некоторой небрежности в написании той части диссертационной работы, которая посвящена обзору существующих в настоящее время исследований ТДС. Но они, конечно, ни в коей мере не затрагивают справедливости и ценности основных результатов диссертации.

В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне с использованием современных достижений в получении наблюдательных данных и современных методов численного анализа. Достоверность результатов подтверждается согласием теоретических и наблюдаемых кривых блеска и спектров изученных систем. Их практическая значимость состоит в получении набора наблюдательных и расчетных данных по исследуемым системам и не вызывает сомнений. Большая методическая ценность работы заключается в разработке и применении диссертантом новой перспективной методики определения параметров предкатаклизмических и катаклизмических переменных. Представляется очень актуальным и перспективным расширение области применения такой методики в дальнейшем для исследования всего огромного разнообразия, которое представляют собой взаимодействующие звезды.

Результаты диссертационной работы опубликованы в шести статьях в рецензируемых зарубежных и отечественных журналах, а также в восьми публикациях в сборниках трудов научных конференций:

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Все сказанное позволяет заключить, что работа Митрофановой Арины Алексеевны "Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения" удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертант безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия".

Отзыв на диссертационную работу обсужден и одобрен на заседании Координационного Совета ГАИШ МГУ по астрофизике 18 октября 2017 года.

Отзыв составили старший научный сотрудник ГАИШ МГУ, кандидат физ.-мат. наук Дмитриенко, кандидат физ.-мат. наук Катышева, председатель координационного совета Рудницкий, секретарь координационного совета Волошина, директор ГАИШ МГУ Анатолий Михайлович Черепашук.

**Председатель:** В отзыве есть замечания, вопросы. Пожалуйста. Отвечайте, защищайтесь.

**Митрофанова А.А.:** С большинством озвученных замечаний я согласна и хотела бы прокомментировать некоторые из них. С вашего позволения я воспользуюсь выписанными мною вопросами из этого длинного перечня замечаний.

Что касается бальмеровского декремента. По определению бальмеровским декрементом называют отношение интенсивностей водородных спектральных линий бальмеровской серии, обычно к  $H_\beta$ , интенсивность которой принимается за единицу. В наших наблюдениях присутствуют три линии бальмеровской серии - это  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ,  $H_\delta$  - определение интенсивностей которых позволяет нам определять бальмеровский декремент.

Второй вопрос. Что касается фразы "Интенсивность центральных эмиссий водородных линий увеличивается к  $H_\beta$ , однако максимума она достигает в линии He II". С какой стороны увеличивается? Эта фраза относится к обзору литературы по карликовой Новой GSC 02197 и является практически дословным переводом телеграммы Товмасыана и др. Здесь имеется в виду, что интенсивность эмиссионных компонент широких водородных линий увеличивается от  $H_\delta$  к  $H_\beta$ .

Следующий вопрос. Не очень понятно, как профиль линии может вращаться "синусоидально". Здесь имеется в виду, что элементы излучающего вещества движутся по круговым орбитам, а проекция их скорости на луч зрения изменяется синусоидально, что и вносит вклад в интегральный профиль линии.

Следующий вопрос. Относительно масс компонент. У диссертанта получилось значения отношения масс  $q = 0.17$  (вторичной компоненты к первичной), а масса вторичной звезды –  $0.12 M_\odot$ . Это несколько противоречит как ранее найденным оценкам ( $0.09 M_\odot$ ), так и статистическим оценкам для величины  $q$  для звезд типа WZ Sge и SU UMa.

Этот вопрос я могу прокомментировать следующим образом: на странице 150 диссертации показано соответствие полученных в работе параметров карликовой Новой типа WZ Sge параметрам... параметрам систем типа WZ Sge и UMa... и систем типа SU UMa.

С остальными замечаниями я согласна.

**Председатель:** Спасибо за ответы. И два отзыва оппонентов. У нас присутствует один из оппонентов. Родион Анатольевич, пожалуйста, представьте свой отзыв.

**Буренин Р.А.:** Он распечатан, отлично. А я тут с телефона собирался. Так. Уважаемые коллеги. Я скажу с вашего позволения своими словами, постараюсь близко к тексту, но

только покорооче. Ну, во-первых, мнение, очевидно, что состоит в том, что изучение вообще катаклизмических переменных, конечно, это очень важное дело и актуальность здесь несомненна. Катаклизмические переменные излучают гравитационные волны, они являются предшественниками Сверхновых типа Ia. Много очень интересной физики, значит, нужно вложить, чтобы объяснить наблюдаемые свойства их. Вот. Ну, я не могу сказать, что это на самом деле полностью моя область, я больше занимаюсь - особенно последние годы - наблюдательной космологией, но вот с катаклизмическими переменными мы много занимались с Мишей Ревнивцевым. Царствие ему небесное. Мы исследовали их в рентгеновских обзорах и поэтому я достаточно хорошо, мне кажется, представляю себе общую картину с наблюдениями в этой области. Ну и картина здесь такая, что высококачественных наблюдений, на самом деле, оказывается мало. Ну вот дин из примеров: чтобы понять как устроены Сверхновые типа Ia нужно понять как растут массы катаклизмических переменных. Чтобы это понять, в свою очередь нужно, например, понять с какими массами катаклизмические переменные рождаются. Ну и если... для этого нужны, конечно, точные измерения их масс. Измерений высокого качества, таких как представленные в этой работе, действительно довольно мало. Вот к примеру, что касается молодых предкатаклизмических переменных, всего 11 штук имеют хорошие измерения масс и две из них вот представлены в этой работе. Тоже промежуточных... промежуточного возраста предкатаклизмических переменных всего 1 из пяти известных в настоящее время с хорошо измеренными массами представлена в этой работе. То есть ясно, что получен большой наблюдательный материал и вложено очень много труда. Ну и разработка новых методов, конечно, очень важна здесь для определения фундаментальных параметров систем.

Следующие вопросы возникли у меня при чтении диссертации. Есть несколько вопросов у меня по обработке данных. Ну не совсем, мне кажется, полно описана эта процедура, нет подробностей как выбирались при фотометрии апертуры, как проводилось центрирование. В частности возникает вопрос, что на некоторых рисунках завышены ошибки. Такое впечатление, что они завышены. Не понятно почему. Аналогичные вопросы по спектроскопии. В принципе, мне кажется... в целом кажется более верным подходом использовать стандартные программные обеспечения для обработки таких данных типа IRAF. Ну, значит, что еще. Ну и вопросы, которые относятся... к так сказать... У меня, как у человека, который занимался обзорами они тут возникают. В обзорах всегда первое что нужно - определить расстояние до объекта, а это всегда сложно. И я, например, пытался понять как это было сделано в этой работе и вообще, по-моему, ничего не нашел. Отсюда вопрос: как вообще определялись эти расстояния? Ну и как сотрудник Института

Космических Исследований я должен был бы задать вопрос о рентгеновском излучении. Мне кажется, действительно ясно, что можно использовать это для моделирования систем, хотя это и предкатаклизмические переменные. Вроде бы рентген связан с аккрецией. Аккреции здесь быть, вроде как, не должно, но на самом деле, мне кажется, есть примеры, что аккреция все таки какая-то есть в предкатаклизмических переменных. В любом случае, есть хромосферная активность. Ну и катаклизмические переменные - это карликовые Новые - точно являются рентгеновскими источниками. Мне кажется, что об этих вещах очень важно думать. Ясно, что поскольку через, буквально, год или там чуть больше, мы получим обзор всего неба рентгеновский, которым мы можем обнаружить уже тысячи, десятки тысяч катаклизмических переменных. И все это можно будет изучать, ну как бы, в большом масштабе. Ну вот, это что касается вопросов в основном. Текст подготовлен достаточно хорошо. Мне показалось есть, конечно, ошибки какие-то, но я не стал даже их перечислять. Понравился мне обзор в первой главе диссертации. Ну и замечания не снижают, конечно, ценность работы. Ну, например, что касается обработки данных, если ее провести получше, то надежность, ясно что только увеличится, а все результаты и так выглядят надежными.

Автореферат правильно отражает... все, в общем, формальные требования выполнены. Я считаю, что это хорошая экспериментальная работа. Она полностью удовлетворяет требованиям ВАК. Ну и диссертант Митрофанова Арина Алексеевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физ.-мат. наук.

**Председатель:** Так. Вам надо ответить на вопросы.

**Митрофанова А.А.:** Да, да, да. С вашего позволения я снова воспользуюсь выписанными мною вопросами. Вопросы Родиона Анатольевича я разделю на две части. Первый вопрос... ну, каждый вопрос буду делить на две части для более подробного объяснения. Первый вопрос, первая часть: На мой взгляд, недостаточно подробно описано, каким образом проводилась фотометрия объектов. Какие брались апертуры, каким образом проводилось центрирование? Апертуры выбирались для каждого объекта и для каждой ночи наблюдений индивидуально. В основном все зависело от размеров звездных изображений. Вообще корректнее было бы для каждого объекта выбирать одну апертуру для всех ночей наблюдений. По возможности это выполнялось. Центрирование проводилось автоматически. В рамках выбранной апертуры изображение звезды аппроксимировалось гауссианой, центр которой и принимался за центр апертуры.

Так, следующая часть вопроса: Все это сильно влияет на качество измерений. Возможно, с этим связан следующий вопрос: на рисунках следующих ошибки выглядят сильно переоцененными. Каким образом они получены? Как это могло бы повлиять на полученные результаты? Ошибки дифференциальной фотометрии определялись следующим образом. При фотометрии исследуемого объекта проводилась также фотометрия значительного количества звезд поля. У этих звезд поля, чей блеск постоянен, мы определяли стандартное отклонение индивидуального значения. И отсюда мы брали ошибки, как раз таки, дифференциальной фотометрии. По поводу того, что ошибки кажутся завышенными для RE 2013. Для этой системы мы для каждой фазы получали несколько значений звездной величины и при их... при вычислении средних значений у нас ошибка уменьшалась.

Так, следующий вопрос. Откуда были взяты измерения расстояний до объектов, необходимые для измерения их светимостей? Я уже примерно на такой же вопрос отвечала. Мы определяли параметры непосредственно из анализа наблюдательных данных. И определяли радиус и температуру вторичной компоненты, которые как раз таки и нужны нам для определения светимостей по закону Стефана-Больцмана. А теоретические значения светимостей определялись по эволюционным трекам Жирарди для звезд главной последовательности аналогичной массы и солнечного химического состава. Для предкатаклизмических переменных оценка астрометрических расстояний в литературе не предоставлена.

По поводу второй части вопроса. Могут ли новые данные о фундаментальных параметрах помочь уточнить расстояния до этих систем? Исходя из определенных параметров и светимостей можно уточнить расстояния до объектов. Однако нами это не выполнялось, поскольку не рассчитывали значения межзвездного поглощения для объектов.

Еще вопрос. Для моделирования этих систем можно было бы использовать также данные об их рентгеновском излучении. Могут ли такие системы составлять какую-то заметную часть населения рентгеновских двойных систем среди рентгеновских источников в больших рентгеновских обзорах неба... обзорах неба, таких как будущий обзор всего неба обсерватории SRG? Стоит отметить, что у молодых предкатаклизмических переменных рентгеновского излучения не было обнаружено, а было обнаружено только у старых... у старых предкатаклизмических переменных, у которых уже наблюдается магнитное поле у вторичной компоненты. Насчет катаклизмических переменных типа WZ Sge. Они могут... как в вопросе написано... Они могут составлять часть населения рентгеновских двойных систем, однако эта часть будет незначительной, поскольку рентгеновское излучение у этих систем, особенно в спокойном состоянии, достаточно

слабое. Однако, некоторые катаклизмические переменные типа WZ Sge действительно являются рентгеновскими источниками, в частности исследуемая в работе система GSC 02197. Все.

**Председатель:** Хорошо. И у нас последний отзыв. У нас... Оппонент... Ну он никак не комментирует выступление. У вас есть замечания?

**Буренин Р.А.:** Все понятно. Все нормально.

**Председатель:** Отлично. И последний отзыв нам придется зачитать, поскольку оппонент не смог присутствовать.

**Секретарь:** Итак. Диссертационная работа Митрофановой Арины Алексеевны посвящена изучению тесных двойных систем, находящихся на поздней стадии эволюции. Актуальность. Целью работы было уточнение эволюционного статуса, определение фундаментальных параметров, механизмов взаимодействия и физического состояния компонент избранных представителей предкатаклизмических систем разного возраста. Изучение таких объектов позволяет пролить свет на детали эволюции тесных маломассивных двойных систем, что свидетельствует об актуальности темы исследования. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций. Все научные положения, выводы и рекомендации диссертации научно обоснованы. Достоверность и новизна. Диссертант разработала методику анализа ограниченного набора наблюдательных данных предкатаклизмических переменных с современным применением моделирования их оптического излучения и эволюционных треков ядер планетарных туманностей. Ею впервые рассчитаны и согласованы с наблюдаемыми кривые блеска и спектры трех предкатаклизмических переменных с учетом эффектов отражения, несферичности компонент и отклонений от ЛТР. Впервые определен полный набор параметров новой звезды PN G068. Расширена зависимость "возраст-избыток светимости" для вторичных компонент предкатаклизмических переменных на 12 молодых предкатаклизмических переменных. Предложен метод определения параметров карликовых Новых на основании моделирования их оптических спектров в фазах релаксации и в спокойном состоянии. Диссертанткой впервые построены доплеровские карты и получен набор параметров карликовой Новой GSC 02197. В своей работе она использовала методики моделирования излучения тесных двойных систем, которые ранее были неоднократно протестированы при исследовании аналогичных астрофизических

объектов. Полученные кривые блеска и спектры объектов TW Crv, PN G068, RE 2013 находятся в согласии с теоретическими предсказаниями, а определенный набор параметров объектов соответствует средним значениям для изученных систем. В этом состоит достоверность результатов.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов. Научную значимость представляют: наборы фундаментальных параметров систем PN G068, TW Crv, RE 2013 и GSC 02197. Вывод о наличии избытков светимости вторичных компонент PN G068 и TW Crv. Вывод об отсутствии избытков светимости вторичной компоненты RE 2013 и принадлежности системы к группе предкатаклизмических переменных промежуточного возраста. Вывод о переходе аккреционного диска карликовой Новой GSC 02197 в оптически тонкое состояние в фазах ее поздней релаксации. Методика определения параметров молодых предкатаклизмических переменных на основе моделирования их оптического излучения с применением эволюционных треков ядер планетарных туманностей. Метод определения параметров карликовых Новых типа WZ Sge путем моделирования их оптических спектров в низком состоянии. Кривые блеска, наборы спектров и лучевых скоростей трех предкатаклизмических переменных и карликовой Новой типа WZ Sge, эфемериды RE 2013 и PN G068. Доплеровские томограммы GSC 02197 на стадиях угасания вспышки и спокойного состояния системы представляют практическую значимость.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты и выводы диссертационной работы могут быть использованы в ГАО РАН; ГАИШ МГУ; ИКИ РАН; САО РАН; ИНАСАН, в других отечественных и зарубежных астрофизических центрах. Эти данные могут быть использованы как при дальнейших исследованиях, так и для постановки новых задач при изучении поздних этапов эволюции тесных двойных систем, в частности, в исследовании рождения катаклизмических переменных звезд в "пробеле" орбитальных периодов. Белый карлик катаклизмической переменной GSC 02197 имеет температуру, которая, согласно измерениям диссертантки, находится вблизи полосы неустойчивости для аккрецирующих белых карликов и эту систему можно рекомендовать для поиска и изучения возможных нерадиальных пульсаций. Результаты диссертационной работы также можно рекомендовать в учебном процессе на астрономических специальностях и в общеобразовательном процессе для формирования представления о проблемах современной астрофизики.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности. Диссертация А.А. Митрофановой является завершенной научной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК. Объем диссертации - 169 страниц, она состоит из пяти глав, введения, заключения и списка

цитируемой литературы, который включает в себя 186 источников. Работа содержит 53 рисунка, 15 таблиц и 33 формулы. Во Введении обосновывается актуальность тематики диссертационной работы, формулируются цели и задачи исследования, научная новизна, научная, методическая и практическая значимости работы, достоверность полученных результатов, положения, выносимые на защиту и личный вклад автора в исследование. Приводятся список конференций, на которых докладывались основные результаты, и список статей и тезисов конференций, в которых эти результаты были опубликованы. В первой главе дается современное понимание физики процессов, происходящих в предкатаклизмических и катаклизмических переменных, формулируются основные проблемы, существующие при изучении предкатаклизмических и катаклизмических переменных и пути их решения в рамках данной диссертации. Вторая глава содержит сведения об исследуемых объектах и описание методики первичной редукции данных, а третья - метода моделирования атмосфер облучаемых звезд. В четвертой и пятой главах изложено описание исследований трех предкатаклизмических переменных (PN G068, TW Стv и RE 2013) и катаклизмической переменной - карликовой Новой GSC 02197 соответственно. В Заключение сформулированы общие результаты и выводы диссертационной работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и хорошо известны среди специалистов. Степень апробации диссертационной работы высокая. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом. Данная диссертационная работа выполнена в русле современной астрофизики. Она легко и с интересом читается, хорошо оформлена, ее содержание соответствует названию. В содержании диссертации, однако, встречаются недостатки:

Страница 28: В главе "Обзор современных исследований ряда классов тесных двойных систем" автор, рассматривая начало стадии катаклизмической переменной, пишет, что "...начинается перенос массы на релятивистский спутник". Это не совсем так, поскольку вырожденный электронный газ белых карликов становится релятивистским по мере приближения к большим массам. Лучше было бы написать "...Начинается перенос массы на вырожденный белый карлик".

Там же: "Излучение гравитационных волн... является значительным только для систем с орбитальным периодом  $< 3$  часов" Правильнее написать "... $< 2$  часов".

Там же: "Не только превращает БК+КК в контактные системы...". Это неправильно. Катаклизмические переменные - полуразделенные системы, белый карлик не заполняет полость Роша. Или автор неправильно выразила свою мысль.

Страница 30: Рассматривая разделение КП на группы, классические Новые отнесены к немагнитным системам. Однако здесь можно было бы привести одно из "ярких" исключений - Новая Лебедя 1975=V1500 Cyg одновременно является полярком.

Страница 32: Говоря об основных источниках в излучении КП, указывается аккреционный диск и горячее пятно. Стоило бы упомянуть и о "горячей линии" как альтернативе "горячему пятну" в моделях Бисикало и др.

Там же: "Одновременно красный карлик вносит небольшой вклад в суммарное излучение системы и, как правило, не наблюдается". Здесь стоило бы уточнить, что это справедливо для КП с короткими периодами, то есть для звезд типа SU UMa и особенно - для самых короткопериодических систем (типа WZ Sge). Это уточнение тем более важно, поскольку диссертанту удалось выделить некоторые физические характеристики вторичной компоненты-донора у короткопериодической системы типа WZ Sge с периодом всего 0.055 суток.

Страница 35: Непонятно, что хотела сказать автор фразой "Подобные сверхвспышки происходят даже чаще, чем обычные".

Там же: "считается, что сверхгорбы возникают вследствие прецессирования большой полуоси эллиптического диска". Здесь следовало бы уточнить, что речь идет о положительных сверхгорбах, потому что причиной отрицательных сверхгорбов считается нодальная прецессия.

Там же: "Периоды карликовых Новых типа WZ Sge в основном короче 0.6d, что включает в себя хорошо известный "пробел периодов". Здесь, очевидно, описка, это характеристика карликовых Новых типа SU UMa в целом, а не WZ Sge.

Страница 37: "Двухволновые модуляции... были подтверждены теоретически как 2:1 резонанс" - ... вызванные 2:1 резонансом.

Страница 38: "немногочисленность обычных вспышек вероятно, обусловлена короткими периодами объектов и очень низкими массами вторичных компонент". Не понятно, что имеется в виду под "обычными" вспышками.

Механизм возникновения сверхгорбов недостаточно хорошо описан.

В описании ошибок дифференциальной фотометрии, которое дается на странице 44, не хватает уточнения, что принимается в качестве точности: среднеквадратичное отклонение единичного измерения или ошибка среднего.

"На основе анализа... на послевспышечных фазах можно говорить о почти полной потере аккрецируемого вещества диском вследствие прекращения его переноса с поверхности вторичной компоненты". Предположение (страницы 150 и 153) о прекращении переноса аккрецируемого вещества со вторичной компоненты спорно, так как в этом случае вторичная компонента должна уйти под свою полость Роша. Это не соответствует стандартной модели эволюции катаклизмических переменных, в соответствии с которой уходить под полость Роша могут долгопериодические катаклизмические переменные в "пробеле периодов". Исследуемый объект - наоборот, короткопериодическая катаклизмическая переменная.

Указанные недостатки относятся к изложению работы, а не к ее основному содержанию, не снижают ценность полученных результатов, и не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Таким образом, диссертация А.А. Митрофановой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия" является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи уточнения эволюционного статуса, определение фундаментальных параметров, механизмов взаимодействия и физического состояния компонент предкатаклизмических и катаклизмических систем, имеющей существенное значение для астрофизики, что соответствует требованиям пункта 7 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент: зав. лабораторией двойных звезд федерального государственного бюджетного учреждения науки "Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук" Елена Петровна Павленко. Все.

**Председатель:** Спасибо большое. Арина, отвечаем на вопросы оппонента и замечания. Но постарайтесь совсем кратко.

**Митрофанова А.А.:** С вашего позволения я воспользуюсь выписанными мною вопросами. С основной частью замечаний я согласна, хотела бы прокомментировать три вопроса и замечания.

Значит, замечание: говоря об основных источниках в излучении катаклизмических переменных, указывается аккреционный диск и горячее пятно. Стоило бы упомянуть и о "горячей линии" как альтернативе "горячему пятну" в моделях Бисикало и др. В газодинамических расчетах аккреционных дисков действительно показано наличие

горячей линии. Однако наблюдательными данными это не подтверждено. К тому же в получаемой нами доплеровской томографии горячую линию мы не видим. Поэтому мы использовали общепринятую модель аккреционных дисков с горячим пятном.

Непонятно, что хотела сказать автор фразой "Подобные сверхвспышки происходят даже чаще, чем обычные". К сожалению здесь пропущено слово. Фраза должна звучать следующим образом: "У ряда систем подобные сверхвспышки происходят даже чаще, чем обычные". Далее в диссертации приводится описание этих систем.

Следующее замечание: "немногочисленность обычных вспышек вероятно, обусловлена короткими периодами объектов и очень низкими массами вторичных компонент". Не понятно, что имеется в виду под "обычными" вспышками. В данной фразе речь шла об обычных вспышках, наблюдаемых у систем типа SU UMa и ER UMa и которые вызваны прецессионной неустойчивостью аккреционных дисков. Фраза не имела отношения к послевспышечным "эхо", наблюдаемым у систем типа WZ Sge. Все. С остальными замечаниями я согласна.

**Председатель:** Спасибо большое. Так, друзья, мы переходим к общей дискуссии. Ограничиваться особо не надо. Первым поднял руку Владимир Евгеньевич.

**Панчук В.Е.:** Значит, уважаемые коллеги, я не соучастник работ по катаклизмическим переменным и, мне кажется, поэтому я смогу сделать объективную оценку общего характера. Я не создавал аппаратуру, на которой наблюдали. А наблюдал это со стороны. Вот два слова для молодежи о школе... казанской школе. Все началось очень давно, начало 70-х работы Сахибуллина по не-ЛТР. Затем появился вопрос: а куда эти ультрасложные расчеты, к каким видам наблюдений их прикладывать? И появилось два направления: одно - роль не-ЛТР эффектов при исследовании химической эволюции галактик, когда наблюдается мало звезд и поправки для разных элементов, не-ЛТР поправки имеют разное эволюционное значение, и второе - это вот такие объекты, которые меняются очень быстро, которые слабые и которые трудно наблюдать и так далее. Вот в 80-х годах была работа... был цикл работ Натальи Федоровны Войханской по этим объектам и там, в частности, вот, по крайней мере для меня, стало ясно, что наблюдения сильно отстают. И эшелле и известный нам всем спектрограф, ну будем говорить мягко, не соответствовали той сложности задач, которые вот мы сейчас видим. Эффекты не-ЛТР относительно химической эволюции галактик - это тоже вещь сомнительная. После того, как появились слова merging и так далее, и так далее, в частности мы это направление в CAO свернули, потому что там оказалось все гораздо

сложнее. Вот эта работа для меня пример приличного соответствия уровня наблюдений, который, подчеркиваю, в основном базируется... преимущественно базируются на отечественной наблюдательной возможности, выполнены там где-то в Турции или где-то у нас тут недалеко. Вот. Это первое. Второе - я... ну общих фраз, наверное, хватит. Я сделаю одно замечание относительно возрастов. Вот когда человек наблюдатель, он к теоретическим расчетам относится с большим пиететом и он считает, что там все люди сделали правильно, а ему надо поискать где у него не туда усы торчат. Вот. И наоборот, но наоборот, конечно, теоретики они живут в своем мире. Поэтому определение возрастов... Я напомним, была работа по В звездам в скоплениях и в поле. Это было лет 30 назад, сделана такая работа здесь. Дисперсия возрастов, если вы определяете возраст обычной В звезды, не такой сложной системы, В звезды внутри скоплений и измеряете не возраст скопления, а дисперсию возрастов. Она оказалась больше, чем различие в возрастах отдельных скоплений. Это первое. Поэтому на возраст я смотрю очень спокойно. Второе - ошибки определения параметров. Даже при анализе звездных атмосфер на обычных кильтских диаграммах мы наблюдаем следующую вещь: эффективная температура и  $\log g$  перекачиваются. Эти параметры не независимы и идет перекачивание... перекачка, извиняюсь за нерусский язык, одних... одного в другое. Поэтому если вы говорите о точности, надо всегда об этом помнить. Когда люди получают очень высокую точность по одному параметру - это значит у них там съедет по светимости.

**Председатель:** С  $\log g 0.2$  я просто в восторге.

**Панчук В.Е.:** Да, до сих пор. Поэтому я хотел бы чтобы при оценке этой работы мы не, как говорится, вникали в каждую часть ее, а смотрели вот на ситуацию в целом. Какое место занимает данная работа в том числе работ, которые здесь уже, значит... За 25 лет или там сколько, больше, я выслушал и прочел достаточное количество работ, чтобы утверждать, что уровень значительно выше среднего, есть хороший баланс теории и наблюдений, есть знание литературы, написано "читали и похуже", как говорится, написано очень грамотно, роль руководителя нормальная. Поэтому большое спасибо за доставленное удовольствие. Я оцениваю высоко.

**Председатель:** Хорошо. Виктор Леонидович.

**Афанасьев В.Л.:** Значит, я вот что хочу сказать. По названию работа, казалось бы, чисто теоретическая. Честно говоря, если бы там была чистая теория, моделирование, использование литературных, я подчеркиваю, данных, у меня бы не было бы никаких претензий. Но! Более внимательное рассмотрение вот работы, выслушав доклад, посмотрел автореферат, засунул нос в диссертацию и у меня появились некоторые вопросы о том на какой основе построены теоретические выводы, приложенные к наблюдениям. Стандартно... Вот Владимир Евгеньевич сказал, что наблюдатели смотрят на теоретиков с... кто что там делает и наоборот. Но здесь теоретик решил приложить свои знания к методике наблюдений, начал изобретать велосипед. Вопрос Буренина, одного из оппонентов, был вполне справедливым. Я плохо понимаю как можно использовать, причем речь идет о том, что часть работы выполнена в SAO, где кроме современных методов используют адекватные методы анализа, доступные в том числе и приедем. Я плохо понимаю, почему фотометрию делается не апертурным анализом (daophot и так далее, и так далее, и в MIDAS, и в IRAF, который доступен здесь), а делается с помощью любительского пакета MaxIm. Это называется изобретением велосипеда и достоверность данных, полученных из MaxIm вызывают всегда большие сомнения. Потому что специально был придуман апертурный анализ Стетсоном для того, чтобы делать фотометрию более однородной. Значит, мои вопросы по ошибкам, которые я задавал, тоже были не праздные. Стандартный подход очень многих теоретических групп, который заключается в основном "вот смотрите, нарисовали кривую, которая красиво ложится на наблюдаемые точки" и ни одной цифры о статистической достоверности. Это тоже вопрос методики. То, что я прочитал о спектрах меня просто удивило. То же самое, никаких знаний об IRAF и MIDAS, описывается каким образом обрабатываются кривые спектры и так далее, и так далее. С точки зрения наблюдателя то, что написано в диссертации, методическая часть, ее в себя не включает. Это вот претензия вполне конкретная к наблюдательной части. Я промолчу о том, что у нас объекты пронаблюдали там-то. На чем? Каким образом? Какие точности? Это не принято говорить. Обычно об этом не говорят. Но об этом нужно говорить в наблюдающей обсерватории в свете специалистов астрофизической обсерватории. Наконец, последнее, вот когда идет научная, методическая и практическая значимость работы некоторые пункты просто ошибочны. Вывод о наличии избытка светимости, хотя они показывали недостаток светимости. И, наконец, если в положениях, выносимых на защиту, речь идет о результатах обработки и первичного анализа фотометрических данных, хотелось бы услышать подробности. Я полистал автореферат и посмотрел. С моей точки зрения, утверждение в фразах типа такого, что в автореферате ровно говорится... ровно пять строчек. Вторая глава содержит

два пункта... в которых обобщена информация об обработке спектроскопических наблюдений исследуемых объектов с указанием особенностей их получения и так далее. Без конкретных указаний. Я понимаю, что это немножечко отражает стиль работы конкретной организации. Есть такое. Не первый раз с этим сталкиваемся. Но все-таки хотелось бы, чтобы следующие подзащитные эти вещи учитывали. Мы всегда говорили, что как здорово, что у нас защищаются работы по данным, полученным на нашем телескопе. Это идет реклама. С точки зрения наблюдателя то, что там написано - это антиреклама. Все. Спасибо.

**Председатель:** Спасибо большое. Иосиф Иванович.

**Романюк И.И.:** Можно с места?

**Председатель:** Конечно!

**Романюк И.И.:** Я, наверное, один из первых кто прочитал диссертацию, потому что совет поручил мне сделать заключение о возможности защиты диссертации в нашем совете. Первое знакомство с диссертацией показало, что она хорошая, комплексная такая, в лучших традициях казанской школы выполненная работа. Там есть и наблюдения, и обработка данных, и теория. Значит, я не буду сейчас повторять содержания, об этом много раз говорилось и даже более того, я поговорил с нашими коллегами из САО по поводу личного вклада диссертанта и они очень высоко ценят ее работоспособность, активность в наблюдениях, самостоятельность в обработке данных. Поэтому у меня нет сомнений в том, что диссертация сделана самостоятельно и это законченная научная работа. Я послушал оппонентов и ведущую организацию... отзывы. Я к ним присоединяюсь, считаю, что работа Арины Алексеевны заслуживает... работа соответствует в общем всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сама соискательница безусловно заслуживает указанной научной степени. И призываю членов дисс. совета голосовать "за".

**Председатель:** Спасибо. Мингалиев Марат.

**Мингалиев М.Г.:** Я сокращу свое выступление. Вступительную часть прекрасно отразил Владимир Евгеньевич Панчук. Ее опускаю. Поэтому я хотел обратить внимание на следующие моменты. Заострить внимание ваше. Нам была представлена прекрасная

экспериментальная работа, которая включала в себя наблюдения, обработку этих данных, полученные результаты и их приложение к существующим теориям, что иллюстрирует нам, что автор прекрасно знает обсуждаемый предмет. И ответы на задаваемые вопросы, и текущее обсуждение прекрасно проиллюстрировали этот факт. Поэтому я в заключении, как говорится, последнее утверждение, которое я делаю. Оживленное обсуждение лишней раз подтверждает актуальность поставленной и представленной нам работы и полученных результатов. Призываю коллег... Я не буду официальные вещи, что полностью соответствует и так далее. Призываю коллег голосовать "за" прекрасную работу. Поучиться нам, многим здесь сидящим руководителям и молодым потенциальным претендентам на это звание кандидата физ.-мат. наук, стоит поучиться на примере этой работы. Спасибо.

**Председатель:** Еще у нас. Щекинов, пожалуйста.

**Щекинов Ю.А.:** Можно я с места?

**Председатель:** Конечно! Конечно!

**Щекинов Ю.А.:** Я хочу, собственно, как-то возле этого графика. Эти вот обсуждения и, как я заметил, я первый обратил внимание на этот график. Но, в принципе, я был удовлетворен и я не отношу себя к наблюдателям. Но, тем не менее, я вполне представляю значимость ошибок бесспорно, но я хочу обратить внимание, что именно эта часть... далеко не все теоретики и далеко не все наблюдатели понимают значимость ошибок. Поэтому... то есть им кажется то, что называется "и в уме понятно", а все остальное, ну вот оно хорошо здесь выглядит. Все остальное там как-то дальше уладится. Я хочу в этой связи подчеркнуть следующее. Все таки и так получается, что я всегда оппонирую Виктору Леонидовичу по этому поводу. Я подчеркиваю, что кандидатская диссертация это квалификационная работа и вот свою квалификацию Арина Алексеевна... она вполне подтверждает. Достаточно уже того, что она очень хорошо понимает задаваемый вопрос и правильно адекватно на него отвечает. То есть вот эту часть она понимает. То, что она использовала нестандартные методы обработки это, кстати, признак роста человека. Человек использует то, что он своими руками сделал. И это в данном случае только похвально. В целом она выдерживает этот квалификационный уровень, предъявляемый к кандидатским диссертациям. Поэтому, единственное тут что можно сказать - это голосовать "за".

**Председатель:** Спасибо большое. Я думаю, что мы можем нашу дискуссию прекратить. И перейти к основным этапам. Я могу сказать, я тоже высоко оцениваю эту работу. Мне все таки не хватает некоторых вещей здесь. Вот второе положение, выносимое на защиту: разработка нового метода анализа при ограниченном наборе наблюдательных данных... Он здесь вот не развит. Может, я не очень хорошо понимаю этот новый метод, насколько он все таки полноценный, насколько он зависит от того, какое количество наблюдений получено. Этого ни в докладе, диссертацию смотрела, тоже особо не нашла. Этого не хватает. А в целом возражений кроме как того, что есть шероховатости относительно определения расстояний и светимостей, вот этих вот ошибочных вещей. У меня в общем сомнений нет. Мне очень понравился обзор. Последнее время диссертации кандидатские идут всегда... почти всегда начитаются с наблюдений или теории, обзора нет. То есть обычно введения в проблему нет. А здесь прекрасный, грамотный, квалифицированный обзор. То есть я заключаю свой спич призывом голосовать "за". Я, по крайней мере, буду голосовать "за". Мы предоставляем соискателю слово. Последнее слово.

**Митрофанова А.А.:** Я бы хотела выразить благодарность своему научному руководителю - Владиславу Владимировичу Шиманскому, Николаю Владимировичу Борисову, которого я считаю своим вторым научным руководителем. Также Казанскому Федеральному Университету за то, что они воспитали во мне такого человека, который смог представить все таки такую работу. Огромную благодарность хочу выразить САО РАН и за предоставление наблюдений, а также за то, что они всегда выступали руководящей организацией при поддержке грантов РФФИ. Также хотела бы выразить благодарность наблюдателям... нашим казанским наблюдателям, которые получали наблюдательные данные на телескопе РТТ-150, которые я вот использовала в своей диссертационной работе. Также друзьям, своим родственникам, которые меня поддерживали всегда и во всем. Наверное, все.

**Председатель:** Спасибо большое. Прошу садиться. Так. Нам предстоит выбрать членов счетной комиссии. У меня предложение в состав комиссии: Юрий Владимирович Глаголевский, Верхованов Олег...

**Верхованов О.В.:** А мне нельзя! Я уже был дважды!

**Председатель:** Где ты был? Все мы уже были. Так. Глаголевский, Мингалиев и... ну. Трушкин тогда. Кто за такой состав членов комиссии? Пожалуйста, прошу голосовать. Кто против? Против нет. Воздержавшихся нет. Просим комиссию приступить к работе. Так. Члены совета прошу оставаться на своих местах. Осталось всего несколько минут.

*(Проводится процедура тайного голосования)*

**Председатель:** Все, прошу внимания! Председатель счетной комиссии огласит результаты голосования. Прошу внимательно. Нам нужно будет утвердить этот протокол.

**Мингалиев М.Г.:** Состав диссертационного совета в количестве 19 человек и так далее, вы слышали. Я только определяющие, основные моменты вам зачитаю. Присутствовало на заседании 13 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации - 12. Роздано бюллетеней 13, осталось - 6. Оказалось в урне 13 бюллетеней. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физ.-мат. наук Митрофановой А.А.: "за" - 12, "против" - 0, недействительных - 1. Председатель Мингалиев, члены комиссии Глаголевский, Трушкин.

**Председатель:** Так. Голосуем. Кто за утверждение этого протокола? Я прошу голосовать. Кто против? Воздержался? Нет. Все, результаты утверждены и мы поздравляем нашу прекрасную соискательницу с пожеланиями дальнейших успехов в развитии методов и всего, всего.

*(Аплодисменты)*

**Председатель:** Я прошу членов совета не расходиться. У нас предстоит еще работа над заключением. Я прошу прочитать заключения и высказать свое мнение о нем.

*(Члены совета обсуждают проект заключения)*

**Председатель:** Все. Спасибо большое всем за работу. Мы утверждаем это заключение с поправками, которые зафиксировал секретарь. Кто "за" заключение? Прошу голосовать. "Против" - нет. Заключение принимается единогласно в следующей редакции:

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 3 ноября 2017 г. №106**

О присуждении Митрофановой Арине Алексеевне, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения» по специальности 01.03.02 – “Астрофизика и звездная астрономия” принята к защите 25 августа 2017 г., протокол № 105, 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, Митрофанова Арина Алексеевна, 1990 года рождения, в 2012 году окончила Институт физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", с 01.11.2012 г. по 31.10.2016 г. проходила обучение в очной аспирантуре Института физики КФУ, на данный момент работает в должности младшего научного сотрудника в научно-исследовательской лаборатории астрофотометрии и звездных атмосфер кафедры астрономии и космической геодезии отделения астрофизики и космической геодезии Института физики в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

**Научный руководитель** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии Института физики КФУ, Шиманский Владислав Владимирович.

**Официальные оппоненты:**

1. Павленко Елена Петровна, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук", заведующий лабораторией двойных звезд отдела физики звезд;

2. Буренин Родион Анатольевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), старший научный сотрудник отдела астрофизики высоких энергий;

дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва, в своем положительном заключении, подготовленном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником ГАИШ Е.С. Дмитриенко и кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником ГАИШ Н.А. Катышевой, подписанном доктором физико-математических наук, председателем координационного совета ГАИШ МГУ по астрофизике Г.М. Рудницким, кандидатом физико-математических наук, секретарем координационного совета ГАИШ МГУ по астрофизике И.Б. Волошиной, академиком РАН, доктором физико-математических наук, директором ГАИШ МГУ Черепашуком А.М., утвержденном доктором физико-математических наук, проректором МГУ имени М.В. Ломоносова Федяниным А.А., 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 А.А. Митрофанова заслуживает присуждения ей искомой степени.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации (общим объемом 74 страницы), напечатанных в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Шиманский, В.В. Предкатаклизмические переменные промежуточного возраста SDSS J172406+562003 и RE J2013+4002 / В.В. Шиманский, Н.В. Борисов, Д.Н. Нуртдинова, А.А. Митрофанова, В.В. Власюк, О.И. Спиридонова // *Астрономический Журнал*. - 2012. – Т. 89 - № 6. - С. 492-507.
2. Митрофанова, А.А. Анализ эволюции катаклизмической переменной GSC 02197-00886 / А.А. Митрофанова, Н.В. Борисов, В.В. Шиманский // *Астрофизический Бюллетень*. - 2014. - Т. 69 - № 1- С. 88-105.

3. Митрофанова, А.А. PN G068.1+11.0 – молодая предкатаклизмическая переменная с экстремально горячей главной компонентой / А.А. Митрофанова, Н.В. Борисов, В.В. Шиманский, О.И. Спиридонова, М.М. Габдеев // *Астрономический Журнал*. - 2016. - Т. 93 - № 2. - С. 210-223.
4. Шиманский, В.В. О формировании оптического излучения TW Crv / В.В. Шиманский, А.А. Митрофанова, Н.В. Борисов, С.Н. Фабрика, А.И. Галеев // *Астрофизический Бюллетень*. - 2016. - Т. 71. - № 4. - с. 497-509.
5. Shimansky, V.V. Analysis of observations of the Dwarf Novae Pegasi 2010 / V.V. Shimansky, A.A. Mitrofanova, N.V. Borisov, M.M. Gabdeev // *Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory*. - 2013. - V. 109. - P. 16-22.

На автореферат отзывы не поступили.

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:**

- разработана методика анализа физики предкатаклизмических переменных с ограниченным набором наблюдательных данных с совместным применением моделирования их оптического излучения и эволюционных треков ядер планетарных туманностей;
- рассчитаны и согласованы с наблюдаемыми кривые блеска и спектры 3 предкатаклизмических переменных с учетом эффектов отражения, несферичности компонент и отклонений от ЛТР;
- впервые определен полный набор параметров новой предкатаклизмической переменной PN G068.1+11.0;
- расширена зависимость "возраст - избыток светимости" для вторичных компонент молодых предкатаклизмических переменных на 12 систем;

- предложен метод определения параметров карликовых Новых на основе моделирования их оптических спектров в фазах релаксации и в спокойном состоянии;
- впервые построены доплеровские карты и получен набор параметров карликовой Новой GSC 02197-00886.

**Теоретическая значимость диссертационной работы** обоснована тем, что соискателем исследованы тесные двойные системы на поздних стадиях эволюции с применением моделирования их оптического излучения. Проведенный анализ спектроскопических и фотометрических данных трех предкатаклизмических переменных с определением параметров объектов позволил сделать вывод о наличии избытков светимости вторичных компонент PN G068.1+11.0 и TW Crv и отсутствии его у вторичной компоненты RE J2013+4002. На основе проведенного в работе анализа спектроскопических данных GSC 02197-00886 был сделан вывод о переходе аккреционного диска карликовой Новой в оптически тонкое состояние в фазах ее поздней релаксации, что позволило определить параметры системы на основе расчетов ее оптических спектров. Результаты выполненного автором теоретического моделирования оптического излучения трех предкатаклизмических переменных и карликовой Новой типа WZ Sge с определением их параметров важны для дальнейшего теоретического исследования тесных двойных систем этих типов.

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

- полученные в этой работе фундаментальные параметры трех предкатаклизмических переменных позволили расширить зависимость "возраст - избыток светимости" на максимальное число полностью исследованных к настоящему времени систем типа BE UMa, а также ввести новый класс предкатаклизмических переменных промежуточного возраста;
- предложена новая методика определения параметров молодых предкатаклизмических переменных на основе моделирования их оптического излучения с применением эволюционных треков ядер планетарных туманностей;

- предложен новый метод определения параметров карликовых Новых типа WZ Sge путем моделирования их оптических спектров в низком состоянии;
- построены доплеровские томограммы GSC 02197-00886, что позволило подтвердить переход аккреционного диска карликовых Новых типа WZ Sge в оптически тонкое состояние в фазах релаксации и спокойного состояния систем.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- данные наблюдений получены на телескопах Цейсс-1000, БТА (САО РАН) и на РТТ-150 достоверны;
- использование методик моделирования излучения тесных двойных систем, ранее неоднократно протестированных при исследовании аналогичных астрофизических систем;
- согласие теоретических и наблюдаемых кривых блеска (TW Crv, PN G068.1+11.0, RE J2013+4002) и спектров всех систем;
- соответствие полученных наборов параметров объектов средним значениям для изученных систем соответствующих типов;
- результаты диссертации апробированы на российских и международных конференциях и опубликованы в ведущих астрофизических журналах.

**Личный вклад** соискателя состоит в его активном участии в формулировке тематики исследований, в получении наблюдательных данных на телескопах Цейсс-1000 и БТА САО РАН. Автором выполнены обработка фотометрических (RE J2013+4002, TW Crv, GSC 02197-00886) и спектроскопических (RE J2013+4002, TW Crv, PN G068.1+11.0, GSC 02197-00886) данных, построены доплеровские томограммы для GSC 02197-00886. Наравне с соавторами автор участвовал в разработке и реализации методов анализа всех систем, моделировании их излучения, определении наборов параметров, интерпретации полученных результатов и написании текстов всех статей.

На заседании 3 ноября 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Митрофановой Арине Алексеевне 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



Клочкова В.Г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

3 ноября 2017 г.