

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.203.01

протокол №95 от 21 апреля 2016 г.

Председатель: доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН

Балега Юрий Юрьевич

Ученый секретарь: кандидат физ.-мат. наук

ШОЛУХОВА Ольга Николаевна

Состав совета - 19 человек, присутствуют - 13:

1. д.ф.-м.н, член-корр. Балега Ю.Ю. 01.03.02

2. к.ф.-м.н Шолухова О.Н. 01.03.02

3. д.ф.-м.н, Караченцев И.Д.. 01.03.02

4. д.ф.-м.н Клочкова В.Г. 01.03.02

5. д.ф.-м.н Глаголевский Ю.В. 01.03.02

6. д.ф.-м.н Бескин Г.М. 01.03.02

7. д.ф.-м.н Засов А.В. 01.03.02

8. д.ф.-м.н Гаген-Торн В.А. 01.03.02

9. д.ф.-м.н Панчук В.Е. 01.03.02

10.д.ф.-м.н Романюк И.И. 01.03.02

11.д.ф.-м.н Трушкин С.А. 01.03.02

12.д.ф.-м.н Богод В.М. 01.03.02

13. д.ф.-м.н Афанасьев В.Л. 01.03.02

**Председатель:** Дорогие коллеги, доброе утро! У нас имеется кворум диссертационного совета, 13 человек из 20. Нам сегодня предстоит заслушать диссертации Максима Маратовича Габдеева "Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных", которая представлена на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. Научным руководителем является Николай Владимирович Борисов, кандидат физ.-мат. наук и.о. лаборатории обеспечения наблюдений САО. Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, Ихсанов Назар Робертович, Пулковская обсерватория и кандидат физико-математических наук, Родион Анатольевич Буренин, Институт космических исследований. Ведущей организацией является Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань. Прошу доложить секретаря как у нас с документами. Всё в порядке?

**Секретарь:** Документы представлены все, которые необходимы по положению ВАК. Сданы экзамены на хорошо и отлично, претензий не имеется.

**Председатель:** Тогда, Максим Маратович, вам двадцать минут на предстваление.

**Габдеев М.М.:** Доброе утро, уважаемые коллеги! Рад представить вам результаты диссертационной работы по теме "Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных". Работа выполнялась в нашей обсерватории под руководством Борисова Николая Владимировича. Катаклизмические переменные - это тесные двойные системы, главный компонент которых белый карлик, а вторичный компонент красный карлик М-К класса, заполняющий свою полость Роша. В этих системах происходит перетекание вещества с красного на белый карлик. Магнитные катаклизмические переменные – это особый класс катализмических переменных, который делится на два подтипа: промежуточные поляры и поляры. В промежуточных полярах, как правило, магнитное поле белого карлика не превышает 10МГс, его размеры не превышают так же размеры системы. Вначале формируется промежуточный аккреционный диск, а в последствии, вблизи белого карлика, реализуется канализированный режим аккреции на один или оба магнитных полюса. В полярах магнитное поле намного больше, более 10 МГс и его размеры превышают размеры системы, поэтому вещество захватывается магнитными силовыми линиями уже вблизи точки Лагранжа и аккрецирует также на один или оба магнитных полюса. Целью диссертационной работы было определить фундаментальные параметры, такие как орбитальный период, массы компонентов, угол наклона, размеры системы, величину магнитного поля белого карлика новых кандидатов в магнитные катализмические переменные. Также исследовать структуру вещесва путем

анализа излучения областей эмиссионных линий. Для этого необходимо было решить следующие задачи: провести новые фотометрические, спектральные, поляриметрические наблюдения на телескопах САО. По этим наблюдениям классифицировать выбранные кандидаты. Использовать спектральные фотометрические данные для определения фундаментальных параметров систем, а также построить доплеровские карты. Проверить возможность моделирования как циклотронных гармоник, проявляющихся в спектрах объектов и эффектов переизлучения, формирующихся на поверхности вторичного компонента.

Все исследованные системы оказались полярами, по этому первая глава диссертации посвящена именно этому типу объектов. Как я уже говорил, в полярах реализуется канализированный режим аккреции. Вещество по магнитным силовым линиям падает на белый карлик вблизи магнитного полюса. В этой области вблизи магнитного полюса формируется горячее пятно и аккреционная колонка. И эти две области и являются основными областями излучения поляров. Рассмотрим простейшую модель аккреционной структуры в полярах. Вещество, падая на поверхность белого карлика, тормозится и формируется жесткое рентгеновское излучение. Проникая под поверхность белого карлика, энергия падающего вещества перерабатывается в мягкое рентгеновское излучения и ультрафиолетовый диапазон. Быстрые электроны в аккреционной колонке начинают вращаться вокруг магнитно-силовых линий, формируя циклотронное излучение. Внешние слои аккреционной колонки излучают в оптическом диапазоне. Размер колонки, как правило, не превышает пять сотых радиуса белого карлика, соответственно, ее пространственные размеры не велики, и этим определяется высокая орбитальная переменная блескость поляров. Неравномерность аккреционного потока приводит к быстрой переменности, так называемому, фликеренгу, а изменение темпов аккреции к ослаблению и увеличению среднего блеска систем. Циклотронный механизм, который работает в аккреционной колонке поляризует видимое излучение объекта и отсюда, собственно говоря, и идет название этих объектов, поляров. Спектральные линии, которые наблюдаются в полярах, такие же как в катализмических переменных, это линии водорода серии Бальмера, эмиссионные, нетрального гелия, более тяжелых элементов, но отличительной особенностью является сильная линия HeII, которая очень эффективно ионизируется и ее интенсивность сравнима с линией H $\beta$ .

Исходя из перечисленных наблюдательных особенностей, какие же методы наиболее эффективны для поиска кандидатов? Это конечно же рентгеновские обзоры, например, по рентгеновским обзорам в жестком рентгеновском диапазоне было открыто порядка 70

катализмических переменных, 14 из них оказались полярами, более 50 промежуточные поляры. В мягком рентгеновском диапазоне было найдено 72 переменных объекта, но не проведена однозначная классификация. Оптические обзоры позволяют обнаружить как орбитальные переменности блеска, так и долговременную переменность блеска, и покрытие оптических обзоров очень большое. Собственно говоря, из оптических обзоров наши кандидаты были и найдены. Ну и идеальными обзорами, на наш взгляд, будут, конечно, полиметрический обзор неба и в линии HeII 4686. Это будет наиболее эффективные обзоры, но пока их конечно еще нет.

В итоге по наблюдениям на телескопах CAO было исследовано 8 систем. Спектральные и полиметрические наблюдения проводились на БТА с помощью приборов SCORPIO и SCORPIO-2, также на SCORPIO наблюдалось затмение одного из объектов. Долговременная фотометрия проводилась на телескопе Цейсс-1000 с использованием фильтров B,V,R системы Джонса-Куозинса. Для шести объектов из выборки были получены полиметрические наблюдения, для 4 фотометрические и для трех спектроскопические.

Вторая глава посвящена поляриметрическим исследованиям. Они выполнялись на телескопе БТА с использованием прибора SCORPIO-2. Для того чтобы получить изображение использовалась поворотная пластинка лямбда на 4 и призма Волластона. Наблюдения проводились в полосе V. В итоге мы на выходе получали два изображения с разным положением угла фазовой пластики и по данной формуле рассчитывали параметр Стокса V. Для того чтобы посчитать интенсивность каждого изображения мы складывали обыкновенные и необыкновенные лучи. В итоге мы получаем для каждого объекта кривую блеска и кривую круговой поляризации. Точность наблюдений измерялось по звездам поля, строились зависимости стандартного отклонения звездной величины и степени поляризации от, собственно говоря, звездной величины. Как показано на рисунке, вполне имеется возможность наблюдать объекты до 19-20 звездной величины, но с ухудшением скважности наблюдений. На данном графике представлены кривые для 30 секундных экспозиций.

Все объекты показали значительную степень круговой поляризации, два из них не показывали изменение знака поляризации в течение орбитального периода. Это говорит о том что активность белого карлика, т.е. аккреция, происходит всего лишь на один полюс белого карлика. Другие объекты показали смену знака и соответственно в этих системах аккреция происходит на оба магнитных полюса. Не обнаруживалась корреляции от блеска систем, максимум блеска и максимум поляризации не совпадали, в некоторых системах

максимум поляризации достигался в момент минимума блеска. Интересно, что объект RXS184542 нам удалось наблюдать в двух эпохах, в момент когда он был ярче звезды сравнения на ползвездные величины и в момент, когда он был в максимуме блеска слабее. И мы заметили, что поляризация в ее максимуме увеличилась в два раза. Это свидетельствует о том, что вклад циклотронного излучения в общее излучение падает гораздо меньше с темпом аккреции, чем, собственно, блеск системы. И поэтому степень поляризации, конечно же, увеличивается. В заключении главы два сказано, что по данным поляриметрических наблюдений было классифицировано шесть катаклизмических переменных как поляры. У четырех из них наблюдается смена знака поляризации, что свидетельствует об активности обоих полюсов белого карлика.

Третья глава посвящена фотометрическим исследованиям. Основной целью фотометрических исследований было определение орбитальных периодов и обнаружение долговременной переменности блеска. Периоды находились при помощи метода Лафлера-Кинмана, реализованного в программе Виталия Петровича Горанского EFFECT. Два объекта имели периоды меньше двух часов, один больше трех часов. Как раз между ними расположен пробел периодов для катаклизмических переменных от двух до трех часов. И самое интересное, что один объект имеет период чуть более двух часов. Что свидетельствует о том, что аккреция в этом объекте возобновилась недавно, он вышел из пробела периодов и аккреция возобновилась.

Два объекта, опять таки, USNO0825 и CSS130604 не показали долговременной переменности блеска на нашем плече наблюдений. Первый объект имеет амплитуду орбитальной переменности блеска практически две с половиной звездные величины, это скорее всего, эффект частичного затмения аккреционной колонки. Также в этом объекте наблюдается сильный избыток в красном диапазоне порядка одной звездной величины, который в виду того, что объект находится вне галактической плоскости и расстояние с большой вероятностью до него не превышает одного килопарсека, не может объясняться межзвездным поглощением. Скорее всего максимум циклотронного излучения приходится на полосу R и поэтому мы видим такой избыток. Второй объект CSS130604. Его кривая блеска имеет амплитуду чуть больше 1.5 звездной величины. Кривая блеска квазисинусоидальна и не имеет видимых особенностей.

Два других объекта IPHAS0528 и RXS0733 показали долговременную переменность. Объект 0733 увеличил блеск на три четверти звездной величины, но при этом кривая блеска свою форму не изменила, она осталась квазисинусоидальной. Из особенностей имеется провал вблизи максимума блеска, который вполне возможно объяснить затмением

аккреционной колонки струей перетекающего вещества. Но для этого нужны дальнейшие наблюдения и анализ.

Объект IPHAS0528 достаточно яркий, поэтому нам удалось исследовать его более подробно, в трех полосах - B,V,R. Здесь показано изменение в полосе R, долговременное. Его блеск падал и незначительно колебался от ночи к ночи наблюдений. Но самое важное, что кривая блеска изменила свою форму в низком состоянии. Появился вторичный максимум и амплитуда переменности блеска увеличилась на две сотые звездной величины. Помимо этого, при увеличении блеска, который мы наблюдали в пятнадцатом году, привело к изменению цвета системы. Объект стал более сильным. На основе этого мы сделали вывод, что в объекте незначительно изменился темп аккреции, приведший к изменению распределения энергии в спектре объекта.

Результатами главы три стало определение и уточнение четырех орбитальных периодов для этих систем. А также долговременной переменности для двух систем. И изменение показателей цвета и формы и амплитуды кривой блеска у одного из объектов.

Спектральные исследования описаны в главе четыре, это наиболее объемная глава, так как спектры содержат наибольшее количество информации и широко известны методы анализа спектральных данных. Я не буду останавливаться на методах, а перечислю основные результаты, полученные в данной главе. Это, конечно, массы компонентов и угол наклона. В задаче определения масс компонентов большую роль играет, как раз таки, угол наклона. К счастью для нас одна система имела частное затмение и две других полное затмение. Это позволило ограничить угол наклона систем. Массы компонентов находились по амплитуде лучевых скоростей, измеренных по компоненте сформированной на поверхности красного карлика. В двух системах мы даже наблюдали выделение компонент линий, в некоторых фазах. Двух пиковые линии один из компонент которых формировался в аккреционной струе, а второй более узкий на поверхности красного карлика. Для того, чтобы более точно определить массы, мы использовали новый метод учета вращения красного карлика при помощи моделирования эффектов переизлучения. Рассчитывалась поправка для полуамплитуды лучевых скоростей на центр масс красного карлика. Наиболее достоверными можно считать результаты, полученные для объекта CSS081231, так как мы пронаблюдали его фотометрическое затмение и определили его длительность. Это позволило нам с высокой точностью наложить ограничения на угол наклона системы. И основная ошибка находилась в измерении полуамплитуды лучевых скоростей.

Помимо этого мы наблюдали спектр этого объекта вблизи фазы затмения и обнаружили абсорбционные детали вторичного компонента. Сравнение с моделями показало, что наилучшее совпадение достигается при следующих параметрах атмосферы красного карлика. Это соответствует массе в 0.2 массы Солнца. В пределах ошибки, массы, найденные обоими методами, совпадают.

Доплеровские карты показали, что основные области излучения формируются на поверхности красного компонента и в струе перетекающего вещества вблизи точки Лагранжа. Доплеровские карты строятся в плоскости скоростей ось X направлена от белого карлика к красному, ось Y в сторону вращения красного карлика, на картах также отмечена полость Роша красного карлика, расположение белого карлика, центра масс и кеплеровской траектории падения вещества. Наиболее интересные результаты получены для объектов CSS081231 и BS Tri, которые мы наблюдали в двух состояниях, в которых изменилась область формирования эмиссионных линий. В объекте CSS081231 также изменился наклон континуума, а в объекте BS Tri произошло изменение бальмеровского декремента и интенсивности линий гелия. Объяснений этому мы не нашли.

Последний результат который мне бы хотелось представить – результат сравнения модели спектров циклотронного излучения с наблюдаемыми спектрами. Модели рассчитывались с помощью программного комплекса, разработанного Колбиным А.И. Модели рассчитывались по заранее найденным коэффициентам поглощения. Наилучшее совпадение моделей и данных наблюдений получилось при складывании нескольких спектров при следующих параметрах:  $T_e=10-12$  кэВ,  $B=31-34$  МГс;  $\theta=80-90^\circ$ ,  $\Lambda=10^5$ . Подводя итоги, я перечислю основные результаты, выносимые на защиту. Первое, результаты поляриметрических наблюдений на телескопе БТА САО РАН, по которым шесть катаклизмических переменных были классифицированы как поляры. Показано, что излучение объектов исследования обладает сильной круговой поляризацией. У 4 объектов из выборки зарегистрирована смена знака круговой поляризации, свидетельствующая об аккреции на оба магнитных полюса белого карлика. Второе, результаты фотометрических наблюдений, определенные значения периодов орбитального движения 4 систем, обнаружение долговременной переменности. Третье, результаты спектральных наблюдений, определенные базовые параметры нескольких систем, а также доплеровские карты объектов исследования, построенные по основным эмиссионным линиям. четвертое, результаты сравнительного анализа циклотронных гармоник в спектрах объекта CSS081231 с теоретическими моделями. Найденные параметры аккреционной колонны.

Результаты работы апробированы на российских и международных конференциях, семинарах САО и КФУ и опубликованы в шести рецензируемых журналах, включенных в список ВАК. Вклад автора состоит в постановке целей и задач работы, получении наблюдений на телескопах САО РАН, обработка наблюдений полностью проводилась автором диссертации, анализ, интерпретации и написание текстов статей наравне с соавторами.

У меня все, благодарю за внимание.

**Председатель:** Вопросы к соискателю?

**Ченцов Е.Л.:** Я интересуюсь тем объектом, открытым на малом телескопе по соседству. И в ту же ночь он был на БТА. Вошел ли он в диссертацию?

**Габдеев М.М.:** Да, это объект USNO0825.

**Богот В.М.:** Хотелось бы уточнить, под циклотронным излучением вы имеете ввиду его основную гармонику?

**Габдеев М.М.:** Нет... На слайде представлены номера гармоник: 4, 5, 6.

**Богот В.М.:** Величина магнитного поля определяется в соответствии с этими гармониками, так?

**Габдеев М.М.:** По положениям гармоник.

**Богот В.М.:** Это как-то сказывается на величине магнитного поля?

**Габдеев М.М.:** Конечно! Магнитное поле влияет на интенсивность гармоник и также на их положение. Другие параметры тоже могут повлиять на положение гармоник.

**Богот В.М.:** Две моды, обыкновенная и необыкновенная, определяют знак магнитного поля. Это как-то связано с физикой излучения или чем-то еще?

**Габдеев М.М.:** На одном полюсе электроны вращаются в одну сторону, а на другом в другую, поэтому происходит смена знака поляризации.

**Засов А.В.:** В том объекте, где колонка только на одном полюсе, что является причиной этого? Это результат какой-то благоприятной ориентации белого карлика? Или это связано с аккрецией на один полюс?

**Габдеев М.М.:** И то и другое. Т.е. либо мы можем видеть только один полюс белого карлика из-за параметров системы, либо, действительно, аккреция происходит только на один полюс.

**Засов А.В.:** Тогда еще один вопрос. Есть ли какая-нибудь связь параметров орбит в этих системах с переходами с высоких на низкие уровни?

**Габдеев М.М.:** Такой проверки еще не проводилось. Но такой зависимости, скорее всего, нет. Причина изменения темпов аккреции не ясна.

**Черепашук А.М.:** Орбитальная переменность связана с вращением белого карлика?

**Габдеев М.М.:** Она связана с вращением белого карлика, т.к. она синхронизирована с орбитальным вращением.

**Черепашук А.М.:** При синхронизации должны быть покачивания, полюс то опережает, то догоняет.

**Габдеев М.М.:** Такого не наблюдается, это происходит только в асинхронных полярах. В большинстве поляров вращение белого и красного карлика синхронизировано с орбитальным движением. Поэтому орбитальная переменность связана с затмениями – исчезновениями из поля зрения аккреционной колонки. В асинхронных полярах есть небольшая десинхронизация орбитального вращения с вращением белого карлика, поэтому происходит смещение кривых блеска и изменения переменности кривой блеска.

**Черепашук А.М.:** Даже в синхронных полярах должны быть покачивания из-за того, что магнитное поле обладает, своего рода, упругостью. Это было бы очень интересно наблюдать.

**Габдеев М.М.:** В наших наблюдениях этого не видно. По длинным рядам затменных систем в настоящее время есть работы, в которых описаны колебания фаз минимума, что объясняется, в основном, присутствием экзопланет в системах – больших Юпитеров.

(смех в зале)

Возможно также объяснение этого эффекта колебанием магнитного поля, однако, модно объяснять синусоидальные изменения положения затмений именно наличием планет в системе.

**Трушкин С.Н.:** Есть ли какое-нибудь свидетельство радиоизлучения исследуемого объекта.

**Габдеев М.М.:** Есть, но их очень мало. Это вспышечные события. Их энергетика очень маленькая. Это происходит в основном за счет активности красного карлика. В изучение радиоизлучения мы не углублялись, однако, судя по данным литературы, радиоизлучение наблюдалось и в некоторых случаях поляризация достигает 100%.

**Афанасьев В.Л.:** Как вы определяли знак круговой поляризации?

**Габдеев М.М.:** Воспользовались любезно предоставленными Вами данными. Ориентация призмы Волластона такая, что при повороте угла на верхней части изображения обыкновенные лучи, а на нижней необыкновенные лучи. Стандарты мы не наблюдали, воспользовались информацией, предоставленной Вами.

**Клочкова В.Г.:** У меня осталась некоторая неудовлетворенность. Вы сказали, что основным критерием для перевода ваших кандидатов в полярны является наличие мощных линий эмиссии He 4686, и в то же время для части ваших объектов вы получили спектры. Таким образом, мы можем говорить, что это поляр?

**Габдеев М.М.:** Нет, я сказал о критериях в спектральных наблюдениях. Основным критерием служит именно поляриметрия, т.е. круговая поляризация.

**Клочкова В.Г.:** Спасибо, не продолжайте, я поняла.

**Габдеев М.М.:** Хорошо-хорошо.

**Председатель:** А сколько всего катаклизмических в Галактике?

**Габдеев М.М.:** Не могу сказать...

**Председатель:** Ну ладно... Еще есть вопросы, коллеги? Нет. Спасибо, Максим Маратович, садитесь, пожалуйста.

(Аплодисменты)

Коллеги, сейчас можно сделать технический перерыв, т.к. в зале осталось слишком мало кислорода. Объявляю технический перерыв на 15 мин.

---

**Председатель:** Коллеги, продолжаем работу. Переходим к отзыву научного руководителя Борисова. Пожалуйста коротко.

**Борисов Н.В.:** Диссертация Габдеева М.М. посвящена фотометрическим, спектральным и поляриметрическим исследованиям выборки пекулярных астрономических объектов -

кандидатов в магнитные катаклизмические переменные, выполненных в Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук на телескопах БТА и Цейсс-1000. К числу исследуемых объектов относятся поляры. Это тесные двойные системы, содержащие сильно замагниченный белый карлик с магнитным полем  $10 - 100$  МГц, в которых осуществляется канализированный режим аккреции.

Понятно, что данные объекты фактически являются уникальными природными лабораториями, позволяющей подробно изучить особенности существования вещества в экстремальных физических условиях. Накопленный к настоящему времени астрофизический опыт показывает, что подобные условия не так часто встречаются в нашей Галактике и возможности наблюдений и анализа данного типа объектов ограничены. Поэтому глубокое осознание природы даже отдельных объектов вносит значимый вклад в развитие как астрофизики, так и смежных с ней научных направлений.

Во время выполнения диссертационной работы М.М. Габдеев показал себя сформировавшимся исследователем, умеющим самостоятельно проводить наблюдения и интерпретировать их с использованием современных методов анализа. Получен огромный наблюдательный материал (фотометрический, спектральный и поляриметрический) выборки новых магнитных катаклизмических переменных. Его анализ позволил получить важнейшие результаты, необходимые для понимания физических процессов, протекающих в тесных двойных системах, содержащих сильно замагниченный белый карлик. Достоверность этих результатов подтверждается тем, что результаты диссертации получены на основе профессионально выполненных наблюдений с использованием эффективных приемников излучения. При анализе данных наблюдений использовались адекватные теоретические модели.

Физические процессы в исследуемых объектах проанализированы с использованием наблюдений как самого автора, так и скомпилированных им по данным различных источников. Полученные М.М. Габдеевым научные результаты несомненно найдут применение в дальнейших фундаментальных исследованиях. Построенные кривые изменений поляризованного излучения могут быть использованы в анализе физике процессов, имеющих место в изучаемых астрономических объектах.

Диссертация М.М. Габдеева является комплексным научным исследованием, в котором выполнены фотометрические, спектральные и поляриметрические наблюдения и проведен их анализ.

Диссертация М.М. Габдеева является законченной научной работой, в которой проведено комплексное экспериментальное и теоретическое исследование актуальной научной проблемы. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертация «Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных» 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 М.М. Габдеев заслуживает присуждения искомой степени.

**Председатель:** Спасибо, присаживайтесь. Переходим к заключению организации.

**Секретарь:** Заключение федерального государственного бюджетного учреждения науки специальная астрофизическая обсерватория российской академии наук. Диссертация «Фотометрические, спектральные и поляриметрические наблюдения новых магнитных катаклизмических переменных», представляемая на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия, выполнена в лаборатории обеспечения наблюдений САО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель, Габдеев Максим Маратович, работал в должности инженера и учился в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН). В 2011 году М.М. Габдеев окончил Казанский федеральный университет по специальности астрономия. Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник САО РАН Борисов Николай Владимирович.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение: В работе исследована выборка магнитных катаклизмических переменных. Определены их базовые параметры, такие как орбитальный период, угол наклона к лучу зрения, массы белого и красного карликов, напряженность магнитного поля. А также исследованы структура аккрецирующего вещества и области формирования эмиссионных линий.

Приводятся результаты анализа поляриметрических наблюдений, показавшие, что исследуемые объекты обладают высокой степенью круговой поляризации излучения в видимом диапазоне. В некоторых системах она достигает 30%. Показано, что вклад циклотронного излучения становится доминирующим (степень поляризации излучения растет), при малом темпе аккреции. 4 объекта исследуемой выборки меняют знак круговой поляризации в течение орбитального периода, что свидетельствует о наличии

аккреции на оба магнитных полюса белого карлика. В итоге 6 систем были классифицированы как полярны.

Анализ долговременных фотометрических наблюдений позволил определить или уточнить орбитальные периоды 4 систем. Исследованные объекты являются короткопериодическим, значения орбитальных периодов не превышают трех с половиной часов. Все объекты показали высокую орбитальную переменность блеска более  $1^m$ . А так же у двух объектов изменялся средний блеск на временной шкале годы. Оба наблюдательных проявления свойственны полярам. Проводились фотометрические наблюдения затмения системы USNO-B1.0 1340-00183028, которые позволили определить его длительности и впоследствии наложить ограничение на угол наклона системы. Полученные значения использовались для определения масс компонент системы.

Анализ спектральных данных был направлен на исследование поведения эмиссионных линий: измерения значений лучевых скоростей, изучения переменности интенсивности и профилей линий и их составляющих, построения доплеровских карт. Результаты анализа кривых лучевых скоростей позволили определить массы компонент трех систем. Доплеровское картирование показало отсутствие дисковой аккреции во всех исследованных объектах и что в системах реализуется канализованная аккреция, что является свойством полярных в виду сильного магнитного полюса белого карлика. В некоторых случаях видны проявления излучения эмиссионных линий на облученной поверхности красного карлика.

В спектрах объекта USNO-B1.0 1340-00183028 были обнаружены циклотронные гармоники. В результате сравнения теоретических спектров циклотронных гармоник с наблюдаемыми были определены следующие параметры аккрецирующей колонны.

Научной новизной являются что, в работе проводился комплексный анализ фотометрических, спектральных и поляриметрических наблюдений объектов, полностью полученных на телескопах САО РАН. Первые поляриметрических наблюдений магнитных катаклизмических переменных на телескопах САО РАН. В ходе которых было открыто два новых полярных и четыре объекта были однозначно классифицированы как полярны. По результатам фотометрических и спектральных наблюдений были определены физические параметры компонент исследованных систем. Впервые удалось провести спектральные наблюдения полярного, блеск которого увеличился в течении суток на половину звездной величины. Это привело к кардинальным изменениям в структуре аккреции вещества и как следствие в её наблюдательных проявлениях.

Все наблюдения были выполнены на телескопах САО РАН - БТА и Цейсс-1000, самим соискателем или старшими коллегами. Обработка наблюдательных данных проводилась по стандартным методикам. Проводилось сравнение найденных параметров систем со значениями в каталоге Риттера и Колба, который содержит порядка 130 полярных. Все представленные в работе значения согласуются с ранее опубликованными параметрами других систем.

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в 6 статьях диссертанта, опубликованных (или принятых к публикации) в рецензируемых журналах из списка ВАК. Представленные результаты и выводы обсуждались на семинарах САО РАН, на российских и международных конференциях.

Общий астрофизический семинар пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-исследовательской работой. Работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присвоения ему звания кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фотометрические, спектральные и поляриметрические наблюдения новых магнитных катаклизмических переменных» Габдеева Максима Маратовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия. Заключение принято на заседании общего астрофизического семинара САО РАН 29 октября 2015 года. Присутствовало на заседании 30 человек. Результаты голосования: «за» - 30, «против» - 0, «воздержалось» - 0 человек. Протокол № 14-1/2015. Руководитель астрофизического семинара САО РАН, доктор физ.-мат. наук, Моисеев Алексей Валерьевич.

**Председатель:** Спасибо. Поскольку отзывов на автореферат не поступало, переходим сразу к отзыву ведущей организации. Александр Иванович, прошу.

**Колбин:** Изучение тесных двойных систем (ТДС) на поздних стадиях их эволюции является одним из стремительно развивающихся направлений современной астрофизики, что обусловлено набором благоприятных факторов. Во-первых, для таких объектов характерно формирование излучения в широком спектральном диапазоне: от гамма и рентгеновского до далекого инфракрасного и радио. Регистрация этого излучения затруднена его поглощением земной атмосферой и стала возможной в последние десятилетия благодаря запуску специализированных космических аппаратов. Во-вторых, вещество в ТДС часто находится в экстремальных условиях, для корректного описания которых требуется сложнейшее моделирование с применением знаний физики высоких

энергий. Развитие компьютерных технологий в конце 20-го и начале 21-го века сделало такое моделирование широкодоступным. В-третьих, ТДС являются природными лабораториями, позволяющими получать уникальные экспериментальные данные и, тем самым, обеспечивать дальнейшее развитие многих направлений физики и астрофизики.

Среди всех классов двойных систем поляры занимают особое положение. Определение их фундаментальных характеристик и анализ механизмов аккреции вещества и формирования излучения требует учета влияния сильного магнитного поля белого карлика. Теория такого влияния к настоящему времени разработана не полностью и для ее дальнейшего развития требуется расширение как набора наблюдательных данных, так и списка классифицированных и изученных объектов. При этом наибольшую ценность имеют комплексные исследования на основе наблюдений разных типов. Выполнению именно таких исследований для большой группы объектов посвящена представленная диссертация Габдеева М.М., что определяет высокую степень ее актуальности и научной значимости.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка цитируемой литературы и содержит 104 страницы текста, 46 рисунков, 5 таблиц и 117 цитируемых источников.

Представленная диссертация производит хорошее впечатление. Ее несомненным достоинством является гармоничное сочетание современных наблюдательных данных, многочисленных методик их количественного анализа и моделирования. Следует отметить, что в диссертацию включены почти все методы оптических наблюдений полярных звезд, реализованные на телескопах САО РАН. Высокая эффективность приемной аппаратуры этих телескопов и большие наблюдательные ряды, полученные диссертантом, явились надежной основой для успешного выполнения работы. Однако не менее значимым фактором оказалась выбранная стратегия комплексного анализа данных с применением эффективных методов Шафтера и оконной кросс-корреляции спектров, позволивших однозначно выявить области формирования видимого излучения и определить их динамические характеристики. Одновременно, использование диссертантом теоретического моделирования спектров звезд и данных современной теории звездной эволюции придало его исследованиям законченный характер с определением набора фундаментальных параметров 3 полярных звезд. Данные результаты, несомненно, имеют большую научную и практическую ценность, а предложенный в работе подход к анализу данных - методическую ценность. Кроме того, важное научное значение представляет классификация четырех новых полярных звезд с определением их эфемерид, а практическое значение - полученные диссертантом обширные ряды

поляриметрических, фотометрических и спектроскопических наблюдений высокого качества. Результаты, включенные в диссертацию, прошли надлежащую апробацию на 6 российских и международных конференциях с личным участием автора и опубликованы в 6 статьях в высокорейтинговых, рецензируемых изданиях. Данные результаты могут использоваться во многих астрономических центрах, изучающих вопросы физики и эволюции звезд и тесных двойных систем: САО РАН, ГАО РАН, ИНАСАН, ГАИШ, КрАО, ИА СПГУ, КФУ и др.

К представленному тексту диссертации необходимо высказать следующие замечания:

Первое, при исследовании поляров BS Tti и CSS081231 диссертантом учтены поправки за различия лучевых скоростей вторичной компоненты и горячего пятна на ее поверхности, формируемого под действием эффектов отражения. Их величина зависит от ряда параметров полярра и увеличивает амплитуду лучевых скоростей вторичной компоненты на 12-16%. К сожалению, учет поправок не проведен для полярра USNO0825, что, очевидно, обусловлено более ранним временем его исследований. Однако при написании текста диссертации было бы желательно сделать оценки влияния на массы компонент USNO0825 поправки за лучевую скорость, принимая ее аналогичной поляррам BS Tti и CSS081231. Второе, учитывая, что одной из главных целей работы являлось открытие новых полярров и определение их характеристик, диссертанту следовало бы в обзоре представить список подобных объектов с известными наборами параметров и провести их статистический анализ. Результаты этого анализа позволили бы диссертанту сделать в главе 4 более глубокие выводы о положении исследованных им полярров в группе систем этого типа. Третье, некоторое количество замечаний имеется к оформлению диссертации. В частности, многие таблицы и рисунки содержат надписи на языке, отличном от официального языка диссертации. Рисунки 1.4, 2.2, 2.7 и др. не имеют обозначений одной из осей и нарушена общность обозначений на части других рисунков. На рис. 4.24 отсутствует цитируемая в подписи нумерация спектров. Результаты, приводимые в конце каждой главы, не оформлены в отдельные параграфы, что затрудняет чтение текста. Представленные эфемериды имеют недостаточно цифр в значениях периодов для соответствия заявляемой автором точности. На стр. 50 сделана некорректная ссылка на рисунок, а на стр. 82 - на формулу (1). Текст на стр. 21. "Бейлей [14] представил ..." не имеет логической связи с предыдущим изложением. На стр. 62 не указано, кем проведены наблюдения 29 сентября 2011 г. Наконец, следует отметить ряд стилистических и лексических ошибок на стр. 16 ("... связан с аккреционной колонны."), стр. 21 ("Выше перечисленные особенности касаются также и инфракрасного диапазона, излучение

сильно переменно..."), стр. 44 ("Полученные фотометрические временные ряды были обработаны, был уточнен ...") и др.

Указанные неточности не умаляют достоинств диссертационной работы и не влияют на результаты, выносимые на защиту. Автореферат полностью отражает содержание и структуру диссертации. Считаем, что диссертация "Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных" является законченным научным исследованием, обеспечивающим дальнейшее развитие теории физики и эволюции звезд и тесных двойных систем, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант Габдеев Максим Маратович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 --- астрофизика и звездная астрономия.

Отзыв подготовлен профессором Сахибуллиным Н.А. и утвержден на заседании кафедры астрономии и космической геодезии Казанского (Приволжского) федерального университета от 18 марта 2016 г.

**Председатель:** Спасибо Александр Иванович, пожалуйста, садитесь. Максим Маратович, какие ваши будут ответы.

**Габдеев М.М.:** Я согласен с замечаниями по поводу оформления текста. По поводу первого объекта USNO0825 не было еще инструмента для определения поправок к полуамплитуде лучевых скоростей, но посчитав и взяв 15% увеличения полуамплитуды лучевых скоростей я пересчитал и получилось, что масса белого карлика в системе USNO0825 увеличивается на треть и становится равной одной массе солнца. Сравнивая с известными параметрами других систем, если мы смотрим по вторичной компоненте, вот в эту область, от 0,14 до 0,19 массы солнца, то полученные нами массы сопоставимы с массами в данных системах. Замечание было по поводу точности определения орбит, но как фотометрические так и спектроскопические данные получались в достаточно близкие юлианские даты, неточности находящиеся в эфемеридах объектов не сильно сказывалась на определения орбитальных фаз периода систем, т.е. фазовая привязка как спектральных так и поляриметрических наблюдений достаточно точная.

**Председатель:** Александр Иванович вы удовлетворены?

**Колбин:** Да.

**Председатель:** Переходим к отзывам официальным оппонентов. Первый оппонент Назар Робертович Ихсанов. Зачитает секретарь.

**Секретарь:** Отзыв официального оппонента, доктор физико-математических наук Назара Робертовича Ихсанова на диссертацию М.М. Габдеева "Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных", на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия. Диссертационная работа М.М. Габдеева посвящена комплексному наблюдательному исследованию магнитных взрывных (катаклизмических) переменных. Основным предметом исследований в данной работе является выборка относительно немногочисленного подкласса объектов этого типа – полярнов. По своей композиции - маломассивные тесные двойные системы с синхронизованным вращением красного и магнитного белого карлика, полярны являются уникальными лабораториями, позволяющими изучать движение газовых потоков и распространение излучения в магнитном поле, величина которого недостижима в земных условиях. В свете этого, информация о свойствах излучения полярнов является исключительно важной, а тема представленного исследования – актуальной.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав и Заключения. Ее объем составляет 104 страницы, включая 46 рисунков и 5 таблиц. Список литературы насчитывает 117 наименований. Во Введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи исследования, описывается научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Также приводится общая характеристика работы и основные результаты, выносимые на защиту. В первой главе описываются основные характеристики полярнов и проявления этих систем в различных диапазонах электромагнитного спектра. Отдельный раздел посвящен современным представлениям о процессе аккреции вещества на белый карлик с сильным магнитным полем. Перечислены базовые принципы поиска и идентификации полярнов. Во второй главе представлены результаты поляриметрических наблюдений, выполненных на телескопе БТА с помощью прибора SCORPIO-2. В программе была реализована методика поляриметрических наблюдений слабых объектов до  $20^m$  кандидатов в полярны, показали, что излучение этих объектов отличается высокой степенью круговой поляризации. На этом основании сделан вывод о принадлежности исследуемых источников к подклассу полярнов. В третьей главе представлены результаты долговременных фотометрических наблюдений выборки объектов, исследуемых в диссертации. Наблюдения, выполненные диссертантом на телескопе Цейсс-1000, позволили определить орбитальные периоды четырех из исследованных систем. У оставшихся двух систем было отмечено изменение среднего

блеска. Оригинальный результат был получен в отношении звездной величины. Данные, полученные для шести источника IPHAS0528, у которого наблюдалось значительное изменение формы кривой блеска и показателей цвета. В четвертой главе приводятся результаты спектральных наблюдений объектов исследуемой выборки на телескопе БТА с использованием редукторов SCORPIO и SCORPIO-2. По результатам этих наблюдений определены параметры трех из исследованных систем и построены Доплеровские карты этих источников. Анализ параметров систем проводился с использованием теоретической модели спектра излучения красного карлика, находящегося в поле жесткого излучения его компаньона. В расчетах использовалась модель атмосферы, учитывающая не-ЛТР эффекты. Сравнение наблюдаемых спектров с теоретическими, полученными с использованием программного кода HARMONY, позволило оценить физические параметры излучающей среды в основании аккреционной колонки и оценить величину магнитного поля белого карлика в системе CSRT CSS081231 J071126+440405. В Заключение перечислены основные результаты диссертации.

К содержанию диссертации можно высказать ряд замечаний. Первое метод классификации магнитных взрывных (катаклизмических) переменных на подклассы полярных и промежуточных полярных, описанный диссертантом в первой главе, является несколько упрощенным. Принадлежность источника к тому или другому подклассу определяется не только величиной магнитного поля белого карлика, но и темпом обмена массой между компонентами системы и, соответственно, темпом аккреции вещества на поверхность белого карлика. Оценка этого важного параметра в тексте диссертации, к сожалению, отсутствует. Оценить темп аккреции в системах, расстояние до которых определено с большими погрешностями, затруднительно (из-за неточности определения светимости этих источников). Вместе с тем, модельная оценка величины параметра  $\Lambda$ , выполненная в разделе 4.4.4 (см. формулу 4.2), позволяет оценить плотность аккреционного потока и, соответственно, темп аккреции, исходя исключительно из параметров двойной системы. Следует, однако, заметить, что величина темпа аккреции, оцененная по величине этого параметра, не противоречит выводу о принадлежности источника CSRT CSS081231 J071126+440405 подклассу полярных. Второе, величина степени поляризации источников во второй главе диссертации приводится без указания ошибки определения этой величины. Средняя величина ошибки, при этом, приводится на рисунке 2.2. Такая форма представления несколько затрудняет восприятие результатов. Третье, в начале четвертой главы (на стр. 56) номера рисунков, на которые ссылается автор, ошибочны.

Диссертация написана простым и достаточно ясным языком, однако изобилует опечатками и грамматическими ошибками. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Сделанные замечания не затрагивают основных выводов представленного исследования. Диссертация "Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных" удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор безусловно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия. Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главной (Пулковской) обсерватории Российской академии наук Назар Робертович Ихсанов.

**Председатель:** Спасибо. Максим Маратович попробуйте ответить.

**Габдеев М.М.:** На самом деле оппонент сам ответил на свои замечания. Определение темпа аккреции вещества - очень сложная задача, т.к. мы не знаем ни расстояния до этих объектов, ни распределение вкладов разных типов излучения в видимом диапазоне. Но при моделировании циклотронного излучения есть масштабирующий параметр  $\lambda$ , который входит в параметр  $S$ , который определяет геометрическую толщину излучающую области вдоль луча зрения, из этого параметра можно оценить темп аккреции вещества.

**Председатель:** И какой получается?

**Габдеев М.М.:** Я не посчитал. По поводу классификации полярных и промежуточных полярных. Это все взаимосвязано, и величина магнитного поля и темпа аккреции скорее всего связаны, и разделять эти понятия нельзя. Мы сделали акцент на магнитное поле белого карлика. С замечаниями по тексту я согласен.

**Председатель:** Спасибо. Поскольку у нас нет официального оппонента, мы не можем сказать удовлетворяет ли его ваш ответ. Второй официальный оппонент Родион Анатолиевич Буренья, пожалуйста.

**Буренин Р.А.:** С вашего позволения, своими словами скажу покороче. Исследования аккрецирующих систем с белыми карликами представляют большой интерес. Я в последнее время занимался наблюдательной космологией в основном, а также занимался катаклизмическими переменными. Мне кажется что исследования катаклизмических переменных важны уже потому, что эти объекты являются прародителями сверхновых звезд типа Ia, которые как известно, широко используются в наблюдательной космологии. Точности наблюдательной космологии выросли до того, что весьма важно знать их свойства с высокой точностью, но и для этого важно знать свойства катаклизмических переменных. Для того, чтобы судить об этом, необходимо отвечать на такой вопрос как: "С какой скоростью растут массы белых карликов в этих двойных системах?", для этого нужно знать параметры систем с высокой точностью, чему и посвящена, в большей

степени, работа диссертанта. На самом деле исследуются только подклассы катаклизмических переменных - поляры. Это связано с желанием использовать поляриметрические методы, в основном. Работа экспериментальная и очень объемная. Не смотря на то, что я работаю в институте космических исследований, я много занимаюсь оптическим наблюдением на разных телескопах. Вызывает уважение объем работы проделанной, и результат достаточно существенный. Обнаружено несколько новых полярных, при том что известно чуть больше сотни на всем небе. Измерены массы белых карликов в нескольких системах, измерены периоды обращения в нескольких системах. Исследованы целые выборки таких систем. Всех замечаний по существу не так много, все измерения достаточно надежные. Хотелось бы чтобы в некоторых случаях больше физика обсуждалось. В случаях когда циклотронные линии исследуются в одном из объектов в последней главе. Мне кажется, что по оптическим данным получается рентгеновская температура 10 кэВ, достаточно странно выглядит что по оптике можно мерить рентгеновскую температуру, хотелось бы физику дела здесь понимать. Автор пользуется существующим программным обеспечением, но вот физику дела нужно объяснять читателям подробно. Текст диссертации достаточно хорошо подготовлен, не так уж много опечаток как обычно бывает. Хотя они конечно есть, предыдущий оппонент замечал, что нумерация рисунков перепутана. В конце диссертации, в заключении, периоды систем даны одинаково с точностью до последней цифры. Один из этих объектов лежит на нижней границе распределения по периодам, такие системы встречаются редко. Правда это утверждение не совсем точное, что касается катаклизмических переменных вообще, то если это было раньше, когда выборки были отобраны разными способами плохо определенными способами. Как только были проведены исследования с хорошо статистически определенных выборок, слоановский обзор неба, то выяснилось, что таких объектов около минимума периода очень много, больше чем считалось раньше, и поскольку объекты эти слабые, то на единицу объема их большинство штук, что совпадает с теорией популяционного синтеза. И в качестве пожелания на будущее, чтобы от исследования отдельных объектов он переходил к исследованию больших статистических определенных выборок, так чтобы результаты этих исследований можно было сравнивать с теоретическими моделями популяций. Это важно для многих задач. В рентгеновском обзоре СРГ будут обнаружены все катаклизмические переменные в диске галактики, на высоких галактических широтах, их примерно 10 000, в непосредственной близости вокруг нас, если пересчитать будет  $10^6$  примерно. Это будут все объекты, включая объекты низкой светимости после отскока периода, они будут обнаружены, если они вообще есть. Я бы хотел, чтобы диссертант включался в эту работу. По поводу

английских надписей, уже было замечено на рисунках и в таблицах можно было использовать векторную графику, местами её очень сложно разобрать. Несмотря на замечания, нисколько не снижаю ценность работы в целом, все результаты являются новыми, в шести статьях опубликованы. Диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор Габдеев Максим Маратович заслуживает присуждение ему ученой степени кандидат физ-мат наук по специальности 01.03.02 астрофизика и звездная астрономия.

**Председатель:** Спасибо. Присаживайтесь, Родион Анатольевич. Пожалуйста прошу ответить.

**Габдеев М.М:** По поводу температуры. Каким образом определяется рентгеновская температура из оптических наблюдений. Дело в том, температура влияет на максвелловское распределение скоростей электронов, а это в свою очередь влияет на ширину гармоник, а также на их положение. Как я уже говорил отвечая на вопрос, сравнение наблюдаемых и теоретических спектров циклотронных гармоник проводилось по ширине и положению циклотронных гармоник. Точность определяется наилучшим совпадением. Но при этом нужно учитывать сложное влияние других параметров. Так, положение циклотронных гармоник чувствительно к напряженности магнитного поля. Температура среды сказывается на ширине гармоник, она же влияет на наклон спектра. Похожий эффект дает параметр  $\Lambda$ . Ориентация вектора магнитного поля по отношению к лучу зрения отражается на остроте циклотронных пиков и вносит небольшой вклад в изменение положения гармоник. По разному изменяя эти параметры мы можем получить схожие результаты. Поэтому на какие-то из них необходимо накладывать ограничение. На температуру накладывается ограничение 10-15 кэВ, в это диапазоне мы и искали температуру. Максимальный вклад циклотронного излучения достигается при углах близких к 90 градусам. Параметр  $\lambda$  мы брали опираясь на результаты других работ. Основной параметр, который мы варьировали - это напряженность магнитного поля. Используемая модель не полная, и не дает сто процентных результатов, но оценку магнитного поля по ней сделать можно. С замечаниями по оформлению текста я согласен.

**Председатель:** Перейдем к общей дискуссии представленной работы. Кто желает высказаться?

Давайте я начну пока люди думают. Прежде всего это яркая наблюдательная работа, которая основана на добротном материале и здорово, что у нас появился специалист

который владеет методами наблюдений, обработки, умеет анализировать и делать выводы. Что меня несколько смущает, такое общее ощущение, что было б здорово, если в работе, хотя бы, по одной двум системам была более полная физическая модель системы представлена. Ну, например, с учетом скажем ультрафиолетовых наблюдений, рентгеновских наблюдений. Готовясь к защите, я посмотрел сколько по тем объектам, которые представлены, есть спутниковых данных. Десятки. Данные спутников в коротковолновом диапазоне, которые можно привлечь, для того, чтобы понять, что происходит на аккрецирующей колонке вблизи белого карлика. Немножко смущает, что две системы, которые затменные, по ним можно было бы получить набор параметров более точно. Массы, которые вы даете, фундаментальные характеристики, имеют ошибку порядка 10%. Хотя казалось бы в затменной системе, если удастся, привязать к какой-то линии центр компонентов, можно было бы получить массы более точно, на уровне 1-2%. Таким образом выходить на моделирование с позиции точных масс, а не эволюционных треков, как вы делаете для оценки параметров компонентов. В целом же, работа хорошая, считаю, что она заслуживает искомой степени, но к руководителю замечание – нужно вычитывать работу. Сейчас не модно грамотно писать. Первый абзац работы, в предложении трех запятых не хватает! Это вызывает смущение на сколько внимательно готовилась работа. Сейчас это считается небольшим грехом, вообще считаю работу добротной, приличной работой.

Кто бы хотел высказаться?

**Гаген-Торн:** Диссертант делал доклад у нас на семинаре в СПбГУ, просил представить этот доклад оппонент Ихсанов. Семинар отнесся положительно.

**Афанасьев В.Л.:** Ну у меня сложное отношение к работе, я знаю все детали. С моей точки зрения, здесь идет большой перекосяк в сторону фотометрии на метровом телескопе. Поляриметрия и спектрополяриметрия была в конце вымучена. Понятно, что сложный метод, но именно там наиболее интересная физика для этих объектов. Именно такие слабые объекты на телескопе наблюдаются впервые. Осталась неудовлетворенность, в целом добротная работа одного из молодых людей, пользующегося тем, что есть на телескопе и научившегося этим пользоваться в отличие от некоторых.

**Панчук В.Е.:** Работа соответствует всем квалификационным требованиям, как работник САО я понимаю, что большее количество наблюдений выжать в эти сроки невозможно. Помню о том же, что соискатель наблюдал по другим программам, даже в ущерб своей науке. У нас это тоже бывает нечасто. Текст блестящий, автореферат посредственный.

Работа методическая, требовать построение не-ЛТР моделей и моделей аккреции нецелесообразно, работа хорошая.

**Власюк В.В.:** Работал соискатель в моей лаборатории, знаю я его изнутри и снаружи. Работа содержит как преимущества так и недостатки. Человек вложил много сил на телескопе БТА, выполняя чужие программы, даже в ущерб своей диссертации. Однако это не помешало ему выполнить как свою научную задачу, так и поддерживать работу на телескопе.

**Черепашук А.М.:** Блестящая работа. Обнаружены и детально, разносторонне исследованы новые объекты. Теперь появился крупный специалист и мы советуем ему воспользоваться результатами работы телескопа MASTER. Хочу отметить, что нужно соблюдать осторожность для нахождения параметров системы по эволюционным трекам. Т.к. эти системы достаточно старые  $\sim 10^9$  лет, то даже с незначительным темпом аккреции за время жизни она может потерять до половины своей массы. Оценка массы звезды по спектральному классу получается с фактором 1.5-2. В целом хорошее мнение о работе.

**Богод В.М.:** Меня впечатлило, что работа имеет большие перспективы в развитии циклотронных исследований. Есть перспективы обнаружить эти эффекты в других диапазонах. В целом положительное мнение о диссертанте.

**Ченцов Е.Л.:** Я остался доволен, тем как диссертант провел наблюдения по моей заявке и я не сомневаюсь, что его работа будет защищена.

**Караченцев И.Д.:** Мне нравится работа, я буду голосовать “за”. Имеется только замечание, что все работы написаны в российских журналах. Хотя есть примеры, когда диссертанты публиковали свои результаты в иностранных журналах.

**Председатель:** Теперь заключительное слово диссертанту.

**Габдеев М.М.:** Хочу выразить благодарность научному руководителю Борису Николаю Владимировичу. В.Л. Афанасьеву и А.В. Моисееву за помощь в обработке данных SCORPIO и других полезных наставлений, О.И. Спиридоновой, В.П. Горанскому и А.А. Москвитину за помощь при проведении наблюдений на Цейсс-1000, В.В. Власюку за поддержку работы и полезные обсуждения. Отдельная благодарность В.В. Шиманскому и А.И. Колбину за помощь в проведении расчетов теоретических спектров. Сотрудникам лаборатории обеспечения наблюдений за поддержку работы в течение всего периода выполнения и всем сотрудникам обсерватории, которые так или иначе были причастны. И в первую очередь я благодарен жене Вере и сыну Эрнесту и остальным членам семьи,

которые заряжали меня энергией, радовали и веселили, когда я уходил работать в ночное и неурочное время.

**Председатель:** Коллеги, нужно выбрать комиссию, я предлагаю: Бескин, Богод, Гаген-Торн. Есть возражения? Кто против? Все “за”. Комиссию прошу преступить к работе.

(проводится процедура тайного голосования)

**Председатель:** слово предоставляется председателю счетной комиссии Бескину Г.М.

**Бескин Г.М.:** Протокол номер 95 заседания счетной комиссии созданной диссертационным советом Д 002.203.011 21-го апреля 2016 года. Состав избранной комиссии: Бескин, Богод, Гаген-Торн. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Габдеева М.М. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 19 человек, утвержденной приказом Мин. обр. науки России от второго ноября 2012 года номер 174 нк.

Присутствовало на заседании 13 членов совета, в том числе докторов наук по профилю - 12. Роздано бюллетеней – 13, осталось нерозданными – 6, оказалось в урне бюллетеней – 13. Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата физ.-мат. наук .Габдеева М.М.: «за» – 12, «против» – 1, недействительных бюллетеней – 0. Председатель счетной комиссии Бескин Г.М. Члены комиссии Богод, Гаген-Торн.

**Председатель:** Есть ли замечания по представленному докладу нет тогда прошу утвердить этот протокол. Кто за? Кто против? Воздержался? Принимается.

(Члены совета обсуждают проект заключения)

**Председатель:** Кто за то, чтобы принять в целом, прошу проголосовать. Кто за? Против? Принимается.

Заключение принимается единогласно в следующей редакции:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО 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 21 апреля 2016 г. №95**

О присуждении Габдееву Максиму Маратовичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фотометрические, спектральные и поляриметрические исследования магнитных катаклизмических переменных» по специальности 01.03.02 – “Астрофизика и звездная астрономия” принята к защите 17 февраля 2016 г., протокол № 94 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 Габдеев Максим Маратович, 1989 года рождения, в 2011 году окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет, с 1.11.2011 г. по 31.10.2015 г. проходил обучение в очной аспирантуре, на данный момент работает в должности и.о. младшего научного сотрудника в лаборатории обеспечения наблюдений в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

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

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, и.о. зав. лаборатории обеспечения наблюдений САО РАН Борисов Николай Владимирович.

Официальные оппоненты:

1. Ихсанов Назар Робертович, доктор физико-математических наук, Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, заведующий сектором эволюции звезд;

2. Буренин Родион Анатольевич, кандидат физико-математических наук, Институт космических исследований РАН, старший научный сотрудник отдела астрофизики высоких энергий;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, в своем положительном заключении, составленном доктором физико-математических наук, профессором кафедры астрономии и космической геодезии Н. А. Сахибуллиным, подписанном И.Ф. Бикмаевым, доктором физико-математических наук, зав. кафедры астрономии и космической геодезии, заверенная проректором по научной деятельности, доктором геолого-минералогических наук, Нургалиевым Д.К., указала, что диссертация является законченным научным исследованием, обеспечивающим развитие теории физики и эволюции звезд и тесных двойных систем, 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 М.М. Габдеев заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых журналах (общим объемом 45 страниц), включенных в перечень ВАК.

1. N. V. Borisov, M. M. Gabdeev, V. V. Shimanskiy, N. A. Katysheva, A. I. Kolbin, S. Yu. Shugarov, V. P. Goranskiy. “Photometric and Spectral Studies of the Eclipsing Polar CRTS CSS081231 J071126+440405”, *Astrophysical Bulletin*, Volume 71, Issue 1, pp. 101-113, 2016
2. N. V. Borisov, M. M. Gabdeev, V. L. Afanasiev. “Photopolarimetric Observations of the Sample of Polar Candidates”, *Astrophysical Bulletin*, Volume 71, Issue 1, pp. 95-100, 2016
3. M. M. Gabdeev. “Photometric Monitoring of Polar Candidates”, *Astrophysical Bulletin*, Volume 70, Issue 4, pp. 460-465, 2015
4. N. V. Borisov, M. M. Gabdeev, V. V. Shimansky, N. A. Katysheva, S. Yu. Shugarov. “Spectroscopic Study of the Polar BS Tri”, *Astronomy Letters*, Volume 41, Issue 11, pp. 646–659, 2015

5. V. L. Afanasiev, N. V. Borisov, M. M. Gabdeev. "Polarimetric Observation of the New Polar USNO-A2.0 0825-18396733", *Astrophysical Bulletin*, Volume 70, Issue 3, pp. 328-332, 2015
6. M. M. Gabdeev, N. V. Borisov, V. V. Shimanskiy, O. I. Spiridonova. "Spectral and Photometric Studies of the Polar USNO-A2.0 0825-18396733", *Astronomy Reports*, Volume 59, Issue 3, pp. 213-220, 2015

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:

- выполнены наблюдения восьми кандидатов в магнитные катаклизмические переменные, определена или подтверждена их классификация как поляров;
- определены фундаментальные параметры исследованных звездных систем: орбитальный период, массы компонентов системы, угол наклона системы к лучу зрения наблюдателя, напряженность магнитного поля белого карлика;
- для определения масс компонентов системы был разработан метод учета вращения красного карлика с помощью моделирования эффектов переизлучения на его поверхности;
- реализована программа, строящая модельные спектры циклотронного излучения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- найдены массы компонентов исследованных объектов, которые необходимы для проверки моделей эволюции тесных двойных систем;
- исследовано излучение плазмы в сильных магнитных полях;
- на основе полученных наблюдений выдвинуто предположение о незначительных вариациях темпа аккреции вещества, приводящих к изменению распределения энергии в полярах;
- изучены особенности областей формирования эмиссионных линий.

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

- получено большое количество наблюдательных данных выборки новых магнитных катаклизмических переменных. Их анализ позволит получить результаты, необходимые для понимания физики процессов, протекающих в тесных двойных системах с сильным магнитным полем;

- зафиксировано изменение распределения энергии в спектрах исследованных объектов, изменение наклона континуума, профилей и интенсивности эмиссионных линий;

- создана методика учета вращения красного компонента полярных звезд при помощи моделирования эффектов переизлучения на его поверхности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- проведены профессиональные наблюдения на телескопах БТА и Цейсс-1000 Специальной астрофизической обсерватории;

- измерения и обработка проводились с помощью стандартных программных средств и методов;

- для анализа наблюдательных данных использовались известные методы оконной кросс-корреляции, фурье-преобразования, доплеровского картирования, гаусс-анализа;

- результаты диссертации апробированы на международных и российских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в его активном участии в постановке и решении задач диссертационной работы и включает: получение большей части наблюдательных данных, расчет параметров, анализ и интерпретацию данных, написание текстов статей, работу с литературными данными, апробацию результатов исследования в устных и стендовых докладах на научных конференциях.

На заседании 21 апреля 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Габдееву Максиму Маратовичу 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 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 12, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета



Балега Ю.Ю..

Ученый секретарь

диссертационного совета



Шолухова О.Н.

21 апреля 2016 г.