

**СТЕНОГРАММА**  
заседания диссертационного совета Д002.203.01  
протокол №102 от 21 октября 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 - **14**:

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 Афанасьев В.Л. 01.03.02
4. д.ф.-м.н Бескин Г.М. 01.03.02
5. д.ф.-м.н Богод В.М. 01.03.02
6. д.ф.-м.н Верходанов О.В. 01.03.02
7. д.ф.-м.н Глаголевский Ю.В. 01.03.02
8. д.ф.-м.н, Караченцев И.Д.. 01.03.02
9. д.ф.-м.н Клочкова В.Г. 01.03.02
10. д.ф.-м.н Мигалиев М.Г. 01.03.02
11. д.ф.-м.н Панчук В.Е. 01.03.02
12. д.ф.-м.н Романюк И.И. 01.03.02
13. д.ф.-м.н Трушкин С.А. 01.03.02
14. д.ф.-м.н Фабрика С.Н. 01.03.02

**Председатель:**

Уважаемые коллеги, кворум у нас есть. Присутствуют на заседании сегодняшнего совета 14 человек из 19, можем начинать работу. Сегодня вашему вниманию представляется диссертация Ольги Викторовны Марьевой "Спектроскопические проявления эволюции массивных звёзд", на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. Работа выполнена в нашей специальной астрофизической обсерватории, научный руководитель Валентина Георгиевна Клочкова. Ведущей организацией по защите является Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук.

Официальные оппоненты: *Борис Михайлович Шустов*, научный руководитель Института астрономии Российской академии наук.

*Владислав Владимирович Шиманский*, Казанский (Приволжский) федеральный университет.

Прошу секретаря совета озвучить ситуацию по документам. Всё в порядке?

## Секретарь:

Все документы представленные в порядке, экзамены сданы на отлично, претензий по документам нет.

## Председатель:

Дорогие коллеги, нет вопросов и замечаний по документам? По формальной части? Нет. Тогда, Ольга Викторовна, пожалуйста, вам 20 минут.

## Марьева О.В.:

Доброе утро коллеги, представляю вашему вниманию диссертацию, посвященную эволюции массивных звёзд. Массивные звёзды это одна из важнейших составляющих звёздного населения галактик. Благодаря многократному увеличению компьютерных мощностей, которое мы наблюдаем в последние десятилетия, с начала XXI века программы для расчёта звёздных атмосфер стали надёжным инструментом для исследования массивных звёзд. Такой же прогресс мы наблюдаем в развитие программ для расчёта эволюционных треков. Сейчас современные эволюционные треки хорошо описывают положения основных групп звёзд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела, хорошо описывают переходы из O-сверхгигантов через фазу LBV в звёзды Вольфа-Райе. Но остается ряд нерешенных вопросов. Например один из важных вопросов, согласно расчётам массы звёзд-прародителей сверхновых получаются значительно больше чем мы наблюдаем из кривых блеска сверхновых.

Поэтому важной задачей остается определение темпа потери массы на разных стадиях эволюции массивной звезды. В связи с этим **цель работы:** комплексное исследование массивных звёзд на смежных стадиях эволюции.

### **Задачи исследования:**

- Детальное изучение избранных массивных звёзд методами спектроскопии и численного моделирования. Определение основных параметров массивных звёзд на стадии сверхгиганта и звезды Вольфа-Райе, а также в кратковременной переходной фазе LBV.
- Определение параметров OB-звёзд со слабыми ветрами, принадлежащих к ассоциации Cyg OB2. Проверка на основе этих оценок гипотезы об аномалиях химического состава у звёзд ассоциации и о каскадном процессе звездообразования в Cyg OB2.
- Исследование центральной области ассоциации Cyg OB2 вблизи гипергиганта CygOB2 №12 с помощью длиннощелевой спектроскопии и фотометрии, построение карты межзвёздного покраснения для данной области и прояснение природы аномального покраснения №12.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка

литературы.

В диссертации использованы данные полученные на одиннадцати различных приборах в том числе и архивные ультрафиолетовые и инфракрасные данные.

Первая глава диссертации в общем посвящена эволюции массивных звёзд, также в этой главе рассматриваются основные этапы развития методов моделирования звёздных атмосфер и подробно описан код CMFGEN, который в данной работе является основным инструментом для определения параметров массивных звёзд.

Большая часть объектов, рассмотренных в диссертации принадлежит к ассоциации Cyg OB2 это богатейшая ассоциация, одна из ближайших областей звездообразования к Солнцу.

Ну и сразу перехожу ко второй главе. Во второй главе рассматриваются пять звёзд, находящиеся на Главной последовательности. Определяются их физические параметры. Благодаря тому, что CMFGEN позволяет рассчитывать сферически-симметричные модели атмосфер с ветром, мы точно определили светимости этих звёзд. Для определения светимости расчётные спектры сначала пересчитывались на расстояние до ассоциации, потом добавлялось межзвёздное покраснение, модельные спектры сворачивались с кривыми пропускания фильтров, и расчётные данные сравнивались с данными фотометрии. Таким образом были показаны светимости для всех пяти звёзд, здесь в таблице приведены определённые физические параметры, и показаны положения исследуемых звёзд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела и на диаграмме логарифм эффективной температуры – логарифм ускорения свободного падения. Мы видим, что две менее массивные звезды принадлежат более старому населению. Их возрасты более 11 миллиардов лет. Это хорошо согласуется с гипотезой о каскадном процессе звездообразования в ассоциации Cyg OB2.

Для двух удалось определить содержания CNO элементов, никаких аномалий в этих содержаниях по сравнению с другими Галактическими OB-карликами не найдено.

Также для этих звёзд сделаны верхние оценки темпа потери массы и они согласуются с теоретически предсказываемыми.

**Третья глава** посвящена более массивным звёздам, двум сверхгигантам Cyg OB2 №7 и №11. Сверхгигант №11 принадлежит к спектральному подклассу Ofc, спектры звёзд этого подкласса отличаются сильными (по интенсивности) эмиссионными линиями углерода. По интенсивности эмиссионные линии углерода сравнимы с линиями азота. Такой нетипичный вид спектров этих звёзд до сих пор остается не объясненным. Мы определили параметры этого сверхгиганта. Нашли что по физическим параметрам сверхгигант №11 не отличается от типичных представителей O-сверхгигантов у которых в спектре не наблюдается таких сильных углеродных эмиссий. Определили содержания CNO элементов. Нашли что в атмосфере нет избытка углерода, содержание углерода близко к солнечному,

зато явно виден недостаток азота. Мы предполагаем, что эти сильные углеродные эмиссии наблюдаются на фоне пониженного содержания азота. Мы полагаем, что это связано с тем, что у сверхгиганта №11 нарушен механизм выноса азота на поверхность. Изучение причин приводящих к нарушению механизма выноса на поверхность – задача для будущих исследований.

Следующий сверхгигант это сверхгигант №7 одна из самых горячих звёзд в нашей Галактике, спектральный класс O3. Мы определили её параметры, нашли светимость – светимость примерно миллион светимостей Солнца, температура 45 тысяч кельвинов. В спектре этого объекта присутствуют такие спектральные детали, которые не удастся описать в рамках единой модели. Для того чтобы описать сильную эмиссионную линию H $\alpha$  надо повышать темп потери массы, а для более горячих линий NIV и CIV нужно использовать модель с более низким темпом потери массы. Мы предполагаем, что это связано с несферичностью, со сплюснутостью этого объекта, которая может быть вызвана быстрым вращением звезды №7. И по новым уникальным данным, полученным на БТА подтверждаем выводы о неоднородности ветра.

Это положение исследуемых звёзд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела, у звезды №7 — 65 масс Солнца, у №11 – 50 масс Солнца, и согласно теории звёздной эволюции эти объекты дальше переходят в стадию голубых переменных высокой светимости.

Стадия голубых переменных высокой светимости в работе рассмотрена на примере звезды Романо. Объект находится во внешнем рукаве галактики M33. Это вековая кривая блеска звезды Романо. У неё наблюдается как яркая фотометрическая так и яркая спектральная переменность. Для исследования как изменяются параметры звезды при изменении блеска, мы отобрали девять наиболее репрезентативных спектров, полученных между 2002 и 2014 годом, эти данные покрывают два максимума блеска и два минимума. Определили физические параметры для каждой даты наблюдений и нашли что болометрическая светимость звезды Романо изменяется. Это не типично для звезды LBV. Болометрическая светимость изменяется синхронно с визуальным блеском объекта.

Здесь показано как изменяется структура ветра объекта, как ветер из медленного плотного в максимумах блеска становится быстрым тонким в минимумах блеска. В минимумах блеска по структуре ветра звезда похожа на типичные звёзды Вольфа-Райе.

Это положение звезды на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Это минимум полосы неустойчивости для LBV звёзд. LBV звёзды приходят сюда только в горячем состоянии, по диаграмме LBV звёзды движутся только право. У звезды же Романо мы наблюдаем скачок с полосы неустойчивости LBV в область Вольфа-Райе звёзд. Такой переход наблюдается впервые.

Диаграмма доля водорода как функция светимости. Здесь показаны три известные звезды LBV и видно, что звезда Романо лежит ниже, по содержанию

водорода можно сделать вывод что это более проэволюционировавший объект, чем другие LBV звёзды.

Звезда Романо также ложится на эволюционный трек 50 масс Солнца. Вот этот разброс точек, вот это движение по диаграмме Герцшпрунга-Рассела, оно связано не с эволюционным движением, а видимо с нестабильностью звезды. Видимо вот эти вспышки у звезды связаны с тем что происходит накачка водорода из внешних слоёв в ядро, и возрастает болометрическая светимость.

В дальнейшем звезда Романо превратится в звезду Вольфа-Райе. Сдия Вольфа-Райе звёзд рассмотрена на примере двух звёзд азотной последовательности WR156, которая находится в нашей Галактике и FSZ35 из галактики M33. WR156 это единственный объект, рассмотренный в диссертации для которого точно неизвестно расстояние, поэтому при моделировании этой звезды мы предполагали что она имеет такую же светимость что и FSZ35 из галактики M33, потому что это звёзды одинакового спектрального класса и имеют похожие спектры. Звезда WR156 по содержанию водорода является самой богатой WN8 звездой известной сейчас в Галактике.

Таким образом в этих трёх главах была рассмотрена эволюция звезды 50 масс Солнца на стадии О-сверхгиганта, на стадии звезды LBV и на стадии звезды Вольфа-Райе.

Я опять вернусь к ассоциации Суг OB2. Последняя глава посвящена одной из самых массивных звёзд в нашей Галактике, гипергиганту №12. Гипергигант №12 на диаграмме Герцшпрунга-Рассела лежит выше предела Хэмприс-Дэвидсона, он сразу (по своему положению) классифицируется как звезда LBV. Гипергигант привлекает внимание не только своей высокой светимостью, но и аномальным поглощением – десять звёздных величин, когда среднее поглощение в ассоциации где-то пять звёздных величин.

Для того чтобы исследовать природу этого покраснения на БТА со спектрографом SCORPIO была проведена спектроскопия звёзд ближайших к звезде №12. Проведена спектральная классификация. Для всех звёзд определены спектральные параллаксы. Видно что 10 звёзд это звёзды переднего плана, 13 – звёзды, принадлежащие к ассоциации и 2 звезды – это объекты которые мы видим через ассоциацию на просвет.

По звёздам, которые принадлежат к ассоциации мы построили карту межзвёздного покраснения в районе звезды №12. Видно что покраснение возрастает при приближении к гипергиганту. И здесь показаны два графика. Вверху – как поглощение уменьшается при удалении от звезды №12, а это изменение поглощения при удалении от центра молекулярного облака. Вот здесь изофотами показано молекулярное облако. Мы видим, что здесь большой разброс точек, а при удалении от звезды №12 поглощение убывает почти что экспоненциально. Таким образом мы делаем вывод, что наблюдаемый у звезды избыток поглощения связан с околзвёздной оболочкой, которая видима была сброшена звездой на более ранних стадиях эволюции.

Научная новизна работы. Можно я перелистну и перейду сразу к выводам?

**Председатель:** пожалуйста.

**Марьева О.В.:**

На защиту выносятся. С вашего позволения я прочитаю. На защиту выносятся:

- Определение основных физических параметров, включая структуру ветра, светимость, температуру и химический состав, для OB звёзд из ассоциации Cyg OB2 методом моделей атмосфер.
- Вывод о том, что звезда Романо наблюдается в момент перехода от стадии голубой переменной высокой светимости (LBV) к звезде типа Вольфа-Райе (т.е. является post-LBV звездой). Наблюдаемая у неё спектральная и фотометрическая переменность вызвана окончанием фазы горения водорода в ядре.
- Основные физические параметры и химический состав атмосфер двух звёзд Вольфа-Райе, определённые методом численного моделирования. Уточнение эволюционного статуса этих звёзд.
- Результаты спектральных и фотометрических наблюдений и спектральной классификации 22 слабых звёзд, лежащих вблизи гипергиганта Cyg OB2 №12. Добавление 10 новых звёзд в список звёзд принадлежащих Cyg OB2.
- Вывод об околозвёздной природе избытка покраснения звезды Cyg OB2 №12, полученный за счёт анализа пространственной структуры межзвёздного поглощения в её окрестности.

Научная и практическая значимость. И публикации. Результаты работы опубликованы в 12 статьях в рецензируемых журналах и в 8 статьях в материалах конференций.

Результаты работы представлялись на семинарах и конкурсах-конференциях САО РАН, на шести российских и одиннадцати международных конференциях.

Здесь указан личный вклад автора. Вклад автора состоит в формулировке задач, получении и обработке наблюдательных данных, их анализе, проведении численного моделирования, а также написании текста публикаций.

Всё. Спасибо за внимание!

(Аплодисменты)

**Председатель:** и так пожалуйста вопросы.

**Романюк И.И.:** Оля, вот там в самом начале была таблица, там несколько звёзд в том числе и одна из звёзд у которой  $v \sin i = 25$  км/с. Как вы думаете – это  $v$  такое маленькое или  $\sin i$  такое глубокое?

**Марьева О.В.:** Наверно всё-таки это в маленькое. Это ещё для карликов было? Во второй главе, это то что мы определяли с помощью TLUSTY, ну наверно там небольшая скорость вращения

**Романюк И.И.:** Спектр капитально не отличается? Нет аномалий химического состава?

**Марьева О.В.:** Вроде бы нет аномалий в CNO содержаниях.

**Романюк И.И.:** Спасибо

**Председатель:** так. Ещё вопросы?

**Председатель:** Ольга Викторовна, скажите пожалуйста по каким критериям вы оценивали принадлежность звёзд к ассоциации Суг OB2?

**Марьева О.В.:** по расстоянию, если расстояние примерно 1.5 килопарсека. То есть сейчас известно что основная часть звёзд находится на 1.5 килопарсека. И если расстояние до тех звёзд которые мы наблюдали, это в основном В-карлики, звёзды Главной последовательности, было примерно 1.5 килопарсека с ошибками – мы их включали.

**Председатель:** Но ведь на полутора килопарсек расстояние определяется с ошибкой пятьсот парсек?

**Марьева О.В.:** Ну там наверное несколько сотен. Ошибка – сто, двести парсек

**Председатель:** ни движений?

**Марьева О.В.:** Ну вот сейчас ждём результатов GAIA, в первом релизе этих объектов не было.

**Председатель:** ещё один вопрос я хотел задать. Вот что вы можете сказать о внутреннем строении голубых звёзд с большими массами? Как выносятся продукты CNO на поверхность? Ваше мнение. Вращение происходит дифференциально или это общее вращение как единого?

**Марьева О.В.:** затрудняюсь ответить.

**Председатель:** Вопросы коллеги? Горанский

**Горанский В.П.:** а что вы можете сказать о кратности? Есть ли среди этих

объектов двойные, особенно среди LBV и среди объектов в ассоциации?

**Марьева О.В.:** Про кратность. Начну с гипергиганта №12, благодаря наблюдением на СПЕКЛ было найдено что гипергигант состоит из трёх компонентов, и вот третий компонент был обнаружен на БТА. У звезды №11 есть второй компонент, по-моему он найден по кривым лучевых скоростей. У звезды №7 не обнаружено пока кратности. Для звезды Романо есть дискуссия, Глория Кёнигсбергер говорит что она должна быть кратной, потому что есть HD5980 LBV, у которой Кёнигсбергер нашла кратность, поэтому надо исследовать, проводить наблюдения. Наблюдения для поиска кратности у нас в августе были, но пока результатов ещё нет.

**Габдеев М.М.:** Оля, пожалуйста, откройте предыдущую табличку, у меня вопрос о параметрах – у вас звёзды разной массы и светимости, а скорость ветра при этом практически одинаковая для всех звёзд.

**Марьева О.В.:** Макс, большое спасибо за вопрос! Вопрос очень правильный, в оптическом диапазоне мы видим только абсорбционные линии и по этим линиям мы можем сделать только верхнюю оценку темпа потери массы, и она ложится на то, что предсказывает эмпирическая зависимость. Для того чтобы померить точно, найти различия в темпах потери массы – нужно наблюдать в ультрафиолетовом диапазоне, там где видны P-Cyг профили. Пока это только верхняя оценка.

**Председатель:** есть ещё вопросы, коллеги, по работе? Нет уже вопросов? Спасибо, Ольга Викторовна, присаживайтесь. Переходим к отзывам. Отзыв научного руководителя. Пожалуйста, Валентина Георгиевна.

**Клочкова В.Г.:** Текст буду зачитывать, текст своего отзыва, но он не будет пространным, поскольку как теперь новомодно не излагать содержание диссертации. В общем-то содержание работы кратко было изложено соискателем.

Актуальность научных проблем, рассмотренных в диссертации, априори обусловлена типом исследованных объектов. Это следует уже из того простого факта, что результатам исследований массивных звезд на различных этапах эволюции ежегодно посвящаются международные конференции высокого уровня. Самые массивные звезды наблюдаются в небольшом количестве, однако, именно они оказывают решающее влияние на процессы формирования и эволюции галактик. Эти звезды формируют межзвездную среду галактик за счет своих сильных ветров и мощного ультрафиолетового излучения. Массивные звезды на продвинутых стадиях эволюции являются одним из основных источников тяжелых элементов, обогащая межзвездную среду. Они же являются прародителями массивных сверхновых и гамма-всплесков. Несмотря на большой объем исследований, понимание связи между массой звезд и их химсоставом пока



довольно ограничено, поскольку выясняется, что эта взаимосвязь является многопараметрической. Нет полного представления о процессах потери вещества за счет мощного звездного ветра и сброса оболочек, а также о зависимости параметров этих процессов от металличности звезды. Нет ответа даже на вопрос о направленности эволюции вблизи фазы LBV. Является ли эта фаза окончанием эволюции или же это только транзитный момент? Последнее время как мы видим по публикациям растет интерес к изучению самых массивных звезд и в связи с вопросами эволюции химического состава Вселенной в самые ранние эпохи формирования звездного населения.

Как было видно из доклада Ольги Викторовны изюминкой её работы является подход, заключающийся в исследовании спектров звезд очень близкой исходной массы (около  $60 M_{\odot}$ ), наблюдаемых на последовательных далеко продвинутых стадиях эволюции. Известно, что звезды с исходной массой свыше  $40 M_{\odot}$  проходят в своем эволюционном пути фазы LBV и Вольфа-Райе. Работа направлена на изучение спектров классических звезд Вольфа-Райе и кандидатов в LBV, с потерей вещества за счет звездного ветра до  $10^{-4} M_{\odot}$  в год, с целью определить их фундаментальные параметры (масса, параметры ветра), а также химический состав атмосфер. Звезды Вольфа-Райе, являясь представителями самых массивных далеко проэволюционировавших звезд, представляют возможность тестирования современных представлений о физике и эволюции самых массивных звезд, их вращении, потере массы и т.д. Это всё к вопросу об актуальности.

Работа Ольги Марьевой базируется на высококачественном наблюдательном материале, полученном на современной спектральной аппаратуре на крупнейшем отечественном телескопе БТА, а также на зарубежных наземных и внеатмосферных телескопах, что пока что бывает не так часто. Значительная часть материала получена по программам соискателя или с ее участием. Помимо новых наблюдений, соискателем широко использовались данные из архивов наблюдений нескольких обсерваторий. Уже в этом широком охвате наблюдательных данных отразилась высокая активность соискателя в освоении разнообразной спектральной аппаратуры и методов обработки данных. Здесь мне вот хочется подчеркнуть проявление важной черты, не столь часто встречающейся у молодых исследователей, - ее способность создавать успешные коллаборации заинтересованных специалистов из разных стран, это хорошо видно из списка ее публикаций.

Отличительной чертой диссертации является использование (и развитие) современного матобеспечения для анализа спектральных данных. Программа CMFGEN используется для расчета моделей истекающих звездных атмосфер и моделирования спектров горячих звезд, для которых значительны эффекты звездного ветра и отклонения от локального термодинамического равновесия. Программа использует приближение однородного и сферически симметричного истечения с учетом неоднородностей. Использование метода моделей атмосфер позволило определить для звезд программы содержания легких элементов,

включая и содержания CNO, подверженных изменению в ходе эволюции звезды. Важные результаты получены в диссертации для уникального объекта - звезды Романо из галактики M33. Многолетний мониторинг параметров звезды выявил нетипичный для LBV звезд характер блеска, болометрической звездной величины и параметров ветра. Получен важнейший вывод о поведении плотности ветра по мере изменения скорости истечения вещества, что указывает на сохранение величины потока вещества. Кроме того, соискатель пришла к выводу о том, что звезда Романо наблюдается на переходе к стадии Вольфа-Райе.

Весомой составляющей диссертации является комплексное исследование (включающее спектроскопию, фотометрию, спекл-интерферометрию, численное моделирование) предпринятое для выборки горячих звезд в составе звездной ассоциации Cyg OB2. Объекты этой ассоциации традиционно исследуются в лаборатории астроспектроскопии более 10 лет. Спектры высокого разрешения позволили соискателю проводить сопоставление наблюдаемых и теоретических профилей. Выборка спектров для звезд вблизи Главной последовательности, помимо определения их фундаментальных параметров и химического состава, послужила для уточнения принадлежности звезд к ассоциации и решения известной проблемы об аномально высоком покраснении звезды No.12, кандидата в LBV в составе этой ассоциации. Покраснение для этой звезды - кандидата в LBV, составляет около 10 зв. величин, в то время как у других членов среднее покраснение ниже на несколько звездных величин. Результатом исследования является вывод об околозвездном происхождении избыточного покраснения излучения кандидата в LBV. Важным выводом, сформированном на основе исследования звезд в Cyg OB2, является подтверждение каскадного характера звездообразования в этой ассоциации. Перечисленные выше основные подходы, использованные в диссертации и приведшие к получению новых, актуальных и достоверных выводов, опубликованных в ведущих научных журналах мира с астрофизической тематикой, позволяют нам говорить о том, что соискатель уже является сложившимся исследователем. Я ещё раз подчеркну высокую степень самостоятельности проведенных исследований, как с точки зрения постановки задачи и ее выполнения, так и уровня представления полученных результатов. Обращаю внимание как на список публикаций соискателя в научных журналах с высоким импакт-фактором, так и на перечень научных конференций, где соискатель, как правило лично, представила доклады с результатами. Текст диссертации, обобщающий полученные соискателем результаты, написан хорошим грамотным языком, оформлен с использованием современных средств редактирования текста и графики. Структура диссертации удачна для прочтения. Отмечу, что каждая глава содержит обзор по ее тематике. Для всех полученных параметров звезд автор оценивает и приводит погрешности. В целом считаю, что диссертация Ольги Викторовны Марьевой является самостоятельным и завершенным научным исследованием, достоверность выводов не вызывает сомнения. Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к

кандидатским диссертациям, а ее автор, Ольга Викторовна Марьева, несомненно заслуживает присуждения искомой научной степени кандидата физико-математических наук.

Спасибо за внимание.

**Председатель:** Спасибо. Переходим к заключению нашей обсерватории. Ольга Николаевна.

**Секретарь:** Диссертация «Спектроскопические проявления эволюции массивных звёзд», представляемая на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия, выполнена в лаборатории астроспектроскопии САО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель, Марьева Ольга Викторовна, работала в должности стажёра-исследователя (до 2014 года) и младшего научного сотрудника (с марта 2014) в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН). В 2008 году О.В.Марьева окончила физико-математический факультет Ставропольского государственного университета по специальности физика, с 2008 по 2011 обучалась в аспирантуре СГУ под руководством доктора физ.-мат. наук, главного научного сотрудника САО РАН профессора Панчука Владимира Евгеньевича. Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, зав. лаб. САО РАН, профессор Клочкова Валентина Георгиевна.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

В работе исследованы массивные звёзды различных типов — O-сверхгиганты, звёзды Вольфа-Райе, OB-звёзды на Главной Последовательности — путём детального анализа их спектров. Методами численного моделирования их атмосфер определяются их физические параметры, обилия химических элементов и параметры их ветров. Путём сравнения положений звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела с теоретическими эволюционными треками сделаны выводы об их массе и эволюционном статусе.

Приведены результаты исследования уникальной голубой переменной высокой светимости (LBV) — звезды Романо — на разных стадиях её активности. Определены ее физические параметры и параметры ветра в разные моменты времени, получен вывод о том, что болометрическая светимость звезды изменяется со временем. Показано, что поведение этого объекта нехарактерно для других представителей класса LBV, и сделан вывод о том, что этот объект находится на редкой эволюционной стадии перехода от LBV к звёздам Вольфа-Райе.

Проведено исследование окрестностей сверхмассивной звезды Cyg OB2 №12 с целью изучения мелкомасштабной структуры межзвёздного покраснения. В результате показано, что поглощение возрастает при приближении к этому объекту. Сделан вывод, что покраснение скорее всего имеет околосвёздную

природу и связано с оболочкой радиусом в несколько десятых долей парсека, которая охватывает и ближайшие звёзды.

Научная новизна результатов определяется уникальными спектральными данными, полученными на приборах мирового уровня, установленных на 6-м телескопе САО РАН, в том числе в ходе выполнения наблюдательных программ по оригинальным заявкам автора работы. Также новизна получаемых результатов обеспечивается применением для анализа полученной спектральной информации метода численного моделирования звёздных атмосфер и использованием современных программных средств, отражающих последние достижения мировой науки в области физики и эволюции звёзд. Многие из рассмотренных в работе звёзд проанализированы этим методом впервые, для остальных же получены результаты, подтверждающие и уточняющие более ранние. Впервые проведено систематическое исследование эволюции параметров звезды Романо на разных стадиях её активности и сделан вывод о непостоянстве её светимости. Также впервые исследована мелкомасштабная структура межзвёздного покраснения в окрестностях сверхмассивной звезды Cyg OB2 №12.

Достоверность результатов определяется тем, что использованные в работе наблюдательные данные получались на крупнейших мировых оптических телескопах, оснащённых инструментами мирового уровня. Редукция данных проводилась как стандартными методами в широко используемых программных пакетах, так и с использованием авторских алгоритмов обработки и анализа данных, многократно апробированных публикацией результатов в журналах мирового уровня. Использованные методики математического моделирования спектральных данных также основываются на широко используемых и многократно апробированных программных кодах. Всё это исключает возможные систематические ошибки, возникающие при сравнении результатов, полученных на различных инструментах, а также при их анализе и интерпретации.

Научная ценность состоит в проведении исследования выборки массивных звёзд различных типов единообразным способом — методом моделирования их атмосфер. Объединение численного моделирования атмосфер OB и WR звёзд с анализом их эволюционных треков имеет большое значение для уточнения моделей эволюции массивных звёзд, для непосредственной оценки темпа потери массы и химического содержания элементов на той или иной эволюционной стадии. Представленные в работе результаты численного моделирования атмосфер восьми OB-звёзд важны для дальнейших исследований OB-звёзд в целом. В связи со значительной вычислительной сложностью и трудоёмкостью расчётов моделей звёздных атмосфер, большое практическое значение имеет построенная в ходе работы над диссертацией сетка моделей, которые могут в дальнейшем применяться для исследования других OB и WR звёзд.

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в 12 статьях диссертанта, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Представленные результаты и выводы обсуждались на семинарах

САО РАН, на многочисленных российских и международных конференциях.

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 физ.-мат. наук.

Заключение принято на заседании общего астрофизического семинара САО РАН 6 апреля 2016 года.

**Председатель:** Спасибо. У нас на автореферат отзывов не было?

**Секретарь:** Не поступали.

**Председатель:** не поступали, тогда переходим к отзыву ведущей организации. Ольга Николаевна, придётся вам зачитать.

**Секретарь:** Отзыв ведущей организации Главной (Пулковской) Астрономической обсерватории Российской академии наук.

Доля массивных звёзд составляет менее одного процента от всех звёзд рождающихся в галактике, однако массивные звёзды являются одной из важнейших компонент звёздного населения. Теряя массу в виде мощного звёздного ветра и взрываясь как сверхновые в конце своей жизни, они влияют на динамическую и химическую эволюцию родительских галактик. Горячие массивные звёзды — основной источник фотонов, ионизирующих окружающую межзвёздную среду. Из-за высокой светимости жизнь массивных звёзд коротка (до нескольких десятков миллионов лет), поэтому темп появления массивных звёзд совпадает с темпом их исчезновения. В отличие от большинства звёзд, которые в конце своей жизни превращаются в белые карлики, у массивных звёзд формируется железное ядро, которое коллапсирует в прото-нейтронную звезду, которая в свою очередь эволюционирует и взрывается как сверхновая звезда или гамма-всплеск, или же прямо коллапсирует в черную дыру. Массивные O-звёзды со временем превращаются в голубые переменные звёзды высокой светимости (LBV) и дальше эволюционируют в звёзды Вольфа-Райе.

LBV звёзды привлекают внимание многих исследователей, из-за редкости этих объектов малоизученным остаётся сам переход к этой стадии. Неясно и с какими процессами связано окончание LBV фазы. Кроме того, недавние исследования показали, что прародителями некоторых гамма-всплесков являются объекты, похожие на LBV звёзды. Вероятно, что LBV фаза в жизни массивных звёзд может быть как промежуточной, так и финальной. Исследуя Галактические O-звёзды, звёзды WR и LBV, мы получаем возможность проверить справедливость существующих эволюционных теорий.

Диссертация посвящена детальному исследованию массивных звёзд на разных стадиях эволюции методами спектроскопии и численного моделирования

атмосфер. Из-за сложности оценок расстояний до массивных звёзд высокой светимости внутри Галактики, для исследования выбраны внегалактические объекты и Галактические, принадлежащие звёздной ассоциации Cygnus OB2, расстояние до которой измерено различными методами. Понимание физики и эволюции массивных звёзд высокой светимости создает фундамент для понимания физики звёзд в целом.

Дальше идёт описание структуры диссертации, которое, если можно я не буду зачитывать. Перейду сразу к замечаниям.

Работа написана очень хорошим научным языком и прекрасно оформлена. Однако, я могу сделать несколько замечаний, главным образом редакционного характера:

- Страница 52 – написано «согласуются с теоретическими оценками  $\dot{M}_{\text{vink}}$ . Теоретические оценки  $\dot{M}_{\text{vink}}$  рассчитаны по формуле«...» выведенной Й.Винком на основе эмпирических зависимостей». Раз зависимость эмпирическая, то оценки не могут быть теоретическими. Лучше было бы написать «согласуются с оценками, полученными на основе эмпирической зависимости...».
- Страница 58 – опечатка название в названии телескопа, вместо «SUBARU» написано «SUBARY».
- Страница 83, таблица 3.7 – в первой колонке к номерам звёзд из каталога Генри Дрейпера следует добавить буквы HD для ясности, в пятой колонке для оценок темп потери массы вместо стандартной записи « $\cdot 10^{-6}$ » используется запись «e-6», принятая в компьютерных вычислениях.
- На странице 85 критерий Колмогорова-Смирнова не вполне корректно назван «методом Колмогорова-Смирнова».
- Страница 90, рисунок 4.2 – в легенде рисунка почему-то удвоены символы, соответствующие разным источникам данных. На той же странице вместо «Хадельбергском архиве» следует писать «Гейдельберском архиве».
- На странице 100 в подписи к рисунку 4.6 пропущено слово «спектры».
- На странице 114 допущена ошибка в названии обсерватории Маунт-Вилсон, написано через о.
- В тексте диссертации ссылки на источники выделены синим цветом, что удобно. Однако так выделены почему-то не все ссылки (см. к примеру стр. 99).

Указанные неточности не умаляют достоинств диссертационной работы и не влияют на результаты, выносимые на защиту.

Результаты включенные в диссертацию прошли надлежащую апробацию на 6 российских и 11 международных конференциях с личным участием автора и

опубликованы в 12 статьях в высокорейтинговых, рецензируемых изданиях. Результаты данной работы могут быть использованы во многих астрономических центрах, изучающих вопросы физики и эволюции звёзд.

Автореферат полностью отражает содержание и структуру диссертации. Считаю, что диссертация "Спектроскопические проявления эволюции массивных звёзд" является законченным научным исследованием, обеспечивающим дальнейшее развитие теории физики и эволюции звёзд, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Марьева Ольга Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Отзыв подготовил Михаил Александрович Погодин.

**Председатель:** Спасибо. Ольга Викторовна, способны ли вы ответить?

**Марьева О.В.:** Спасибо большое за отзыв, спасибо за замечания. Действительно все опечатки есть, прошу прощения за недоработанность.

**Председатель:** Чтобы дать передышку нашему секретарю, давайте мы поменяем порядок оппонентов, и я бы попросил сейчас официального оппонента, Владислава Владимировича Шиманского выступить, а потом мы зачитаем отзыв Шустова.

**Шиманский В.В.:** Спасибо. Добрый день, коллеги. Я извиняюсь что я вчера занялся самодеятельностью с отзывом, поскольку текст был настолько слепо мною напечатан, что я просто с трудом мог его прочитать. Поэтому я сегодня подготовил более чёткий текст, и надеюсь прочитать строго по тексту.

Отзыв официального оппонента на диссертацию Марьевой Ольги Викторовны "Спектроскопические проявления эволюции массивных звёзд".

Теория физического строения и эволюции звезд является одной из краеугольных основ современных исследований широкого круга астрофизических объектов: от солнечной системы до массивных скоплений галактик, что определяет повышенное внимание к ее совершенствованию, регулярному тестированию и уточнению. Очевидным способом такого тестирования является сравнение теоретических прогнозов с результатами анализа наблюдений. Эффективность подобной проверки во многом зависит от полноты наблюдательного ряда, по возможности охватывающего все фазы эволюции звезды. В этой ситуации звезды больших масс оказываются в наилучшем положении, т.к. короткий срок их жизни и высокая светимость позволяют аккумулировать максимум экспериментальной информации. Кроме того, такие звезды оказывают доминирующее влияние на структуру галактики, её химическую эволюцию, процессы звездообразования, распределение межзвездной среды и её свойства. Поэтому накопление данных о

физическом состоянии и характеристиках массивных звезд имеет в настоящее время большое значение для комплексного развития астрофизики, что определяет высокую актуальность и научную значимость представленной диссертации Марьевой О.В.

Дальше я описание диссертации с вашего разрешения опущу.

Представленная диссертация в целом оставляет благоприятное впечатление. Прежде всего следует отметить гармоничное сочетание в ней современных методов теоретического моделирования атмосфер и спектров звезд и долговременных высококачественных наблюдений на ряде крупных телескопов. Очевидно, что Марьева О.В. детально разобралась в особенностях формирования спектров звезд с сильными ветровыми истечениями и предложила оригинальные подходы для определения максимального числа их параметров из анализа наблюдательных данных. Полученные в работе результаты имеют существенное значение для дальнейшего совершенствования теории строения и эволюции горячих звезд. Особый интерес в этом плане представляет вывод о изменении болометрической светимости звезды Романо, что может свидетельствовать о масштабной перестройке её внутренних слоев при переходе от фазы LBV-звезд к звездам Вольфа-Райе. Кроме того, несомненную научную ценность имеет классификация двух звезд Вольфа-Райе с высоким содержанием водорода, а также найденные диссертантом наборы фундаментальных параметров и химический состав 10 изученных объектов. Очевидную методическую ценность представляет проведенный в главе 3 анализ влияния параметров звезд и звездного ветра на профили спектральных линий и предложенная методика определения данных параметров. Обширный набор накопленных спектров звезд, рассчитанные сетки моделей атмосфер и оценки коэффициентов межзвездного поглощения в ассоциации Cygnus OB2 составляют практическую ценность работы. Таким образом, результаты диссертации могут использоваться при дальнейших наблюдательных и теоретических исследованиях во многих астрономических центрах России (САО РАН, ГАИШ МГУ, ИНАСАН, СПбУ, КФУ) и за рубежом. Для подтверждения их достоверности диссертантом проведены многочисленные тестовые расчеты, сравнение с данными других исследователей и прогнозами звездной эволюции.

Результаты Марьевой О.В. апробированы на 11 всероссийских и международных конференциях и опубликованы в 20 научных работах, из которых 9 - в научных журналах списка ВАК.

К представленному тексту диссертации необходимо сделать следующие замечания:

1) Светимости 7 звезд (MT259, MT282, MT299, MT317, MT343, Cyg OB2 №7, Cyg OB2 №11) найдены в главах 2 и 3 при заданном расстоянии до ассоциации Cygnus OB2, оценки которого в цитируемой литературе варьируются от  $D=1.33$  кпк до  $D=2.1$  кпк. Диссертантом без серьезного обсуждения выбрано значение  $D=1.5$  кпк, хотя оно не является наиболее свежим. Очевидно, что точности в



оценке расстояний необходимо учесть при расчете ошибок светимости звезд, которые составят более 0.1 dex. Однако эти неточности были проигнорированы и в таблицах 2.2, 2.4 и 3.5 ошибки светимости указаны на уровне 0.04 dex. Более того, на странице 50 утверждается, что светимость определена с точностью выше 4%, что противоречит данным даже названных таблиц.

Дополнительным фактором увеличения ошибок являются погрешности в принимаемом межзвездном поглощении. Диссертантом использованы значения поглощения из работы

Киминки и др. (2007), найденные из сравнения наблюдаемых показателей цвета с эмпирически подобранными Вегнером (1994) для объектов разных спектральных классов и светимостей.

Очевидно, что значения поглощения при таком подходе могут содержать ошибки вследствие неточной классификации объектов и приближенности аппроксимации Вегнера (1994). Влияние таких ошибок на определяемые параметры Cug OB2 №7 и Cug OB2 №11 в диссертации не рассмотрено.

2) Ряд вопросов вызывает представленный в таблице 3.6 химический состав сверхгиганта Cug OB2 №11 и его последующее обсуждение. Отметим вначале некорректность заголовка колонки 2 в таблицах 3.3, 3.6 и 4.3, так как в них даны не "Доли по числу атомов" а "число атомов данного элемента относительно водорода или гелия". Эти значения для углерода, кремния и серы в колонке 2 таблицы 3.6 не согласуются с содержаниями этих элементов в шкале H=12 из колонки 4.

Для оппонента очевидно, что содержания кремния и серы просто перепутаны, но содержание углерода завышено на 0.5 dex. Отметим, что в колонке 5 таблицы 3.6 указан трехкратный дефицит углерода в Cug OB2 №11 относительно Солнца, однако на странице 80 отмечается, что содержание углерода близко к солнечному. Данная высокая оценка содержания присутствует при дальнейшем обсуждении статуса Cug OB2 №11 в главе 4, в том числе на зависимости  $X(N)-X(C)$  на рисунке 3.18, что явно противоречит данным из таблицы 3.6.

Я добавлю. Вообще говоря, мне так и осталось непонятным, если смотреть начальные данные, которые находятся в таблице 3.6, то кажется, что эта звезда содержит значительный дефицит углерода, однако в конце концов в конце этой главы говорится, что звезда имеет повышенное содержание углерода, и вот эти два факта я друг с другом состыковать не смог.

3) Имеется ряд замечаний по оформлению диссертации. В частности, подпись к рисунку 4.9 скопирована с рисунка 4.8 и не полностью соответствует его содержанию. Утверждение на странице 65 "Линия  $H\alpha$  превращается из эмиссионной в абсорбционную при увеличении  $\beta$ " противоречит рисунку 3.4. Наконец, в тексте содержится крайне мало информации об условиях проведения наблюдений, приемной аппаратуре и методах первичной обработки, что не логично для диссертации наблюдательного характера.

Ну здесь я тоже добавлю одно маленькое замечание. Дело в том, что меня интересовали способы проведения континуума, то есть нормировки спектра - это особенно трудно и важно для спектров, которые содержат эмиссионные и абсорбционные линии. Поскольку условия нормировки в диссертации фактически не обсуждались, то в некоторых случаях проведение континуума на рисунках у меня вызвало вопросы - почему континуум проведён именно таким образом, ведь он не совпадает с теоретическим континуумом.

Перечисленные недостатки не имеют принципиального значения и не изменяют общую положительную оценку диссертации.

Оппонент считает, что диссертация "Спектроскопические проявления эволюции массивных звезд" является полноценным и законченным научным исследованием группы массивных звезд с ветровыми истечениями, вносит заметный вклад в дальнейшее развитие теории строения и эволюции звезд и химической эволюции Галактики, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Марьева О.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия.

Доцент КФУ Шиманский В.В.

**Председатель:** Спасибо, Владислав Владимирович. Пожалуйста, Ольга Викторовна, ответьте на замечания.

**Марьева О.В.:** Владислав Владимирович, большое спасибо за такие обстоятельные замечания. Я подготовилась, я подготовила несколько слайдов в ответ. Действительно, на 37 странице говорится, что разброс расстояния от 1.33 до 2.1 и потом сразу написано, что в данной работе будет использоваться значение 1.5 и никак это не поясняется.

Расстояние 2.1 кпк это оценка из работы Reddish 1966 — эту оценку не использую, так как есть более новые оценки. В работе Харченко 2005 года расстояние уже 1.5 кпк, то же расстояние в работе Мельник и Дамбиса 2009 года, и близка оценка из работы Хэнсона - 1.45 кпк.

У Киминки в 2007 году есть расстояние 1.8 кпк, но оно получено методом спектральных параллаксов, который завязан на абсолютные звёздные величины ОВ сверхгигантов, поэтому эту оценку я не использовала. Оценка 1.33 кпк появилась только в 2015 году по четырём двойным системам, совсем свежая работа. Наша работа была начата раньше, поэтому мы не использовали этот результат. Добавлю, что у нас моделировались сверхгиганты, потому взята оценка более низкая, чтобы получить нижнюю оценку светимости. В работе указаны расстояния, для которых получены светимости, и достаточно легко можно пересчитать для сравнения с другими результатами с различными расстояниями. Но при этом надо помнить, что при изменении светимости может изменяться вид

спектра, и поэтому надо подгонять ещё и темп потери массы. В 5 главе диссертации рассмотрено, как влияет неизвестность расстояния, неизвестность светимости, на темп потери массы. Здесь для WR156 мы посчитали две модели, которые различаются по светимости - 650 тыс. светимостей Солнца и 300 тысяч, и различие в два раза даёт разницу в 30% для темпа потери массы. Это про расстояние.

Теперь про замечание про поглощение. Действительно, использовались оценки поглощения из работы Киминки. Это сложный вопрос, завязанный на собственные цвета массивных звёзд, на то, какие возьмёшь калибровки, поэтому для того, чтобы избежать проблем нами сравнивались ещё и наклоны спектров - для сверхгигантов были найдены в архиве HST ультрафиолетовые спектры, и сравнивались уже наклоны спектров в абсолютных потоках. При добавлении к модельным спектрам поглощения, предсказанного Киминки, наклоны спектров достаточно хорошо совпадают с наблюдаемыми. Так же сделано было и для WR156. Это более-менее решает проблему неопределённости поглощения.

Про таблицу. Большое спасибо за замечание, действительно, таблица должна выглядеть вот так, это действительно доля атомов от числа атомов водорода. В первой колонке не указан диапазон ошибок - для углерода большой разброс ошибок, от 1 до 4, и в 4 колонке уже указано то содержание, которое соответствует  $4e-4$ , и потом дальше это обсуждается. И на том рисунке отношения содержания азота и углерода показаны большие усы, соответствующие этому диапазону.

Со всеми остальными замечаниями согласна, спасибо большое.

**Председатель:** Владислав Владимирович, как вы?

**Шиманский В.В.:** Да, всё, спасибо, понятно.

**Марьева О.В.:** А, про континуум ещё. Замечание про континуум.

**Шиманский В.В.:** Про континуум - это в отзыве не содержится, это я просто так озвучил.

**Марьева О.В.:** Континуум проводился в программе DECH под контролем Евгения Леонидовича Ченцова.

**Председатель:** Ясно, спасибо, присаживайтесь. Второй официальный оппонент у нас - Борис Михайлович Шустов, зачитаем отзыв.

**Секретарь:** Отзыв официального оппонента на диссертацию Марьевой Ольги Викторовны.

Массивные звёзды, несмотря на относительную малочисленность, оказывают огромное влияние на динамическую, тепловую и химическую эволюцию газо-

пылевого компонента родительских галактик. Изучение ОВ-звезд привело к открытиям фундаментального характера, во многом определивших наши представления о звездах, межзвездном веществе, галактиках, и, конечно, об эволюции этих объектов. Понятно, что эти звезды являются и будут являться предметом интенсивных исследований.

Я с удовольствием отмечаю значительную роль в развитии исследований ОВ-гигантов моих коллег-астрономов из САО РАН – Е.Л.Ченцова, О.Н.Шолуховой, П.К.Аболмасова. Научная работа О.В.Марьевой вполне успешно продолжает эту линию. Я с интересом прочитал её диссертацию, подводящую некоторый итог работы О.В.Марьевой.

Современная звёздная спектроскопия – это самый мощный метод определения физических параметров звезд из их наблюдений. Будучи научным руководителем крупного космического проекта «Спектр-УФ» (другое название – «Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет»), в котором главным научным инструментом анализа собираемого телескопом апертурой 170 см ультрафиолетового (УФ) излучения космических объектов является трехканальный УФ- спектрограф, я стараюсь «держаться в курсе» развития этого принципиально важного для астрофизики направления исследований.

Итак, сначала, принципиальная оценка диссертации. Рассмотрим её по разделам. Я даю здесь лишь оценки и комментарии по существу дела. Некоторые общие замечания по языку и оформлению вынесены в конец отзыва.

*Название диссертации* – название диссертации «Спектроскопические проявления эволюции массивных звезд» представляется неудачным. Спектроскопия — это лишь метод изучения. Правильнее было бы назвать «Спектроскопическое изучение проявлений эволюции массивных звезд» или «Проявление эволюции массивных звезд в их спектрах».

**Глава 1** – вводная. Фактически совпадает с текстом автореферата, поэтому ремарки к этой главе относятся и к автореферату. Изложение достаточно чёткое. Есть не совсем точные или некорректные заявления, с которыми я не могу согласиться (либо частично, либо полностью).

Например, вместо написанного на стр. 4 «Массивные звёзды оказывают огромное влияние на динамическую эволюцию родительских галактик...» правильное - «Массивные звёзды оказывают огромное влияние на динамическую, тепловую и химическую эволюцию газо-пылевого компонента родительских галактик. Поэтому я и отзыв начал с этой фразы.

На стр.5 читаем «В 90-е годы начинается численное моделирование эволюции массивных звёзд.» Это не так! Изучению эволюции массивных звезд уделялось большое внимание и в предыдущие пару десятилетий. В том числе и методами спектроскопии. См., например, отличный обзор - Spectroscopic constraints on the evolution of massive stars Kudritzki R.P., in Frontiers of stellar evolution, 1991 и другие работы. Диссертантка, кстати, в дальнейшем ссылается на многие из этих работ, так что это её заявление выглядит чересчур категорично.

**Глава 2** посвящена исследованию OB-звёзд MT259, MT282, MT299, MT317 и MT343, принадлежащих к ассоциации Cygnus OB2 (Cyg OB2). Используются наблюдательные данные, полученные на шестиметровом телескопе CAO АН: спектры высокого разрешения, полученные на эшелле спектрографе НЭС, и спектры низкого разрешения, полученные со спектрографом SCORPIO в длиннощелевой моде. Прежде всего, пользуясь случаем хочу отметить высокое качество и востребованность указанных инструментов. В этой главе немного показана «кухня» спектроскопических исследований массивных звезд. Большая часть выводов вполне доказана, но есть замечания по определению параметров атмосферы - эффективной температуры ( $T_{\text{эфф}}$ ) и поверхностного ускорения силы тяжести ( $\log g$ ).

1. Для звёзд MT259, MT299 и MT317 со спектрами, полученными на НЭС/БТА,  $T_{\text{эфф}}/\log g$  определены по линиям He I, He II и H I с использованием классических плоско-параллельных (ПП) моделей атмосфер TLUSTY. С полученными  $T_{\text{эфф}}/\log g$  были рассчитаны модели с ветром по программе CMFGEN для определения параметров ветра. Ссылаясь на рис. 2.2-2.4, диссертантка пишет о том, что теоретические профили, рассчитанные как с TLUSTY, так и с CMFGEN, хорошо описывают наблюдаемые профили спектральных линий (с. 44). С этим можно согласиться в отношении звезды класса B0 V (MT259), но никак нет для звёзд классов O7.5 V (MT299) и O8 IV (MT317). Данные на рис. 2.3 и 2.4 свидетельствуют определенно о влиянии ветра на линии H $\beta$  и He I 5876 (MT299), H $\beta$ , He II 4686, He I 5015, He I 5876 (MT317). Делалась ли попытка определить  $T_{\text{эфф}}/\log g$  этих звезд с использованием программы CMFGEN?

2. Для звёзд MT282 и MT343 со спектрами, полученными на SCORPIO/БТА, можно сделать лишь вывод о том, что спектры с разрешением около 7 Å непригодны для определения  $T_{\text{эфф}}/\log g$  звезд ранних классов B. Рисунок 2.5 убеждает, что области 4547-4591 Å и 4665-4731 Å чувствительны хотя бы к одному из этих параметров. Поэтому выводы о массе и возрасте этих двух звёзд нельзя считать надёжными.

**Глава 3.** Хорошая работа по определению физических параметров звёзд Cyg OB2 №7 (O3 If\*) и Cyg OB2 №11 (O5.5 Ifc). Воспринимается как добротное и полезное исследование.

**Глава 4.** Весьма положительно впечатляющая часть диссертации. Впервые параметры звезды Romapo определены на основе численного моделирования спектров. Прослежена эволюция параметров на интервале в 12 лет. Сделан важный эволюционный вывод об эволюционном статусе звезды. Застать звезду в фазе перехода от LBV к WR и понять это – и удача и успех.

**Глава 5.** Впервые параметры звезды FSZ35 определены на основе численного моделирования спектров.

**Глава 6.** Интересно и довольно убедительно. Хотелось бы, чтобы выводы о том, что относительный избыток покраснения в 2 величины у объекта MT304 связан, с околзвёздной оболочкой радиусом в несколько десятых долей парсека и

о том, что отсутствие ИК эмиссии говорит об отсутствии пыли, был бы дополнен хотя бы предположениями о механизме покраснения.

Общий вывод – работа выполнена большая, интересная, на высоком профессиональном уровне.

Главный не то что недостаток диссертации, но грустный для меня момент. Проект «Спектр-УФ» (см. выше) предназначен, в частности, для решения именно таких сложных задач как спектральные исследования ОВ-звезд. О.В.Марьева тесно сотрудничает с группой, работающей по спектроскопической части проекта, но в диссертации нет ни одного упоминания о проекте! Проект идёт, трудно, но идёт. Его готовящаяся научная программа уточняется. Когда же молодой исследователь даже не упоминает (не верю, что не знает) о нём в смысле его перспективы для использования, как-то возникает вопрос - для кого мы делаем этот проект?

Теперь о замеченных недостатках по стилю и оформлению.

- На многих рисунках (начиная с Рис.2.2), на которых представлены спектры (наблюдаемые и теоретические), некорректно используется обозначение  $I$  (от *intensity* – интенсивность). Интенсивность – четко определенный и не подходящий здесь термин. На самом деле в звездной спектроскопии для представления спектров используется другая величина – поток, и она обозначается *Flux* или  $F$ . На некоторых рисунках в диссертации дано именно такое правильное обозначение.
- К сожалению, попадаются обороты и выражения, нарушающие нормы русского языка, или даже несовместимые с ним. Например:
  - a. Начиная уже с оглавления (см. п 2.3.2) постоянно используется слово из просторечья «возрастá» вместо литературного «возрасты». (см. для справки [http://www.bitclass.ru/rus/theory/Культура\\_речи/Множественное\\_число\\_существительных](http://www.bitclass.ru/rus/theory/Культура_речи/Множественное_число_существительных)).
  - Кстати там же, в оглавлении, в п.4.2.4. и соответственно далее использовано неправильное с семантической стороны выражение «скоростной закон» (правильнее «закон распределения скорости»).
  - b. Также уже в оглавлении (п.2) и далее в нарушение правил русского языка диссертантка использует написание «Главная Последовательность», хотя второе слово должно писаться со строчной буквы.
  - c. Стр. 34. Использован жаргонное до отвращения слово «неперекопленных».
  - d. Стр. 42. О спектрах написано «высокодисперсные», должно быть «высокодисперсионные».
  - e. Стр.47 - «усы ошибок» - это жаргон, а не термин.
  - f. Стр. 142. Использован совершенно неудачный термин «поглощённые звезды», а на стр. 144 используется для определения этих звёзд совсем уж отсутствующее в русском языке слово «покраснённые».
  - g. Диссертантка излишне настойчиво демонстрирует знание английского языка,

поясняя довольно простые термины, да ещё и не по одному разу. Так перевод слов filling factor повторяется аж 5 раз (на стр. 32, 60, 89, 102 и 121). Кстати, ряд предыдущих замечаний связан с желанием диссертантки перевести английские слова (термины) слово в слово. Это далеко не всегда бывает невозможно, если не коверкать родной язык. В разговорном просторечьи такое ещё понятно, но здесь, в научном труде, выглядит недопустимо.

h. Мелочь, но всё же: написания на русском языке иностранных фамилий – штука неоднозначная, но всё же Kugucz – это чаще Куруц, иногда Куруч, но никогда Курц (см. стр.30), а Chieffi – Киефи, а не Чиффи (например, стр. 25). Хотя это могут быть просто опечатки.

- Вообще-то опечатки есть, их немного, но есть. Приведу для примера несколько:

На стр. 6 - забавное словосочетание «аномального покраснения №12», Стр.7 – «Для области вблизи №12»

В табл. 3.1 вместо  $\lambda/\Delta\lambda$  стоит  $\Delta\lambda/\lambda$

В табл. 5.4 показаны не все единицы измерения.

Перейду к главным выводам.

Полученные автором диссертации новые важные результаты можно квалифицировать как серьёзный научный вклад в области астрофизики. Диссертация выполнена на высоком практическом (наблюдательном) и достаточном теоретическом уровне. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах. В автореферате содержание диссертации изложено полно и правильно. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «астрофизика и звездная астрономия».

Борис Михайлович Шустов.

**Председатель:** Спасибо. Пожалуйста, Ольга Викторовна.

**Марьева О.В.:** Спасибо большое Борису Михайловичу. Замечаний много, попробую на все эти замечания ответить. Начнём с названия. Действительно и у нас на семинаре, когда диссертация представлялась в апреле, было замечание по названию, но название уже было утверждено ученым советом, поэтому не стали менять.

Про «В 90-е годы начинается численное моделирование эволюции массивных звёзд» я имела ввиду не вообще работы по изучению эволюции звёзд, а именно появляются коды, которые широко доступны и которые могут быть использованы не только самими авторами, но и другими исследователями.

Там большое замечание было про то, уточнялись ли эффективные температуры. Это подробно описано в статье, и не совсем ясно изложено в тексте

диссертации, правильное замечание. Определение параметров ускорения свободного падения и эффективной температуры с помощью TLUSTY это был первый этап. Это делалось для того, чтобы посчитать гидростатическую структуру основания ветра. TLUSTY даёт ускорение свободного падения, а эффективная температура уточнялась с помощью CMFGEN. Но в общем вот эти первые грубые оценки по сетки насчитанных моделей TLUSTY они достаточно хорошо согласуются с более точным описанием CMFGEN. Таким образом уточнение эффективной температуры было.

То что спектры низкого разрешения не пригодны для оценок. На самом деле пригодны, были проведены тесты. Мой соавтор Сергей Парфенов тестировал чувствительность, можно ли по спектрам низкого разрешения определять. Эти тесты есть в нашей публикации, но они не вошли в текст диссертации, потому что расчёты TLUSTY проводил Сергей Парфенов. Эффективная температура определялась CMFGEN и использовался метод ионизационного баланса. Поэтому нельзя сказать, что для вот этих звёзд нельзя определить массы и возрасты. Просто для вот этих звёзд ошибки в оценке ускорения свободного падения больше, чем для тех звёзд, для которых ускорение свободного падения измерялось по спектрам, полученным на НЭС.

Следующее замечание про  $I$ , в тексте диссертации не сказано, что  $I$  это интенсивность, просто на некоторых графиках используется вот такое обозначение. Действительно,  $I$  наверно неудачная буква, но это не интенсивность, это использовалось для обозначения нормированных на уровень континуума спектров, и это есть в подписи к рисунку.

Про природу туманности. Задача была показать что покраснение связано именно с самим гипергигантом, а не с молекулярными облаками, которые лежат на луче зрения. Мы планируем продолжать исследование этой области. Во-первых хочется определить размер этой туманности. Для этого нужно получить спектры ещё нескольких звёзд, лежащих в этой области. Когда будет известен размер, мы сможем говорить о массе туманности и о том, могла ли надуть такая массивная звезда, за короткое время своей жизни надуть такую туманность. Здесь не видно никаких кольцеобразных структур, видимо туманность сформирована ветром. Но это будущие исследования.

С языковыми замечаниями я соглашусь.

И там было про filling factor. filling factor – не для того, чтобы показать что я знаю язык. Диссертация состоит из отдельных глав, каждая глава это отдельное исследование, не продолжение предыдущей главы. Я рассчитываю, что кто-нибудь будет читать диссертацию, и чтобы читателю не искать в первой главе filling factor был упомянут пять раз.

Про СПЕКТР-УФ – в диссертации вообще ничего не сказано о планах на будущее. К сожалению, как ни грустно, СПЕКТР-УФ остаётся для нас будущим. Конечно очень не хватает ультрафиолетовых данных, особенно, как было показано, для исследований звёзд со слабыми ветрами, для определения темпа



потери массы. Я надеюсь, что всё-таки он полетит, что спектры будут. Конечно грустно использовать архивные данные полученные на IUE в 80-е годы. Спасибо большое.

**Председатель:** Поскольку оппонента здесь нет, мы будем рассчитывать на то, что совет учтёт ответы. Спасибо. Переходим к общей дискуссии по докладу.

*(Дискуссия)*

**Панчук В.Е.:** Уважаемые коллеги я начну с тех моментов которые печальны вот со СПЕКТРА-УФ, как сказано было. Так как у нас позволительно перечислять исторические реминисценции я вспомню, что когда я пришёл сюда на работу здесь заканчивал свою научную деятельность, к сожалению рано, Сергей Владимирович Рублёв, который занимался звёздами Вольфа-Райе и по бальмеровскому декременту, с применением им усовершенствованной теории Занстра для полупрозрачной среды, пытался оценить температуру этих звёзд. И это была очень актуальная работа, потому что никаких ультрафиолетовых наблюдений тогда не было. Ультрафиолетовых наблюдений не было, люди работали. Потом когда появились ультрафиолетовые наблюдения работа Сергея Владимировича перестала быть настолько актуальной. Он занимался и миридами и вот приятно осознавать что наша обсерватория прошла большой путь и сегодня и работы по звёздам Вольфа-Райе и по миридам, но это мы в другой раз, получили достойное продолжение. А звёзды Вольфа-Райе в те годы вообще было не понятно куда их прицепить. И о звёздной эволюции было мало что известно, т. е. некоторые вещи они понятны на большой шкале. Из таких курьёзных моментов приятно отметить что работа, которая была начата первые публикации в 2010 году, предвосхитила новое наше определение нашей специализации «астрофизика и звёздная астрономия» т. е. здесь есть и то и другое, без радиоастрономии. Отмечу что нам известно что не все публикации соискателя вошли в текст диссертации, в действительности работ больше. Для молодежи скажу что отличительная черта той спектроскопии звёздной, которая делается и в сао и в мире это то, что мы всюду видим отклонения от сферической симметрии, и пятна на магнитных звёздах и там всякие выбросы и движения вещества которое мы видим в спектрах и к звезде и от звезды вот это всё мы видим здесь конечно аппарат интерпретации численного моделирования он конечно отстаёт. Я не рассматриваю ситуацию такой что есть хорошая теория давайте найдите спектры. Вообще-то наоборот. Мы получаем информацию очень стимулирующую развитие теоретического моделирования. Поэтому здесь как бы вот такое «юзерство» что используем какие-то пакеты. На самом деле, эти пакеты были даже и усовершенствованны. Какие эта работа вызывает предложения к прибористам. Нам понятно что и по этим объектам и по тем объектам, которыми у нас в лаборатории занимаются ещё, надо развивать спектрполяриметрию. И на прошедшей недавно праздничной юбилейной конференции мы рассказывали какие у нас на этот счёт есть сдвиги.

Так-как вчера можно было полемизировать не только с работой, но и с некоторыми высказываниями, я скажу так, что самые свежие результаты не всегда являются наилучшими. Сейчас есть такой нехороший симптом - самый свежий результат самый правильный. Увы, не согласен. Я напомним, наша лаборатория существует 25 лет, 20 лет ей руководит Валентина Георгиевна Клочкова. И точно так же, как академик Королёв ждал от астрономов ответ, есть ли пыль на Луне или нет, одни говорили есть, другие - нет, и он потом взял бумажку и написал: «На Луне пыли нет». Вот я точно так же могу сказать, что в лаборатории астроспектроскопии континуум проводят правильно. Любая подпись, любая печать. Я считаю, что работа квалификационная соответствует, выполнены все требования, выполнено с избытком, и мне было приятно быть свидетелем выполнения этой работы. Спасибо.

**Председатель:** Ещё высказывания, выступления?

**Ченцов Е.Л.:** я сначала очень коротко два слова скажу по поводу оценок расстояния. Дело в том что мы обладая спектрами высокого разрешения использовали самый жёсткий способ – это профили, не просто интенсивности а профили межзвездных линий и имея ввиду что существует дифференциальное вращение галактики и очень чёткая связь между вот этими профилями и расстояниями мы могли независимо и как нам кажется достаточно хорошо оценивать это расстояние гая скоро даст нам точные данные по расстояния и посмотрим тогда. Но могу заметить что мы занимались с Ольгой ещё одной ассоциацией Ser OB1 A в которой мы вот таким образом оцененное расояние могли сравнивать с очень точными микросекундными параллаксами сделанными правда не по звёздам а по межзвёздным мазерам но для того молекулярного облака с которым несомнено жестко связаны наши объекты. И там у нас согласие тоже было достаточно хорошее. Теперь по существу здесь уже неоднократно отмечалось что результаты представленные Ольгой имеют косвенное важное но косвенное отношение к звёздно астрономическим проблемам то есть к этому самому галактическому метаболизму, влиянию звёздных группировок на окружающую среду. Но я хочу сказать она представила и не косвенные а прямые результаты вот такого звёздно астрономического характера то есть для неё звёзды были не просто образцами той или иной эволюционной стадии а она в ряде случаев рассматривала и индивидуальную судьбу данной звезды её окружение взаимодействие с этим окружением и так далее. И поэтому тут действительно результат не только звёздно-атмосферный но и звёздно астрономический. Я наблюдая за её работой а также участвую в совместных с ней исследованиях могу сказать что ей свойственен такой несомненный прогресс и вот тут уровень её квалификации такой комплексной квалификации она разбирается и звёздных атмосферах и в звёздной эволюци а так же уровень ее квалификации достиг – он таков что может быть зафиксирован ученой степенью кандидата физмат наук

**Председатель:** спасибо ещё выступления. Иосиф Иванович!

**Романюк И.И.:** я вижу что обсерватория получила специалиста, который уверенно может активно работать на высоком уровне активно самостоятельно умеет печатать свои результаты Что касается результатов то по отзывам людей (оппонентов и ведущей организации), которые с ней работали, никаких сомнений в надёжности полученных выводов не имеется. Степень опубликованности результатов выше намного чем нужно для кандидатской диссертации. Я предлагаю голосовать за.

**Председатель:** спасибо ещё желающие выступить в дискуссии? Бычков!

**Бычков В.Д.:** я сначала скажу что я поддерживаю всё что было сказано о диссертации о уровне её выполнения и так далее. Я хотел бы обратить внимание на такое научное с моей точки зрения перспективное направление это исследование звезды Романо потому что здесь по частоте ее вспышек можно прямо оценить величину меридианальной циркуляции то есть скорость поставки водорода в ядро звезды для вспышки однозначно связана с величиной меридианальной циркуляции с её скоростью

**Фабрика С.Н.:** минимум тысячи лет

**Бычков В.Д.:** Это я вам потом более подробно. И это будет одна из прямых оценок того что происходит внутри звезды с моей точки зрения это очень важно и перспективно.

**Председатель:** спасибо ещё желающие дискутировать по диссертации? Нет. Тогда слово для заключения.

**Марьева О.В.:** Спасибо большое! Во-первых большое спасибо что пришли, спасибо большое за добрые слова. Благодарности! Во-первых я хочу выразить благодарность моему научному руководителю Валентине Георгиевне Клочковой. Валентина Георгиевна, большое спасибо вам за поддержку понимание, а самое главное за свободу, которую вы мне даёте при моей работе, и за уважение к моим интересам. То есть Валентина Георгиевна никогда не ставит строгих задач, а всегда соглашается с тем, что я исследую те объекты, которые мне интересны. Большое спасибо моим наставникам – Евгению Леонидовичу Ченцову спасибо большое за то что я могу работать рядом с вами и даже иногда вас называть коллегой – спасибо. Спасибо Владимиру Евгеньевичу Панчуку и спасибо Максиму Владимировичу Юшкину. Я хочу поблагодарить моих соавторов, сказать спасибо Олегу Егорову, Ивану Слюсареву и Антону Бирюкову за ценные

замечания по тексту диссертации. Большое спасибо друзьям и близким за поддержку. И особая благодарность Сергею Карпову! Сергей, ты знаешь, что без тебя бы этой работы не было, спасибо тебе за помощь во всём. Всё! На этом всё!

**Председатель:** так комиссия по подсчёту голосов. Предлагается следующая комиссия (я без инициалов) Бескин, Трушкин, Караченцев. Кто за? Кто против? Принимается.

Никто из членов ученого совета не выходит из помещения!

*(проводится процедура тайного голосования)*

Председатель: слово предоставляется председателю счётной комиссии.

**Караченцев И.Д.:** Протокол номер 102. Заседание счетной комиссии, избранной диссертационным советом Д002 и так далее, от 21 октября 16 года.

Состав избранной комиссии: Караченцев, Бескин, Трушкин.

Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Марьевой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Состав диссертационного совета в количестве 19 человек. Присутствовало на заседании 14 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации: 13. Роздано бюллетеней: 14. Осталось не розданных бюллетеней: 5. Оказалось в урне: 14. Результаты голосования «за» - 13. против — 0, недействительных — 1.

**Председатель:** Кто за то, чтобы утвердить протокол комиссии прошу проголосовать? Против? Воздержавшихся нет? Принимается. Поздравляем.

*(члены совета обсуждают проект заключения)*

**Председатель:** Тогда предлагаю заключение принять с этими оговорками. Кто «за» прошу проголосовать. Кто против? Воздержался? 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 октября 2016 г. № 102**

О присуждении Марьевой Ольге Викторовне, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Спектроскопические проявления эволюции массивных звёзд» по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия" принята к защите 15 августа 2016, протокол № 98 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 Марьева Ольга Викторовна, 1986 года рождения, 2008 году окончила физико-математический факультет Ставропольского государственного университета, в 2011 очную аспирантуру СГУ. С 2011 года соискатель работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук в лаборатории астроспектроскопии в должностях стажёр-исследователь (2011-2014), младший научный сотрудник (2014 – настоящее время).

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

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук, профессор, заведующая лабораторией астроспектроскопии САО РАН Клочкова Валентина Георгиевна.



### Официальные оппоненты:

Шустов Борис Михайлович, доктор физико-математических наук, член-корр. РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт астрономии Российской академии наук, научный руководитель ИНАСАН.

Шиманский Владислав Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования Казанский (Приволжский) федеральный университет, доцент кафедры астрономии и космической геодезии КФУ.

дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, составленном доктором физико-математических наук Михаилом Александровичем Погодиным, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Марьева Ольга Викторовна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 "Астрофизика и звёздная астрономия". Заключение утвердил директор ГАО РАН, доктор физико-математических наук Назар Робертович Ихсанов.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ по теме диссертации, среди которых 12 напечатаны в рецензируемых журналах, (общим объемом 118 страниц), включенных в перечень ВАК.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Maryeva O.V., Abolmasov P.K. "Modeling the optical spectrum of Romano's star", **MNRAS**, 419, 1455-1464, (2012), arXiv:1109.0443



2. Maryeva O.V., Abolmasov P.K. ``Spectral study of the late nitrogen-sequence Wolf-Rayet star FSZ35 in M33'', **MNRAS**, 421, 1189-1195,(2012), arXiv:1109.0445.
3. Maryeva O.V., Zhuchkov R.Ya. ``Medium resolution spectroscopy of the supergiant O31f Cyg OB2 No. 7'', **Astrophysics**, 55, 3, 371-376, (2012), arXiv:1210.7096.
4. Maryeva O.V. ``Modeling Hydrogen-Rich Wolf-Rayet Stars in M33'', **Astronomical and Astrophysical Transaction (AapTr)**, 28, 1, 35-42, (2013), arXiv:1303.2366
5. Maryeva O.V., Afanasiev V.L., Panchuk V.E., ``Study of the late nitrogen-sequence Galactic Wolf-Rayet star WR156. Spectropolarimetry and modeling'', **New Astronomy**, 25, 27-31, (2013)
6. Maryeva O.V., Klochkova V.G., Chentsov E.L., ``Modeling of a spectrum of supergiant Cyg OB2 №7'', **Astrophysical Bulletin**, 68, 1, 87-100, (2013)
7. Maryeva O.V., Zhuchkov R.Ya., Malogolovets E.V. ``Investigation of Cyg OB2 №11(O5 Ifc) by Modelling its Atmosphere'', **Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA)**, #31, e020, (2014), arXiv:1403.2771
8. Maryeva O.V. ``The half-century history of studies of Romano's star'', **Baltic Astronomy**, 23, 248-254, (2014), arXiv:1411.2662
9. Maryeva O.V., Parfenov S.Yu., Yushkin M.V., Shapovalova A.S., Gorda S. Yu., ``Properties of dwarf stars in Cygnus OB2'', **Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA)**, #33, e002 (2016), arXiv:1512.05416.
10. Maryeva O.V., Chentsov E.L., Goranskij V.P., Karpov S.V., ``Analysis of interstellar extinction towards the hypergiant Cygnus OB2 №12'', **Baltic Astronomy**, 25, 42-48, (2016).
11. Maryeva O.V., Chentsov E.L., Goranskij V.P., Dyachenko V.V., Karpov S.V., Malogolovets E.V., Rastegaev D.A., ``On the nature of high reddening of Cygnus OB2 №12 hypergiant'', **MNRAS**, 458, 491-507, (2016), arXiv:1602.05042
12. Polcaro V.F., Maryeva O.V., Nesci R., Calabresi M., Chieffi A., Galletti S.,



Gualandi R., Haver R., Mills O.F., Osborn W.H., Pasquali A., Rossi C., Vasilyeva T., Viotti R.F., "GR 290 (Romano's Star): 2. Light history and evolutionary state", *Astronomical Journal (AJ)*, 151, 149, (2016), arXiv:1603.07284

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:**

- **найденны** физические параметры и химический состав атмосфер десяти массивных звёзд, расположенных в верхней части диаграммы Герцшпрунга-Рассела.
- **детальное исследование** изменения параметров атмосферы звезды Романо **впервые показало**, что структура её звёздного ветра и болометрическая светимость меняются синхронно с наблюдаемым блеском.
- **определены** возрасты исследуемых объектов и **показано**, что разброс возрастов звёзд из ассоциации Cyg OB2 свидетельствует в пользу гипотезы о каскадном звездообразовании в ассоциации.
- **впервые детально исследованы** слабые звёзды (13-20 зв. вел.) вблизи гипергиганта Cyg OB2 №12, **построена** карта межзвёздного покраснения для данной области, **выявлено** возрастание межзвёздного покраснения при приближении к гипергиганту и **получены свидетельства** околосвёздной природы избытка покраснения.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что соискателем рассмотрены звёзды с близкими начальными массами, находящиеся на разных стадиях эволюции (OB-сверхгиганты, LBV, звёзды Вольфа-Райе).



Объединение численного моделирования атмосфер массивных звёзд с анализом их эволюционных треков имеет большое значение для уточнения моделей звёздной эволюции. Результаты выполненного автором численного моделирования OB-звёзд, звёзд Вольфа-Райе, а также звезды Романо, находящейся на короткой стадии пост-LBV, важны для дальнейшего теоретического исследования этих классов объектов.

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

- полученные в диссертационной работе параметры OB звёзд и звёзд Вольфа-Райе могут быть использованы для статистических исследований объектов данных типов.
- болометрические светимости и болометрические поправки, найденные соискателем для OB-звёзд, могут быть использованы для калибровки эмпирических зависимостей «абсолютная звёздная величина – спектральный класс», так как модели атмосфер, построенные с помощью программного пакета CMFGEN, хорошо описывают распределение энергии в спектрах горячих звёзд. Из-за малочисленности OB-звёзд с известными расстояниями эта задача остается актуальной для современной астрофизики.
- построенная в ходе работы над диссертацией сетка моделей массивных звёзд может в дальнейшем применяться для исследования и других OB звёзд и звёзд Вольфа-Райе.

#### **Достоверность результатов диссертации**

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- обширность использованных наблюдательных данных и их всесторонний анализ,
- использование ранее опубликованных высокоэффективных и отлаженных методов анализа спектральных данных,
- сопоставление результатов наблюдений с теоретическим моделированием,



- сравнение результатов автора с результатами других исследователей.

Авторские методики обработки спектров базируются на ранее предложенных и были подтверждены рядом тестов, результаты которых опубликованы. Результаты диссертации апробированы на международных и российских конференциях.

**Личный вклад** соискателя состоит в получении и обработке наблюдательных данных, их анализе, проведении их численного моделирования, участии в интерпретации полученных результатов и написании основного текста большинства статей, апробации результатов исследования в устных и стендовых докладах на научных конференциях.

На заседании 21 октября 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Марьевой Ольге Викторовне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель  
диссертационного совета



Балега Ю.Ю..

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

21 октября 2016 г.