

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.203.01

протокол № 112 от 19 октября 2018 г.

Председатель:

доктор физ.-мат. наук, академик РАН

Балега Юрий Юрьевич

Ученый секретарь:

кандидат физ.-мат. наук

Шолухова Ольга Николаевна

Состав совета – 19 человек, присутствуют – 17:

д.ф.-м.н., Балега Ю.Ю. 01.03.02

к.ф.-м.н., Шолухова О.Н. 01.03.02

д.ф.-м.н., Клочкова В.Г. 01.03.02

д.ф.-м.н., Афанасьев В.Л. 01.03.02

д.ф.-м.н., Богод В.М. 01.03.02

д.ф.-м.н., Верховданов О.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Глаголевский Ю.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Караченцев И.Д. 01.03.02

д.ф.-м.н., Ковалев Ю.Ю. 01.03.02

д.ф.-м.н., Мингалиев М.Г. 01.03.02

д.ф.-м.н., Моисеев А.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Панчук В.Е. 01.03.02

д.ф.-м.н., Решетников В.П. 01.03.02

д.ф.-м.н., Романюк И.И. 01.03.02

д.ф.-м.н., Сачков М.Е. 01.03.02

д.ф.-м.н., Трушкин С.А. 01.03.02

д.ф.-м.н., Фабрика С.Н. 01.03.02

**Председатель:**

Коллеги, начинаем заседание учёного совета докторского нашего, второго на сегодняшний день. Кворум есть, 17 человек присутствуют из 19 членов совета. Нам предстоит рассмотреть работу Дамира Раеловича Гадельшина «Комплексное исследование свойств избранных экзопланет и кандидатов в экзопланеты». Работа выполнена в нашей Специальной

астрофизической обсерватории Российской академии наук. Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук Геннадий Геннадьевич Валявин.

Официальные оппоненты: кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии Казанского (Приволжского) федерального университета Владислав Владимирович Шиманский и доктор физ.-мат. наук, заведующий отделом физики Солнца и Солнечной системы Крымской астрофизической обсерватории Киселёв Николай Николаевич.

Ведущая организация: Институт астрономии Российской академии наук.

Пожалуйста, как у нас общая ситуация с документами?

**Секретарь:**

С документами всё в порядке. Экзамены сданы на отлично и хорошо. Претензий нет.

**Председатель:**

Если нет вопросов по сути, то давайте представим слово соискателю. Пожалуйста, 20 минут у вас.

**Гадельшин Д.Р.:**

Добрый день, уважаемые коллеги! Сегодня я представляю доклад – свою диссертацию «Комплексное исследование свойств избранных экзопланет и кандидатов в экзопланеты».

Актуальность темы. Изучение планетных систем представляет собой фундаментальную научную задачу. До относительно недавнего времени единственным примером известных планетных систем для астрофизики являлась Солнечная система. На сегодняшний день уже открыто около 4000 экзопланет – это принесло понимание об их удивительном разнообразии, широком разнообразии свойств экзопланет, но большинство их особенностей, тем не менее, во многом продолжают оставаться нераскрытыми. Планеты с различными орбитальными и физическими характеристиками интересны, в частности, с точки зрения проверки теорий планетообразования, понимания их эволюции. Также на примере Земли считается, что некоторые планеты, именно планеты, а не какие-либо другие астрофизические тела, способны, возможно, поддерживать существование и развитие жизни. Отдельным образом стоит выделить транзитные планеты, которые являются источниками наиболее полного представления об их атмосферах, физико-химических и орбитальных свойствах.

Цели и задачи нашего исследования. Первое – это независимое фотометрическое подтверждение транзитов вновь открытых экзопланетных кандидатов с использованием телескопов метрового класса. Построение трансмиссионных спектров избранных транзитных

экзопланет по собственным фотометрическим наблюдениям на метровом телескопе и по наблюдениям других авторов с целью детектирования у этих планет атмосфер. Третье – уточнение физических характеристик исследуемых экзопланет с помощью спектроскопических наблюдений на БТА. Четвёртое – подтверждение фотометрически отобранных кандидатов в экзопланеты и поиск новых на основе наблюдений со спектрографами высокого спектрального разрешения НЭС БТА и БОЕС двухметрового телескопа обсерватории Бонхьонсан в Южной Корее.

Моя диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Диссертация содержит сотню страниц, 16 рисунков, 12 таблиц. Список литературы насчитывает 145 наименований.

Во введении приводятся и раскрываются все требуемые ВАК ключевые пункты по защите кандидатских диссертаций: это структура, актуальность, цели и задачи, научная и практическая значимость, новизна, личный вклад соискателя. Во введении представлены также история открытий, сведения о типах и современные данные о распространённости экзопланет. Тут показана таблица – частота встречаемости планет у FGK-звёзд по данным миссии «Кеплер» из литературы. Хорошо можно видеть, что разные типы планет достаточно широко представлены у этих звёзд. Их особенности интересно было бы исследовать более подробно.

В первой главе мы приводим результаты методического исследования, связанного с тем, насколько эффективно наш инструментарий способен проводить наземные наблюдения экзопланет. В марте 2015 года мы начали с наблюдений транзитов двух известных горячих юпитеров у звёзд 11 и 12 величины. В ту ночь была хорошая погода. Для построения кривых блеска звёзд мы использовали обычный метод дифференциальной фотометрии. Результаты вы видите на слайде. Глубина падения блеска во время транзитов горячих юпитеров составила 0.02 и 0.03 звёздной величины. Транзитные события видны очень отчётливо. Совокупная точность фотометрических замеров внутри транзитов, а также вне их составила около 0.003 звёздной величины, и даже лучше. До этого исследования аналогичные результаты были получены при наблюдениях переменности белых карликов. Таким образом, нами была продемонстрирована возможность изучения не только самых крупных экзопланет у звёзд солнечного типа, но и меньших планет у холодных звёзд главной последовательности наземными средствами в нашей стране.

Во второй главе мы исследуем зависимость радиусов горячих юпитеров от длины волны, – это так называемый трансмиссионный спектр, по результатам измерений разных авторов, в

том числе и по нашим данным с метрового телескопа САО РАН. Для анализа трансмиссионных спектров нами была создана компьютерная модель, вычисляющая радиус экзопланет из параметров их транзитов и свойств звёзд. В её основе используется популярная широко используемая модель, которая рассчитывает форму транзита в определённой спектральной полосе в зависимости от относительного радиуса экзопланеты, её равновесной температуры и прицельного параметра, а также квадратичных коэффициентов потемнения к краю диска родительской звезды для данной полосы спектра.

При помощи этой программы мы построили и исследовали широкополосный трансмиссионный спектр 3 горячих юпитеров WASP-33b, WASP-43b, WASP-104 b. На слайде на двух верхних панелях графика представлен пример зависимости глубины транзита от длины волны для планеты WASP-33b. На нижней панели показан широкополосный трансмиссионный спектр этой планеты. В пределах погрешности около 5% этот спектр оказывается «плоским» в диапазоне от 0.3 до 1.2 мкм, т.е. радиус планеты не меняется при изменении длины волны в этом диапазоне.

«Плоским» является также спектр WASP-43b, но глубина транзита этой планеты в длинах волн наблюдения «Спитцера», 3.6 и 4.5 мкм из литературы оказывается заметно менее глубокой, чем в видимом диапазоне. Применяв нашу программу, которая рассчитывает вклад собственного теплового излучения планеты, нам удалось измерить температуру ночной стороны планеты: она оказалась равной примерно 930 К.

Для третьей планеты у нас было недостаточно количества данных наблюдений, мы только лишь уточнили радиус.

В 2015 году от европейских астрономов вышла статья об открытии нескольких планет в системе близкой звезды HD 219134 спектрального класса K3. У одной из планет с помощью «Спитцера» этой группой был обнаружен транзит.

Получив обнадеживающий результат при наблюдениях горячих юпитеров, мы решили поднять планку - посмотреть, сможем ли мы наблюдать с помощью инструментов САО более мелкие транзиты? По известному периоду мы рассчитали время наступления новых транзитов. HD 219134 является очень яркой звездой, поэтому первые наблюдения мы проводили в U-фильтре системы Джонсона-Козинса. И в первую же наблюдательную ночь на кривой блеска мы обнаружили деталь, похожую на транзит. Это наблюдение показано на левом графике.

Мы решили продолжить наблюдения именно в этом фильтре. Результаты вы видите справа. Транзиты наблюдались с переменным успехом, в части ночей они не были видны. На нижней части диаграммы вы видите совокупный транзит по всем более-менее удачным данным. Хотя глубина и длительность транзитов в U-фильтре, по-видимому, являются изменяющимися,

мы оценили, что наблюдаемый нами радиус планеты в среднем оказывается в 2.5 раза больше, чем на длине волны наблюдений «Спитцера». Мы считаем, что планета может быть окружена протяжённой пылевой или газо-пылевой оболочкой, которая увеличивает глубину транзита в 4 раза по сравнению с наблюдаемым на длине волны «Спитцера». С учётом потемнения к краю диска звезды, мы определили, что средний радиус в 2.5 раза, чем при наблюдениях в инфракрасном диапазоне.

4 и 5 глава идут отдельным блоком в моей диссертации. Здесь для исследования мы использовали метод лучевых скоростей.

В 4 главе приводятся результаты проверки 4 кандидатов в небольшие транзитные планеты, открытых «Кеплером». Как вы знаете, телескоп «Кеплер» искал планеты транзитным методом, но транзитоподобные события могут вызываться не только планетами, но и другими астрофизическими явлениями. Например, прохождением белых или коричневых карликов по дискам более крупных звёзд, а также частичными затмениями в системах двойных звёзд. Поэтому для подтверждения планетной природы транзитных кандидатов обычно прибегают к дополнительным наземным исследованиям.

Мы выбрали 4 кандидата из каталога «Кеплера», которые обращаются вокруг трёх достаточно ярких для измерений в САО звёзд, более или менее подобных Солнцу. Сами кандидаты на момент начала исследования не были подтверждены, их транзиты зарегистрированы надёжно, эти транзиты не большие по глубине и имеют плоское дно, говорящее о том, что данное затмевающее тело заходит на диск целиком. Кеплеровские кривые блеска с транзитами вы видите на слайде справа для каждого кандидата.

Используя лучевые скорости, полученные с помощью инструмента НЭС БТА, мы исключили объекты звёздной природы, которые могут вызывать затмения. Результаты вы видите на слайде слева. По вертикальной оси располагаются лучевые скорости, выраженные в км/с, по горизонтальной – орбитальные фазы кандидатов «Кеплера». На фазы 0 и 1 приходится транзит. Пунктирными линиями обозначены пределы – граница между планетами и коричневыми карликами, 13 масс Юпитера, как если бы кандидаты были бы такой массы. Как можно видеть, разброс лучевых скоростей на средней и нижней панелях оказывается очень маленьким, поэтому мы с большой уверенностью отбрасываем версию непланетной природы трёх кандидатов, обращающихся вокруг двух этих звёзд – KOI-2687 и KOI-2706.

Для кандидата у KOI-974 разброс оказывается довольно большим, однако он очень плохо коррелирует с орбитальным периодом, известным из данных «Кеплера». Более того, три значения лучевых скоростей, которые приходятся на одну и ту же орбитальную фазу, сильно различаются – их бары ошибок даже не пересекаются. Но эти измерения были получены в

разные наблюдательные ночи. Мы приходим к выводу, что разброс лучевых скоростей не связан с транзитным кандидатом, и вызывается каким-то третьим неизвестным телом в системе, или несколькими неизвестными телами в системе, а сам кандидат является планетой.

Используя спектры, полученные с помощью НЭС БТА, нами были сделаны собственные оценки фундаментальных параметров родительских звезд кандидатов «Кеплера» – эффективной температуры,  $\log g$ , металличности и радиуса. Единственным параметром, который мы взяли из литературы, является масса звезд. Зная радиусы звезд и глубины транзитов, мы определили радиусы планет. Результаты вы видите в нижней части слайда. Две планеты оказываются нептунами, и две планеты имеют размер, близкий к размеру Земли. Также, мы определили поверхностную температуру планет в предположении нулевого альбеда.

В 5 главе приводятся результаты измерения лучевых скоростей главного компонента двойной звезды  $\chi$  Дракона по спектрам, полученным на 2-метровом телескопе Бохюнсанской обсерватории в Южной Корее. Используя эти данные совместно с данными лучевых скоростей от других авторов, мы уточнили период и орбиту звезды. Главный компонент имеет спектральный класс F и принадлежит главной последовательности. Периодическое расщепление спектральных линий, вызываемое эффектом Зеемана, позволило нам измерить величину магнитной индукции и определить период вращения этой звезды вокруг оси. Этот период составил 23 суток. После вычитания из наблюдаемых данных наилучшей модельной кривой, в остаточных лучевых скоростях мы обнаружили набор дополнительных периодов, равных примерно 1.6 и 65 суток. Они показаны на слайде слева. Самый мощный пик на периодограмме остаточных скоростей принадлежит 65-суточному периоду. Мы интерпретируем эти сигналы как вероятное присутствие одного или нескольких дополнительных тел в системе, возможно, планет. К сожалению, мы не можем однозначно определить истинную периодичность из-за сильной неоднородности данных очень длительной базы наблюдений, и их недостаточного количества.

На этом слайде представлены статьи, на основе которых была составлена данная диссертация. 5 из 6 статей были опубликованы в рецензируемых изданиях.

Основные результаты, выносимые на защиту. Для горячих юпитеров WASP-33b, WASP-43b и WASP-104b построены широкополосные трансмиссионные спектры – зависимости эффективных радиусов планет от длины волны. С точностью около 5% от значения радиуса трансмиссионные спектры планет WASP-33b и WASP-43b являются «плоскими». Получены свидетельства того, что в инфракрасной длине волны 4.5 мкм транзит WASP-43b является более

мелким. Это позволило независимо измерить ночную температуру этой планеты, она оказывается равной 930 К. Похожее значение было получено ранее другими авторами – они использовали данные не прямых транзитов, а вторичных затмений, и наша оценка согласуется с той оценкой. Для WASP-104b дана уточнённая оценка её радиуса в видимом диапазоне.

Второе. Был независимо подтверждён факт существования транзитной планеты HD 219134 b. Глубина транзита в U полосе оказалась в среднем почти в 4 раза больше, чем в инфракрасной полосе наблюдения «Спитцера». Различие свидетельствует о существовании непрозрачной или частично прозрачной оболочки, которая окружает эту планету, для ультрафиолетовой области.

Третье. Четыре транзитных кандидата в экзопланеты, обнаруженные телескопом «Кеплер» являются истинными планетами. Они обращаются вокруг трёх звёзд: KOI-974, KOI-2687, KOI-2706. Спектры высокого разрешения позволили также уточнить параметры родительских звёзд, такие как радиус, температуру и другие, что в свою очередь позволило дать нам оценку радиусов планет. Оказалось, что две планеты являются нептонами, и две планеты – землеразмерными планетами.

Четвёртое. На основании анализа лучевых скоростей сделано предположение о существовании новых кандидатов в массивные планеты в системах KOI-974 и хи Дракона.

Результаты диссертационной работы были доложены на международных и внутренних конференциях. Они показаны на слайде.

Научная и практическая значимость. Было продемонстрировано, что с помощью существующих российских телескопов метрового класса можно проводить наблюдения транзитов экзопланет с точностью фотометрии 0.3% от потока (и даже лучше) для звёзд вплоть до 13 звёздной величины в широкополосной системе Джонсона-Козинса. Это открывает широкий потенциал для регистрации небольших планет у солнцеподобных звёзд, размером, например, с Нептун, также суперземель у красных карликов наземными российскими наблюдательными средствами.

Впервые обнаружены свидетельства существования гигантской пылевой оболочки у планеты размером немного крупнее Земли. Это ставит ряд вопросов о происхождении и эволюции планетных систем, и даёт основание для новых возможностей их исследования, в том числе с наземных телескопов.

Третье. Впервые широкополосные трансмиссионные спектры горячих юпитеров, полученные из транзитов, а не из вторичных затмений, позволили сделать оценку температуры ночной стороны планеты.

И четвёртое. Впервые в России проверка лучевых скоростей звёзд с планетными кандидатами, открытыми сторонними фотометрическими проектами, такими как «Кеплер», позволила подтвердить планетную природу затмевающих объектов. Это открывает широкие возможности использования российских инструментов высокого разрешения для подтверждения кандидатов как из существующих, так и будущих массовых поисковых обзоров.

Личный вклад показан на слайде. Мной было принято участие в подготовке и наблюдениях на телескопах САО РАН наравне с соавторами. Непосредственное участие в получении и анализе трансмиссионных спектров горячих юпитеров. Равный с соавторами вклад в измерение лучевых скоростей родительских звёзд кандидатов «Кеплера». Определяющий вклад в измерение лучевых скоростей главного компонента двойной звезды хи Дракона. Равный с научным руководителем вклад в написание текстов статей и диссертации.

Спасибо за внимание!

**Председатель:**

Вопросы? Пожалуйста, Ченцов.

**Ченцов Е.Л.:**

Каким способом делался контроль нуль-пункта лучевых скоростей и каковы примерно погрешности? И приходилось ли вводить поправки, какой-никакой величины, отдельные?

**Гадельшин Д.Р.:**

Вы имеете ввиду в каких наблюдениях?

**Ченцов Е.Л.:**

В тех наблюдениях, которые с НЭСом проводились. Вот одна ночь, другая ночь.

**Гадельшин Д.Р.:**

На самом деле нуль-пунктов не было, мы измеряли лучевые скорости... сейчас.

**Ченцов Е.Л.:**

Ну, систематическая ошибка какая там, от ночи к ночи, как контролировалось?

**Гадельшин Д.Р.:**



Путём вычисления центров тяжести всех узких симметричных спектральных линий и их сравнения с лабораторной длиной волн, которые были получены из базы данных VALD.

**Ченцов Е.Л.:**

Всегда существует некое потенциальное различие спектра сравнения и спектра звезды, его нужно контролировать. Был ли такой контроль?

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо за вопрос. Для родительских звёзд кандидатов «Кеплера» разброс по лучевым скоростям составляет где-то 200-300 метров в секунду для индивидуального измерения.

**Ченцов Е.Л.:**

На каком интервале времени эти точки были получены? Дни, недели, месяцы...?

**Гадельшин Д.Р.:**

Несколько месяцев.

**Председатель:**

Богод, вопрос.

**Богод В.М.:**

Какое будущее у этого направления, то есть какие будущие, хотя бы примерно, наземные или выносные возможности? Чтобы вывести контраст.

**Гадельшин Д.Р.:**

Конечно, будущее в российском сегменте определённо имеется. Это, например, можно измерять массы небольших планет, которые были открыты различными фотометрическими обзорами, такими, как «Кеплер», «TESS» вот сейчас начал работу. С помощью НЭС БТА можно измерять, с помощью будущих спектрографов.

**Богод В.М.:**

Нужно пространственное разрешение и площади. Как вы это достигали?

**Гадельшин Д.Р.:**

По поводу пространственного разрешения, вы имеете только фотографии окрестностей звезды? Разрабатываются различные проекты. Знаю про «Спектр-УФ» – космический телескоп. С его помощью, конечно, будет возможно больше, чем на Земле.

**Председатель:**

Спасибо. Афанасьев.

**Афанасьев В.Л.:**

У меня вопросов достаточно много, по крайней мере, пять. По главам. Первый слайд покажите, пожалуйста! Самый первый слайд, где у вас красивая разноцветная таблица. Она меня возбудила. Покажите, пожалуйста! Самый первый слайд ваш. Да. Что у вас там за цифры написаны в этой таблице?

**Гадельшин Д.Р.:**

Это частота встречаемости планет с данными параметрами у солнцеподобных звёзд.

**Афанасьев В.Л.:**

Объясните, пожалуйста, 140 процентов! Частота встречаемости – это...

**Гадельшин Д.Р.:**

141 процент это значит, что в данном интервале радиусов и периодов приходится не одна планета на одну звезду, а 1.4.

**Афанасьев В.Л.:**

Следующий, пожалуйста. У меня вопрос по главе 2. Значит, получены спектры, несколько необычно, под спектром здесь понимается широкополосные спектры, вы рисовали кучу рисунков... нет, нет, да, вот эти. А скажите, пожалуйста, на чём они получены? Здесь ни слова не сказано, это ваши данные, это данные компиляции из литературы. Если из литературы, то кто их получил. Вообще принято в научных статьях, если вы используете чужие данные, ссылаться на то, где вы это получили. Ну вот 1.2 микрона на чём вы получили?

**Гадельшин Д.Р.:**

Это данные, полученные из литературы. На самом деле, это компиляция различных данных.

**Афанасьев В.Л.:**

Вопрос по ошибкам. Вы рисуете красивые графики, множество точек. В фотометрии принято любые выводы подтверждать значимостью результата. Какая значимость вашего результата, то есть какая вероятность того, что это не ошибка? Без этого делать какие-либо утверждения, серьёзные, вообще нельзя. График, где вы рисуете кривые блеска в U-полосе получены вот для этого транзита. Глядя на ваши рисунки, можно сказать, что здесь значимость результата близка к нулю. Любой человек, умеющий делать фотометрию, это скажет. Но вы это можете перевести, скажем, взять критерий Стьюдента и назвать эту величину. Пока вы её не назвали, ваши рассуждения о транзитах и так далее – это некая фантазия. Какова значимость этих результатов?

**Гадельшин Д.Р.:**

Мы определяли эту значимость больше, чем 4-сигма. Вот я показал, что в нижней части графика приведена совокупный транзит по всем наблюдаемым нами транзитам. Каждая индивидуальная точка содержит несколько сотен индивидуальных измерений.

**Председатель:**

Моисеев.

**Моисеев А.В.:**

Можно мне такой вопрос. Была картинка, где была такая моделька нарисована, планета на фоне звезды. Я хочу понять. Из картинки понятно, что вот этот прицельный параметр – расстояние от центра звезды до центра планеты, вообще будет очень сильно влиять на результат, то есть вы там либо попадёте почти всем транзитом в область потемнения края, либо она пройдёт по «экватору» звезды, и там будут другие оценки радиуса и так далее. Как вы определяете, и насколько это влияет на ваши оценки модельные параметров, которые вы получили? Вы там температуру получили, насколько я понял?

**Гадельшин Д.Р.:**

Как вы видите, на температуру это влияет не очень сильно. Это, конечно, модельно-зависимое дело, и мы просто рассматриваем форму транзита, имеет ли этот транзит плоское дно, насколько сильны уклоны при входе и выходе из транзита...

**Моисеев А.В.:**

Понятно, то есть по форме транзита.

**Гадельшин Д.Р.:**

По форме транзита, да, мы определяем прицельный параметр. И мы знаем, в какой полосе были произведены наблюдения, и, соответственно, коэффициенты потемнения края диска звезды для этого диапазона известно.

**Моисеев А.В.:**

Понятно, спасибо.

**Председатель:**

Клочкова.

**Клочкова В.Г.:**

Вот мой вопрос касается данных, полученных по наблюдениям со спектрографом НЭС. Да, вот эта табличка очень интересна для меня. Вопрос связан с точностью параметров. Я, признаться, почти никогда не видела такой точности определения эффективной температуры и  $\log g$ . Каким образом определены у вас эти параметры и их ошибки? 0.03 по  $\log g$  я не видела, наверное, никогда.

**Гадельшин Д.Р.:**

На самом деле, определение параметров атмосфер родительских звёзд кандидатов «Кеплера» в мою задачу не входило. Данная работа была проделана соавтором исследования Газинуром Галазутдиновым. Мы его данным доверяем. Параметры атмосфер звёзд, как я понимаю, определялись из условия ионизационного равновесия для атомов нейтрального и ионизованного железа Fe I и Fe II. Для расчётов использовался комплекс программ и моделей атмосфер ATLAS/WIDTH.

**Афанасьев В.Л.:**

Результат получен не вами.

**Председатель:**

Решетников в начале.

**Решетников В.П.:**

Совсем простой вопрос. Почему именно эти экзопланеты использовали? Случайно, или это такая стратегия? Спасибо.

**Гадельшин Д.Р.:**

Как я сказал, мы выбрали именно эти звёзды потому, что они являются достаточно яркими для наблюдений на НЭС БГА, они имеют величину от 9.5 до 10.5.

**Решетников В.П.:**

Более яркие выбрали?

**Гадельшин Д.Р.:**

Нет, именно среди кандидатов «Кеплера», которые до начала нашего исследования не были подтверждены другими авторами.

**Председатель:**

Караченцев.

**Караченцев И.Д.:**

У вас встречались термины «планеты-юпитеры», «планеты-нептуны», а вот «планеты-сатурны» встречаются? Диски.

**Гадельшин Д.Р.:**

Планетами – «юпитерами» обычно называют и «сатурны» тоже, то есть планеты с радиусом больше 8 радиусов Земли. С 2 до 8 радиусов Земли – это «нептуны».

**Караченцев И.Д.:**

У меня немножко речь о дисках. В другом аспекте вопрос. Есть, скажем, звёзды типа нашего Солнца, где зодиакальный свет очень слабый. По-видимому, существуют звёзды, где пылевая компонента гораздо более мощная, на порядки. Вы рассматриваете планету как кружок, ничем не окружённый? Там могут быть свои диски, могут быть тесные спутники как Луна возле нашей планеты. То есть, понимаете, как-то идеология всего этого анализа немножечко выглядит такой зыбкой, упрощённой.

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо за вопрос. Мы рассматриваем исключительно горячие планеты, то есть стабильность у таких планет на астрономических промежутках времени, на самом деле, под большим вопросом, колец и спутников. Они очень близко к звезде находятся, они занимают, эти планеты, на самом деле огромную часть своей сферы Роша, поэтому там, скорее всего, если мы видим устоявшиеся системы, то спутников и колец там не ожидается.

**Председатель:**

Трушкин.

**Трушкин С.А.:**

Дамир, а вот всё-таки по поводу очень интересного результата, связанного с этой пылевой оболочкой. Но ведь вы оценивали световое давление на эту оболочку, там же, наверное, кометообразная должна быть какая-то оболочка? Она не может быть сферической. Потому, что, очевидно, для нашего Солнца она такая будет. Так что, там же надо действительно, как Игорь Дмитриевич сказал, другие модели использовать, не просто сферу.

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо. На самом деле мы просто приводим результаты наших наблюдений. Однако, что я хочу сказать. Как я уже сказал во время основной части, в разные ночи у нас получается для данной планеты изменяющаяся глубина транзита, также не симметричная форма скорее всего говорит о том, что вот эта вот оболочка каким-то образом изменяется во времени, то есть от транзита к транзиту она как-то меняется. Например, меняется её плотность, она может заполнять сферу Роша этой планеты, может, конечно, выходить за её пределы, образуя какой-то хвост. Мы это не моделировали, мы просто приводим результаты нашего наблюдения.

**Председатель:**

Так. Ещё Глаголевский, вопрос.

**Глаголевский Ю.В.:**

Почему у этих планет такая высокая температура, почему они ещё не успели остыть?

**Гадельшин Д.Р.:**

Потому, что они находятся очень близко к своим звёздам, обращаются на коротких орбитах.

**Председатель:**

Так, Мингалиев. Потом Афанасьев вторая серия.

**Мингалиев М.Г.:**

На правом рисунке, последняя картинка, это усреднение. Какое усреднение? Просто среднее арифметическое? Какое делали вы?

**Гадельшин Д.Р.:**

Каждую ночь мы разбивали на 12 отрезков, или бинов. Там проводилось, в каждом бине, обычное арифметическое усреднение, но когда мы складывали все ночи, мы проводили средневзвешенное усреднение.

**Председатель:**

Виктор Леонидович, пожалуйста, вопрос.

**Афанасьев В.Л.:**

Ну, я только два вопроса задам. Значит, по главе 4. Вот когда вы говорили о значимости лучевых скоростей, у меня вопрос очень простой. А сколько длился транзит? Вот вы там фазовую кривую писали. И какова была экспозиция? Поскольку, что-либо говорить вот об этой фазовой кривой, которую вы построили, ничего не зная о длительности экспозиции... По моим сведениям, НЭС – он в общем, требует каких-то больших экспозиций. И сколько длится транзит? Да, по данным «Кеплера». Какая, вообще, значимость этого вывода? Из той же самой серии вопросов. Поскольку значимость утверждения, что вот там на верхнем графике у нас есть синусоида, она очень своеобразная. Это фактически по четырём точкам, три из которых показывают, что там гигантская какая-то другая ошибка, а не случайная. Вот эта ошибка откуда взята, это что такое? Это ошибка усреднения, это ошибка статистическая, связанная строго с сигналом? Вот это тоже проясните, пожалуйста.

**Председатель:**

«Усы» на первом графике. Размер «усов» чем определяется?

**Гадельшин Д.Р.:**

Он определяется стандартной ошибкой. Мы у каждой линии определяли положение, центр тяжести у каждой линии, и таких линий в каждом спектре несколько сотен штук. Мы усредняли по всем этим линиям, по всем этим значениям лучевых скоростей. Вот у нас

получается такая ошибка. По поводу первого вопроса, какова длительность транзита? Тут видно, что для разных планет она разная: вот где-то составляет 3-4 часа, где-то она составляет в районе 10 часов длительность транзита. На самом деле эти транзиты получены с «Кеплера», мы с данными «Кеплера» не работали. А длительность экспозиции каждой точки, которые мы получили с помощью НЭС, составляет в районе 40 минут, одного часа.

**Афанасьев В.Л.:**

Тогда объясните, что у вас по нижней оси. Написано слово «фаза».

**Гадельшин Д.Р.:**

Это орбитальная фаза.

**Афанасьев В.Л.:**

Откуда период взяли?

**Гадельшин Д.Р.:**

Период по данным «Кеплера».

**Афанасьев В.Л.:**

В этом случае положено «усы» писать и горизонтальные. Тогда график становится более или менее понятным.

Второй вопрос. В пятой главе вы показываете спектр мощности. Вопрос очень простой. Вы упомянули, что ряд у вас не равномерный. Вы ряд отбеливали? То есть при анализе неравномерных рядов, в которых есть дырки, их положено отбеливать, и только тогда можно говорить о значимости того или иного периода. Это проблема из гармонического анализа. Знаменитые периодограммы и прочее. Сейчас и последние лет 10 обходятся, используя вейвлет-анализ, и там можно определить не только уровень периода, но и значимость. Вот почему это не сделано? То, что вы показываете, с моей точки зрения выглядит абсолютно неубедительно. Нет ни одной цифры о значимости.

**Гадельшин Д.Р.:**

У нас на самом деле да, нету тут уверенности в том, что эти периодичности являются истинными, или близки к этому. Но тем не менее, какой-то тренд там наблюдается. А по поводу этой периодограммы, это периодограмма Ломба-Скаргла.



**Афанасьев В.Л.:**

Я могу пояснить, с чем связан мой вопрос. То, что вы видите периодичность вот такую большую, связанную там с изменениями на звезде, это понятно, но когда вы начинаете выбирать обертоны, в музыке делают, то в зависимости от вашего отношения сигнал-шум, в зависимости от того, насколько равномерный ряд, вы можете выделить их или нет. У меня всегда проблема, которая связана с экзопланетами, ставила в тупик, что на ровном месте берут строят там, разделяют там на 5-6 вот этих самых, и начинают говорить о землеподобных планетах, о чём угодно. Это Мюнхгаузен чистой воды, понимаете. Это вещь очень необоснованная математически, статистически. Это просто некая иллюстрация для тех, кто в этом не понимает.

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо за ваше мнение.

**Председатель:**

Караченцев.

**Караченцев И.Д.:**

Вот здесь уже звучал вопрос о перспективности методики направления. Я хочу к этому моменту вернуться. Вы назвали в самом начале, что уже известно 4000 экзопланет. Вы исследовали три за три года аспирантуры.

**Из зала:**

Да больше.

**Караченцев И.Д.:**

Впереди ещё громадный кусок работы для примерно тысячи аспирантов. Может быть имеет смысл как-то отложить эту деятельность на следующие поколения? Через пару лет запустят следующий какой-нибудь «Кеплер», обнаружат ещё 10 тысяч экзопланет. Зачем вот эти вот самые сверхусилия на малом наземном телескопе для того, чтобы тоже включиться в эту модную тематику. Я понимаю, что это вопрос больше к научному руководителю, чем к диссертанту, но вот всё-таки хочется понять, как тут перспектива выглядит?

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо за вопрос. На самом деле открыто и подтверждено сейчас около 4000 экзопланет. Мы исследовали кандидаты в экзопланеты, мы старались подтвердить их как реальные планеты. Мы за 4 года работы в аспирантуре, всё-таки не три объекта исследовали, а гораздо больше. Вот здесь у нас две подтверждённые планеты, здесь у нас три планеты, здесь одна, и здесь четыре. И ещё мы подозреваем кандидаты в системе хи Дракона, и ещё один кандидат. Ну, это, конечно, фундаментальная научная задача. В России такие исследования только-только начинаются проводиться. Я считаю, что мы просто не должны отстать от некоторых стран, в которых исследуют экзопланеты достаточно успешно.

**Председатель:**

Понятно. Так, коллеги, я думаю вопросов достаточно к соискателю. Тема тяжёлая, сложная. Садитесь, пожалуйста. Сейчас научный руководитель, может быть, отследите кое-что. Пожалуйста!

**Валявин Г.Г.:**

Спасибо большое! Уважаемые коллеги, я просто прочитаю свой отзыв, опуская при этом некоторые общие фразы, связанные со структурой диссертации. И, наверное, мне придётся зачитать, потому что тут хоть в каком-то виде даются ответы на ряд поставленных здесь вопросов.

*Отзыв руководителя.*

Спасибо!

**Председатель:**

Спасибо! Так, коллеги, нам сейчас надо заслушать отзыв обсерватории, где была выполнена эта работа. Ольга Николаевна, пожалуйста!

**Секретарь:**

Заключение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

В 2012 году Гадельшин Дамир Раелович окончил магистратуру Пушчинского государственного естественно-научного института по направлению «Физика». В период с 2013 по 2017 годы учился в очной аспирантуре САО РАН. Во время подготовки диссертации соискатель работал в должности стажёра-исследователя.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение.

В работе показано, что первые наблюдения транзитов горячих юпитеров, предпринятые в САО РАН в марте 2015 года, позволили оценить возможности фотометрических экзопланетных исследований с использованием российских телескопов метрового класса. Точность фотометрии у звёзд до 13 звёздной величины широкополосной системы Джонсона-Козинса составила величину лучше 0.1% от потока для совокупных измерений.

В работе описывается компьютерная модель, которая позволяет определить параметры экзопланет по заданным параметрам родительской звезды и транзитным кривым блеска. С помощью неё для горячих юпитеров WASP-33b, WASP-43b и WASP-104b построены широкополосные трансмиссионные спектры – зависимости эффективных радиусов планет от длины волны. С точностью около 5% от значения радиуса трансмиссионный спектр планеты WASP-33b оказался «плоским» в диапазоне от 0.35 до 1.2 мкм. Получены свидетельства того, что широкополосный спектр WASP-43b является плоским в диапазоне от голубого света до длины волны 4.5 мкм ИК-излучения. Это позволило независимо измерить ночную температуру этой планеты в 930 К.

Представлен результат наземных фотометрических исследований транзитной экзопланеты HD 219134 b. Событие транзита было неоднократно зарегистрировано, что независимо подтверждает факт существования этой планеты.

В работе приведены результаты проверки природы 4 транзитных кандидатов в экзопланеты, обращающихся у звёзд KOI-974, KOI-2687, KOI-2706. Кандидаты были выбраны из каталога космической миссии «Кеплер». Проверка осуществлялась методом измерения лучевых скоростей родительских звёзд инструментом НЭС БГА. Полученные спектры анализировались общепризнанными методами и программами. Транзитные кандидаты оказались планетами.

Из анализа лучевых скоростей заподозрено существование новых кандидатов в массивные планеты в системах KOI-974 и хи Дракона.

Проведённое в диссертации исследование звёзд с планетными системами хорошо иллюстрирует круг проблем, решаемых в предельных задачах на основе наблюдательных данных с российских инструментов. Самым важным и трудным моментом таких исследований является получение высокоточной фотометрии, а также прецизионного ряда лучевых скоростей.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые с помощью 1-м телескопа САО РАН была продемонстрирована возможность высокоточных наблюдений транзитов экзопланет. Впервые было получено свидетельство о существовании протяжённой оболочки вокруг планеты суперземного размера. Впервые широкополосные трансмиссионные спектры горячих юпитеров, полученные из транзитов, а не из вторичных затмений, позволили сделать оценку

температуры ночной стороны планеты. Впервые в России проверка лучевых скоростей звёзд с планетными кандидатами, открытыми сторонними фотометрическими проектами, позволила подтвердить планетную природу затмевающих объектов.

Полученные результаты имеют ценность для САО РАН, а также для ряда других научных учреждений.

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в пяти статьях диссертанта, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Представленные выводы обсуждались на семинарах САО РАН и докладывались на нескольких российских и международных конференциях. Соискатель внёс равный вклад в написание статей и обсуждение результатов.

Семинар пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-исследовательской работой, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присвоения ему степени кандидата физ.-мат. наук. Заключение принято на заседании общего астрофизического семинара САО РАН 26 апреля 2018 года.

**Председатель:**

Спасибо! Так. Отзывов на автореферат не поступало?

**Секретарь:**

Отзывов не поступало.

**Председатель:**

Тогда переходим к отзыву ведущей организации.

**Секретарь:**

*Отзыв ведущей организации.*

**Председатель:**

Спасибо! Будут у вас ответы?

**Гадельшин Д.Р.:**

Я хотел бы поблагодарить свою ведущую организацию ИНАСАН за положительный отзыв. С критикой я согласен. Комментариев у меня по этому поводу нет.

**Председатель:**

Так, коллеги, переходим к отзывам официальных оппонентов. Оба присутствуют, заслушаем оба. Владислав Владимирович Шиманский первый.

**Шиманский В.В.:**

Отзыв официального оппонента на диссертацию Гадельшина Дамира Раеловича «Комплексное исследование свойств избранных экзопланет и кандидатов в экзопланеты». Я здесь опущу очень длинные пространные обсуждения насчёт актуальности несомненно актуальной тематики этой диссертации – это одно из самых новейших направлений астрофизики, бурно развивающихся, и, естественно, является перспективным, если это направление получит свою нишу, своё развитие в крупнейшей астрофизической обсерватории России. Работа представляемой диссертации является, по сути дела, пробным камнем в этом направлении, и, естественно, она поэтому имеет значительный уровень актуальности и научной значимости. Значит, перейду непосредственно к констатациям результатов.

*Отзыв оппонента.*

**Председатель:**

Спасибо! Пожалуйста, ответьте на замечания.

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо Владиславу Владимировичу за положительный отзыв! Я согласен с общей критикой оппонента, что методическая часть исследования доложена недостаточно подробно. Между тем я считаю, что необходимо прокомментировать следующие три пункта.

Это: ошибки в фотометрических исследованиях мы оцениваем в 5-10 минутных интервалах ряда наблюдений, состоящих из коротких, это десятки секунд, экспозиций. По совокупности отдельных измерений в коротких экспозициях рассчитывается среднее значение звёздной величины и бар ошибок как стандартная ошибка среднего.

Второе. Методика измерения лучевых скоростей по центрам тяжести линий действительно в несколько раз уступает по точности методике измерений с использованием йодной ячейки по целому ряду причин. Между тем измерения с йодной ячейкой позволяют делать лишь относительные измерения лучевых скоростей звёзд – относительно «среднего» спектра звезды в совокупности всех спектров, полученных с йодной ячейкой. Нашей же задачей было получение абсолютных лучевых скоростей звёзд за каждую ночь, чтобы использовать наши данные вместе с данными других авторов, которые также получали абсолютные значения

подобным же способом. В результате, нами были получены новые лучевые скорости, измеренные с точностями 15-25 м/сек внутри каждой наблюдательной ночи.

Оппонент абсолютно верно замечает, что по центру тяжести одной спектральной линии невозможно измерить лучевую скорость с точностью лучше 250 метров в секунду. Между тем в нашем случае мы использовали для измерений около 400 линий по нескольким спектрам за ночь. В результате у нас за одну ночь была возможность проводить до 4000 измерений лучевых скоростей звезды по разным линиям в разных спектрах. Статистически это увеличивает точность измерений более чем в 60 раз.

Точность измерений магнитного поля в 1 Гаусс у ярких звёзд солнечного типа является типичной для оптоволоконных спектрографов класса БОЕС.

И последний пункт. Как я уже сказал, определение параметров атмосфер родительских звёзд кандидатов «Кеплера» в мою задачу не входило, и в основных результатах, выносимых на защиту, не значится. Спасибо!

**Председатель:**

Спасибо! Следующий оппонент – Николай Николаевич Киселёв, Крымская астрофизическая обсерватория.

**Киселёв Н.Н.:**

Я не всё буду зачитывать, но некоторые моменты зачитаю.

*Отзыв оппонента.*

**Председатель:**

Спасибо, Николай Николаевич! Садитесь, пожалуйста! Попробуйте ответить на замечания.

**Гадельшин Д.Р.:**

Спасибо Николаю Николаевичу за положительный отзыв! Я согласен со всей критикой оппонента, но два пункта я считаю необходимым прокомментировать. О том, что не стоило выносить демонстрацию возможностей наблюдать экзопланеты на метровом телескопе в качестве нового научного результата диссертационной работы. Дело в том, что этот вывод является методическим, и в числе пунктов основных результатов, выносимых на защиту, он не значится. Однако, полагаю, что это исследование является важным, поскольку до него подобные наблюдения транзитов экзопланет в САО не проводились, а изучение возможностей

имеющегося инструментария открывает широкую дорогу для будущих исследований экзопланет в нашей обсерватории и стране.

Второй пункт связан с вопросом «фокус чего?» в контексте фразы «в котором фокус смещается...». В данном случае под словом «фокус» подразумевается «методика исследования».

И последнее: не «икс Ориона», не «икс Дракона», а хи Дракона. Спасибо!

**Председатель:**

Так. Спасибо! Ну что, переходим к обсуждению. Кто готов первый? Романюк.

**Романюк И.И.:**

Уважаемые коллеги! Хочу поделиться некоторыми размышлениями по поводу сегодняшнего выступления. Лучше всего защищаются самые что ни есть рутинные диссертации, конечно же. Вот есть лаборатория, есть руководитель – поставил задачу, да хоть лаборант выполнил. Вся методика отлажена, всё нормально, всё хорошо и всё отлично. В данном случае мы имеем совершенно новое направление, которое у нас в обсерватории, да и в России начало развиваться. Я много лет проработал в комитете по тематике, и помню, много раз возникал вопрос – а почему никто не подаёт заявок на экзопланеты? В мире их уже открыли сотнями, потом тысячами. Потому, что это очень сложно! Признаюсь, я бы тоже никогда не подал потому, что я понимаю – я как спектроскопист старый знаю, насколько сложная вещь. Ну вот, Гадельшин и Валявин решились на это дело, и вот получилась у них вот такая диссертация. Считаю, что Дамир проявил себя как исследователь с самой лучшей стороны. Методические вопросы, многие вопросы есть, конечно же, критика тут, совершенно не вспаханное поле. Считаю, что главный результат этой работы методический – мы в САО теперь знаем, что такие работы можно делать, что сам может найти свою нишу. Сейчас детали не место обсуждать, могу сказать, что не надо 3997 звёзд наблюдать, чтобы догнать Америку, но мы можем делать в своём направлении что-то на мировом уровне. Ну, маленькое замечание, которое делал Шиманский насчёт точностей магнитных полей – если там есть звезда четвёртой величины, и там было сотни спектров и сотни линий, то, конечно, формальная точность десятые доли Гаусса можно найти. Тут главное, это не проблема, точность привязки, если там квалифицированные астрономы работали, то один Гаусс вполне можно достичь точности. Заканчивая, своё это выступление, хочу сказать, что я присоединяюсь к мнению ведущей организации и оппонентов, что Дамир Раелович Гадельшин заслуживает степени кандидата физ.-мат. наук, а разного рода недочёты и ляпы в диссертации – это к руководителям. Пусть в другой раз разбирается лучше.

**Председатель:**

Афанасьев.

**Афанасьев В.Л.:**

Ну, поскольку я не удовлетворился некоторыми ответами на вопросы, у меня возникли некие устойчивые мнения об этой диссертации. Первое. Тут много звучит – актуальная тематика, этим занимаются во всём мире. Значит, я хочу сделать замечание: актуальность тематики и модность её не является основанием для оценки работы диссертационной. Есть много примеров работ, которые по существу являются чушью, но рассуждают о том, чем занимаются американцы. Несмотря на это замечание, у меня просто просьба, на дискуссии это не выставлять как аргумент. Но если говорить о собственно работе, с моей точки зрения, с точки зрения методики, диссертация очень слабая. Утверждение, что мы впервые наблюдали здесь что-то, говорит о том, что люди впервые начали заниматься фотометрией на телескопе. Это всё написано в учебниках, известно, как это делать, но ответы на простейшие вопросы, связанные с точностью измерений, почему-то не даются. Вот это большой и очень серьёзный недостаток диссертации. Из текста диссертации можно почерпнуть, что это была сделана дифференциальная фотометрия, в качестве опоры была звезда послабее. Никаких рассуждений о влиянии атмосферы. Сразу могу сказать, что плохая погода на первый взгляд не важна для наблюдений дифференциальных. Это не было в инфракрасном диапазоне, но не для ультрафиолета. И я не зря задавал вопрос, насколько значим вот этот результат. С моей точки зрения значимость его исчезающе мала, и любой рецензент в нормальном журнале на Западе камня на камне не оставит от этих утверждений. Значит, в этом смысле рекомендация и конкретно к подзащитному, и его руководителю, вообще аккуратно обходиться с точностями. Есть общепринятая практика, и не нужно изобретать здесь велосипед. Моё заключение, т.е. с методической точки зрения, диссертация очень слабая. Теперь что касается, скажем, астрофизики, которая там сделана. Общие слова, конечно, здорово и хорошо. Рекомендую, когда используются данные литературы, вы показываете графики по литературным данным, указывать первоисточник на графике, иначе это может расцениваться неоднозначно. Я посмотрел в диссертации, как это сделано, там это закопано внутри таблицы, и нигде не написана простая фраза, что мы по литературным данным, по чужим данным, сделали такую-то вещь. Из пункта, выносимого на защиту, это не следует. Это обязательно нужно делать, это недопустимо с точки зрения правил ВАК. Теперь ещё одно замечание. Значит, ну я на вопросах делал много замечаний и задавал вопросов – а почему так, а почему не так, у меня тяжёлое впечатление по пятой главе. Да, это прекрасная работа, сделанная по измерению магнитного поля, убедительная, но она никакого отношения не имеет, собственно, к диссертации. И в этом



смысле я считаю, что действительно интересные результаты диссертации, которые нужно было бы показать – не сумели показать, и диссертация очень сильно проиграла. Я напомню всем присутствующим, что диссертацию оценивают не только по отзывам, а отзывы были по существу, очень сильная критика, я, скажем, не единственный камикадзе, несмотря на хорошую фразу. Диссертацию оценивают по выступлению. Выступление подзащитного было очень неубедительным, т.е. у меня впечатление от диссертации не очень хорошие.

**Председатель:**

Мингалиев, потом Фабрика.

**Мингалиев М.Г.:**

Я хочу пару слов сказать о актуальности. Потому, что и в вопросах, которые задавались диссертанту, так и в последующем обсуждении, вокруг этого центрального направления всё крутится. Я хочу напомнить вам, что во всех трёх отзывах, которые составлены, вы слышали текст отзывов, как ведущей (организации), так и оппонентов, – очень квалифицированные люди, очень квалифицированные команды, делали эти выводы. И актуальность темы, при этом, вызывает, абсолютно, сомнения. А некоторые выражали, актуальна ли эта работа, проведённая работа? Даже говорилось, – «а стоит чуть подождать, придут чужие дяди, запустят аппарат и появятся ещё тысячи и тысячи, десятки тысяч новых кандидатов и новых экзопланет в других системах». Но работа, выполненная диссертантом, и выполненная в этой обсерватории, она даёт многое для будущих исследований. Как для отработки методики, подходов к этим исследованиям, и, в частности, уже переходя к тому, какие космические аппараты и на что заточены, они должны быть в последующих исследованиях этих планет, будущих открываемых планет. Потому, что сейчас, на существующих, мы пытаемся понять, что лучше, какие исследования проводить, чтобы получать уже физические параметры к этим исследуемым объектам. И поэтому и представленная диссертация является весьма актуальной. Я, естественно, присоединяюсь к отзывам, где именно указывают положительные моменты, даже если есть проблемы, которые они не разрешили, сомнительные утверждения, но они, тем не менее, завершают заключением, что диссертант заслуживает присвоения заслуживаемой научной степени. Я присоединяюсь к этому, и призываю наш коллектив.

**Председатель:**

Спасибо! Фабрика.

**Фабрика С.Н.:**

По поводу 4000 экзопланет – там на самом деле просто какие-то падения блеска и ещё чего-то. В реальности на этих экзопланетах будут очень мощные трансмиссионные спектры, спектры сами по себе и довольно хорошее падение блеска, поэтому примерно с пяти – несколько десятков спектров и всё такое, из пяти десять процентов будет получено с помощью Гадельшина Дамира. Что ещё более важно, это ночная сторона планеты. Это впервые было обнаружено, как с помощью научного руководителя, или Дамира, не знаю, это было впервые обнаружено – ночная сторона планеты. Почему, потому что сначала они долго думали, совещались... ужас, ужас, ужас! Ну а потом кто-то опубликовал ночную сторону планеты, но они уточнили более точно плюс-минус 30 градусов, тоже очень хорошая идея. Это, вообще говоря, первая работа была, которая была опубликована в этом месте – ночная сторона планеты, фантастика какая-то! Ну и, конечно же, хотелось бы сказать, что, как сказал мне вчера или позавчера Дамир, у нас будет микролинзирование, представляете! Будет микролинзирование на автоматических роботизированных телескопах. Будет микролинзирование, когда будет одна планета, одна звезда и ещё несколько планет, а там сзади, представляете, будет микролинзирование, это тоже было бы очень классная идея, просто замечательная идея. Ну может быть в следующем году будут роботизированные телескопы, появятся как Мастер, так и всё остальное. Так что я вполне поддерживаю вот эту работу и будет всё очень хорошо.

**Председатель:**

Спасибо! Панчук.

**Панчук В.Е.:**

Я своё выступление подготовил в виде рукописи. Это означает, что я своё мнение высказываю, не полемизируя здесь ни с кем, а просто прочитал текст диссертации, и сразу скажу, что у меня оценка слабоположительная. Но я для того, чтобы не затруднять составление фонограммы, расшифровки, я текст отдаю. Поэтому я, если можно, его прочитаю.

Представленная диссертация является комплексным исследованием, содержащим элементы фотометрических и спектроскопических наблюдений, а также упоминания о разработке собственных алгоритмов моделирования. Особое внимание уделено описанию исследований других авторов, что позволяет оценить элементы новизны рассматриваемой работы. В работе выполнены все основные требования, предъявляемые к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Для обеспечения наблюдательной части работы программным комитетом выделялось время на ОЗСП БТА. Для наблюдений на НЭС БТА выделялось техническое время и резерв

директора. Для выполнения спектроскопических наблюдений привлекались спектроскописты подразделений САО.

У нас имеются некоторые замечания, которые считаем необходимым изложить, в дополнение к замечаниям, отмеченным в отзывах уважаемых оппонентов и ведущей организации.

Блок наших замечаний по тексту автореферата:

В разделе автореферата «Научная новизна» понятие новизна впервые дифференцируется на новизну для мировой науки, всероссийскую новизну и новизну в рамках САО РАН.

В разделе автореферата «Практическая значимость» вывод о пригодности телескопов метрового класса следует редактировать – регистрируются не планеты, а соответствующие фотометрические эффекты. Телескопы метрового класса, не оснащённые редукторами светосилы, малопригодны для фотометрии ярких звёзд, из-за отсутствия в небольшом поле зрения звёзд, сравнимых фотометрически с исследуемой звездой.

Вывод «о большом потенциале использования российских спектрометров» нуждается в уточнении, согласно статье Валявин и другие, всего 16 авторов, *Астрофизический бюллетень* 2014 года, том 69, номер 2, где читаем: «Отсутствие у российских обсерваторий аналогичных инструментов автоматически определило их отставание по целому ряду направлений исследований в последние двадцать лет». Мы тоже считаем, что единственный использованный в диссертации российский спектрограф НЭС, работающий на БГА с 1998 года, не удовлетворяет большинству требований экзопланетных задач.

В разделе автореферата «Положения, выносимые на защиту» факт существования оболочки у объекта HD 219134 b не считаю доказанным, так как не проанализированы различия в коэффициентах потемнения к краю диска звезды, на длинах волн, различающихся на порядок.

В разделе автореферата «Апробация результатов» содержатся упоминания о двух конференциях конец сентября и начало октября этого года, состоявшихся после рассылки автореферата 3 сентября. Это хоть и иллюстрирует уверенность в положительной апробации, в официальных документах представляется нежелательным.

В разделе автореферата «Публикации по теме диссертации» работа шесть не имеет отношения к теме исследования, об экзопланетах в тексте заметки не упоминается.

Пункты раздела «Личный вклад автора» допускают неоднозначную трактовку. При значительном числе соавторов, от 5 до 17, среднее 13, по 6 публикациям, необходимо конкретнее обозначать личный вклад соискателя.

Список публикаций в диссертации не оформлен в соответствии со стандартом, требуемым ВАК. Нумерация ссылок свободная, и не совпадает ни с последовательностью упоминания, ни с другими критериями.

Черно-белое представление рисунков, заимствованных из чужих публикаций, заставляет обращаться к соответствующим работам.

Нижеследующие замечания по тексту работы относятся как к уровню аргументации выводов и положений, выносимых на защиту, так и к стилю изложения физико-математической работы.

Я слово «страница» не буду произносить, буду произносить номер. 5. О Солнечной системе «где, казалось, все более-менее очевидно и понятно». Не всё очевидно, например, изотопный состав остается проблемой, независимой от экзопланетных достижений.

9. Нет ссылки на лазерную гребенку. Установлена на HARPS-N.

17. «Участие в подготовке и наблюдениях на телескопах САО РАН наравне с соавторами». Неужели иностранцы и крымчане приезжали помочь наблюдать на БТА?

18. «Равный с научным руководителем вклад автора в обсуждение и создание компьютерной модели по известным параметрам». Оценка вклада не подтверждена ничем, нет соответствующей публикации.

24. «Редукция фотометрических данных проводилась стандартными методами [57]». В указанной статье пакет Python не описан.

25. «Дифференциальная апертурная фотометрия с помощью программы, написанной соавтором исследования.» Если речь по-прежнему идет о статье [57], то там 17 соавторов.

26. «Эти отклонения с большой вероятностью являются следствием влияния нестабильности земной атмосферы». А как же опорные звезды, находящиеся в поле  $7 \times 7$  угловых минут? Тут же «небольшое усиление блеска является следствием затмения планетой пятна».

33. «Нами была создана компьютерная модель на основе часто используемого в настоящее время алгоритма» [118]. В цитируемой работе рассмотрены пять аналитических приближений закона потемнения диска звезды к краю, опубликованных, начиная с середины XX века. Алгоритм тоже не описан, имеется только ссылка на код интерполяции из таблиц коэффициентов потемнения, опубликованных в шести работах разных авторов. А в автореферате читаем: «В подразделе 2.3 описывается компьютерная модель, с помощью которой мы анализируем фотометрические транзиты». Здесь несоответствие текста автореферата и текста диссертации.

36. «WASP-33b является удобной для проверки корректности применения используемой нами модели.» При этом не сказано, учитывает ли используемая модель то обстоятельство, что период пульсаций звезды типа Дельта Щита сравним с продолжительностью затмения.

38. По какому принципу построен график на рисунке 6b «с исключенными вылетающими значениями»?

39. «Отбраковав часть измерений в полосе V, мы все оставшиеся измерения усреднили для каждой полосы». Т.е. недоучёт пульсаций допускается только для одной из 7 фотометрических полос?

40. «Схожий вывод был сделан нашей группой в наблюдениях другого горячего юпитера». Две ссылки [131, 133]. Первая работа сделана без участия вашей группы.

43. «На уровне менее 10% величины радиуса трансмиссионный спектр экзопланеты является «плоским»». Когда спектр плоский, это может означать и то, что атмосфера на данном уровне фотометрической точности не обнаруживается.

44. «Открытие огромного количества небольших транзитных планет на короткопериодических орбитах». В этой работе, ссылка [138], описан симулятор населений, при помощи которого и сделаны упомянутые «открытия».

47. Речь идёт о наблюдениях в разных фильтрах на разных телескопах. В одной из работ с участием соавторов сказано «Мы считаем, что на метровом телескопе САО РАН в первую очередь надо провести ревизию качества используемых фильтров. В частности, ухудшение стабильности воспроизведения результата на уровне таком-то частично связано с наличием вторичных отражений из-за деградации их просветляющих покрытий».

49. Рисунок 9. Наличие V-образного минимума и асимметрия в полосе U и отсутствие минимума в полосе B не аргументированы анализом статистики. Это же замечание относится и к интерпретации различий на рисунке 10, объясняемых «вероятным наличием у планеты протяженной оболочки, геометрия которой переменна во времени», страница 53.

54. «Горячих нептун и юпитеров, у которых миллиарды лет сохраняется атмосфера». Сильное утверждение, если учесть, что часть звёзд-хозяек не живёт миллиарды лет.

56. «Метод лучевых скоростей», ссылка [71]. Ошибочная ссылка.

59. Ссылка на НЭС [76] не верна и состав авторов указан неверно.

60. Точность лучевых скоростей на НЭС зависит от яркости – это когда все остальные ошибки исключены.

60. «Максимальное разрешение достигается с помощью трёхступенчатого резателя». С помощью резателя повышается световая эффективность.

60. «Одновременно покрывает весь видимый спектральный диапазон». Это не так.

60. «Обеспечивает требуемую точность измерения лучевых скоростей звёзд [81] для решения поставленной в этой работе задачи». Ошибочная ссылка на публикацию по йодной ячейке, с которой достигнута точность 15 м/с, на порядок превышающая точность, полученную в 4-й главе диссертации.

62. «Индивидуальные оценки абсолютных лучевых скоростей кандидатов за каждую ночь». Новый термин.

62. «Из-за нестабильности спектрографа в течение наблюдательной ночи». Мы за 20 лет не нашли нестабильности спектрографа, проявляющейся в течение ночи.

62. «С использованием поправок, привязанных к позиционным положениям теллурических линий», «это естественным образом внесло дополнительную статистическую ошибку в индивидуальные измерения, которые в исправленном виде приведены в таблице 5».

62. «Поэтому отсутствие регистрации переменности лучевых скоростей на уровне представленных точностей их измерения позволяет сделать положительное заключение в пользу планетной природы кандидатов».

65. «Разброс составляет не более 400 м/с». «Вероятнее всего, разброс лучевых скоростей указывает на долгопериодический тренд, т.е. в системе может присутствовать дополнительное тело, или несколько тел, на широких орбитах».

69. Как достигнута точность определения ускорения силы тяжести на поверхности звезды 0.003 в логарифмической шкале?

72. «Мы провели мониторинговые спектрополяриметрические наблюдения», дальше «в течение почти 2 лет наших наблюдений». Когда вы берёте цитаты из общих статей, «мы» не пишете.

79. Определён период 23.39. Но на рисунке 13 в спектре мощности рядом есть более высокий пик.

83. Истинная периодичность в остаточных лучевых скоростях не обнаружена, но предлагается набор вероятных периодов.

84. Выбрано несколько одиночных линий с малыми факторами Ланде. При поле в 10 Гс магниточувствительность линий не является принципиальным фактором. Чтобы измерить  $v \sin i$  3 км/с, спектрального разрешения 60000 недостаточно.

85. Наши данные не могут исключить существование массивной планеты». В тексте диссертации мы не нашли указаний на точность измерения лучевых скоростей на спектрографе BOES.

86. Как два периода, 1.6 дня и 65 суток, могут вызываться третьим телом?

В тексте диссертации и в списке литературы отсутствуют упоминания об ОЗСП БГА, на котором соискателю программным комитетом выделялось время и проводились наблюдения в течение пяти полугодий.

Ссылки на публикации в журналах, выходящих на русском языке, необходимо приводить в русскоязычном варианте.

Причины достаточно скромных результатов диссертации, по нашему мнению, следующие. Исследования звёзд с экзопланетами являются предельными фотометрическими и спектроскопическими наблюдательными задачами, требующими высокой квалификации.

Моделирование транзитных эффектов также требует серьезных усилий и разносторонней подготовки. Усилия соискателя были расплывены между фотометрическими наблюдениями, спектроскопическими наблюдениями, и интерпретацией с элементами численного моделирования. Таким образом, комплексность исследования, выполняемого в ограниченные сроки, исключила детальный анализ методики, подробное описание и убедительную аргументированность выводов.

Считаю, что квалификационные требования, предъявляемые к диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук, в целом выполнены, и соискателю Гадельшину Дамиру Раеловичу может быть присуждена искомая степень.

**Председатель:**

Рзаев.

**Рзаев А.:**

Я когда сталкивался с ними, тоже наблюдал эти экзопланеты, в Шемахе я заказывал эти спектры. Пока они наблюдали мне, статья уже была опубликована. Скажу, что по моим измерениям, оценка была где-то 50 м/с, но когда это значение сравнивалось с ними, у нас получалась разница в два раза – их оценка где-то 20-25 м/с. Я считаю, что величины, которые мы получали, очень близки друг к другу. На разных телескопах величина измерения одинакова, а ошибки измерения кто-то даёт 20, кто-то даёт 100. На сколько это влияет на результат? Я думаю, что это не влияет. Это очень сложная проблема: чтобы получать достоверные результаты, надо наблюдать в течение периода обращения экзопланеты. Такие постоянные наблюдения невозможно поставить, даже в Шемахинской обсерватории.

Автор сам поставил задачи, объяснял, как надо наблюдать. Я считаю, что им было выполнено определённое задание, показал возможности в этой обсерватории. Он заслуживает получения звания.

**Председатель:**

Спасибо! Афанасьев, коротко.

**Афанасьев В.Л.:**

У нас наблюдающая обсерватория. К сведению руководителей. Не нужно готовить работы по принципу «тема актуальная, вы всё съедите». Это не достойный подход.

**Председатель:**

Спасибо. Так, ну что, наверное, все высказались? Общие впечатления есть. Совет готов. Тема очень сложная. Дамир Раелович выступил катализатором очень серьёзных вопросов, которые в САО существовали и будут существовать всегда. Как актуальность и направление. Скоро там порядка 10 тысяч звёзд, а может и сотни тысяч с планетными системами будут известны, и что же нам делать? Конечно, руководители этого направления должны определиться, что они хотят в этом море информации получить. Тысячи астрономов во всём мире, и что, нам ещё добавлять тысячную долю процентов? Нет, конечно. Нужно смотреть, что доступно возможностям БГА, что нашим инструментальным возможностям доступно, и выбрать некую изюминку. Это очень тяжёлый вопрос. Второй очень серьёзный вопрос, который затронут, это какое-то игнорирование наблюдательной деятельности, в целом ряде диссертаций игнорирование уже имеющейся математики, методологии, то, что сделано во всём мире. Вот, читая эту диссертацию, можно подумать, что это писал филолог, ведь мы же говорим о точностях с тысячные доли звёздной величины. Серьёзный подход к математике не придуманный, надо по крайней мере показать, что ты этим владеешь. Моделирование прохождения планет с оболочками, с кольцами Сатурна – тема исключительно сложная, здесь работают сотни людей, причём серьёзных людей с очень большим объёмом информации и знаниями. Поэтому тема тяжёлая. И, конечно же, ощущается то, что отмечалось, что последний абзац о хи Дракона, которую в САО не наблюдали, это как бы пришито к этой диссертации непонятно зачем с этим корейским телескопом.

Но, с другой стороны, то, что выносится на защиту, поскольку дело новое для нас, и на него, как и на всякое новое дело, смотрят более внимательно, чем на рутинные работы. Напомню, что у нас проходили диссертации, когда наши сотрудники, уже теперь когда-то, ну стандартные вещи фотометрировал, там таблицу руководитель им показал, какие галактики там, звёзды включить, и без всякого совершить ритуал. Дело новое, оно вызывает более пристальное внимание, более серьёзное, куда мы идём, чем мы занимаемся. Ведь для того, чтобы, скажем, по лучевым скоростям сейчас, сотни или там даже десятки метров в секунду – это не та точность. Надо выходить на точность в сто раз выше! И мир к этому идёт. И фотометрия, нужно выходить на ещё в сто раз более высокие точности. Тем не менее то, что вынесено здесь на защиту, я считаю вполне серьёзными результатами. Они показывают, что наш молодой коллега начинает владеть кое-чем в этой сфере, и в принципе можно надеяться, что он будет у нас одним из ведущих и ключевых специалистов, если будет упорно и настойчиво работать, и особенно учтёт те замечания, которые были высказаны нашими коллегами во время представления этой работы. В целом же я работу оцениваю положительно, считаю, я считаю, что мы можем голосовать за присуждение искомой степени.



Есть ещё желающие коллеги высказаться? Нет, да? Давайте комиссию. Вот значит комиссия из трёх человек. Романюк. А извините, я так разволновался, что и забыл. Последнее слово, пожалуйста!

**Гадельшин Д.Р.:**

Всем спасибо за замечания! Я буду учитывать в дальнейшей своей работе эти замечания. Я хочу поблагодарить своих коллег, своего научного руководителя, Валявина Геннадия Геннадьевича за ту поддержку, которая в течение этих лет мне была оказана, за подготовку к диссертации! Была проведена большая работа. Хочу поблагодарить своих друзей-коллег за сильную поддержку! Спасибо вам!

**Председатель:**

Так, ну чтож, теперь комиссия. Романюк, Мингалиев и Решетников. Нет возражений, коллеги? Кто за, прошу проголосовать. Кто против, кто воздержался. Один человек воздержался.

*(проводится процедура тайного голосования)*

**Председатель:**

Члены совета, прошу садиться! Слово предоставляется председателю счётной комиссии Романюку Иосифу Ивановичу.

**Романюк И.И.:**

Протокол номер 112. Заседание счётной комиссии, избранной диссертационным советом Д 002.203.01 от 19 октября. Состав избранной комиссии: Романюк, Мингалиев, Решетников. Комиссия избрана для подсчёта голосов при тайном голосовании по диссертации Гадельшина Дамира Раеловича на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Состав диссертационного совета утверждён в количестве 19 человек. Присутствовало на заседании 17 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 16. Роздано бюллетеней 17, осталось не розданных 2. Оказалось в урне бюллетеней 17.

Результаты голосования о присуждении учёной степени Гадельшину: за – 13, против – 2, недействительных – 2. Подписи.

**Председатель:**

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

*(члены совета обсуждают проект заключения)*

**Председатель:**

Коллеги! Есть ещё замечания? Нет? Тогда прошу проголосовать за поправки, которые были приняты. Спасибо всем за работу.

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 19 октября 2018 года № 112

О присуждении Гадельшину Дамиру Раеловичу, Российская Федерация, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Комплексное исследование свойств избранных экзопланет и кандидатов в экзопланеты» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звёздная астрономия» принята к защите 13 августа 2018 года, протокол № 110, диссертационным советом Д 002.203.01, 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, Гадельшин Дамир Раелович, 1985 года рождения, в 2012 году окончил Факультет астрофизики и радиоастрономии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пушинский государственный естественно-научный институт», с 28.08.2013 года по 31.08.2017 года проходил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, на данный момент работает в должности стажёра-исследователя в лаборатории исследований звёздного магнетизма Специальной астрофизической обсерватории РАН.

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

**Научный руководитель** – Валявин Геннадий Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории исследований звёздного магнетизма САО РАН.

## **Официальные оппоненты:**

1. Шиманский Владислав Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии Казанского (Приволжского) федерального университета;
2. Киселёв Николай Николаевич, доктор физико-математических наук, заведующий Отделом физики Солнца и Солнечной системы Крымской астрофизической обсерватории РАН;  
дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт астрономии Российской академии наук, г. Москва, в своём положительном заключении, подготовленном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Кайгородовым П.В., заверенном учёным секретарём, кандидатом физико-математических наук Фатеевой А.М., и утверждённом доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, профессором Бисикало Д.В., указала, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а её автор Д.Р. Гадельшин заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации (общим объемом 37 страниц), напечатанных в рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- 1) Valyavin, G. G., Gadelshin, D. R., Valeev, A. F., Burlakova, T. E. et al. «Exoplanet studies. Photometric analysis of the transmission spectra of selected exoplanets» // 2018, Astrophysical Bulletin, vol. 73, iss. 2, pp. 225-234
- 2) Lee, B.-C, Gadelshin, D. R., Han, I., Kang, D.-I. et al. «Magnetic field and radial velocities of the star Chi Draconis A» // 2018, MNRAS Letters, vol. 473, iss. 1, pp. 41-45
- 3) Gadelshin, D. R., Valyavin, G. G., Yushkin, M. V., Semenko, E. A. et al. «Exoplanet studies. Spectral confirmation of photometric exoplanet candidates discovered by the «Kepler» mission» // 2017, Astrophysical Bulletin, vol. 72, iss. 3, pp. 330-336
- 4) Valeev, A. F., Antonyuk, K. A., Pit, N. V., ..., Gadelshin, D. R et al. «Detection of regular low-amplitude photometric variability of the magnetic dwarf WD0009+501...» // 2015, Astrophysical Bulletin, vol. 70, iss. 3, pp. 318-327

5) Valyavin, G. G., Valeev, A. F., Gadelshin, D. R., Moskvitin, A. S. et al. «First detection of exoplanet transits with the SAO RAS 1-m telescope» // 2015, Astrophysical Bulletin, vol. 70, iss. 3, pp. 315-317

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:**

1) Для горячих юпитеров WASP-33b, WASP-43b и WASP-104b построены широкополосные трансмиссионные спектры (зависимости эффективных радиусов планет от длины волны). С точностью около 5% от значения радиуса трансмиссионный спектр планеты WASP-33b в диапазоне от 0.35 до 1.2 мкм является «плоским». Получены свидетельства того, что широкополосный спектр WASP-43b от голубого до инфракрасного диапазонов, вплоть до длины волны 4.5 мкм, также является «плоским». Из анализа глубин транзитов, а не вторичных затмений была определена ночная температура этой планеты, составившая  $T = 930$  К. Для WASP-104b дана уточнённая оценка её радиуса в видимом диапазоне.

2) Был независимо подтверждён факт существования транзитной планеты HD 219134 b. Глубина транзита в полосе U оказалась в среднем почти в 4 раза больше, чем по наблюдениям в инфракрасной полосе 4.5 мкм других авторов. Различие свидетельствует о существовании непрозрачной или частично прозрачной для ближней ультрафиолетовой области оболочки вокруг планеты.

3) Четыре транзитных кандидата в экзопланеты, обнаруженные телескопом «Кеплер» являются планетами. Эти планеты обращаются вокруг звёзд KOI-974, KOI-2687, KOI-2706. Спектры с высоким разрешением позволили также уточнить параметры родительских звёзд (радиуса, температуры и др.), что в свою очередь позволило дать оценку радиусов планет. Оказалось, что KOI-974b и KOI-2706b являются нептунами, а KOI-2687b и KOI-2687c – землеразмерными планетами.

4) Делается предположение о существовании новых кандидатов в массивные планеты в системах KOI-974 и хи Дракона.

**Теоретическая значимость диссертационной работы** обоснована тем, что впервые были обнаружены свидетельства существования гигантской пылевой или газопылевой оболочки у планеты с радиусом лишь 1.6 радиуса Земли. На основе большого массива данных

наблюдений разных авторов исследованы широкополосные трансмиссионные спектры трёх планет типа «горячий юпитер» с применением компьютерного моделирования их транзитов. Проведённый анализ позволил сделать вывод о неизменности радиусов данных планет от длин волн широкополосных фильтров, на которых проводится наблюдение, а также впервые дать оценку температуры ночной стороны планеты не по вторичным затмениям. На основе проведённого в работе анализа спектроскопических данных для родительских звёзд 4 кандидатов «Кеплера» был сделан вывод об их планетной природе.

### **Значение полученных соискателем результатов исследования для практики**

подтверждается тем, что:

- 1) Благодаря высокой точности фотометрии на наземных телескопах метрового класса России открываются широкие перспективы для регистрации непутов и более крупных планет у солнцеподобных звёзд, а также суперземель у красных карликов.
- 2) Высокая точность фотометрии делает возможным проведение высокоточных исследований уже известных экзопланет, что позволяет измерять массы планет в многокомпонентных системах и находить в них другие тела.
- 3) Обнаружение оболочки вокруг планеты типа «суперземля» ставит ряд вопросов о происхождении и эволюции планетных систем и является стимулом к расширению их исследований, в том числе с помощью наземных телескопов.
- 4) Подтверждение планетной природы кандидатов, открытых телескопом «Кеплер», свидетельствует о большом потенциале использования российских спектрометров для уточнения статуса объектов как из существующих («Corot», «Кеплер», «TESS» и др.), так и будущих массовых поисковых обзоров («Plato» и др.).

### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность опубликованных результатов обусловлена:

- использованием широко применяемой стандартной методики моделирования транзитов планет;
- использованием стандартной методики моделирования лучевых скоростей, применяемой для исследования экзопланет и двойных звёзд;
- соответствием полученных наборов параметров объектов средним значениям для изученных систем соответствующих типов;
- тем, что результаты диссертации апробированы на российских и международных конференциях и опубликованы в ведущих астрофизических журналах.

**Личный вклад** соискателя состоит в его ведущем участии в постановке и решении задач диссертационной работы, включающей подготовку и получение наблюдательных данных, обработку и анализ наблюдательного материала наравне с соавторами, участие в интерпретации результатов исследования, написание статей.

На заседании 19 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Гадельшину Дамиру Раеловичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 13, против 2, недействительных бюллетеней 2.

Председатель диссертационного  
совета, Академик РАН



Балега Ю.Ю.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

19 октября 2018 г.