

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.070.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02.02.2024 г. № 1

О присуждении Руменских Марине Сергеевне, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Оптический метод транзитных поглощений в линии метастабильного гелия для определения параметров экзопланетных атмосфер»** по специальности «1.3.6 – Оптика» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук принята к защите 22.09.2023 г., протокол № 2 диссертационным советом 24.1.070.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 15Б, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Руменских Марина Сергеевна, 1995 года рождения, в 2019 г. окончила магистратуру Новосибирского государственного университета с отличием по специальности «03.04.02 – Физика» С 2019 г. по 2023 г. очно обучалась в аспирантуре ИЛФ СО РАН, работает младшим научным сотрудником в Институте лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Отделе лазерной плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук.

**Научный руководитель** – Шайхисламов Илдар Фаритович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Отдела лазерной плазмы ИЛФ СО РАН.

**Официальные оппоненты,** давшие положительные отзывы на диссертацию:

**Шематович Валерий Иванович** - доктор физико-математических наук, (специальность 01.03.04 – Планетные исследования), заведующий Отделом исследований Солнечной системы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН).

**Снытников Валерий Николаевич** - кандидат физико-математических наук, (специальность 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы), руководитель группы аэрозольного катализа Федерального исследовательского центра «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (ИК СО РАН).

**Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), г. Москва дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв составлен заведующим сектором Динамики атмосфер, д.ф.-м.н. профессором Петросяном Аракемом Саркисовичем, подписан Лутовиновым Александром Анатольевичем - чл.-к. РАН, профессором, заместителем директора ИКИ РАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их компетентностью в области оптики, планетарных исследований, физико-химических процессов в плазме, численного моделирования явлений в атмосферах экзопланет, известностью своими достижениями в этих областях и способностью оценить научную и практическую ценность диссертации.

В своем положительном заключении ведущая организация указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты, имеющую большую научную и практическую ценность, совокупность которых можно квалифицировать, как новое научное достижение в области оптики планетарных атмосфер.

В отзывах оппонентов и ведущей организации отмечается актуальность темы диссертационной работы для оптики атмосферы экзопланет и высокий профессиональный уровень её выполнения, а также новизна, научная и

практическая значимость результатов. Автореферат в полной мере соответствует диссертации и отражает её содержание, соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.6 – Оптика» направление 16 «Оптика звездных и планетарных атмосфер».

**На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов:**

от Академика РАН, д.ф.-м.н. Бисикало Д.В. – Институт астрономии РАН (ИНАСАН), д.ф.-м.н. Обридко В.Н. – Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. А.С. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), к.ф.-м.н. Гущина М. Е. – Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН), к.ф.-м.н. Топчиевой А.П. – Институт астрономии РАН (ИНАСАН) и к.ф.-м.н. Белова С.А. – Университет Уорика (Centre for Fusion, Space & Astrophysics Physics Department University of Warwick). Отзывы содержат замечания, которые не влияют на высокий уровень оценки диссертации.

**Соискатель имеет** по теме диссертации 16 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Наиболее значительные работы:

1. Руменских М.С., Шайхисламов И.Ф. (2024) Исследование оптических свойств атмосфер горячих экзопланет численным моделированием транзитных поглощений в линии He I 10830 Å. Оптика атмосферы и океана, 37(1), 41-47. (На дату рассылки автореферата статья была принята в печать)
2. Rumenskikh M.S., Shaikhislamov I.F., Khodachenko M.L., Lammer H., Miroshnichenko I.B., Berezutsky A.G., Fossati L. (2022). Global 3D Simulation of the Upper Atmosphere of HD189733b and Absorption in Metastable He I and Ly $\alpha$  Lines. The Astrophysical Journal, 927(2), 238.
3. Rumenskikh M.S., Khodachenko M.L., Shaikhislamov I.F., Miroshnichenko, I.B., Berezutsky A. G., Shepelin A.V., Dwivedi N.K. (2023). Mysterious non-detection of He i (23S) transit absorption of GJ 436b. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 526(3), 4120-4129.

4. Fossati L., Guilluy G., Shaikhislamov I. F., Carleo I., Borsa F., Bonomo A. S., Rumenskikh M.S., Stoev H. (2022). The GAPS Programme at TNG-XXXII. The revealing non-detection of metastable He I in the atmosphere of the hot Jupiter WASP-80b. *Astronomy & Astrophysics*, 658, A136.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований показано:**

1. Транзитные поглощения в линии метастабильного гелия HeI( $2^3S$ ) 1083 нм дают количественную информацию об интенсивности ионизирующего излучения звезды и относительном содержании гелия в атмосферах планет.
2. Оптическое поглощение в центре линии HeI( $2^3S$ ) образуется не вблизи фотометрических радиусов планет, а на высотах более 0.2 радиуса, что позволяет оптически зондировать верхнюю атмосферу планеты.
3. В основном поглощение в линии метастабильного гелия сосредоточено относительно близко к планетам, в области 0.2 до 3 радиусов планеты. Однако для некоторых систем значительное поглощение образуется в области ударной волны, что позволяет использовать наблюдения для определения параметров звездного ветра.
4. Оптическая толщина верхней атмосферы горячих экзопланет в линии HeI( $2^3S$ ) обусловлена совместным действием ряда кинетических процессов - рекомбинация, столкновения с электронами и атомами, излучение и фотоионизация, каждый из которых играет важную роль в разных пространственных областях и обуславливает необходимость применения для интерпретации данных наблюдений комплексных трехмерных моделей.
5. Радиационное давление излучения звезды на атомы метастабильного гелия является важным фактором и должно учитываться при численном моделировании оптических транзитных поглощений горячих экзопланет
6. Моделирование оптических транзитных поглощений горячих экзопланет позволило оценить физико-химические параметры в окрестности следующих планетарных систем: HD189733A, HD209458, Wasp107, Wasp69, GJ3470.

**Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:**

- Впервые проведен комплексный анализ факторов и процессов, влияющих на населенность метастабильного уровня гелия в условиях атмосфер горячих экзопланет;
- Впервые выявлены физические параметры и процессы, которые наиболее сильно влияют на транзитное поглощение в линии метастабильного гелия;
- Впервые показано, что для адекватной интерпретации оптического поглощения в линии HeI( $2^3S$ ) необходимо учитывать эффект ускорения атомов радиационным давлением звездного излучения;
- Сделано обобщение результатов моделирования конкретных экзопланет с выводами по группе горячих экзопланет в целом;
- Получили дальнейшее развитие существующие представления о содержании отдельных химических элементов в верхней атмосфере экзопланет.

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

- Развита алгоритмы интерпретации оптических наблюдений телескопами;
- Сделана количественная оценка физико-химических параметров атмосфер ряда экзопланет, включая содержание гелия;
- Сделана количественная оценка параметров космической погоды – интенсивности ионизирующего излучения и плазменного ветра звезд. Сравнение разных звезд с Солнцем расширяет наши представления о возможных проявлениях Солнечной космической погоды.

Таким образом, в диссертации разработана научная основа для решения перспективных задач в области физики атмосфер горячих экзопланет, развития существующих моделей и физических сценариев взаимодействия атмосфер экзопланет с излучением и ветром родительских звезд. Данный задел и разработанные методы могут быть использованы для развития исследований атмосфер землеподобных планет, их эволюции и, потенциально, поиска биомаркеров.

**Оценка достоверности результатов исследования основана на сравнении с результатами других работ, комплекса использованных методов,**

зарекомендовавших себя на решении ряда задач, связанных с интерпретацией транзитных поглощений горячих экзопланет в линиях различных элементов, помимо гелия, таких, как Si III, C II, O I, Mg I, Fe II. Результаты численного моделирования, полученные с использованием трехмерного гидродинамического кода, сопоставляются с результатами наблюдений.

### **Личный вклад соискателя**

Авторский вклад М.С. Руменских заключается в разработке численного блока, в рамках трехмерного кода, по расчету популяции атомов метастабильного гелия с учетом всех кинетических процессов, блока по расчету поглощения в линии метастабильного гелия. Автором самостоятельно проведен анализ оптических, фото-химических и гидродинамических факторов и процессов, оказывающих влияние на транзитные поглощения. Им были выбраны объекты исследования, сделана постановка задач, проведены расчеты, анализ и обобщение результатов, сформированы выводы, подготовлены материалы для статей. Ряд публикаций был подготовлен автором полностью самостоятельно.

Из 21 человек, входящих в состав диссертационного совета, на защите присутствовали, очно и в удаленном интерактивном режимах, 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации. Дополнительно введенных членов на разовую защиту не было.

При проведении тайного голосования с использованием информационных технологий проголосовали: За - 20, против - нет. Диссертационный совет утвердил протокол о результатах голосования.

На заседании 02.02.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Руменских Марине Сергеевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.6. – Оптика».

Председатель диссертационного совета,  
академик РАН

Багаев Сергей Николаевич

Ученый секретарь диссертационного совета,  
д.ф.-м.н.

Прудников Олег Николаевич

2 февраля 2024 г.

