

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию

Руменских Марины Сергеевны

«Оптический метод транзитных поглощений в линии метастабильного гелия для определения параметров экзопланетных атмосфер»

по специальности 1.3.6. Оптика.

Диссертация Руменских М.С. посвящена интерпретации транзитных поглощений горячих экзопланет в линии метастабильного гелия. Основу работы составляют расчеты спектральных транзитных поглощений ряда конкретных экзопланет с использованием численной трехмерной самосогласованной глобальной гидродинамической модели, которая развивается в МЛФ СО РАН с 2013 г.. Результаты сравниваются с измерениями, полученными на крупнейших оптических телескопах мира с целью получения параметров атмосферы экзопланет и условий космической погоды различных планетарных систем с горячими экзопланетами.

Работа в этой области была начата Руменских М.С. еще в течение обучения в магистратуре НГУ, сразу с первым обнаружением поглощения в линии метастабильного гелия экзопланетой в 2018 г. Она самостоятельно разобралась с совокупностью процессов, определяющих возбуждение и девозбуждение метастабильного гелия в верхних атмосферах экзопланет. Это позволило модернизировать имеющийся газодинамический код, и включить популяцию метастабильного гелия как отдельный элемент.

Первой работой в области экзопланет у Руменских М.С. было участие в исследовании экзопланеты GJ436b, совместно с Институтом космических исследований Австрии, в котором впервые было дано количественное объяснение сильному поглощению в линии Ly α водорода, и которое завершилось публикацией в 2019 в высокорейтинговом журнале *The Astrophysical Journal*.

В ходе обучения в аспирантуре Руменских М.С. постоянно повышала свои знания в области экзопланет, особенностей спектральных наблюдений телескопами, свою квалификацию в численном моделировании, анализе результатов, подготовке материалов и написании статей. Это позволило провести при ее непосредственном и определяющем участии цикл исследований, посвященных моделированию горячих экзопланет и интерпретации данных наблюдений. Данные исследования были реализованы в рамках как госзадания, так и нескольких проектов РНФ и РФФИ.

Теоретическая значимость ее работы состоит 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, которые наиболее сильно влияют на транзитное поглощение в линии метастабильного гелия.

Практическая значимость состоит в том, что впервые показано, что для адекватной интерпретации оптического поглощения в линии метастабильного гелия необходимо учитывать эффект ускорения атомов радиационным давлением. Сделано обобщение результатов моделирования конкретных экзопланет с выводами по группе горячих экзопланет в целом. Оценено содержание гелия для ряда экзопланет, для ряда звезд

оценены интенсивность ионизирующей радиации и параметры звездного ветра. Получили дальнейшее развитие существующие представления о динамике и содержании отдельных химических элементов в верхней атмосфере и экзосфере экзопланет, характере их взаимодействия со звездным ветром. Развита алгоритмы интерпретации оптических наблюдений телескопами, разработаны методы, которые в дальнейшем могут быть применены в задаче поиска биомаркеров.

Оптические транзитные поглощения горячих экзопланет в инфракрасной линии гелия на длине волны 1083 нм, измеренные с использованием наземных телескопов, предоставили новую возможность спектрального зондирования параметров экзопланетных систем. Моделирование данных наблюдений в этой линии дали новый импульс в развитии существующих моделей и физических сценариев взаимодействия атмосфер экзопланет с излучением и ветром родительских звезд, и в скором будущем будут использованы для исследования атмосфер землеподобных планет, их эволюции и, потенциально, поиска биомаркеров. Работа Руменских М.С. по теме диссертации является систематизированным и законченным трудом, позволяющим приступить к решению этих и других задач, и в целом превосходит мировой уровень исследований в данной области.

Апробация работы подтверждена обсуждениями на семинарах Института лазерной физики СО РАН, Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Института космических исследований РАН, Института астрономии РАН, Главной астрономической обсерватории РАН. По теме диссертации Руменских М.С. опубликовала в соавторстве 13 работ, 12 из которых в журналах перечня Web of Science или Scopus и 12 в журналах, входящих в перечень ВАК.

Диссертационная работа Руменских Марины Сергеевны полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно паспорту специальности 1.3.6. Оптика и рекомендуется к защите.

И.о. директора ИЛФ СО РАН

Д. ф.-м. наук

18 июля 2022



И.Ф. Шайхисламов