

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертационной работы Руменских М.С. «Оптический метод транзитных поглощений в линии метастабильного гелия для определения параметров экзопланетных атмосфер», представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 - Оптика**

Работа М.С. Руменских посвящена интерпретации транзитных поглощений горячих экзопланет в линии метастабильного гелия. Количество обнаруженных экзопланет в последние годы интенсивно растет, и физика экзопланетных атмосфер представляется перспективной областью науки. Развитие этой науки стоит за сочетанием наблюдательных данных, полученных наземными или космическими телескопами, и численного моделирования. Настоящая работа представляет полный и согласованный анализ транзитных поглощений в линии метастабильного гелия, и ее вклад в астрофизику в целом и в экзопланетарные исследования в частности трудно переоценить.

### **Научная новизна**

Диссертация основана на трехмерной гидродинамической модели с учетом реакций водородно-гелиевой плазмафотохимии. Соответствие используемых в работе методов и подходов не вызывает сомнений. В работе представлен уникальный анализ физико-химических процессов, влияющих на заселенность метастабильного уровня гелия HeI (23S) в атмосферах горячих экзопланет. Полученные результаты моделирования позволяют оценить физико-химические параметры в разных планетарных системах. Также в работе была доказана важность учета радиационного давления звезды для более точной интерпретации транзитных поглощений в линии 1083 нм. Учет данного эффекта расширяет наше понимание особенностей динамики атомов гелия и химических процессов в атмосферах экзопланет.

### **Научная и практическая значимость**

Работа М.С. Руменских значима как для развития теоретических концепций о динамике атмосфер экзопланет, так и для практического применения. Интерпретация транзитных поглощений в линии метастабильного гелия позволяет оценить физико-химические параметры в экзопланетных системах, и процессах, в этих системах протекающих. Интерпретация транзитных поглощений горячих экзопланет представляется единственным методом для определения скоростей потери массы вещества звезд различных спектральных классов, и эти сведения могут быть использованы для долгосрочных прогнозов космической погоды в Солнечной системе. Среди

других немаловажных применений можно отметить задачи определения собственных магнитных полей экзопланет и поиска биомаркеров.

## Результаты и выводы

Анализ физико-химических процессов в атмосферах горячих экзопланет выявил ключевые факторы, влияющие на заселенность метастабильного уровня гелия HeI ( $2^3S$ ) – рекомбинация ионов гелия с электронами и электронный удар атомов гелия HeI( $1^1S$ ) горячими электронами звездного ветра. Были проанализированы особенности структуры поглощающего слоя атмосферы и сделан вывод о возможностях определения параметров систем, предоставляемых гелиевой линией 1083 нм. Моделирование транзитных поглощений в линии 1083 нм в атмосферах разных экзопланет позволило оценить физико-химические параметры различных звездных систем, и подтвердило важность учета радиационного давления звезды на атомы гелия в метастабильном состоянии. Было доказано, что учет силы радиационного давления излучения и соответствующий расчет ускорения являются необходимыми для корректной интерпретации транзитных поглощений в линии 1083 нм в атмосферах планет.

Общим для всей работы недостатком, имеющий множественные проявления в тексте работы, является небрежность исполнения и невнимание к деталям, которые в настоящей работе не возымели критических последствий лишь по случайному стечению обстоятельств. Среди проявлений – опечатки, отсутствие некоторых знаков пунктуации, недостаток единообразия в представлении списка статей, обозначений и терминов. В многочисленных формулах полностью отсутствуют обозначения, что затрудняет чтение.

Имело бы смысл как-то подумать, может ли развитая методика быть использована или протестирована в солнечной планетной системе, в частности при прохождении Венеры по диску Солнца.

## Заключение

Несмотря на перечисленные недостатки, диссертация Руменских М.С. представляет значимый научный вклад в понимание атмосфер горячих экзопланет и методов их анализа. Ее результаты могут быть полезны как для научных исследований, так и для практического применения в различных областях астрофизики и космической науки.

Главный научный сотрудник

Профессор В.Н. Обридко.

