

# ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на Дарью Николаевну Косенко

и её диссертационную работу на тему:

## «Молекулы HD в холодной диффузной фазе межзвёздной среды»

Я знаю Косенко Дарью Николаевну с 2015 года, когда она, будучи студентом третьего курса в Санкт-Петербургском Политехническом Университете (СПбПУ), слушала мой курс “Спектроскопия атомов и молекул” и начала проходить научную работу в секторе теоретической астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе. В 2019 году она успешно защитила магистерскую работу под моим руководством в СПбПУ и поступила в аспирантуру ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Диссертационная работа Дарьи посвящена изучению молекулы HD в межзвёздной среде галактик как в локальной Вселенной, так и космологически удалённых, существовавших около 10-12 млрд. лет назад. Эта задача является чрезвычайно актуальной. Действительно, выполненные до этой работы измерения показывали, что относительное содержание молекул HD/H<sub>2</sub> в межзвёздной среде нашей Галактики систематически ниже, чем в галактиках ранней Вселенной, которые изучаются посредством абсорбционных спектров квазаров.

Изначально перед Дарьей была поставлена задача о проведении дополнительных измерений относительного содержания HD/H<sub>2</sub> на больших красных смещениях как в накопленных за последние несколько лет архивных данных, так и в новых наблюдениях, выполненных на телескопе VLT по нашим совместным заявкам. Выполненная ею работа (представленная во второй главе диссертации) подтвердила наблюдаемое отличие между данными нашей Галактики и большими красными смещениями. В процессе выполнения этой работы Дарья прекрасно освоила особенности спектроскопического анализа абсорбционных линий, включая учёт ряда “тонких” систематических эффектов определения параметров линий. Параллельно с этим Дарья вместе со мной разрабатывала теоретическую модель для описания распространённости HD в диффузной фазе межзвёздной среды, и нами совместно были получены выражения для расчёта зависимости лучевых концентраций HD от H<sub>2</sub>, что в дальнейшем легло в основу её диссертационной работы. Дарья прекрасно освоила и теоретическую работу, что позволило ей впоследствии уже полностью самостоятельно развить модель и дополнить её реакциями разрушения молекул HD и H<sub>2</sub> космическими лучами. Эти результаты вошли в четвёртую главу диссертации.

Еще две главы диссертации (третью и пятую) Дарья выполнила практически полностью самостоятельно, и мне требовалось в основном проверять выполненную ею работу. При этом в процессе выполнения работы по наблюдениям молекулы HD в Магеллановых облаках (третья глава) Дарья продемонстрировала впечатляющую целеустремлённость и работоспособность – так как ею был выполнен спектроскопический анализ около 100 (!) абсорбционных систем H<sub>2</sub>, идентифицированных в спектрах звёзд Магеллановых облаков. Это привело к около 20 новым идентификациям молекул HD, в дополнение к всего нескольким имевшимся до этого. В некоторых системах был также выполнен анализ линий

металлов и СI, используя данные телескопа HST. В целом, Дарьей был получен огромный опыт проведения спектроскопического анализа и скрупулёзной научной работы. Дополнительно, Дарьей была найдена новая абсорбционная система  $\text{H}_2$  с промежуточной скоростью в направлении на одну из звёзд Магелланова Облака (впервые для направления на Малое Магелланово Облако). Кроме того, нами совместно были найдены абсорбции молекулы CO, ассоциируемые со средой Большого Магелланового облака. Последняя глава диссертации, посвящена применению построенной модели к полученным наблюдательным данным с целью получения оценок на физические параметры межзвёздной среды, в том числе ключевого для молекулы HD – скорости ионизации межзвёздной среды космическими лучами. В процессе работы над этой главой Дарья также освоила использование известных кодов моделей межзвёздных облаков, что также является важным инструментом для научной работы. Помимо этого, Дарья также участвовала и продолжает участвовать в развитии работ, полученных в процессе диссертации: выполнена теоретическая работа, связанная с описанием распространённости молекулы OH в межзвёздной среде.

Таким образом, в процессе работы над кандидатской диссертацией, Дарьей выполнен колоссальный объём работы. Важно заметить, что этой работе явным образом виден всесторонний подход к проблеме, который охватывает как теоретическую работу о химии и излучении в межзвёздной среде, так и обработку и планирование наблюдений в различных диапазонах, с использованием методов как абсорбционной, так и эмиссионной спектроскопии. В процессе работы Дарья освоила необходимые теоретические, численные и статистические методы научного анализа, а также получила большой объём знаний в различных областях физики межзвёздной среды и космологии.

Результаты, полученные в диссертации, опубликованы в нескольких ведущих мировых астрономических журналах, и уже активно цитируются и используются российскими и зарубежными исследователями. Дарья многократно участвовала и представляла результаты на всероссийских и международных конференциях. В данный момент Дарья, участвует в нескольких наблюдательных программах и коллаборациях на крупнейших оптических телескопах.

Считаю, что Д.Н. Косенко является сформировавшимся исследователем высокой квалификации, и, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Старший научный сотрудник  
сектора теоретической астрофизики  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН  
к.ф.-м.н.,

Балашев С.А.