

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
Галазутдинова Газинура Анваровича
на тему: «Спектроскопические исследования Галактической
межзвездной среды в оптическом диапазоне»
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Межзвёздная среда является одним из интереснейших компонентов Галактики, фактически, сценой, на которой разворачиваются все ключевые события галактической эволюции. Между тем, много открытых вопросов есть не только в определении глобальных свойств МЗС, но даже в изучении её локального химического состава, который мы можем исследовать как опосредованно, анализируя излучение, прошедшее через межзвёздное вещество или сгенерированное им, так и непосредственно, анализируя межзвёздное вещество, попавшее внутрь Солнечной системы.

Одной из самых старых загадок межзвёздного вещества является происхождение диффузных межзвёздных полос. Хотя эти полосы были открыты ещё в 1922 году, порождающие их вещества до сих пор остаются неизвестными. Этот прискорбный факт означает, что о природе значительной части межзвёздного вещества (а значит и вещества Вселенной в целом) у нас есть только самые общие представления. Приближение к раскрытию природы диффузных межзвёздных полос невозможно без тщательного сбора информации о них, её систематизации и анализа. Именно решению этих проблем посвящена диссертация Г.А. Галазутдинова, что делает её тему безусловно актуальной.

Причём автор в использовании своих результатов не ограничивается исследованием исключительно диффузных межзвёздных полос, уделив значительное внимание и другим проблемам, которые можно решить при помощи исследования МЗС в оптическом (и ближнем ИК) диапазоне. Не менее актуальными представляются и исследования шкалы расстояний в Галактике, и исследования межзвёздных молекул, и изучение структуры скопления Плеяды, которое уже долгое время является проблемным объектом с точки зрения определения расстояния.

В диссертации представлен колоссальный объём информации о межзвёздных полосах и линиях поглощения, приведён её тщательный анализ, сделан целый ряд важных выводов. Особенно интересными являются заключения о вытянутости Плеяд, о возможном наличии серого поглощения, о наличии или отсутствии связи диффузных межзвёздных полос с проявлениями других компонентов межзвёздного вещества. Не менее

важными представляются и «закрытия», описанные в Главе 5, в частности, относящиеся к межзвёздным молекулам полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Их происхождение как в диффузной, так и в более плотной молекулярной среде остаётся предметом дискуссии, обусловленной наличием значительных неясностей и в теоретическом рассмотрении их эволюции, и в интерпретации наблюдательных данных. В подобных ситуациях особенно важно опираться только на обоснованную информацию.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается скрупулёзным и всесторонним анализом информации, полученной автором, рассмотрением альтернативных объяснений для полученных данных и выявленных закономерностей, учётом возможных неопределённостей. В достоверности выводов автора убеждают их систематическое сравнение с результатами других авторов, сопоставление с результатами многочисленных численных моделей, публикации в ведущих мировых научных изданиях с весьма внушительным уровнем цитирования. Новизна результатов обеспечивается использованием собственных наблюдений автора на ведущих телескопах мира и разработанных им оригинальных методик.

Диссертация хорошо структурирована, написана ясным языком, содержит значительное обобщение материала по диффузным межзвёздным полосам, что позволяет рекомендовать её в качестве методического пособия по этой тематике для студентов, аспирантов и молодых учёных. Представленные в ней идеи, методики и рекомендации могут быть полезными в работах по темам, реализуемым в ИНАСАН, ГАИШ МГУ, СПбГУ, УрФУ, ЮФУ, ИПФ РАН, ИКИ РАН и других российских и зарубежных научных организациях.

К основному недостатку диссертации я бы отнёс её недостаточную вычитанность. В тексте много опечаток, несогласований падежей, стилистических погрешностей, которые временами несколько мешают восприятию материала. Описанию диффузных межзвёздных полос в Главе 5, замечательному по своей полноте, не помешала бы большая структурированность и систематизация. Иногда создаётся впечатление, что часть главы представляет собой последовательно изложенные введения к разным статьям, что неизбежно приводит к повторам.

В тексте можно было бы чётче выделить результаты, полученные автором, возможно, как-то отдельно обозначив статьи, в которых опубликованы результаты диссертации. Когда читаешь в тексте о неких результатах, полученных, например, в работе Krelowski et al. (2021), приходится отдельно разбираться с тем, являются ли эти результаты частью диссертации или упомянуты только в контексте обзора литературы.

Неудачным представляется решение убрать все таблицы в конец диссертации. Это было бы ещё оправдано в отношении больших таблиц. Маленькие, но важные для восприятия текста таблицы вполне можно было поставить в месте их упоминания.

В тексте встречаются не вполне корректные и неудачные формулировки. Например, во Введении говорится, что основным источником свободных электронов в МЗС являются пылинки. Вряд ли они могут соперничать с газофазными компонентами, например, с углеродом. На стр. 6 написано, что межзвёздное пространство заполняет пространство между звёздами. На стр. 37 упоминаются лучевые концентрации линий, хотя у линий нет лучевых концентраций. В Главе 4 неясно, почему мелкие частицы межзвёздной пыли названы частицами Mie . В Главе 5 термин «переменность» используется и в значении переменности во времени, и в значении пространственных вариаций (причём это разъясняется далеко не сразу!), что запутывает читателя.

Некоторые важнейшие результаты диссертации выиграли бы от более детального обсуждения. Особенно это относится к результатам Главы 2. Можно было бы уточнить, до какого D наблюдается хорошая корреляция эквивалентных ширин межзвёздных линий $Ca II$ с расстоянием. Утверждение о том, что кривая вращения, полученная по наблюдениям старых рассеянных звёздных скоплений, подтверждает кеплеровскую кривую вращения Галактики, кажется слишком сильным. Скорее, она не противоречит кеплеровской кривой вращения. Важные для физики и химии МЗС определения скорости ионизации гелия космическими лучами упоминаются лишь походя. В разделе Главы 3, посвящённом молекуле C_3 , не совсем понятно, о какой диссоциации этих молекул идёт речь и какая нормировка использована для темпа диссоциации.

От более детального обсуждения выиграла бы и трактовка наблюдений, представленная в Главе 4. Например, какова могла бы быть природа крупных частиц (и их облаков), обуславливающих серое поглощение? Как они могли бы проявить себя в эмиссии? Насколько их необходимое количество вписывается в доступный бюджет тяжёлых («пылеобразующих») элементов?

В тексте утверждается, что на рис. 4.5 демонстрируется чёткая корреляция между серым поглощением и общим количеством межзвёздного вещества, измеряемым по лучевой концентрации криптона. Однако на рисунке представлена корреляция между лучевой концентрацией криптона и *полным* поглощением, представляющим собой сумму селективного и неселективного поглощения. Почему было не показать соотношение между лучевой концентрацией криптона и неселективным поглощением? Кстати, в Главе 5 интересно было бы увидеть какие-то параллели между свойствами диффузных межзвёздных полос и заподозренным неселективным поглощением. Например, может ли различие свойств диффузных межзвёздных полос в спектрах звёзд с одинаковым покраснением быть как-то связано с различным неселективным поглощением?

В Главе 5, на мой взгляд, следовало более подробно обсудить красное смещение некоторых полос. Коль скоро высказано предположение о связи этого смещения с влиянием ультрафиолетового излучения, можно было порассуждать о возможном механизме. Тем более, что дальше (на стр. 219) указано, что смещение полос в красную сторону обычно вызывается

присоединением молекул к твёрдому субстрату, что не связано с ультрафиолетовым излучением.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Г.А. Галазутдинова. Рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Газинур Анварович Галазутдинов заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
заведующий отделом физики и эволюции звезд
ФГБУН «Институт астрономии Российской академии наук»

ВИБЕ Дмитрий Зигфридович



14.11.2024

Контактные данные:

тел.: 7(916)6028241, e-mail: dwiebe@inasan.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.03.02 – астрофизика и радиоастрономия

Адрес места работы:

119917, г. Москва, ул. Пятницкая, д. 48,
Институт астрономии РАН, отдел физики и эволюции звёзд
Тел.: 7-495-9512735; e-mail: dwiebe@inasan.ru

Подпись зав. отделом физики и эволюции звезд
Института астрономии РАН Д.З. Виебе удостоверяю

Ученый секретарь ИНАСАН
14.11.2024



М.С. Мурга