

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Романовской Анны Михайловны **“Определение фундаментальных параметров магнитных химически-пекулярных звёзд методами спектроскопии”**

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

“01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия”

Представленная к защите диссертация Романовской А.М. основывается на работах соискателя по теме изучения магнитных химически пекулярных звёзд методами оптической спектроскопии. Химически пекулярные звёзды по разным оценкам составляют 10-20% от общего числа звёзд ранних спектральных классов В и А на Главной Последовательности. Среди них объекты диссертационного исследования – магнитные Ар/Вр звёзды играют особую роль, поскольку объяснение поверхностных аномалий химического состава непосредственно связано с такими фундаментальными вопросами физики звёзд как эволюция магнитных полей и потеря углового момента, механизмы и временной масштаб диффузионных процессов в атмосферах. Прямым следствием действия механизма селективной диффузии в условиях стабилизированных магнитным полем атмосфер Ар/Вр звёзд является стратификация химических элементов, т.е. появление градиента содержания по высоте. Эти особенности атмосфер Ар/Вр звёзд непосредственным образом влияют как на профили спектральных линий, так и на наблюдаемые потоки. Моделирование спектров Ар/Вр звёзд является сложной задачей, требующей одновременного учёта аномалий химического состава, магнитного поля и вертикального профиля стратификации.

Методический подход и практические инструменты для реализации этой задачи в течении многих лет успешно развиваются научным руководителем диссертанта в широкой международной кооперации. В рассматриваемой диссертации этот подход и методы применяются для определения фундаментальных параметров и химического состава эталонной выборки Ар/Вр звёзд, а также исследования влияния стратификации элементов на точность определения фундаментальных параметров. Актуальность этой задачи обусловлена тем, что спектроскопия и спектрофотометрия являются основными методами для определения эффективной температуры и светимости слабых объектов. Благодаря быстрому росту качества и объема наблюдательных данных ближайшей перспективой является исследование популяции магнитных химически-пекулярных звёзд как в различных удалённых объемах нашей Галактики, так и за её пределами. В частности, одним из аспектов научной программы строящегося 39-м телескопа ELT станет спектроскопическое изучение химически пекулярных звёзд в Магеллановых облаках с отличной от Галактики металличностью и историей звездообразования. Методические

результаты диссертации, несомненно, могут быть использованы при детальной подготовке программ этих исследований.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованной литературы (включает 150 наименований). Приложение 1 содержит таблицы с дополнительными данными. Автореферат точно отражает содержание диссертации.

Одной из основных задач диссертации, рассмотренной в Главе 1, стало проведение спектроскопического анализа выборки из 9 химически пекулярных звёзд для которых фундаментальные параметры были предварительно известны из прямых интерферометрических наблюдений. В результате итерационного процесса, включавшего в себя пересчёт на каждой итерации модели атмосферы с учётом магнитного поля и стратификации, были определены параметры: эффективная температура и радиус программных звёзд. Также были определены и проанализированы содержания 36 химических элементов в их атмосферах. В результате сравнения точности определения параметров методами спектроскопии и интерферометрии соискателем сделан вывод о том, что использованная в диссертации методика спектроскопического анализа позволяет получить точность определения параметров, сравнимую с интерферометрической.

В Главе 2 на примере двух звёзд с известной зависимостью спектрофотометрических и спектральных параметров от фазы вращения соискателем был исследован вопрос о влиянии поверхностных неоднородностей химического состава на наблюдаемое спектральное распределение энергии. Показано, что переменность потока, вызванная поверхностными неоднородностями соответствует изменениям эффективной температуры не превосходящим по амплитуде 100К. Такая величина является характерной ошибкой определения температуры спектроскопическим методом и поэтому позволяет использовать фиксированное значение температуры при исследовании магнитных звёзд. Изменения ускорения силы тяжести на поверхности и химического состава практически не влияют на переменность наблюдаемого потока. Для звезды 78 Vir обнаружена корреляция содержаний Fe, Cr и Ca, а также профиля стратификации с величиной продольного магнитного поля.

В Главе 3 исследована зависимость содержаний редкоземельных элементов Pr, Nd, Ce и Eu, определенных по линиям двух стадий ионизации (т.н. PЗЭ-аномалия), от эффективной температуры. Для Ce и Eu это было сделано впервые на достаточно большой выборке звёзд. Полученные результаты свидетельствуют об качественно близком поведении аномалий для рассмотренных элементов, с трендом уменьшения аномалии при увеличении эффективной температуры.

После прочтения диссертация оставляет хорошее впечатление законченного научного исследования, в котором получены важные фундаментальные и методические результаты. Несомненно, эти результаты будут широко

востребованы в сообществе, занимающимся исследованием химически пекулярных звёзд. Так, на одну из работ по теме диссертации (Romanovskaya et al., MNRAS, 488, 2343, 2019) в базе данных ADS содержится уже 10 ссылок, другие статьи также цитируются:

По научному содержанию диссертации у меня практически нет замечаний. В качестве пожеланий можно отметить следующее:

1) При нанесении звёзд на диаграмму Герцшпрунга-Рессела стоит использовать более актуальные эволюционные треки, например из сетки PARSEC (Bressan et al., 2012). Также полезно наносить на диаграмму соответствующие модельные изохроны и обсуждать эволюционные эффекты с привязкой к абсолютному возрасту.

2) В подразделе 2.2.1 описывается интересный эффект влияния содержания кремния на ультрафиолетовые потоки Ar звёзды HD120198 и отмечается, что УФ-потоки могут служить инструментом для диагностики содержания кремния в атмосферах Ar звёзд. Развивая эту идею было бы полезно проверить влияние межзвёздной экстинкции на наблюдаемый эффект, поскольку рядом находится диффузная особенность 2175Å на кривой экстинкции, которая может влиять на оценку потоков с длинноволновой стороны от границы фотоионизации кремния. Это не играет роли в случае HD120198 и других близких объектов, но может иметь некоторое значение при спектрофотометрическом анализе далеких Ar звёзд с большим покраснением.

При написании текста диссертации перед соискателем стояла довольно непростая задача компиляции и ясного представления большого и неоднородного объема наблюдательных и литературных данных по исследованным звёздам. Не всегда это удавалось в должной мере. А именно,

3) Описание использованного наблюдательного материала в Главах 1 и 3 дано в довольно разрозненном и усечённом виде. Отсутствует сводный лог спектральных наблюдений, характеризующий условия получения спектров и качество материала (оценки S/N). Практически ничего не говорится об обработке спектров высокого разрешения, приводятся только ссылки на сторонние работы в которых этот материал был впервые описан.

4) В Главе 1 использованные значения расстояний и оценки межзвёздного покраснения для программных звёзд не фигурируют в сводной Табл.1.6, а частично разбросаны по тексту, частично приведены в Табл.1.5.

5) В Главе 1 все таблицы оказались на отдельных страницах в самом её конце, хотя отсылки к ним идут с самого начала. Это в определённой мере затрудняло чтение и восприятие текста.

В целом, диссертация написана хорошим научным языком, однако местами встречаются опечатки и смысловые неточности. Например, на стр.50 говорится,

что амплитуда Бальмеровского скачка чувствительна к “атмосферному давлению ($lg g$)” очевидно имея ввиду ускорение силы тяжести на поверхности. На стр.94 встречается “угол параллакса” в контексте обсуждения дифференциальной рефракции при спектроскопических наблюдениях. Видимо, имелся ввиду всё же не годичный параллакс, а понятие параллактического угла из сферической астрономии.

Тем не менее, вышеперечисленные недостатки в основном касаются оформления диссертации и не снижают ценности полученных результатов. Достоверность выводов и положений выносимых на защиту не вызывает сомнений. Считаю, что диссертация Анны Михайловны Романовской удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 “Астрофизика и звёздная астрономия”.

Старший научный сотрудник
Лаборатории инфракрасных
методов в астрофизике
ИСЗФ СО РАН
к.ф.-м.н.

Подпись И.С. Потравнова заверяю
Ученый секретарь ИСЗФ СО РАН
к.ф.-м.н.

Адрес: 664033, Иркутск,
ул. Лермонтова, 126А, ИСЗФ СО РАН



И.С. Потравнов

03.07.2022

И.И. Салахутдинова