

“ УТВЕРЖДАЮ ”



Проректор по научной деятельности

Казанского (Приволжского)

федерального университета

проф. Нурғалиев Д.К.

“ ___ ” _____ 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертацию Моисеевой Анастасии Валерьевны
«Фундаментальные параметры выборки CP звезд
по результатам спектроскопии на 6-м телескопе»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Проблема формирования и эволюции звезд является одним из базовых направлений современной астрофизики. Она взаимосвязана с широким спектром исследований объектов разного иерархического уровня: планетных систем; релятивистских источников жесткого излучения; двойных и кратных звезд; звездных скоплений; межзвездной среды; Галактики и других галактик и т.д. На основе их результатов в настоящее время построен ряд фундаментальных астрофизических теорий и моделей: физики и эволюции звезд; строения и эволюции Галактики; химической эволюции вещества; эволюции Вселенной и др. Следует отметить стремительный прогресс в моделировании физики звезд, достигнутый за последние 20 лет и позволивший количественно описывать их внутреннюю структуру, основные параметры и химический состав, предсказывая пути предыдущей и последующей эволюции. Однако проблема формирования магнитного поля звезд пока далека от разрешения. Его природа определена для части объектов (например, для звезд RS CVn), но сохраняются трудности с количественным описанием. Для других объектов, в частности, рассматриваемых в диссертации Ap/Vp-звезд, разработаны альтернативные модели, предполагающие его появление, как при рождении звезд, так и в процессе их жизни. Очевидно, что в рамках этих моделей сильное поле по-разному влияет на эволюцию звезд и на условия в окружающей среде. Таким образом, трудности с определением природы звездного магнетизма сказываются на точности исследований звезд и других астрофизических объектов. Накопление дополнительного наблюдательного материала о Ap/Vp-звездах должно способствовать разрешению названной проблемы, что делает тематику диссертации Моисеевой А.В. несомненно актуальной и научно значимой.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка цитируемой литературы, рисунков и таблиц, трех Приложений. Общий объем диссертации составляет 196 страниц текста, включая 24 таблицы и 69 рисунков. Список литературы насчитывает 171 наименование.

Во **Введении** обосновывается актуальность выполненной работы, указаны цель и задачи диссертационной работы, сформулированы научная новизна, научная и практическая значимость работы. Перечислены основные положения, выносимые на защиту, указана структура и краткое содержание диссертации, отмечена степень апробации результатов и перечислены публикации, содержащие основные результаты работы, с указанием личного вклада автора.

Первая глава состоит из пяти разделов и является кратким обзором литературных данных о современном состоянии проблемы магнетизма в химически пекулярных звездах.

Автором описаны общие сведения о магнитных полях, основные методы регистрации и оценки магнитных полей звезд. В тексте обсуждаются наиболее распространенные теории образования магнитных полей у химически пекулярных звезд.

Во **второй главе**, включающей три раздела, приведен обзор спектрополяриметрических приборов, которые были использованы в диссертационной работе для измерений магнитных полей звезд, подробно описан Основной звездный спектрограф, при помощи которого был получен весь исследуемый спектральный материал, рассмотрена методика проведения наблюдений на данном спектрографе и обработки полученного спектрального материала.

Третья глава, состоящая из двух разделов, посвящена исследованию магнитных свойств выборки химически пекулярных звезд. На основе исследования спектрального материала, полученного для 106 CP звезд поля в 2009-2011 гг., открыта 21 новая магнитная звезда. Кроме того, для двух объектов с депрессиями континуума около 5%, а именно, HD 5601 и HD 19712 измерено эффективное продольное магнитное поле, проведено магнитное моделирование, определены фундаментальные параметры и оценено химическое содержание элементов. При исследовании 60-ти звезд в ассоциации Орион OB1 на основе анализа спектров, полученных на ОЗСП в 2013-2018 гг., открыто 9 новых магнитных звезд в дополнение к 20-ти уже известным. Для 11 звезд в ассоциации диссертанткой впервые построены фазовые кривые эффективного продольного магнитного поля и показано, что для 10 звезд поле представляет собой дипольную структуру, а для HD 36668 – более сложную. Также для этих звезд определены периоды вращения: десять из них относятся к быстрым ротаторам.

В **четвертой главе**, включающей три раздела, представлены результаты определения фундаментальных параметров для исследуемых звезд. Эффективная температура и значение $\log g$ определялись из анализа наблюдаемого и теоретического профилей линии H β ; светимость, масса и радиус – с использованием астрометрических параллаксов и известных для этих параметров эмпирических зависимостей. Кроме того, для звезд выборки измерены лучевые скорости и скорости вращения. Показано, что химически пекулярные Ap/Bp-звезды ассоциации Орион OB1 имеют более высокие значения эффективной температуры и низкие величины $\log g$ относительно значений данных параметров для нормальных звезд ассоциации. Кроме того, в диссертационной работе не выявлено систематических различий между параметрами звезд в разных подгруппах ассоциации, за исключением более низкой скорости вращения у звезд в подгруппе C.

В **Заключении** обобщены результаты диссертационной работы и высказан ряд предположений о дальнейших развитиях исследований.

В **Приложении А** подробно описан процесс обработки используемого спектрального материала. Результаты измерений магнитных полей и параметров магнитных химически пекулярных звезд поля приведены в **Приложении Б**. Значения фундаментальных параметров и скоростей вращения исследуемых звезд в ассоциации Орион OB1 даны в **Приложении В**.

По нашему мнению, диссертацию можно охарактеризовать как актуальное, хорошо подготовленное и добросовестно выполненное исследование большой выборки магнитных звезд. Необходимо отметить огромный наблюдательный материал, накопленный Лабораторией изучения звездного магнетизма и послуживший основой для проведения данной работы. Моисеевой А.В. не только выполнена комплексная обработка данного спектрального материала, но и самостоятельно проведены наблюдения на телескопе БТА САО РАН. Диссертанткой освоена методика моделирования атмосфер и спектров исследуемых объектов, с применением которой определены фундаментальные параметры; измерены магнитные поля всех звезд исследуемой выборки, из которых для 11 звезд получены кривые их фазовых изменений, а для двух – построены модели их магнитного поля. Таким образом, Моисеевой А.В. реализованы как наблюдательные, так и теоретические методики анализа излучения магнитных звезд, что характеризует ее как сложившегося специалиста в данной области. Представленные в диссертации результаты

обладают высоким уровнем новизны и значимости для дальнейшего развития исследований. В частности, важное научное значение имеет открытие 30 новых магнитных Ap/Bp-звезд, что составляет 6% от известных объектов такого типа. Кроме того, научную ценность представляют итоги комплексного анализа химически пекулярных звезд HD 5601 и HD 19712, включающие модели их магнитного поля, полные наборы параметров и химического состава атмосфер. Большую практическую значимость имеет архив обработанных спектров для 166 химически пекулярных звезд и каталог фундаментальных параметров и параметров атмосфер 106 объектов. Достоверность полученных диссертанткой результатов подтверждается их неоднократным сравнением с данными литературных источников, применением накопленного на телескопе БТА САО высококачественного наблюдательного материала и современных методов его обработки и модельного анализа, а так же использованием нескольких альтернативных подходов к измерению магнитного поля и определению характеристик изучаемых звезд. Все представленные к защите результаты прошли необходимую апробацию на 2-х общероссийских и 4-х международных конференциях, в том числе с личным участие автора. По теме диссертации опубликовано 10 статей в высокорейтинговых научных изданиях, включенных в список ВАК и в базы цитирования WoS, Scopus и РИНЦ, и 2 статьи в трудах международных конференций.

К представленному тексту диссертации можно высказать следующие замечания.

- 1) Как видно из таблиц 10-20, найденные тремя методами оценки эффективного магнитного поля B во многих случаях различаются в два и более раз. Характерно, что применение метода регрессии дает систематически более низкие значения B , чем в двух других методах. Однако диссертантка практически не обсуждает данный факт при анализе конкретных объектов в пункте 3.2.4 и не дает рекомендаций, какие значения являются наиболее корректными. Кроме того, в диссертации следовало бы представить оценки магнитного поля, полученные всеми методами для ряда стандартных магнитных звезд с разной скоростью вращения, что позволило бы независимо оценить точность проводимых измерений.
- 2) Вывод на стр. 76 о принадлежности всех 6 звезд с сильными депрессиями к Главной Последовательности (ГП) мы считаем необоснованным. Показанное на рисунке 3.6 положение звезд HD 178892 и HD 40711 на диаграмме Г-Р ясно говорит об их уходе с ГП и переходе в стадию субгигантов. Аналогичный вывод для HD 40711 вытекает и из представленной в таблице 6 оценки поверхностной силы тяжести, равной 3.4, что на 0.5 dex меньше ожидаемой для A-звезд ГП.
- 3) Мы считаем не полностью обоснованным применение эмпирических зависимостей «масса-светимость» и «масса-радиус» из работы Eker et al. (2015) при определении масс и радиусов звезд в разделе 4.2 (стр. 139). Согласно Eker et al. (2015), эти зависимости построены для звезд ГП. Однако, как явствует из Приложения В, около 30% исследованных звезд имеют $\log g < 3.7$, которые очевидно не находятся на ГП. На наш взгляд было бы методически корректно определять значения масс и радиусов на основе эволюционных треков звезд, примененных диссертантом ранее в своей работе.
- 4) Применение в диссертации программного комплекса ATLAS9 (Kurucz, 1993) для расчета моделей атмосфер химически пекулярных звезд мы считаем не совсем оправданным. Данный комплекс использует функции распределения поглощения (OPDF), заранее полученные для стандартного химического состава. Наличие сильных аномалий в содержаниях тяжелых элементов в атмосферах Ap/Bp звезд способно существенно увеличить OPDF-функцию и привести к изменениям в структуре атмосферы и профиле исследуемой в диссертации линии H_{β} . Поэтому мы считаем более корректным применение модифицированного комплекса ATLAS12, реализующего метод учета непрозрачности «Opacity sampling» и корректно учитывающего аномалии химического состава атмосферы.

Имеется ряд замечаний по оформлению диссертации:

1. В тексте следовало бы привести рисунок с наблюдаемыми спектрами звезд различных классов с отождествленными исследуемыми спектральными линиями.
2. В работе приводится оценка расстояния до ассоциации OB1 в 400 пс (стр. 78) без указания соответствующей ссылки. Кроме того, не отмечено, что расстояние до разных компонент ассоциации отличается (см., например, работу Ключковой (1985)).
3. В тексте имеются некорректные фразы, например, на стр. 31 «на поверхности звезды возникает сгущение магнитных линий»; на стр. 75 «на химические аномалии может влиять и пространственное положение звезд»; на стр. 77 «В качестве первоочередной группировки для наблюдений»; на стр. 123 «космический телескоп Европейского назначения»; на стр. 127 «Определение эффективной температуры и ускорения силы тяжести проводится при анализе профилей эквивалентных ширин спектральных линий», «создается сетка, состоящая из синтетических участков спектров», «наблюдаемый участок спектра помещается в эту сетку»; на стр. 129 «для построения синтетического спектра одной модели атмосферы».

Высказанные замечания не умаляют достоинств диссертации Моисеевой А.В. и не влияют на положения, выносимые на защиту.

Результаты работы Моисеевой А.В. могут быть использованы в САО РАН, ИНАСАН, КФУ, КраО и других российских и международных организациях, в которых занимаются проблемами формирования и эволюции магнитного поля звезд.

Автореферат в полной мере отражает содержание и структуру диссертации.

Считаем, что диссертация «**Фундаментальные параметры выборки СР звезд по результатам спектроскопии на 6-м телескопе**» является завершенным научным исследованием, которое основано на самых современных наблюдениях и передовых методах анализа и интерпретации полученных данных. Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **А.В. Моисеева заслуживает присуждения** ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия.

Отзыв подготовлен канд. физ.-мат. наук Шиманской Нелли Николаевной, обсужден и утвержден на астрофизическом семинаре кафедры астрономии и космической геодезии института Физики Казанского (Приволжского) федерального университета 25-го марта 2019 года.

Доцент кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, к.ф.-м.н.

Шиманская Н.Н.

Адрес: 420008 РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
телефон (843)-292-77-97
электронный адрес: Nelli.Shimanskaya@kpfu.ru

Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, д.ф.-м.н.

Бикмаев И.Ф.

Адрес: 420008 РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
телефон (843)-292-77-97
электронный адрес: ilfan.bikmaev@kpfu.ru