

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию
Якунина Ильи Андреевича
«Поиск и исследование магнитных Вр звезд Главной последовательности»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

Диссертационная работа И.А. Якунина посвящена исследованию магнитных полей массивных химически пекулярных звезд спектрального класса В (Вр) и включает получение новых спектральных наблюдательных данных, сбор архивных наблюдений этих звезд, проведение статистического исследования характеристик магнитных полей в этих звездах, выработку критерия поиска новых Вр звезд с магнитными полями, а также детальное исследование звездной ассоциации Орион OB1 и структуры магнитного поля звезд HD 37776, HD 35298 и HD 184927.

Актуальность темы диссертационного исследования заключается, во-первых, в необходимости комплексного исследования магнитных полей Вр звезд. Как известно, Ар и Вр звезды отличаются от обычных А и В звезд значительно увеличенным атмосферным содержанием таких химических элементов как Si, Cr, Sr, Eu и наличием сильного упорядоченного магнитного поля. Необычный химический состав, неоднородность распределения химических элементов и наличие сильного магнитного поля как правило не учитываются в обычных моделях атмосфер, что может приводить к ошибкам в определении параметров звезд. Во-вторых, пристальное внимание к статистическому исследованию характеристик магнитных полей химически пекулярных звезд является ключом к определению механизмов генерации магнитных полей в этих звездах и эволюционных процессов звездных магнитных полей. До настоящего времени не закончена дискуссия о природе наблюдаемых магнитных полей: генерация внутри звезд либо реликтовые магнитные поля протозвездных облаков. На сегодняшний день Ар- и Вр-звезды остаются практически единственным надежным источником сведений, необходимых для понимания механизмов возникновения звездных магнитных полей. Поэтому получение новых наблюдений этих звезд является крайне актуальной задачей. Следует особо отметить большой объем спектрополяриметрических наблюдений, полученных и обработанных автором непосредственно и послуживших основой настоящей работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списков рисунков и таблиц и списка цитируемой литературы. Общий объем диссертации составляет 166 страниц текста, включая 29 рисунков и 22 таблицы и список литературы из 121 наименований.

Во введении обосновывается актуальность работы, цели и задачи проводимого исследования, описывается новизна, научная и практическая ценность работы. Сформулированы положения, выносимые на защиту, приведен список работ, указан личный вклад автора и апробация результатов.

Первая глава посвящена обзору современного состояния проблемы магнетизма в химически пекулярных звездах. Обосновывается выбор объектов для исследования. В диссертационном исследовании автор рассмотрел наиболее современные подходы к изучению магнитных полей звезд.

В Главе 2 на основе собственных спектрополяриметрических наблюдений, полученных автором на 6м телескопе САО РАН, и литературных данных, представлены результаты исследования выборки магнитных Вр-звезд Главной последовательности. В результате выполнения наблюдательной программы было открыто 12 новых магнитных звезд, и еще у трех объектов магнитное поле было заподозрено. Автором составлены и проанализированы списки магнитных Ар- и Вр-звезд и показано, что возраст Вр-звезд распределен равномерно в интервале $\log t = 6.4 - 8.5$, в то время, как большинство Ар-звезд имеют возраст $\log t = 8.2 - 8.9$. Отдельно необходимо сказать о глубокой проработке критериев поиска новых магнитных звезд с экстремально сильными полями и сравнении характеристик (возраст, величина магнитного поля и др.) звезд выборки магнитных Ар- и Вр-звезд. Автором сделан вывод о том, что пекулярные В-звёзды с аномальными линиями кремния и гелия в спектрах являются наиболее перспективными объектами для наблюдений.

Третья глава посвящена исследованию химически пекулярных звезд ассоциации Орион OB1. Автором были выделены 85 химически пекулярных звёзд - кандидатов в члены этой звездной группировки. Было важно выделить надежных членов звездной группировки для уверенного определения их возраста. Несмотря на сложность данной задачи и неоднозначность выводов различных исследований о принадлежности той или иной звезды к ассоциации, автору удалось провести масштабный обзор вопроса и получить ряд важных результатов. В частности, членство всех Am звезд выборки в ассоциации Орион OB1 не было подтверждено, что вытекает также из эволюционного статуса этих маломассивных звезд. Была выявлена тенденция о концентрации магнитных звёзд преимущественно в более молодой подгруппе. Большая часть магнитных химически пекулярных звезд спектрального класса В (17 из 22) имеют аномальные линии гелия в спектре, что соответствует критериям, определенным во второй главе данного диссертационного исследования.

В четвертой главе представлены результаты детального анализа звезд HD 37776, HD 35298 и HD 184927. В спектрах этих звезд наблюдаются аномалии линий гелия. Автором не была обнаружена существенная линейная поляризация в спектре звезды HD 37776, несмотря на то, что отношение сигнал/шум полученных спектров превышает 200. Отмечено, что уровень линейной поляризации в линиях HD 37776 существенно ниже, чем уровень круговой поляризации, и существующие модели магнитного поля звезды требуют пересмотра. При исследовании звезды HD 35298 было определено, что продольный компонент B_e магнитного поля звезды меняется от -3 до $+3$ кГс с периодом вращения $P = 1.85457d.$, магнитное поле имеет конфигурацию центрального диполя с индукцией поля на полюсе $B_p = 11, 5$ кГс, а распределение химических элементов по поверхности звезды крайне неоднородно. Автором было проведено доплер-зеемановское картирование, подтвердившее его (автора) предположение о строго неравномерном распределении химических элементов по поверхности звезды HD 184927. Был уточнен период вращения звезды и определены ее физические параметры.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 работах. В работе 1 автор принимал участие в наблюдениях и обработке полученных данных, в работах 2-5 автор принимал участие в постановке задачи, наблюдениях и обработке данных, вклад автора равен вкладу соавторов, в работе 7 автор принимал участие в постановке задачи, самостоятельно выполнил наблюдения и их обработку, принимал участие в интерпретации результатов.

Научная новизна основных результатов и выводов работы заключается в следующем:

- получены спектрополяриметрические наблюдения для 98 Вр-звезд и впервые обнаружено 12 ранее неизвестных магнитных звезд; впервые получены спектры с анализатором линейной поляризации звезды HD 37776, обладающей сложной структурой магнитного поля;
- впервые проведен статистический анализ свойств магнитных полей Вр-звезд на основе составленного при участии автора диссертационного исследования каталога; сравнение выборок Вр и Ар- звезд показывает, что среднеквадратические магнитные поля массивных звезд больше, чем у Ар-звезд;
- впервые систематически проанализирован возраст Ар и Вр-звезд; показано, что возраст Ар-звезд, найденный методом моделей атмосфер, находится в интервале $\log t = 8-9$, в то время как для Вр-звезд значения возраста лежат в интервале $\log t = 6-8$;

– на основе выделенной автором выборки из 85 химически пекулярных звезд ассоциации Орион OB1 впервые найдено, что доля CP-звезд в подгруппах ассоциации уменьшается с возрастом, от 20% в самой молодой подгруппе до 10% в самой старой, впервые проведены спектрополяриметрические наблюдения всех известных пекулярных В-звезд в ассоциации.

Степень обоснованности полученных в диссертации выводов достаточная.

Положения, выносимые на защиту, проверены, достоверны, и надежны.

Научная и практическая ценность работы состоит в составлении каталога характеристик магнитных В_r-звезд, насчитывающий 125 объектов, являющемся одним из наиболее полных для указанного класса звезд; в получении и обработке более 500 спектров для 120 пекулярных В-звезд, при этом измерения магнитного поля 98 объектов выполнены впервые и обнаружено 12 новых магнитных звезд, полученный наблюдательный материал может быть использован в дальнейшем для определения лучевых скоростей и определения фундаментальных параметров звезд; проведении детального исследования звездного магнетизма в ассоциации Орион OB1. Работа была выполнена с применением передовых методик, таких как Least-Square Deconvolution и доплер-зеemanовское картирование. Результаты использованы в рамках работы международного проекта по изучению магнитных полей массивных звезд Magnetism In Massive Stars (MiMeS). Полученный в работе наблюдательный материал имеет непреходящую ценность и может быть использован другими исследователями, изучающими звездный магнетизм. Результаты диссертации могут быть использованы в CAO РАН, ГАО РАН, ИНАСАН, ГАИШ МГУ, кафедрах астрономии университетов в Санкт-Петербурге и Казани.

Достоверность выводов высокая, она подтверждается очень хорошим качеством полученного наблюдательного материала.

По диссертации могут быть сделаны некоторые замечания:

1. В работе несколько раз встречается упоминание о модели наклонного ротатора. Автор предполагает общеизвестность данного термина. Тем не менее, было бы правильным дать краткое описание сути этой модели..

2. Автором (стр.25) отмечается, что «наиболее подходящими объектами для исследования эволюции магнитного поля являются В_r-звезды в рассеянных скоплениях». И далее указывается, что «Для проведения подобной работы на БТА первой нами была выбрана звездная ассоциация OriOB1». Следует более четко провести различие между рассеянным звездным скоплением и звездной OB

ассоциацией. Хотя отмечу, что в астрономической литературе зачастую происходит смешение этих понятий.

3. Имеется ряд опечаток (например, на стр. 9 строка 4 сверху, на стр.17 вместо «известны более 50 лет» должно быть «..более 65 лет», стр.110 строка 2 снизу и т.д.).

4. В работе используется название исследуемой звездной ассоциации то на русском языке (Орион OB1), то на английском (OriOB1).

5. Подписи к некоторым рисункам должны быть более ясными. Например, в рис. 4.12 понять, что речь идет о фазе вращения, можно только из текста диссертации. В подписи к Рис. 2.2. не указано, что рисунок взят из работы Г.А. Чунтонова (2004), что следует из текста работы.

Однако все высказанные замечания носят частный и, скорее, рекомендательный характер и не снижают высокой значимости диссертационного исследования в целом.

Текст автореферата полностью соответствует содержанию текста диссертации и раскрывает ее основные положения и выводы. В публикациях И.А. Якунина (в том числе в пяти рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ) в достаточной мере отражены основные результаты диссертационного исследования.

Диссертация Якунина Ильи Андреевича «Поиск и исследование магнитных Вр звезд Главной последовательности» представляет самостоятельное, целостное научное исследование, отвечающее критериям, установленным п.7 Положения о порядке присуждения ученых степеней. Автор диссертационной работы, Якунин Илья Андреевич, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Доктор физико-математических наук,
заместитель директора Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института астрономии
Российской академии наук

М.Е. Сачков

М.Е. Сачков

Подпись М.Е.Сачкова заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
астрономии Российской академии наук

Д.А.Птицын Д.А.Птицын

