

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Павловского Сергея Евгеньевича

«Фотометрическое и спектроскопическое исследование структурных особенностей газовых оболочек некоторых Ae/Be звезд Хербига»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия.

Диссертационная работа С. Е. Павловского посвящена проблеме исследования звезд Ae/Be Хербига. Это уникальные молодые объекты в диапазоне масс $2-10 M_{\text{sun}}$, которые еще не вышли на главную последовательность (PMS-стадия). В их оптических спектрах наблюдаются эмиссионные линии, избыток в ИК и субмиллиметровой области, которые возникают благодаря различным механизмам (аккреция, наличие околозвездного диска, пыли и ветра), воздействия которых до сих пор не до конца понятны. Предполагается, что доля двойных среди звезд Ae/Be Хербига должна быть довольно высокой, так как они в основном находятся в скоплениях и ассоциациях. По современным статистическим исследованиям эта величина составляет около 56%. Также было обнаружено, что чаще всего компаньонами являются T Tauri звезды или коричневые карлики. В таких системах компоненты будут оказывать влияние друг на друга. Однако на сегодняшний момент этот вопрос изучен слабо. В отличие от своих маломассивных коллег, звезд T Tauri, звезды Ae/Be Хербига не обладают сильным крупномасштабным магнитным полем. Однако предполагается, что эти звезды являются предшественниками магнитных химически-пекулярных Ap/Vr-звезд. Их изучение позволит понять природу и эволюцию магнитного поля этих объектов. Эти особенности позволяют считать направление исследований, развитое в диссертации, **актуальным и перспективным**.

Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения, Списка литературы, который содержит 115 наименований, и Приложения. Общий объем диссертации – 109 страниц. В ней 32 рисунка и 6 таблиц.

Во **Введении** довольно подробно дана история анализа звезд Ae/Be Хербига. Особое внимание было уделено обзору об их структуре газовой оболочки, пространственной структуры пылевых аккреционных дисков, а также их взаимодействию со средой. Во **Введении** перечислены основные задачи исследования, сформулированы актуальность, новизна результатов и научно-практическая значимость работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, представлены списки опубликованных работ с указанием личного вклада и апробации результатов диссертации.

Первая и вторая главы посвящены результатам как собственных, так и литературных фотометрических и спектральных наблюдений HD 52721. На основании анализа полученных данных, было впервые доказано, что объект представляет собой тесную контактную двойную систему с орбитальным периодом около $P = 1^d 610$ и с близкими физическими параметрами компонент. Спектральные данные высокого разрешения были получены в разные фазы орбитального периода, что позволило выявить структурные особенности околозвездной среды HD 52721.

В **третьей главе** исследовалась другая более молодая звезда Ae/Be Хербига — HD 37806. Ее наблюдения проводились в течение 10 лет, в результате чего было получено большое количество спектральных данных высокого разрешения. Подобное комплексное исследование для этой звезды проводилось впервые. Анализ полученных данных позволил выявить переменность профилей разных спектральных линий и обнаружить усиления темпа аккреции из диска на звезду на временном масштабе в несколько дней.

В **Заключении** перечисляются полученные выводы и основные результаты диссертационной работы. В **Приложение** вынесена информация о полученном спектральном материале для HD 52721 и HD 37806.

Практическая ценность работы заключается в изучении физических и кинематических характеристик двух звезд Ae/Be Хербига, применяя при этом как фотометрические, так и спектральные данные высокого разрешения. Такой комплексный подход существенно увеличил объем информации, который может быть получен при

исследовании подобных объектов. Также стоит отметить длительную работу по проведению наблюдений и обработки большого количества полученного материала. Его кропотливый анализ, с использованием современных методов, позволил получить **достоверные результаты**, которые были опубликованы в рецензируемых журналах.

Замечания к диссертационной работе в основном носят характер уточнений. В тексте работы встречаются довольно много опечаток и жаргонных выражений, например, «Орбита системы *эксцентричная* ...» (стр. 11), «... с локальными *поярчениями* объекта ...» (стр. 27), «... связана с магнитной *центрифугой* ...» или «... когда механизм ускорения *центрифугой* станет ...» (стр. 81), выражения, обозначающих коротковолновую или длинноволновую область спектра: «*красная* абсорбция, *красная* часть профиля, смещение в *красную* или *фиолетовую* сторону, *голубая* компонента профиля и т.д.» (стр. 33, 42-44, 73, 75). Встречаются неудачные выражения, например, «... гипотезы б) и в) из [73] должны *будут* быть отвергнуты» (стр. 26), где *будут* лишнее; «Четко *обрисовываются* два основных широких минимума ...» (стр. 34), где слово *обрисовываются* лучше заменить на *видны*; «... профили На приобретали вид, *когда никогда* раньше не наблюдался» (стр. 63), лучше заменить на *которые* раньше не наблюдались; «... накладывающийся на самую *вершину* этой эмиссионной компоненты ...» (стр. 73), лучше сказать «... накладывающийся на ядро линии эмиссионной компоненты ...»; «... значение соответствует альвеновскому *адресу*» (стр. 88), речь идет скорее всего об альвеновском *радиусе*.

К содержанию работы можно сделать следующие замечания.

В Главе 1 иллюстративный материал оформлен не по ГОСТу и некоторые изображения низкого качества. Оформление подписей к осям графиков разные, плохо читаемые, например, на Рис. 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Отображение формул и Таблиц в тексте диссертации также не соответствует стандартам. В Главе 2 и 3 для некоторых изображений приведены неверные ссылки, например, на стр. 53 диссертант ссылается на профили эмиссионных линий Fe II, указывая Рис. 1.19, однако правильно будет Рис. 2.10, или на стр. 63 профили линии Na продемонстрированы на Рис. 3.1, а не Рис. 2.1.

Для звезды HD 52721 в обзоре нет результатов некоторых важных современных работ. Например, не указаны работы, в которых изучается кратность объекта: HD 52721 является квадрупольной системой согласно спекл-интерферометрическим наблюдениям SOAR (Tokovinin et al. 2022) и БТА (Obolentseva et al. 2021). Также отсутствуют работы с подобными, но более современными исследованиями, например, Shokry et al. 2018, в которой авторы по анализу кривой блеска звезды показали, что она полуконтактная затменно-двойная с двумя молодыми компонентами спектрального класса B2 и B2.5, или Prša et al. 2022 и Shi et al., 2022, в которых авторы по высокоточной фотометрии TESS также отнесли HD 52721 к затменно-переменной с орбитальным периодом около $P = 1^d 610$. Все эти исследования подтвердили некоторые полученные результаты данной диссертации.

При обработке спектрального материала HD 52721 в перечне этапов не указан учет электронной подложки матрицы (bias). Для спектров эшелле-спектрографа REOSC проводилась аппроксимация континуума для отдельных порядков. Однако не указано, зачем эта процедура проводилась только для отдельных порядков и как тогда она осуществлялась для остальных.

Для звезды HD 37806 в литературном обзоре было указано, что возможно у нее имеется спутник на небольшом угловом расстоянии, однако в тексте работы не приведено: как это наличие может повлиять на полученные результаты.

На Рис. 3.6, который описывает измерение величины отношения эмиссионных пиков V/R , нет пояснений о штриховой серой линии. Какой используется закон аппроксимирующей функции и почему был выбран именно он?

Перечисленные выше замечания в основном относятся к оформлению работы и не снижают ее значимость. Можно сделать вывод, что диссертация С. Е. Павловского представляет собой цельное и законченное научное исследование, которое вносит свой вклад в понимание влияния структуры околозвездных дисков и пыли на наблюдательные особенности звезд Ae/Be Хербига. Был получен уникальный и не имеющий аналогов наблюдательный материал высокого качества, который может быть использован для

дальнейшего более детального исследования структурных особенностей околозвездной среды исследуемых объектов. Личный вклад автора был определяющим в данной диссертационной работе.

Полученные результаты отличаются научной новизной, они были опубликованы в рецензируемых научных журналах и представлены на всероссийских и международных конференциях. Автореферат диссертации правильно и полностью отражает ее содержание. Положения, выносимые на защиту достоверны и обоснованы. Работа имеет большую практическую ценность и ее результаты могут быть использованы в России и других странах в астрономических учреждениях, в которых изучается физика звезд.

Диссертация С. Е. Павловского «Фотометрическое и спектроскопическое исследование структурных особенностей газовых оболочек некоторых Ae/Be звезд Хербига» удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям в соответствии с установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.

Автор диссертационного исследования, Сергей Евгеньевич Павловский, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия.

Научный сотрудник лаборатории исследований звездного магнетизма, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН), 369167, Россия, Карачаево-Черкесская республика, Зеленчукский район, пос. Нижний Архыз, САО РАН,

телефон: +7 988 614 12 41
e-mail: amoiseeva@sao.ru

А. Моисеева

Моисеева Анастасия Валерьевна

25.12.2023 г.

Подпись заверяю
Ученый секретарь САО РАН
Кандидат физико-математических наук



Е. Кайсина

Кайсина Елена Ивановна

25.12.2023 г.