

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Павловского Сергея Евгеньевича

“Фотометрическое и спектроскопическое исследование структурных особенностей газовых оболочек некоторых Ae/Be звезд Хербига”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия (физико-математические науки)

На настоящий момент Ae/Be звезды Хербига считаются молодыми звездами промежуточных масс (от 2 до 10 масс Солнца) на стадии эволюции до Главной последовательности. Их околозвездные оболочки включают экваториальный аккреционный диск и область ветра на более высоких широтах. На этой стадии у звезд происходят быстрые изменения внутреннего строения. Характер взаимодействия звезды с ее оболочкой также постоянно меняется по мере эволюции объекта в сторону Главной последовательности, и значительную роль при этом играет магнитное поле. Общая картина физических явлений у Ae/Be звезд Хербига напрямую связана с процессом формирования планет вокруг этих объектов, и поэтому наши знания о ней имеют особую важность для астрофизики. Все эти процессы еще до конца не исследованы, но их особенности должны отражаться на пространственно-кинематической структуре оболочки, окружающей подобные объекты, которая доступна для исследования методами наблюдательной астрофизики. Поэтому тема данной диссертации достаточно **актуальна**.

Фотометрические и спектральные исследования Ae/Be звезд Хербига уже несколько десятилетий проводятся в лаборатории физики звезд в Пулковской обсерватории. Опыт показал, что одним из весьма эффективных методов их изучения является проведение продолжительных и плотных по времени мониторингов отдельных избранных объектов, которые позволяют выявлять и исследовать все основные физические процессы, происходящие в них на временных масштабах от часов до лет. Практика этих исследований также показала, что, несмотря на эволюционную общность, индивидуальные объекты наблюдательных программ показывают уникальный набор свойств, присущих только данному объекту. Поэтому включение в программу каждого нового объекта оказывается чрезвычайно важным.

Автор данной диссертационной работы уже более 10 лет активно участвует в исследованиях молодых звезд, проводимых в лаборатории Физики звезд ГАО РАН, и его диссертацию можно назвать одним из основных результатов этой работы.

В качестве объектов исследования в диссертации были выбраны 2 Ae/Be звезды Хербига, очень отличающиеся по своим свойствам. И у обеих наблюдались явления, не нашедшие пока объяснения.

Один объект – это B2e звезда HD52721 с кривой блеска, характерной для затменных двойных систем с периодическими фотометрическими минимумами. Однако, однозначно интерпретировать ее поведение до сих не удавалось. Прежним исследователям удалось найти период фотометрической переменности, и анализ длинного по времени майданакского ряда многоцветных измерений блеска (12 лет) не позволил обнаружить каких-либо изменений показателей цвета на разных фазах вариаций блеска. Между тем, на коротких временах наблюдений цветовой эффект выявлялся очень четко: в минимумах блеска объект становился краснее. Было сделано предположение, что при коротком фотометрическом периоде в 0.8 или 1.6 суток за 12 лет наблюдений могла накопиться ошибка вычисления фазы, при условии, что период был определен недостаточно точно. Были переобработаны все майданакские данные,

точность определения периода стала больше на порядок, и было установлено, что: а) реальный период $P = 1.6$ дня, и за один цикл объект показывает 2 минимума блеска различной глубины и б) во время каждого из двух минимумов объект, действительно, становится краснее. Была также проведена программа собственных фотометрических наблюдений на Кисловодской горной станции ГАО РАН (4000 измерений блеска в 2010 и 2013 гг.), подтвердившая особенности минимумов блеска, а также позволившая обнаружить наличие дополнительных локальных деталей на кривой блеска, для которых была предложена соответствующая интерпретация. Был сделан вывод, что HD52721 представляет собой тесную двойную систему, состоящую из 2-х звезд класса B2 с близкими параметрами и орбитальным периодом $P = 1.61$ дня. Была также проведена программа спектральных наблюдений в 2009-2010 гг. в Крымской АО и обсерватории OAN PSM в Мексике (около 100 спектров высокого разрешения). Поведение линий атмосферы полностью подтвердило гипотезу о тесной двойной системе, а особенности переменности линий оболочки с фазой периода в 1.61 дней позволили обнаружить, что в газовой оболочке около системы существует азимутальная неоднородность, сконцентрированная около менее яркого компонента и вращающаяся твердотельно вместе с орбитальным движением компонентов системы.

Вторым объектом программы была малоизученная A2e-B8e изолированная звезда Хербига HD37806. За 10 лет наблюдений было получено около 300 спектров высокого разрешения. Основные наблюдения проводились на телескопе ЗТШ-2.6м в КрАО, материал был пополнен также и данными с обсерватории OAN SPM в Мексике. Было обнаружено огромное многообразие различных типов переменности спектральных линий. Из них только 3 типа были проанализированы в данной диссертации. Это: а) трансформация профилей бальмеровских линий из типа PCyг III в двойной эмиссионный на временном масштабе месяцы и годы; б) смещение локальных деталей на голубом пике профиля H α на временном масштабе в несколько дней и в) эпизодические появления признаков сильной аккреции одновременно на профилях нескольких линий со скоростями до +300 – +400 км/с на временном масштабе, превышающем ожидаемый период вращения звезды. Для каждого обнаруженного явления была предложена своя интерпретация. На основании всех знаний, полученных для этого объекта, были перечислены свидетельства того, что звезда HD37806 окружена магнитосферой.

Все результаты, приведенные в диссертации, являются **новыми**, так как получены для этих объектов впервые. Между тем их общее число существенно больше, чем то, что было включено в диссертацию. Все они могут быть использованы в будущих исследованиях этих, а также подобных им объектов. В этом заключается их **научная и практическая значимость**.

Достоверность всех результатов и **обоснованность** сделанных в ней выводов обосновывается: а) использованием проверенных и многократно апробированных методов исследования; б) постоянными тестами и оценками точности всех полученных результатов и в) привлечение только общепризнанных теорий и моделей при интерпретации наблюдаемых явлений.

За время работы над диссертацией соискатель проявил себя как квалифицированный наблюдатель. Он **непосредственно участвовал** в спектральных наблюдениях на телескопе ЗТШ с эшелле-спектрографом и полностью проводил обработку всего спектрального материала с использованием пакетов SPE и DECH. Программа фотометрических наблюдений на Кисловодской станции была **организована и проведена** им с самого начала до самого конца. Начал он с установки и отладки 15-см телескопа на горной станции, который до этого лежал разобранный в ящиках около башни. Без всякой помощи своего руководителя, он

наладил контакты с коллективом специалистов из ГАО РАН, которые посвятили его во все тонкости методики фотометрии с широкопольной ПЗС-матрицей. Вся последовательность наблюдательных процедур, все необходимые тесты и, собственно, сами наблюдения были проведены им самостоятельно. Помимо этого, соискателю пришлось освоить работу с такими программами, как корреляционный и периодограммный анализ, построение синтетических спектров, моделирование профилей линий оболочки и многое другое. Только небольшая часть навыков, приобретенных при работе в нашей научной группе была им проиллюстрирована при подготовке данной диссертации. Им было прочитано и проработано большое количество научной литературы по теме диссертации.

За все время работы в нашей рабочей группе соискатель проявил качества, необходимые для исследователя, такие, как трудолюбие и добросовестность, способность к самостоятельной постановке задач, критическому анализу и интерпретации результатов.

По уровню и результатам проведенных им исследований С.Е.Павловский безусловно достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Главный научный сотрудник,
и.о. заведующего ЛФЗ ГАО РАН,
доктор физико-математических наук



М.А.Погодин

19 июля 2024 г.

Подпись М.А.Погодина удостоверяю:

Ученый секретарь ГАО РАН,
кандидат физико-математических наук



О.Ю.Барсунова