



**UNC
GREENSBORO**

Department of
Physics & Astronomy

College of Arts and Sciences
Department of Physics and Astronomy
321 Petty Building
PO Box 26170
Greensboro, NC 27402-6170
336.334.5844 Phone 336.334.5865 Fax
physics.uncg.edu
@UNCGphysics

ОТЗЫВ

**зарубежного научного консультанта
на диссертационную работу Куратовой Айжан Кенескеновны
на тему «Фотометрические и спектральные закономерности
горячих звезд типа FS CМа», представленную на соискание
степени доктора философии (PhD) по специальности
6D061100 – Физика и астрономия.**

Изучение звездной эволюции – одна из важнейших задач астрофизики. Исследуя группы звезд различных масс на разных стадиях эволюции позволяет изучать эволюцию галактик и, в конечном итоге, Вселенной в целом. Эволюция одиночных звезд к настоящему времени изучена достаточно хорошо, хотя отдельные ее эпизоды все еще продолжают открывать. Открытие эмиссионных линий и избыточного инфракрасного излучения в спектрах звезд различных масс и температур положило начало исследованию динамики околозвездной материи, которая может появляться как в результате эволюции одиночных звезд, так и систем, состоящих из нескольких звезд. В случае двойных и кратных звезд исследование околозвездной материи доставляет важную информацию о звездах в этих системах, свойства которых могут быть искажены поглощением и переизлучением в околозвездной среде.

Одной из таких групп звезд с большим количеством околозвездной материи являются объекты с феноменом В[e], открытыми около 45 лет назад. Этот феномен представляет собой одновременное наличие эмиссионных линий разрешенных и запрещенных переходов в атомах различных элементов (водорода, кислорода, железа, кремния и других) и сильного

инфракрасного излучения, возникающего при переизлучении звездных фотонов высших энергии, частицами околозвездной пыли.

До недавнего времени далеко не все объекты с феноменом $V[e]$ были детально изучены. Особенно это относится к группе этих объектов, названной объектами типа FS CMa. Их основными особенностями являются очень сильные эмиссионные линии прежде всего водорода, что свидетельствует о большом количестве околозвездного ионизованного газа, и специфическое распределение энергии в инфракрасном избытке, свидетельствующее о расположении околозвездных пылинок на близком расстоянии от источника излучения. Основной гипотезой, предложенной для объяснения этих особенностей, является предположение о том, что околозвездная материя возникает при переносе вещества между двумя близко расположенными друг к другу звездами в процессе эволюции.

Работа соискателя Куратовой А.К. посвящена определению природы и эволюционного статуса двух объектов типа FS CMa, HD 45677 (FS CMa – наиболее типичного представителя этой группы) и AS 78, путем исследования рядов спектральных и фотометрических наблюдений исследуемых объектов. Кроме того, частью работы является изучение фотометрических и спектральных особенностей известных членов этой группы для разработки критериев поиска новых объектов с такими свойствами.

Исследование фотометрических характеристик группы объектов типа FS CMa по данным оптических и инфракрасных обзоров неба, докторантом были разработаны несколько критериев, представляющих собой двуцветные диаграммы (диаграммы показателей цвета), на которых не только удастся выделить объекты с пылевыми оболочками, но и разделить отдельные типы звезд с пылевыми оболочками. С помощью разработанных критериев в объединенных каталогах каталогах оптической и инфракрасной фотометрии было найдено 80 кандидатов в горячие звезды с оболочками. Проведенные спектральные наблюдения позволили выявить 25 звезд с эмиссионными линиями, а также несколько холодных звезд и визуальных звездных пар, не связанных друг с другом физически без присутствия эмиссионных линий. Выявленные эмиссионные объекты предложены для дальнейшего более подробного изучения.

Соискателем Куратовой А.К. были проанализированы полученные ранее фотометрические и спектральные наблюдения, а также получены новые такие наблюдения. В результате определения фундаментальных

параметров FS CMa и AS 78 оказалось, что оба объекта находятся на достаточно продвинутой стадии эволюции и не являются все еще формирующимися звездами на стадии до Главной Последовательности, что было предположено в нескольких ранних работах по изучению свойств объекта FS CMa.

Новизна проведенного исследования заключается в том, что впервые была исследована спектральная и фотометрическая переменность двух объектов типа FS CMa за промежуток времени 20-30 лет. Были выявлены периодические изменения отношения интенсивности пиков в профилях эмиссионных водородных линий в спектре звезды HD 45677 с периодом 184 дня, а также периодические изменения положения фотосферной линии Si II 5056 Å и оптического блеска объекта AS 78 с периодом 120 дней. Открытые явления могут быть интерпретированы наличием дополнительного звездного компонента в этих системах, что подтверждает основную гипотезу о природе объектов типа FS CMa, высказанную около 15 лет назад.

Поиск кандидатов в объекты типа FS CMa, и, в том числе, наблюдения, выполненные лично соискателем, а также фотометрический и спектральный анализ исследуемых звезд показали важность более глубокого изучения горячих звезд с околосредной пылью, детали которого пока еще известны недостаточно полно для ясного понимания их эволюции.

Я считаю, что представленная работа по изучению фотометрических и спектральных закономерностей объектов типа FS CMa, а также детальное исследование двух представителей этой группы, может внести существенный вклад в развитие представлений об эволюции взаимодействующих двойных звездных систем. Результаты выполненного исследования являются надежными.

Диссертационная работа выполнена в рамках целевых программ по фундаментальным исследованиям МОН РК, финансируемого из государственного бюджета: 1. «Ф.0679 - Астрофизические исследования звездных и планетных систем», проект «Исследования потери массы и пылеобразования у горячих звезд» (2015-2017 гг.); 2. «Ф.0795 - Исследования физических процессов во внегалактических и галактических

объектах и их подсистем», проект «Исследование эволюции двойных систем промежуточных масс» (2018-2020 гг.); 3. «Г.2013 - Исследование фундаментальных проблем современной физики как основы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан», проект «Фотометрические и спектральные исследования горячих звезд» (2016 г.).

Результаты диссертационной работы были представлены на международных научных конференциях и семинарах, опубликованы в двух изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, а также две статьи в международных рецензируемых, рейтинговых журналах с высокими наукометрическими показателями, в частности, работы опубликованы в журнале «*Astrophysical Journal*» ($IF=5.58$ 2018 г., $IF=5.75$ в 2020 г.).

Куратовой А.К. выполнены все поставленные перед ней задачи, цель исследования диссертации достигнута полностью. Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет установленным требованиям, предъявляемым к работам, представляемым на соискание степени PhD, и рекомендую диссертационную работу Куратовой А.К. к публичной защите на соискание степени PhD по специальности 6D061100 – Физика и астрономия.

Зарубежный научный консультант,

Доктор физ.-мат. наук, профессор

Университет штата Северная Каролина в Гринсборо



А.С. Мирошниченко
01.05.2022