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 Хохлова Азамата Анатольевича**
**на тему «Спектральный и фотометрический анализ двойных звездных систем с околозвездными оболочками»,**
**представленную на соискание степени доктора философии (PhD)**
**по специальности**
**6D061100 – Физика и астрономия.**

Исследование эволюции звезд и звездных систем является одной из важнейших задач астрофизики. Исследуя группы звезд различных масс на разных стадиях эволюции, астрофизики получаеют возможность изучения эволюции галактик и, в конечном итоге, Вселенной в целом. Эволюция одиночных звезд к настоящему времени изучена хорошо, хотя отдельные ее эпизоды все еще являются малоизученными. Открытие эмиссионных линий и избыточного инфракрасного излучения в спектрах звезд различных масс, температур и возраста 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 околозвездным веществом в форме ионизованного газа и пылинок, состоящих из молекул с содержанием различных химических элементов.

Одной из таких групп звезд с большим количеством околозвездной материи являются объекты с феноменом B[e], открытыми около 50 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 высоких энергий частицами околозвездной пыли.

До недавнего времени только несколько объектов с феноменом B[e] были детально изучены. Особенно это относится к последней из пяти выделенных групп таких 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 избытке инфракрасного излучения, свидетельствующее о расположении околозвездных пылинок на близком расстоянии от центрального источника энергии. 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 Хохлова А.А. посвящена исследованию природы и эволюционного статуса объекта типа IRAS 07080+0605, путем исследования рядов спектральных и фотометрических наблюдений исследуемого объекта. Одной из уникальных его особенностей является наличие сильного инфракрасного избытка в распределении энергии в спектре, общая энергия которого превышает значение интегрального потока от звезды, находящейся внутри околозвездной оболочки, примерно в 10 раз. Кроме того, спектр, полученный на космическом инфракрасном телесопе Спитцера, показывает присутствие эмиссионных полос, излучаемыми углеродосодержащими молекулами, входящими в состав околозвездных пылинок. Эти свойства очень похожи на свойства широко известной планетарной туманности Красный Прямоугольник (HD 44179), тогда как основное отличие этих двух объектов заколючается в том, что вокруг IRAS 07080+0605 туманность отсутствует, хотя он находится на более близком расстоянии, чем Красный Прямоугольник.

Соискателем Хохловым А.А. были проанализированы фотометрические и спектральные наблюдения объекта. В результате определения фундаментальных параметров IRAS 07080+0605 оказалось, что объект находится на стадии эволюции, близкой к стадии планетарной туманности, и не является формирующейся звездой на стадии до Главной Последовательности, что было предположено в нескольких ранних работах по изучению свойств этого объекта. Кроме того, впервые было показано, что наблюдаемый оптический блеск объекта ослаблен околозвездной пылью

приблмзительно в 40 раз, что объясняет парадокс инфракрасного избытка, более мощного, чем все излучение центральной звезды.

Новизна проведенного исследования заключается в том, что впервые была исследована спектральная и фотометрическая переменность IRAS 07080+0605 на промежутке времени около 20 лет. Были выявлены квази-периодические изменения оптического блеска объекта с периодом 190 дней. Кроме того, были обнаружены периодические изменения положений линий поглощения в спектре IRAS 07080+0605 с периодом 24 дня. Последнее может быть интерпретировано наличием дополнительного звездного компонента малой массы в этой системе, что подтверждает основную гипотезу о природе объектов типа FS CMa, высказанную около 15 лет назад.

Я считаю, что представленная работа по детальному исследованию объекта IRAS 07080+0605 может внести существенный вклад в развитие представлений об эволюции взаимодействующих двойных звездных систем и образованию околозвездных оболочек, включая пылевые. Результаты выполненного исследования являются надежными.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ КН МНВО РК «Грантовое финансирование научных исследовании» по теме: «AP08856419 – Наблюдательные проявления аккреционных потоков в тесных двойных звездных системах и их анализ методами компьютерного моделирования» и «AP19578879 – Исследование наблюдательных проявлений звезд типа FS CMa методами компьютерного моделирования».

Результаты диссертационной работы были представлены на научных конференциях и семинарах, опубликованы в трёх изданиях, рекомендованных ККСНВО Министерства науки высшего образования МНВО РК, а также одна статья в международном рецензируемом, рейтинговом журнале с высокими наукометрическими показателями «*Astrophysical Journal*» (*IF=4.9 в 2022 г.*).

Хохловым А.А. выполнены все поставленные перед ним 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 Хохлова А.А. 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**
**14.03.2024**

