



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Instituto de Astronomía
Observatorio Astronómico
Nacional

Km. 103, Carretera
Tijuana-Ensenada, 22860
Ensenada, BC, México

T (646) 1744580
F (646) 1744607
zhar@astro.unam.mx
<http://quark.astrosen.unam.mx>

ОТЗЫВ

**Зарубежного научного консультанта
на диссертационную работу Амантаева А. Е. на тему “ Аккреционные диски в
катаклизмических переменных после пересечения минимума орбитального периода”,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности
6D061100 - Физика и Астрономия**

Достижения современной цивилизации непосредственно связаны с развитием фундаментальных наук. Роль астрофизики в спектре фундаментальных наук о Вселенной безусловно определяющая. Астрофизика дает нам не только знания о процессах и явлениях, происходящих в космическом пространстве в условиях недостижимых в земных лабораториях, но и способствует технологическому прогрессу в областях, связанных с практической деятельностью человека таких как служба времени, навигация и связь, развитие методов детектирования и обработки сигналов, компьютерное моделирование поведения сложных систем.

Звездная астрофизика, связанная с определением фундаментальных параметров звезд и их систем, дает базовое представление о Вселенной. Важнейшую роль в звездной астрофизике занимает изучение двойных звездных систем. Более 70% звезд входят в состав двойных или кратных систем. Двойные системы являются основным источником информации о фундаментальных параметрах звезд. Наиболее важным таким параметром, полностью характеризующим эволюцию звезды, является её масса. Двойные системы предоставляют возможность измерения масс их компонентов с высокой точностью. Наблюдения двойных систем различными астрофизическими методами позволяют также оценивать различные физические параметры их компонентов.

Уникальную возможность изучения двойных систем предоставляют затменные системы. Комбинация фотометрических и спектральных наблюдений затменных двойных систем позволяет получить полный набор их физических характеристик компонентов. Наблюдение затмений также накладывает сильные ограничения на ориентацию орбиты и расстояние между компонентами. Большинство затменных двойных систем относятся к парам, в которых эволюция одного из компонентов влияет на эволюцию другого. Компоненты таких пар представляют собой звезды с самыми разнообразными физическими свойствами, взаимодействие между которыми приводит к появлению эволюционных стадий, невозможных в случае изолированных звезд.

Изучение эволюции и физических параметров тесных двойных систем необходимо для проверки теории образования и эволюции звезд, дает возможность определить структуру звездных атмосфер, физику аккреционных процессов, объяснить разнообразие наблюдаемых типов двойных звезд. В аккреционных дисках, в зависимости от темпа аккреции в системе, наблюдаются самые разнообразные феномены от формирования спиральных волн плотности, ветра, вплоть до релятивистских джетов. Природа многих из них ещё не нашла своего объяснения.

Поэтому тесные двойные системы с аккреционными дисками представляют собой уникальные источники информации для определения природы физических процессов, происходящих в их аккреционных структурах.

Целью работы, представленной к рассмотрению соискателем, было исследование структуры аккреционного диска в короткопериодической катаклизмической переменной EZ Lyn, которая является надежным кандидатом в тесные двойные системы, прошедшие минимум орбитального периода, так называемые "bounce-back"-системы. Считается, что катаклизмические переменные в процессе со временем в процессе своей эволюции двигаются в сторону уменьшения их орбитальных периодов как за счет магнитного торможения, так и за счет потери момента вращения за счет излучения гравитационных волн. Возраст нашей Галактики таков что более 70% катаклизмических переменных должны уже были про эволюционировать до так называемого минимума орбитальных периодов тесных двойных систем с звездой донором все ещё находящейся на главной последовательности. В силу наступающего вырождения вещества данной звезды оптимальный период системы должен начать расти с падением темпа аккреции между компонентами системы. Последний фактор приводит к тому что хоть и количество таких систем предсказано как доминирующее, реально найдено всего порядка двух десятков кандидатов, которые на данный момент всё ещё являются плохо изученными в силу их относительной слабости блеска. Система EZ Lyn, один из таких кандидатов, и её изучению и посвящена данная диссертация.

Основной задачей на сегодняшний момент в изучении этих объектов является определение фундаментальных параметров данных систем, а также особенностей структуры их аккреционных дисков. Так же актуальным вопросом является объяснение природы двухгорбовой кривой блеска, наблюдаемых в кандидатах в bounce-back"-системы. Не менее интересным является изучение условий формирования спиральных структур в таких системах, как это было ранее предсказано на основе основы гидродинамических расчётов.

Что бы подойти к решению данных проблем и лучше понять как формируются аккреционные потоки в системах типа - bounce-back" в рамках представленной работы был проведен анализ новых фотометрических и спектральных данных системы EZ Lyn были определены её фундаментальные параметры (массы, размеры и эффективные температуры компонентов, темп переноса вещества), источники формирующие профиль Бальмеровских эмиссионных линий. Был проведен сравнительный анализ обнаруженных особенностей в характеристиках системы EZ Lyn и других кандидатов bounce-back" катаклизмические переменные.

Соискателем были освоены современные методы исследования данных систем, включающие в себя как первичную обработку наблюдений, анализ полученных временно разрешенных фотометрических и спектральных данных, применение методов Допплеровской томографии к анализу источников излучения Бальмеровских эмиссий из аккреционных потоков в новоподобных системах, а так же методика компьютерного моделирования кривых блеска затемнены систем с целью определения их фундаментальных параметров.

Новизна данной работы заключается в том, что была впервые были проанализированы обширные данные для кандидата в bounce-back" системы EZ Lyn полученные на шкале более 10 лет, в моменты, когда объект находился в состоянии покоя или близи него. Автором были определены фундаментальные параметры системы, было показано, что диск в таких системах не меняет свои размеры ни во время супервспышек, ни в состоянии покоя. Диск распространяется вплоть до радиуса, ограниченного приливным воздействием со стороны звезды донора. Важным результатом является определение комплексной структуры аккреционного диска: область формирования Бальмеровских линий охватывает весь диск, от поверхности белого карлика вплоть до внешнего края диска, при этом континуум формируется только во внешних частях

диска. Было показано наличие асимметрии в структуре аккреционного диска, получены наблюдательные подтверждения наличия спиральной структуры в диске, которая проявляет себя как в спектроскопических так и фотометрических данных.

Безусловно, результаты, полученные в диссертационной работе, способствуют лучшему пониманию физических процессов в тесных двойных системах, изучения формирования, структуры и физике аккреционных дисков в них и могут быть использованы при анализе наблюдательных проявлений в аналогичных объектах.

В процессе работы соискатель проявил себя наилучшим образом как в части редукции вновь полученных данных, так и в их полноценном анализе и интерпретации. Полученные результаты были опубликованы в X печатных работах, включая статью в высоко рейтинговом журнале *Amantayeva A. et al. Period Bouncer Cataclysmic Variable EZ Lyn in Quiescence //The Astrophysical Journal. – 2021. – Vol. 918. – №. 2. – P. 58.* где соискатель является первым автором. На момент представления диссертации имеются уже 4 цитирования полученных результатов в реферируемых журналах по направлению исследования. Диссертационная работа также выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ КН МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» по теме: «**AP08856419** - Наблюдательные проявления аккреционных потоков в тесных двойных звездных системах и их анализ методами компьютерного моделирования».


В заключении отмечу, что Амантаева А. Е. выполнила все поставленные перед ней задачи, цель диссертационной работы достигнута полностью. Диссертация оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, и я считаю, что данная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к работам, представляемым на соискание степени PhD.

Таким образом, я рекомендую диссертационную работу Амантаева А. Е. К публичной защите на соискание степени PhD по специальности 6D061100-Физика и Астрономия.

Зарубежный научный консультант
Кандидат физ.-мат. наук, Профессор
Институт Астрономии,

Национальный Автономный Университет Мексики.
Жариков Сергей Викторович.
11. 05. 2023



	<p style="text-align: center;">МЕКСИКАНЫҢ ҰЛТТЫҚ АВТОНОМИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ</p> <p style="text-align: center;">АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТЫ ҰЛТТЫҚ АСТРОНОМИЯЛЫҚ ОБСЕРВАТОРИЯ</p>	<p>103 Км, Автожол Тихуана-Энсенaда, 22860 Энсенaда, Британдық Колумбия, Мексика</p> <p>T (646) 1744580 F (646) 1744607 zhar@astro.unam.mx HTTP://QUARK.ASTROSEN.UNAM.MX</p>
---	--	--

«6D061100 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Амантаева Айнаш Ерланқызының «Минимум орбиталық период маңынан өткен катаклизмдік айнымалылардың аккрециялық дисктері» тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысына

ПІКІР

Қазіргі таңда өркениеттің жетістіктері іргелі ғылымдардың дамуымен тікелей байланысты. Ғалам туралы іргелі ғылымдар спектріндегі астрофизиканың рөлі сөзсіз. Астрофизика бізге жердегі зертханаларда қол жетімсіз жағдайларда ғарыш кеңістігінде болатын процестер мен құбылыстар туралы білім беріп қана қоймайды, сонымен қатар уақыт қызметі, навигация және байланыс, сигналдарды анықтау және өңдеу әдістерін дамыту, күрделі жүйелердің әрекетін компьютерлік модельдеу сияқты адамның практикалық іс-әрекетімен байланысты салалардағы технологиялық прогреске ықпал етеді.

Жұлдыздардың және олардың жүйелерінің негізгі параметрлерін анықтаумен байланысты жұлдыздық астрофизика Ғалам туралы негізгі түсінік береді. Жұлдызды астрофизикадағы ең маңызды рөлді қос жұлдыздық жүйелерді зерттеу атқарады. Жұлдыздардың 70%-нан астамы қос немесе еселік жүйелердің бөлігі болып табылады. Қос жүйелер жұлдыздардың іргелі параметрлері туралы ақпараттың негізгі көзі болып табылады. Жұлдыздардың эволюциясын толығымен сипаттайтын ең маңызды параметр – оның массасы. Қос жүйелер олардың компоненттерінің массаларын жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Қос жүйелерді әртүрлі астрофизикалық әдістермен бақылау олардың құрамдас бөліктерінің әртүрлі физикалық параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді.

Тұтылмалы жүйелер қос жүйелерді зерттеудің бірегей мүмкіндігін ұсынады. Тұтылмалы қос жүйелердің фотометриялық және спектрлік бақылауларының комбинациясы олардың құрамдас бөліктерінің физикалық сипаттамаларының толық жиынтығын алуға мүмкіндік береді. Тұтылуларды бақылау сонымен қатар орбитаның бағытына және құрамдас бөліктер арасындағы қашықтыққа қатты шектеулер қояды. Көптеген тұтылмалы қос жүйелердің компоненттерінің бірінің эволюциясы екіншісінің эволюциясына әсер етеді. Мұндай жұптардың құрамдас бөліктері әртүрлі физикалық қасиеттерге ие жұлдыздар болып табылады, олардың өзара әрекеттесуі оқшауланған жұлдыздар жағдайында мүмкін емес эволюциялық кезеңдердің пайда болуына әкеледі. Тығыз қос жүйелердің эволюциясы мен физикалық параметрлерін зерттеу жұлдыздардың пайда болуы мен эволюциясының теориясын тексеру үшін қажет және жұлдыздық атмосфераның құрылымын,

аккрециялық процестердің физикасын анықтауға, бақыланған қос жұлдыздардың түрлілігін түсіндіруге мүмкіндік береді. Аккрециялық дискілерде жүйедегі аккреция жылдамдығына байланысты спиральдық тығыздық толқындарының, жұлдінің пайда болуынан релятивистік ағындарға дейін алуан түрлі құбылыстар бақыланады. Олардың көпшілігінің табиғаты әлі өз түсіндірмесін тапқан жоқ. Сондықтан аккрециялық дисктері бар тығыз қос жүйелердің аккрециялық құрылымдарында болатын физикалық процестердің сипатын анықтауға арналған бірегей ақпарат көздері болып табылады.

Ізденушімен ұсынылған диссертациялық жұмыстың максаты минимум орбиталық период маңынан өткен “bounce-back” жүйесіне үміткер катаклизмдік айнымалы EZ Lyn жұлдызының аккрециялық дискінің құрылымын зерттеу болып табылады. Катаклизмдік айнымалылар уақыт өте келе олардың эволюциясы барысында магниттік тежелу және гравитациялық толқындардың сәулеленуі арқылы айналу моментін жоғалту нәтижесінде қысқа орбиталық периодтарға қарай жылжиды деп саналады. Біздің Галактиканың жасы соншалық, катаклизмдік айнымалылардың 70%-дан астамы донор жұлдызы бас тізбекте орналасқан тығыз қос жүйелер минимум орбиталық периодтарға дейін эволюциялануы керек еді. Бұл жұлдыздың алдағы өзгеруіне байланысты компоненттер арасындағы аккреция жылдамдығы төмендеуімен жүйенің орбиталды периоды өсуі керек. Соңғы фактор мұндай жүйелердің саны басым деп болжанғанымен, тек жиырмаға жуық үміткерлер табылды, олардың салыстырмалы жылтырлығының әлсіздігіне байланысты қазіргі уақытта әлі де толық зерттелмеген. Сондай жүйелердің бірі EZ Lyn жұлдызы диссертациялық жұмыстың зерттеу нысаны болып табылады.

Бүгінгі таңда осы объектілерді зерттеудегі негізгі міндет – бұл жүйелердің негізгі параметрлерін, сондай-ақ олардың аккрециялық дисктерінің құрылымының ерекшеліктерін анықтау. Сонымен қатар “bounce-back” жүйелеріне үміткерлер жұлдыздарда бақыланатын екі дөңесті жалтырау кисығының табиғатын түсіндіру де өзекті мәселе болып табылады. Гидродинамикалық есептеулер негізінде бұрын болжанғандай жүйелерде спиральды құрылымдардың қалыптасу жағдайларын зерттеу де қызығушылық тудырады. Осы мәселелерді шешу үшін және «bounce-back» жүйелерінде аккреция ағындарының қалай қалыптасатынын жақсы түсіну үшін ұсынылған диссертациялық жұмыс шеңберінде EZ Lyn жүйесінің жаңа фотометриялық және спектрлік деректеріне талдау жүргізіліп, жүйенің іргелі параметрлері (компоненттердің массалары, өлшемдері мен тиімді температуралары, заттың аккреция жылдамдығы), Бальмер эмиссиялық сызықтарының профилін құрайтын көздер анықталды. EZ Lyn жүйесіне және басқа «bounce-back» жүйелеріне үміткер катаклизмдік айнымалылардың сипаттамаларында табылған ерекшеліктерге салыстырмалы талдау жүргізілді.

Ізденуші осы жүйелерді зерттеудің заманауи әдістерін игерді, оның ішінде бақылауларды бастапқы өңдеу, алынған уақыт бойынша ажыратылған фотометриялық және спектрлік деректерді талдау, жаңа тәрізді жүйелердегі аккреция ағындарында пайда болатын Бальмер эмиссиялық сызықтарының сәулелену көздерін талдауға Доплерлік томография әдістерін қолдану, сондай-ақ

олардың іргелі параметрлерін анықтау мақсатында жалтырау қисықтарын компьютерлік модельдеу әдістемесін игерді.

Диссертациялық жұмыстың жаңалығы алғаш рет «bounce-back» жүйесіне үміткер EZ Lyn жұлдызының 10 жылдан астам уақыт аралығында алынған ауқымды деректер талданды. Ізденушімен жүйенің іргелі параметрлерін анықталды, мұндай жүйелердегі диск супер жарқ ету кезінде де, тыныштық күйінде де өз өлшемін өзгертпейтінін және тасу шекті радиусына дейін жететінін көрсетті. Маңызды нәтиже – аккрециялық дисктің күрделі құрылымының анықталуы: Бальмер эмиссиялық сызықтарының қалыптасу аймағы бүкіл дискті, ақ ергежейлі бетінен дисктің тасу шекті радиусына дейін қамтиды, ал континуум тек дисктің сыртқы бөліктерінде қалыптасады. Аккрециялық дисктің құрылымында асимметрияның болуы және дискте спиральды құрылымның болуы спектрлік және фотометриялық бақылау деректерінен растаулары алынды.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер тығыз қос жүйелердегі физикалық процестерді жақсырақ түсінуге, олардағы аккрециялық дискілердің түзілуін, құрылымын және физикасын зерттеуге ықпал ететіні сөзсіз және ұқсас объектілердегі бақылау көріністерін талдауда пайдаланылуы мүмкін.

1. Жұмыс барысында ізденуші жаңадан алынған бақылау деректерді өңдеуде, оларды толық талдау мен түсіндіруде де өзін жақсы көрсетті. Алынған нәтижелер 5 баспа жұмыстарында, оның ішінде А. Амантаева бірінші автор болып, жоғары рейтинг журналында “ Amantayeva A., Zharikov S., Page K. L., Pavlenko E., Sosnovskij A., Khokhlov S., Ibraimov M. Period Bouncer Cataclysmic Variable EZ Lyn in Quiescence //The Astrophysical Journal. – 2021. – Vol. 918. – №. 2. – P. 58.” мақаласы жарық көрді. Диссертацияны тапсыру кезінде алынған нәтижелердің зерттеу саласындағы референттік журналдарда 4 сілтемеге ие болды. Диссертациялық жұмыс ҚР БҒМ ҒК “Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру” іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарларына сәйкес “AP08856419 - тығыз қос жұлдыздық жүйелердегі аккрецияның бақылау көріністерін компьютерлік модельдеу әдістерімен талдау” тақырыбы бойынша орындалды.

Қорытындылай келе, А.Е. Амантаева өзіне жүктелген барлық міндеттерді орындағанын, диссертациялық жұмыстың мақсаты толығымен орындалғанын атап өтемін. Диссертация талаптарға сай құрастырылған және бұл жұмыс PhD докторы дәрежесіне ұсынылатын жұмыстарға қойылатын талаптарға толық сәйкес келеді деп есептеймін.

«6D061100 - Физика және Астрономия» мамандығы бойынша PhD дәрежесін алу үшін А.Е. Амантаеваның диссертациялық жұмысын қорғауға ұсынамын.

Шетелдік ғылыми жетекші:

Ф.-м.ғ.к., профессор

Жариков Сергей Викторович

Астрономия институты

Мексика ұлттық автономиялық университеті

/ колы бар /

Мен, **Кенжетаева Диана Серикболовна**, ИИН 890416450513, (төл құжат № 037494459, Қазақстан Республикасының Ішкі Істер Министрлігімен, 02.02.2015 жылы берілген, 01.02.2025 жылға дейін жарамды), бұл құжат түпнұсқалығына сәйкестігін және дұрыс аударғандығына қолымды қойып растаймын.

Қолы: *Кенжетаева Диана Серикболовна*



«11» мамыр 2023 жылы, мен **Мусатаева Айгерим Максатовна**, Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің берілген №21015147-саны 15 сәуірде 2021 жылы лицензиясының негізінде әрекет жасаушы Алматы қаласы нотариусы аудармашының **Кенжетаева Диана Серикболовна** қолының түпнұсқалығын куәландырамын. Аудармашының жеке басы анықталды, әрекет қабілеттілігі және өкілеттілігі тексерілді.

Тізілімде № 1391 тіркелді

Өндірілді

Нотариус



Айгерим Максатовна



ET6807106230511153528H665680

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия