

**Манапбаева А.Б.<sup>1</sup>, Куратова А.К.<sup>1</sup>, Куратов К.С.<sup>1</sup>, Алимгазинова Н.Ш.<sup>1</sup>,  
Көмеш Т.<sup>2</sup>, Демесинова А.М.<sup>1</sup>, Наурзбаева А.Ж.<sup>1</sup>, Қызғарина М.Т.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,  
\*e-mail: meir83physics@gmail.com

<sup>2</sup>Шыңжаң Астрономиялық Обсерваториясы, ҚХР, Шыңжаң қ.

## **ЖАС ЖҰЛДЫЗДАР СПЕКТРЛЕРІНДЕГІ ЭНЕРГИЯ ТАРАЛУЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ МОДЕЛДЕУ**

Жас жұлдыздарды зерттеу астрофизикада басты бағыттардың бірі болып табылады. Бұл, ең алдымен, алынған зерттеулер жұлдыздың өзі туралы, жұлдыздар мен планеталардың эволюциясы, қалыптасу процесі туралы білуге мүмкіндік беретініне байланысты. Мұндай зерттеулер түрлі елдердің астрономдарымен жүргізілген, дегенмен кейбір мәселелер, атап айтқанда, тұрақсыз жас жұлдыздардың физикалық сипаттамалары және олардың эволюцияларының белгілі бір бөліктері әлі де түсініксіз болып қалуда.

Жұмыста Ae/Be Хербиг жас жұлдыздарының спектрлік және фотометрлік бақылаулары көрсетілген болатын. Әдебиеттерден алынған және қол жетімді фотометрлік мәліметтерге, сондай-ақ моделдеу нәтижелеріне сүйене отырып, спектрлердегі энергиялардың таралуы зерттелді. Осындай объектілерді талдау алгоритмін жасау Ae/Be Хербиг объектілеріне СЭТ-ын талдау мүмкіндігін ұсынып отыр. IRAS 22150+6109 жұлдызын зерттеу нәтижесінде жұлдыз спектріндегі эмиссионды ерекшеліктер анықталды, оның пропланеталы дискісінің геометриялық сипаттамалары анықталды. Бұл зерттеулерде арнайы каталогтардың нәтижелері мен Ассун-Түрген обсерваториясындағы және В.Г.Фесенков атындағы астрофизикалық институттың (АФИ) Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясында алынған фотометриялық нәтижелер қолданылған болатын.

Зерттеу объектісі Ae/Be Хербиг жас жұлдыздары болып табылады.

Зерттеу нәтижелері астрономияда, космологияда, теориялық физикада және есептеуіш астрофизикада қолданылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** фотометрия, спектр, Ae/Be Хербиг жұлдыздары, энергия.

Manapbayeva A.B.<sup>1</sup>, Kuratova A.K.<sup>1</sup>, Kuratov K.S.<sup>1</sup>, Alimgazinova N.Sh.<sup>1</sup>,  
Komeshe T.<sup>2</sup>, Demesinova A.M.<sup>1</sup>, Naurzbaeva A.Zh.<sup>1</sup>, Kyzgarina M.T.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,  
\*e-mail: meir83physics@gmail.com

<sup>2</sup>Xinjiang Astronomical Observatory, China, Xinjiang

### **Observations and modeling of energy distributions in the spectra of young stars**

Investigation of young stars is one of the main directions in astrophysics. Firstly, it is related to the fact that these studies allow us to learn more about the star, about the process of formation and evolution of stars and planets. Astronomers of the different countries carried out that kind of study, however there are still some questions are not clear, in particular, the physical characteristics of young nonstationary stars and certain details of their evolution.

The work shows spectral and photometric observations of Herbig's Ae / Be young stars. The distribution of energy in their spectra was studied based on the photometric data obtained and available in the literature, as well as the results of modeling. As a result of the study of the star IRAS 22150 + 6109, emission features in the spectrum of the star were determined, the geometric characteristics of its protoplanetary disk were determined. In this article, photometric data from specialized catalogs and

observational data were used at the Assy-Turgen observatory and at the Tien-Shan astronomical observatory of the Astrophysical Institute named after V.G. Fesenkov (APhIF).

The object of the study are the young stars Ae / Be Herbig.

The research results can be used in astronomy, cosmology, theoretical physics and computational astrophysics.

**Key words:** photometry, spectrum, Herbig Ae / Be stars, energy.

Манапбаева А.Б.<sup>1</sup>, Куратова А.К.<sup>1</sup>, Куратов К.С.<sup>1</sup>, Алимгазинова Н.Ш.<sup>1</sup>,  
Комеш Т.<sup>1</sup>, Демесинова А.М.<sup>1</sup>, Наурызбаева А.Ж.<sup>1</sup>, Кызгарина М.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,  
e-mail: meir83physics@gmail.com

<sup>2</sup>Синьцзянская астрономическая обсерватория, Китай, г. Синьцзян

### Наблюдение и моделирование распределений энергии в спектрах молодых звезд

Исследование молодых звезд является одним из основных направлений в астрофизике. Это связано, прежде всего, с тем, что данные исследования позволяют больше узнать о самой звезде, о процессе формирования и эволюции звезд и планет. Такие исследования проводятся астрономами разных стран, однако все еще остаются неясными некоторые вопросы, в частности физические характеристики молодых нестационарных звезд и определенные детали их эволюции.

В работе представлены спектральные и фотометрические наблюдения молодых звезд Ae/Be Хербига. Исследованы распределения энергии в их спектрах опираясь на полученные и доступные в литературе фотометрические данные, а также результаты моделирования. Выработка алгоритма анализа таких объектов, представляется возможным применить к анализу РЭС объектов Ae/Be Хербига. В результате исследования звезды IRAS 22150+6109 были определены эмиссионные особенности в спектре звезды, определены геометрические характеристики её протопланетного диска. В исследовании были использованы фотометрические данные из специализированных каталогов и данные наблюдений на Ассы-Тургенской обсерватории и на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории астрофизической института имени В.Г. Фесенкова (АФИФ).

Объектом исследования являются молодые звезды Ae/Be Хербига.

Результаты исследований могут быть использованы в астрономии, космологии, теоретической физике и вычислительной астрофизике.

**Ключевые слова:** фотометрия, спектр, звезды Ae/Be Хербига, энергия.

### Кіріспе

Ae/Be Хербиг типті жұлдыздарда дискінің бар болуы олардың эволюциясының өтпелі кезеңін көрсетеді, келесі кезең планеталық жүйелер болуы мүмкін. Мұндай объектілерде планеталардың бар-жоғы әзірше белгісіз. Ұсынылған зерттеулер осындай жұлдыздардың дамуының соңғы кезеңдерінде планеталардың бар екендігі туралы сұраққа жауап алуға мүмкіндік береді. СЭТ талдауы негізінде Ae/Be Хербиг типті жұлдыздардың айналасындағы планеталардың немесе протопланеталардың бар болуын анықтауға арналған нақты критерийлерлер қазіргі уақытта толығымен әлі анықталған жоқ [1-9].

Осы мақсатта кескін алынған протопланеталық дисктердегі СЭТ-ды талдау экзопланета табылған аймақтардағы перспективті болып ұсынылады. Осындай протопланеталардың эволюциялық статусы протожұлдыздар кезеңімен

байланыста сияқты. Осындай объектілердің талдау алгоритмін жасау Ae/Be Хербиг объектісінің СЭТ-ын талдауға қолдану мүмкіндігі ұсынылады. Мұндай тәсілдемелер осындай объектілерді талдау үшін әзірше қолданылмады және перспективті болып табылады, себебі осы уақытқа дейін протопланеталық дисктердің құрылымы аз зерттелген [10-11].

Бұл зерттеулерде арнайы каталогтардың нәтижелері мен Ассы-Түрген обсерваториясындағы және В.Г. Фесенков атындағы астрофизикалық институттың (АФИ) Тянь-Астрономиялық обсерваториясындағы фотометриялық нәтижелері алынды [12]. Фотометриялық мәліметтердің негізінде планеталық жүйені құрау кезінде орын алатын айнымалы ағындарды ашуға болады. Ae/Be Хербиг типті нысандардың өзгергіштігі орталық жұлдыздардағы, сондай-ақ жұлдызаралық дискіде болатын құбылыстардың нәтижесінде болуы мүмкін. Жердегі фотометрия

жұлдыздардағы болып жатқан өзгерістерді айыра алады, ұзын толқынды (ИҚ- мен мм-) сол протопланеталық бұлттарда қалыптасатын әртүрлі процестермен байланыстыруға болады. Мұндай тез болатын процестер әлі толық зерттелмеді және протопланеталық дискілердің заманауи уақыттық шкаласының дамуына үлес қосатындықтан үлкен астрофизикалық қызығушылықты тудырады. Мұнда сондай-ақ, жұлдыз-аралық дискінің кинематикалық қозғалысын тудыратын қозғалыстарды сараптауға мүмкіндік беретін спектроскопиядағы ақпараттардың да маңызы зор, олар: аккреция процестері және ерте кезеңдегі нысандардың қазіргі уақытта жеткілікті дәрежеде зерттелмеген джет түріндегі шығарындысы [13-16, 18].

### Қысқаша теориялық мәлімет

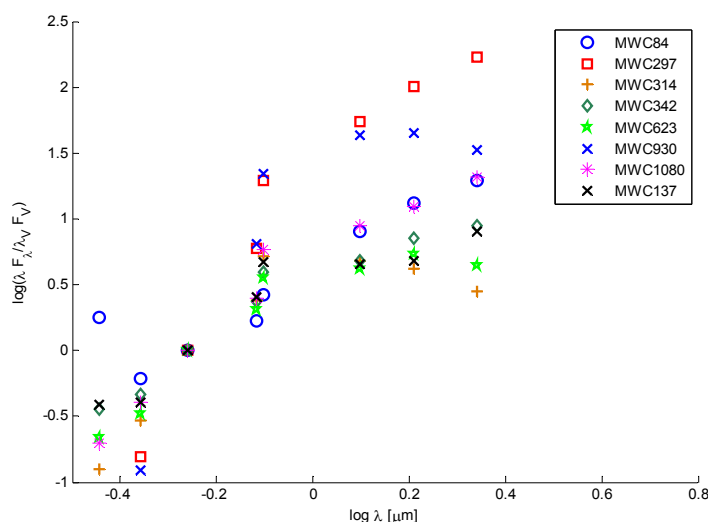
Жұмыста Ae/Be Хербиг типті бірнеше жас жұлдыздардың спектрлік және фотометриялық бақылауларының тәсілі арқылы зерттеулер жүр-

гізілді. Зерттеу нысаны ретінде мына жас жұлдыздар таңдалып алынды: IRAS 22150+6109, MWC84, MWC297, MWC314, MWC342, MWC623, MWC930, MWC1080, MWC1377. Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясындағы (АФИФ) 1-метрлік телескоптағы бақылаулар нәтижесі 1-кестеде берілген [19]. Кестеде жұлдыздық шамалардың келесі белгілері берілген: U-ультракүлгін, В-көк, V-визуалды, R-қызыл, I-толқын ұзындығы 0,7628 мкм болатын, J-1,25 мкм болатын, H-1,82 мкм болатын, K-2,2 мкм болатын өлшемі. 20 жыл бойы Астрофизикалық институтта жүргізілген спектрофотометриялық бақылауларының нәтижесі жинақталды. Олар өздерімен бірге әртүрлі спектрлік кластағы 7<sup>m</sup> дейінгі және 3200-7500 Å арасындағы спектр аймағында жататын 1159 жұлдыздың энергия таралуын көрсете алады [17, 20-22].

Алынған бақылаулар нәтижесі бойынша әртүрлі толқын ұзындықтарындағы энергияның таралуы бойынша диаграммасы алынды (1-сурет).

1-кесте – Ae/Be Хербиг типті жас жұлдыздардың фотометриялық мәліметтері

Жұлдыз	U	B	V	R	I	J	H	K
MWC 84	7,21E-10	6,47E-10	8,46E-10	1,02E-09	1,56E-09	3,01E-09	3,82E-09	4,17E-09
MWC 297		9,61E-11	4,92E-10	2,12E-09	6,74E-09	1,20E-08	1,70E-08	2,08E-08
MWC 314	7,97E-10	1,53E-09	4,17E-09	7,14E-09	1,51E-08	8,80E-09	5,92E-09	2,92E-09
MWC 342	1,03E-09	1,08E-09	1,86E-09	3,15E-09	5,11E-09	3,95E-09	4,51E-09	4,14E-09
MWC 623	7,51E-10	9,31E-10	2,26E-09	3,30E-09	5,63E-09	4,16E-09	4,15E-09	2,51E-09
MWC 930		5,71E-11	3,73E-10	1,72E-09	5,73E-09	7,05E-09	5,75E-09	3,11E-09
MWC 1080	2,80E-10	4,61E-10	9,22E-10	1,67E-09	3,73E-09	3,56E-09	3,92E-09	4,83E-09
MWC 137	3,30E-10	2,79E-10	5,57E-10	1,03E-09	1,83E-09	1,11E-09	9,09E-10	1,11E-09



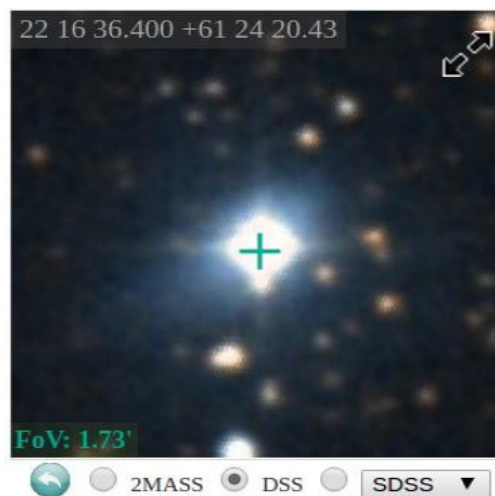
1-сурет – Зерттеліп отырған жұлдыздар спектрлеріндегі энергияның таралуы

### Зерттеу нәтижелері

Ұсынылған жұмыста IRAS 22150+6109 жас жұлдызы зерттелді (2-сурет). IRAS 22150+6109 Күннен 910 парсек қашықтықта орналасқан Цефеидегі L 1188 активті жұлдыз түзілу аймағы бағытында орналасқан инфрақызыл көзі болып табылады. Бұл ерте кластағы эмиссионды сызықтардың объектілер каталогынан таңдалған аз зерттелген жұлдызы  $V \sim 11$  mag негізінде қалыптасқан болатын. Алайда CO эмиссиясы бойынша нәтижелер екі тарапты болып табылады: теріс анықтама және оң анықтама. Объектіде  $H_2O$ , OH және CS молекулаларының ешқандай эмиссионды сызықтары табылмады. Дегенмен, IRAS 22150+6109 инфрақызыл сәулелердің мөлшерден тыс артық екенін көрсетеді, ол эволюция кезеңінің бас тізбекке қарай ауыспалы периодтындағы орташа массалы жұлдызды сипаттайды. Бас тізбек айналасындағы орналасуы эмиссиялы сызықтары бар жұлдыздар үшін Гамбург зерттеулерімен анықталған  $H\alpha$  әлсіз эмиссиясымен расталады. Бұл шағылдыру тұмандықтарының каталогына енгізілген болатын [23, 24].

Зерттеудің негізгі мақсаты оптикалық спектрді және жұлдыздың оптикалық көптүсті фотометриясын алу, оның спектрдегі энергия таралуын (СЭТ) шектеу, қолжетімді инфрақызыл фотометрлік деректерді жинақтау және жұлдыз

аймағындағы шаң-тозаң қасиеттерін алу үшін спектрдің энергетикалық таралуын моделдеу болып табылады.



$V=10.8$  mag, SpT=B3ZAMS,  $M_*=6.5 \pm 0.5 M_{\text{sun}}$ ,  $R_*=5R_{\text{sun}}$ ,  $d=910$  pc

2-сурет – IRAS 22150+6109 жұлдызы

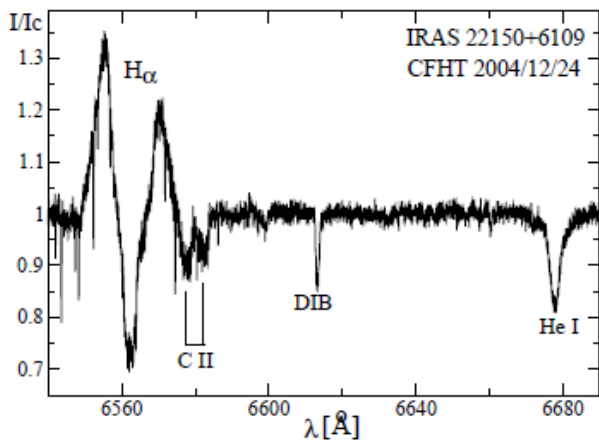
*Спектроскопиялық бақылау.* Осы жұмыста IRAS 22150+6109 ажыратымдылығы жоғары үш спектроскопиялық бақылау талданған болатын, жылдар арасы он жылға жуық 2004 – 2015. Бақылау құралдары мен күндері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте – Бақылау құралдары мен күндердің қысқаша сипаттамасы

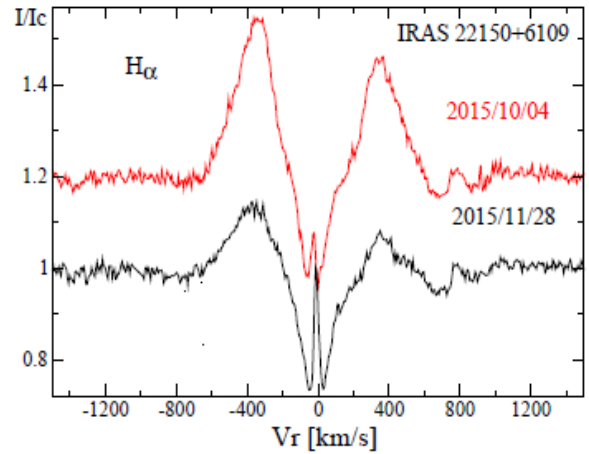
Күні	Телескоп	Орналасқан жері	Рұқсат етілген күш	Спектрлік аймағы, Å
2004/12/24	3.6 m CFHT	Hawaii, USA	65000	4000–10500
2015/10/04	2.1 m OAN SPM	Baja California, Mexico	18000	3800–7100
2015/11/28	2.1 m OAN SPM	Baja California, Mexico	18000	3800–7100

Спектрде бірнеше эмиссиялық ерекшеліктер бар (3-6 сурет). Ең күшті екі максимумы бар  $H\alpha$  сызығы болып табылады (4-сурет). Эмиссиялық шыңдар  $\sim 680$  км/с бөлінген. Бұл сызық сонымен қатар  $\sim -25$  км/с жүйелі жылдамдығы бар тар

орталық эмиссиялық шыңын көрсетеді. Бұл шың 2004 жылы іс жүзінде көрінбейді (3-сурет), 2015 жылы әлдеқайда күштірек көрініп тұр. Берілген спектрде басқа ешқандай ауытқулар табылмады.



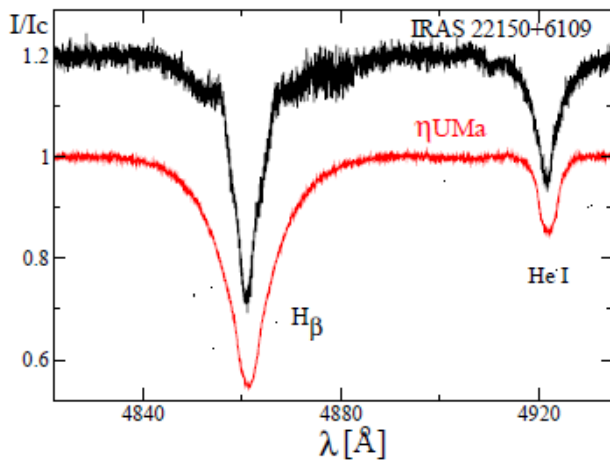
3-сурет – 3,6 метрлік CFHT телескопынан алынған спектрдегі  $H\alpha$  аймағы



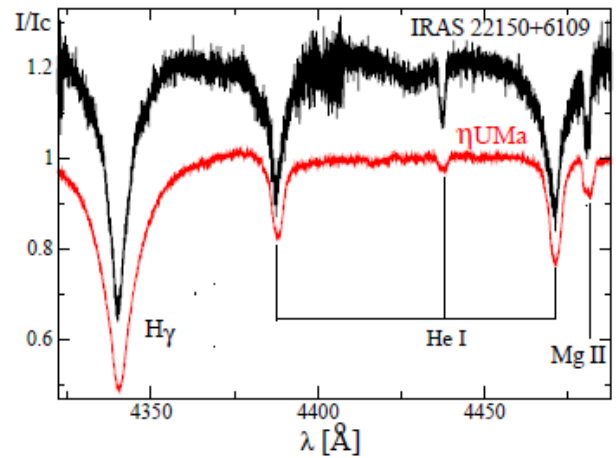
4-сурет – 2,1 метрлік OAN SPM телескобынан алынған спектрдегі  $H\alpha$  аймағы

Басқа ерекшеліктері 6300 және 6364 Å толқын ұзындықтарындағы өте әлсіз рұқсат етілмеген оттегі сызығы [OI] мен Пашен сериясындағы сутегі сызығы болып табылады. Спектрдің жұтылу сызығы B3V спектрлік типіне

сәйкес келетін және жобалы айналу жылдамдығы  $v \sin i \sim 200 \text{ км/с}^{-1}$  болатын біркелкі кең сызықтарды көрсетеді. Соңғысы  $\eta \text{ UMa}$  (B3 V,  $v \sin i \sim 150 \text{ км/с}^{-1}$  спектрімен салыстырыла есептелген болатын [24].



5-сурет – IRAS 22150+6109 жұлдызының спектрі.  $H\beta$  аймағы



6-сурет – IRAS 22150+6109 жұлдызының спектрі.  $H\gamma$  аймағы

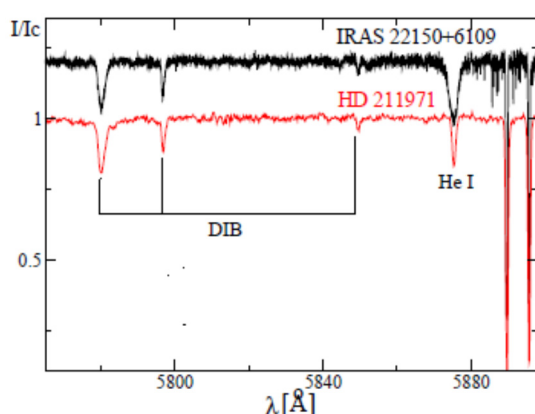
IRAS 22150+6109 жұлдызының спектріндегі жұлдызаралық ерекшеліктері жұлдызаралық кеңістіктегі диффузия жолағымен (ЖКДЖ) ұсынылады. ЖКДЖ күші және жұлдыз аралық сызықтар  $E(B - V) = 0,7 \text{ mag}$  оптикалық қызаруға сәйкес келеді. ЖКДЖ-дағы екі D-сызықтар мен IRAS 22150+6109 спектріндегі Na I объектіден 1,5 градуста және шамамен бірдей арақашықтықта (900 парсек) орналасқан A2 Ib супералып HD211971-мен өте ұқсас болып келеді (7-сурет).

*Фотометрлік бақылау.* Жұлдыздарды фотометрлік бақылау FP3U фотометрін қолдана отырып, Джонсон фотометрлік жүйесі бойынша UBVRI жолағында Тянь-Шань Астрономиялық обсерваториясында жүргізілген болатын [25]. Осы түрдегі жұлдыздар типін зерттеу А.С. Мирошниченкомен (University of North Carolina at Greensboro, USA) бірлесіп жүзеге асырылды.

1997-1999 жылдар аралығында алынған он бақылау талданды. Инфрақызыл фотометрлік

мәліметтер әртүрлі каталогтан алынды. JHK жолағындағы спектрдің жақын ИҚ- облысындағы мәліметтер 2 MASS каталогынан, 3,4 және 21 мкм арасындағы төрт жолақтағы ағындар WISE каталогынан және 18 және 160 мкм арасындағы бес жолақтағы ағындар AKARI каталогынан алынды.

Жұлдыздық шамалармен өлшенген ағындар жоғарыда аталған ақпарат көздерін пайдалану арқылы нөлдік жұлдыздық шамалар ағынын колдана отырып, энергияның өлшеміне айналдырылды.



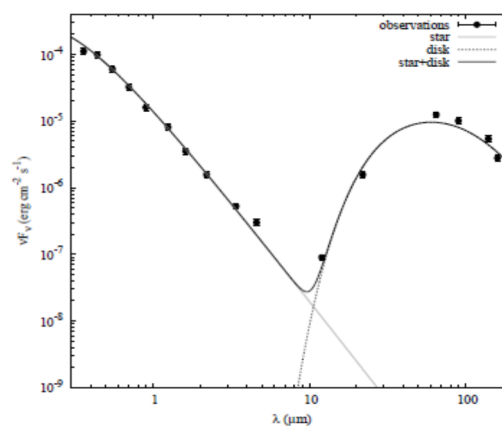
7-сурет – Three College Observatory обсерваториясынан алынған (North Carolina, USA, рұқсат етілген күші  $R \sim 10000$ ) HD 211971 спектрімен салыстыру [26]

Спектрдегі энергия таралуын моделдеу. Біз протопланеталық диск пен B3V жұлдызының қара денесінің эмиссиясынан құралған IRAS 22150+6109 жұлдызының спектрдегі энергия таралуын (СЭТ) қарастырамыз. Біз жұлдыздың ағындарын осы қара дененің шамамен алғандағы дәлдігімен моделдейміз.

$$f_{\nu}^* = \phi \pi R_*^2 B_{\nu}(T_*), \quad (1)$$

мұндағы  $\phi$  – өрістің тұрақты нормалануы,  $B_{\nu}(T_*)$  – Планк функциясы,  $R_*$  – жұлдыздың радиусы,  $T_*$  – жұлдыздың эффективті температурасы. B3 типті жұлдызы үшін алдын-ала жасалған есептеулер мына мәндерді көрсетті:  $R_* = (5 \pm 0.3)R_{\odot}$  және  $T_* = 20000 \pm 1000 K$ . Біз болжаған ағын артығын есептеу үшін толқын ұзындығы  $\lambda > 1$  мкм кезінде болатын, біз протопланеталық дисктің ағын тығыздығын төмендегі формуланы ескере отырып есептедік

Шамамен 2 жыл ішінде алынған оптикалық фотометрия орташасы  $V = 10.82 \pm 0.07$  mag жұлдыздық шаманың жарықтық өзгеруі 0,2 болатынын көрсетеді. Түс көрсеткіштерінің орташаланған мәні B3 жұлдызының спектрлік типін көрсетеді және сөнугі  $AV = 2.0 \pm 0.1$  mag. Инфрақызыл фотометрия 2001 жылдан 2010 жылдар арасында әртүрлі уақыттарда алынған болатын, бірақ ағындар бір-бірімен тізбектелеген болып көрсетіледі (8-сурет). Бақылаулардан алынған СЭТ жұлдызаралық жұтылудың стандартты заңының көмегімен өңделген болатын.



8-сурет – IRAS 22150 жұлдызының бақыланған фотометрлік СЭТ(қара нүктелер), жазық диск моделінің ең үздік сәйкестігімен салыстыру (үздіксіз қара сызық)көрсетілген. Моделденген спектрлер үздіксіз сұр сызықпен келтірілген.

$$f_{\nu, disk} = \phi \int_{R_{in}}^{R_{out}} B_{\nu}(T_r) (1 - \exp(-\tau)) 2\pi r dr, \quad (2)$$

$R_{in}, R_{out}$  – ішкі және сыртқы дисктің радиусы, сәйкесінше,  $\tau$  –диск материалының оптикалық тереңдігі, ол  $\kappa_{\nu}$  мөлдір емес дисктен тәуелді толқын ұзындығының өнімі болып табылады және  $\Sigma_r$  – диск материалының тығыздығының беттік таралуы.

$$\tau = \Sigma_r \kappa_{\nu}. \quad (3)$$

Шаң-тозаңның мөлдір еместігі жиіліктің дәрежелік тәуелділігі бойынша сипатталады:

$$\kappa_{\nu} = \kappa_0 \left( \frac{\nu}{\nu_0} \right)^{\beta}, \quad (4)$$

мұндағы  $\kappa_0 = 0.1 \text{ см}^2\text{г}^{-1}$ ,  $\nu_0 = 1000 \text{ ГГц}$ . Бұл мән газ массасының шаң-тозаңға арақатынасын 100 дін 1-ге қатынасындай деп болжайды.

Толқын ұзындықтың дисктің мөлдір еместігіне тәуелділігін есептеу үшін біз Ми теориясын қолдандық және мөлшері 0,01 мен 100 мкм аралығында және тығыздығы  $2,5 \text{ гр см}^{-3}$  болатын астрономиялық силикаттардан құралған аз мөлшерлі сфералық түйіршіктерді қарастырдық.

Бет тығыздығының таралуы  $\Sigma_r$  мен температура  $T_r$  диск радиусының дәрежелік тәуелділігі бойынша беріледі

$$T_r = T_{sub} \left( \frac{r}{R_{sub}} \right)^q, \quad (5)$$

$$\Sigma_r = \Sigma_{in} \left( \frac{r}{R_{in}} \right)^p, \quad (6)$$

$R_{sub} - 1500 \text{ К}$  температура кезіндегі (шаң-тозаңды дисктің бөлшектерінің сублимация температурасы) диск радиусы. Біздің жеке жағдайымызда  $R_{sub} \approx 2 \text{ а.е.}$   $p$  және  $q$  индекстері – еркін параметрлер.  $\Sigma_{in} -$  бұл  $R_{in}$  дисктің ішкі радиусындағы беттің тығыздығы. Дисктің жалпы массасы дисктің өлшемі мен беттің тығыздығынан тәуелді

$$M_d = \int_{R_{in}}^{R_{out}} 2\pi r \Sigma_r dr. \quad (7)$$

Өз кезегінде  $\Sigma_{in}$ -ді диск массасының функциясы ретінде көрсетуге болады:

$$\Sigma_{in} = \frac{M_d R_{in}^p (2+p)}{2\pi (R_{out}^{2+p} - R_{in}^{2+p})}. \quad (8)$$

Жоғарыда келтірілген есептеу алгоритмдерін негізге ала отырып, біз жүйенің әртүрлі параметрлері кезінде жұлдыздар спектріндегі

энергия таралуының қисықтарын моделдеген болатынбыз. Дисктің ішкі радиусы 1 а.е. қадаммен 2 ден 1000 а.е.-ге дейінгі аралықта өзгерген. Дисктің сыртқы радиусы  $R_{out} - 10 \text{ а.е.}$  қадаммен 10-нан 2000 а.е.-ге дейін өзгерген.  $R_{in} = R_{out}$  жағдайы ескерілмеген болатын. Бет тығыздығының дәрежелік заңдылығы  $p$ -ны біз -1,5-тен (заманауи Күн жүйесіндегі бет тығыздығы тәрізді) 0-ге дейін (бет тығыздығы тұрақты) 0,5 қадаммен және  $q$ -ды -0,75-тен -0,35-ке дейіе 0,01 қадаммен өзгерттік.

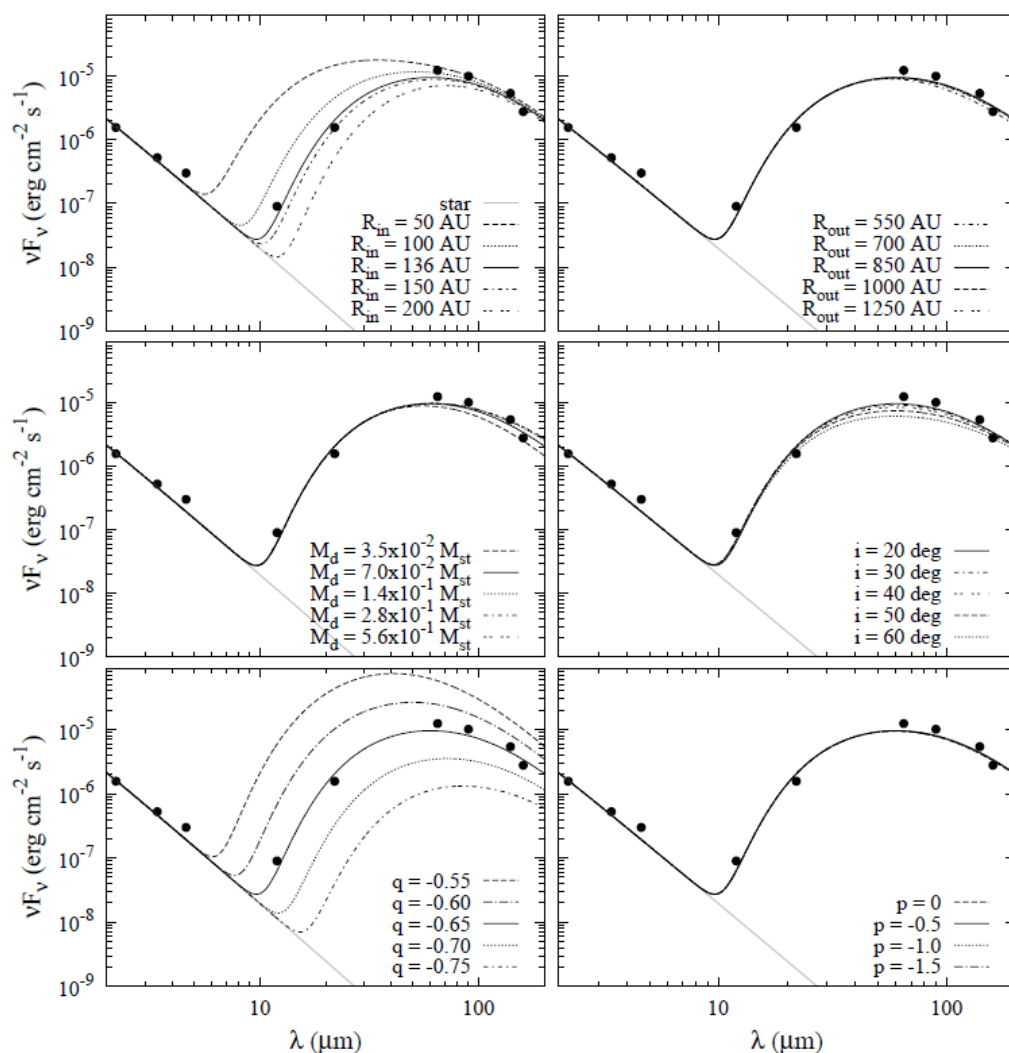
Минимумға келтіру арқылы максималды сәйкестікті анықтадық

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{F_{obs,i} - F_{mod,i}}{\sigma_{obs,i}} \right)^2, \quad (9)$$

мұндағы  $F_{obs,i}$  және  $F_{mod,i}$  бақыланған және моделденген ағындар болып табылады (сәйкес толқын ұзындыққа) сәйкесінше,  $\sigma_{obs,i}$  – бақылаулар 10 % -ке тең болатын барлық сәйкес  $F_{obs,i}$  үшін бақылау қателігі. Дисктің эмиссионды  $> 1 \text{ мкм}$  толқын ұзындығында ғана болады деп болжаймыз және сәйкесінше дисктің ыңғайлы моделін берілген облыс бойынша ғана қарастырамыз.

Максималды сәйкестік ( $\chi^2=50,82$ )  $R_{in} = 136_{-16}^{+14}$  а.е.,  $R_{out} = 850_{-250}^{+1000}$  а.е.,  $p = -0.5_{-1.0}^{+0.5}$ ,  $q = -0.65_{-0.01}^{+0.01}$ ,  $M_d = 0.07_{-0.03}^{+0.00} M_*$  ( $M_*$  – жұлдыздар массасы) жүйелерімен және  $i = 20^{+20}$  градус болатындығын анықтадық.

Параметрлер қателігінің критерийлері  $\chi^2 10\%$ -ға дейін негізделген. 9-сурет сәйкес параметрлері максималды болатын жүйелер үшін СЭТ-ын (қара сызықтар), бақылауды ( боялған қара дөңгелектер) және жұлдыздардың СЭТ-уын (сұр сызық) көрсетеді. 9-сурет СЭТ жалпы жүйесінің диск моделінің еркін параметрлерінен қалай тәуелді болатындығын көрсетеді. Суреттегі тірек нүктесін құрудағы ауытқитын параметр әр панельде бейнеленген. Моделденген спектрлер үздіксіз сұр сызықпен көрсетілген.



9-сурет – СЭТ-уы профилінің толық жүйесіндегі модел параметрінің ауытқуына негізделген эффектілері. Әр панелдегі үздіксіз қара сызық  $R_{in}=136$  а.е.,  $R_{out}=850$  а.е.,  $M_d=0.07M_*$ ,  $i=20^\circ$ ,  $p=-0.5$  и  $q=-0.65$  СЭТ-ын білдіреді [26]

### Қорытынды

Жұмыста Ae/Be Хербиг жас жұлдыздардың: IRAS 22150+6109, MWC84, MWC297, MWC314, MWC342, MWC623, MWC930, MWC1080, MWC1377 спектрлік және фотометрлік бақылаулары жүргізілді. Зерттелетін жұлдыздардың спектрлеріндегі энергиялардың таралу графиктері тұрғызылды.

IRAS 22150+6109 жас жұлдызы толығымен түсіндірілді, жүргізілген зерттеулер жұлдыздың физикалық қасиеті туралы жаңа мәліметтер алуға мүмкіндік берді.

Бақыланған спектрлерден келесідей қорытындылар жасауға болады:

1) IRAS 22150+6109 оптикалық аналогы газ-тозаңды дискпен қоршалған В3 спектрлік

типіннің жұлдызы болып табылады. Бұл айнарудың үлкен жобаланған жылдамдығына қатысты жұлдыздардың айналу өсі (диск, салдар ретінде) көрінетін сызықтардан біршама ауытқитын болып табылатындығынан шығады.

2) Бақыланатын жобаланған айналу жылдамдығының критикалық жылдамдыққа қатынасы жұлдыздың айналу өсінің көлбеу бұрышының шегін  $i > 19^\circ$  белгілейді.

3) Спектрде анықталған жұлдыз аралық ерекшеліктер L 1188 қараңғы бұлттағы жұлдыздардың орналасуына сәйкес келеді. Эмиссионды сызықтардың бар болуы бұрында болжанған, яғни оның жас жұлдыз екенін растайды. Бұл болжам жұлдыздар айналасындағы шағылдырғыш тұмандықпен инфрақызыл артықты анықтауда құрылған болатын.



Жұлдыздар спектрлеріндегі энергия таралуын талдау және моделдеу нәтижелерінен:

1) IRAS 22150+6109 жұлдызы – газ-тозаңды дискпен қоршалған  $\sim 70 R_{\text{sub}}$  қашықтықта жайылатын жұлдыз;

2) Дисктің ерекше ықтимал ауытқуы  $\leq 40^\circ$ ;

3) Диск өте үлкен сыртқы радиусқа  $850 \text{ а.е.}$  және ерекше ықтимал массаға  $7 \times 10^{-2} M_*$  ие;

4) Диск тығыздықтың кіші таралуына ие, аккрецияның типтік дискіне қарағанда;

5) Бас тізбек айналасында жұлдыз орналасқан.

Сонымен, жұлдыздардан алынған фотометрлік және спектрлік бақылауларын талдау жұлдыздардың физикалық қасиеті туралы жаңа мәліметтер алуға мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер

- 1 Ilee J.D., Fairlamb J., Oudmaijer R.D., Mendigutía I., van den Ancker M.E., Kraus S., Wheelwright H.E. Investigating the inner discs of Herbig Ae/Be stars with CO bandhead and Brgamma emission. //Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2014. – Vol. 445, No 4. – P.3723-3736.
- 2 Fairlamb J.R., Oudmaijer R.D., Mendigutía I., Ilee J.D., Van den Ancker M.E. A spectroscopic survey of Herbig Ae/Be stars with X-shooter-I. Stellar parameters and accretion rates //Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2015. – Vol. 453, No 1. – P.976-1001.
- 3 Vural J., Kraus S., Kreplin A., Weigelt G., Fossat E., Massi F., Perraut K., Vakili F. Study of the sub-AU disk of the Herbig B[e] star HD 85567 with near-infrared interferometry //Astronomy & Astrophysics. – 2014. – Vol. 569. – P.A25.
- 4 Miroshnichenko A.S., Rossi C., Polcaro V.F., Zharikov S., Rudy R.J., Kusakin A.V., Kuratov K.S., Naurzbaeva A.Zh., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Manset N. Observations of newly found objects with the B[e] phenomenon // The conference "The B[e] Phenomenon: Forty Years Of Studies" Prague, Czech Republic on June 27 – July 1, 2016.
- 5 Kuratova A.K., Miroshnichenko A.S., Kuratov K.S., Naurzbaeva A.Z., Alimgazinova N.S., Manapbayeva A.B. A Search for New Objects with the B[e] Phenomenon //Astronomical Society of the Pacific Conference Series. – 2017. – Vol. 508. – P. 229.
- 6 Khokhlov, S. A.; Miroshnichenko, A. S.; Zharikov, S. V.; Manset, N.; Arkharov, A. A.; Efimova, N.; Klimanov, S.; Larionov, V. M.; Kusakin, A. V.; Kokumbaeva, R. I., Ch. T. Omarov, K. S. Kuratov, A. K. Kuratova, R. J. Rudy, E. A. Laag, K. B. Crawford, T. K. Swift, R. C. Puetter, R. B. Perry, S. D. Chojnowski, A. Agishev, D. B. Caton, R. L. Hawkins, A. B. Smith, D. E. Reichart, V. V. Kouprianov, J. B. Haislip Toward Understanding the B[e] Phenomenon. VII. AS 386, a Single-lined Binary with a Candidate Black Hole Component. 2018. – Astrophysical Journal. – V.856. – P.158-171.
- 7 Van Winckel H. Post-AGB Binaries and Their Connection to the B[e] Phenomenon //Astronomical Society of the Pacific Conference Series. – 2017. – Vol.508. – P. 197.
- 8 Oudmaijer R.D., Miroshnichenko A.S. Introduction to the B[e] Phenomenon //Astronomical Society of the Pacific Conference Series. – 2017. – Vol. 508. – P. 3.
- 9 Miroshnichenko A.S. Toward Understanding the B[e] Phenomenon. I. Definition of the Galactic FS CMa Stars //The Astrophysical Journal. – 2007. – Vol. 667, No 1. – P. 497-504.
- 10 Zakhzhay O. V., del Burgo C. and Zakhzhay V. A. Geometry of highly inclined protoplanetary disks // Advances in Astronomy and Space Physics – 2015. – Vol. 5. – P.33-38.
- 11 Jeřábková T., Korčáková D., Miroshnichenko A., Danford S., Zharikov S.V., Kříček R., Zasche P., Votruba V., Nělehta M., Nkoda P., Janík J. Time-dependent spectral-feature variations of stars displaying the B[e] phenomenon. III.HD 50138 //Astronomy & Astrophysics. – 2016. – Vol. 586. – P.A116.
- 12 Куратов К.С., Кусакин А.В., Мкртчян Д.Е. Астросейсмологические наблюдения на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории // Известия НАН РК. Серия физ.-математическая – 2004. – №4. – С.78-83.
- 13 Куратов К.С., Андабаева Л.Э., Джакушева К.Г. Поляризация излучения молодых звезд в континууме и эмиссионных линиях// Известия НАН РК. Серия физ.-математическая. – 1994. – №4. – С.23-28.
- 14 Куратов К.С. Исследования группы горячих звезд с пылевыми оболочками // Известия НАН РК. Серия физ.-математическая. – 2010. – №4. – С.72-73.
- 15 Куратова А.К., Мировниченко А.С., Куратов К.С., Наурызбаева А.Ж., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б. Определение критериев и поиск звезд типа FS CMa // Сб.докладов 10-ой междунар. конф. «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент», Алматы, 2017. – С.55-57.
- 16 Zharikov S.V., Miroshnichenko A.S. Short-Term Spectral Variability in the Binary FS CMa-Type Object MWC 728 //Astronomical Society of the Pacific Conference Series. – 2017. – Vol. 508. – P. 295.
- 17 Miroshnichenko A.S., Zharikov S.V., Danford S., Manset N., Korčáková D., Kříček R., Nělehta M., Omarov Ch.T., Kusakin A.V., Kuratov K.S., Grankin K.N. Toward Understanding the B[e] Phenomenon. V. Nature and Spectral Variations of the MWC 728 Binary System //The Astrophysical Journal. – 2015. – Vol. 809, No 2. – P. 129.
- 18 Kluska J., Benisty M., Soulez F., Berger J.P., Le Bouquin J.B., Malbet F., Lazareff B., Thiébaud E. A disk asymmetry in motion around the B[e] star MWC158 //Astronomy & Astrophysics. – 2016. – Vol. 591. – P. A82.
- 19 Manapbayeva A.B., Zakhzhay O.V., Kuratova A.K., Zakhzhay V.A., Kuratov K.S., Beisebayeva A.S. Observations and modeling of spectral energy distribution of young star//16-th Gamow Summer School «Astronomy and Beyond: Astrophysics, cosmology, cosmomicrophysics, astroparticle physics, radioastronomy and astrobiology», 14-20 August, 2016, Odessa, Ukraine. – P. 19.
- 20 Куратов К.С., Захожай О.В., Куратова А.К., Манапбаева А.Б., Алимгазинова Н.Ш. Исследование распределения энергии в спектре молодой звезды Ae/Be Хербига IRAS22150+6109 // Мат. 9-й Междунар. науч. конф. «Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование», Алматы, 2016. – С. 181.

- 21 Alimardanova F., Miroshnichenko A. S., Zharikov S. V., Rudy R. J., Manset N., Kusakin A.V., Kuratov K. S., Khokhlov S.A. Spectroscopy and Photometry of MWC 137 // Proc. of APS – 2017, Vol 508 The B[e] Phenomenon: Forty Years of Studies. – P.355-356.
- 22 Захожай О.В., Захожай В.А., Мирошниченко А.С., Куратов К.С. Физические параметры протопланетного диска вокруг молодой звезды IRAS 22150+6109 // Сб. докладов 10-ой междунац. конф. «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент», Алматы, 2017. – С.36-39.
- 23 Zakhzhay O.V., Miroshnichenko A. S., Kuratov K.S., Zakhzhay V.A., Khokhlov S.A., Zharikov S.V., Manset N. The Results of SED Simulations for a Young B-Type Star IRAS 22150+6109 // Proceedings of APS – 2017, Vol 508 The B[e] Phenomenon: Forty Years of Studies. – P.191-195
- 24 Kuratov K.S., Zakhzhay O.V., Miroshnichenko A.S., Zakhzhay V.A. // IRAS22150+6190: A poorly studied young star. // Odessa Astron. Publ. – 2015. – Vol. 28/1. – P.36.
- 25 Куратов К.С. Группы звезд с окколозвездными оболочками. – Алматы: Қазақ университі, 2018. – 174 с.
- 26 Zakhzhay O.V., Miroshnichenko A.S., Kuratov K.S. et al. IRAS 22150+6109 – a young B-type star with a large disc. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2018. – Vol.477. – P. 977-982.

## References

- 1 J.D. Ilee, J. Fairlamb, R.D. Oudmaijer, I. Mendigutia, van den M.E. Ancker, S. Kraus and H.E. Wheelwright, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 445, 3723–3736 (2014).
- 2 J.R. Fairlamb, R.D. Oudmaijer, I. Mendigutia, J.D. Ilee and M.E. Van den Ancker, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 453, 976-1001 (2015).
- 3 J. Vural, S. Kraus, A. Kreplin, G. Weigelt, E. Fossat, F. Massi, K. Perraut and F. Vakili Astronomy & Astrophysics, 569, 25 (2014).
- 4 A.S. Miroshnichenko, C. Rossi, V.F. Polcaro, S. Zharikov, R.J. Rudy, A.V. Kusakin, K.S. Kuratov, A.Zh. Naurzbaeva, N.Sh. Alimgazinova, A.B. Manapbayeva and N. Manset The conf. "The B[e] Phenomenon: Forty Years Of Studies" (Prague, Czech Republic, June 27-July 1, 2016).
- 5 A.K. Kuratova, A.S. Miroshnichenko, K.S. Kuratov, A. Zh. Naurzbaeva, N.Sh. Alimgazinova and A.B. Manapbayeva, Astronomical Society of the Pacific Conference Series. 508, 229 (2017)
- 6 S.A. Khokhlov, A.S. Miroshnichenko, S.V. Zharikov, N. Manset, A.A. Arkharov, N. Efimova, S. Klimanov, V.M. Larionov, A.V. Kusakin, R. I. Kokumbaeva, Ch. T. Omarov, K. S. Kuratov, A. K. Kuratova, R. J. Rudy, E. A. Laag, K. B. Crawford, T. K. Swift, R. C. Puetter, R. B. Perry, S. D. Chojnowski, A. Agishev, D. B. Caton, R. L. Hawkins, A. B. Smith, D. E. Reichart, V.V. Kouprianova and J.B. Haislip, Astrophysical Journal. 856, 158-171 (2018). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aab49d>.
- 7 H. Van Winckel Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser.. 508, 197 (2017).
- 8 R.D. Oudmaijer and A.S. Miroshnichenko, Astronomical Society of the Pacific Conference Series. 508, 3 (2017).
- 9 A.S. Miroshnichenko, The Astrophysical Journal. 667, 497-504 (2007)
- 10 O.V. Zakhzhay, C. del Burgo and V.A. Zakhzhay, Advances in Astronomy and Space Physics 5, 33-38 (2015).
- 11 T. Jeřábková, D. Korčáková, A. Miroshnichenko, S. Danford, S.V. Zharikov, R. Kříček, P. Zasche, V. Votruba, M. Nlechtsa, P. Nkoda and J. Janik, Astronomy & Astrophysics. 586, A116 (2016).
- 12 K.S. Kuratov, A.V. Kusakin and D.E. Mkrichan, Izvestiya NAN RK. Ser.phys.-mat. 4, 78-83 (2004). (in Russ).
- 13 K.S. Kuratov, L.E. Andabayeva and K.G. Zhakusheva, Izvestiya NAN RK. Ser.phys.-mat. 4, 23-28 (1994). (in Russ).
- 14 K.S. Kuratov, Izvestiya NAN RK. Ser.phys.-mat. 4, 72-73 (2010). (in Russ).
- 15 A.K. Kuratova, A.S. Miroshnichenko, K.S. Kuratov, A.Zh. Naurzbaeva, N.Sh. Alimgazinova and A.B. Manapbayeva, Proc. of 10-th internat. conf. "Chaos and structurein nonlinear systems. Theory and experiment", (Almaty, 2017), p.55-57. (in Russ).
- 16 S.V. Zharikov and A.S. Miroshnichenko, Astronomical Society of the Pacific Conference Series. 508, 295 (2017).
- 17 A.S. Miroshnichenko, S.V. Zharikov, S. Danford, N. Manset, D. Korčákov, R. Kříček, M. Nlechtsa, Ch.T. Omarov, A.V. Kusakin, K.S. Kuratov and K.N. Grankin, The Astrophysical Journal.809, 129 (2015).
- 18 J. Kluska, M. Benisty, F. Soulez, J.P. Berger, J.B. Le Bouquin, F. Malbet, B. Lazareff and E. Thiébaud, Astronomy & Astrophysics. 591, A82 (2016).
- 19 A.B. Manapbayeva, O.V. Zakhzhay, A.K. Kuratova, V.A. Zakhzhay, K.S. Kuratov and A.S. Beisebayeva 16-th Gamow Summer School «Astronomy and Beyond: Astrophysics, cosmology, cosmomicrophysics, astroparticle physics, radioastronomy and astrobiology», (Odessa, Ukraine, 14-20 August, 2016), P. 19.
- 20 K.S. Kuratov, O.V. Zakhzhay, A.K. Kuratova, A.B. Manapbayeva and N.Sh. Alimgazinova Proc. of 9-th internat. sc. conf. "Modern progress of physics and fundamental physics's education», (Almaty, 2016), P. 181. (in Russ).
- 21 F. Alimardanova, A. S. Miroshnichenko, S. V. Zharikov, R. J. Rudy, N. Manset, A.V. Kusakin, K.S. Kuratov and S.A. Khokhlov, Proceedings of APS. 508, 355-356 (2017).
- 22 O.V. Zakhzhay, V.A. Zakhzhay, A.S. Miroshnichenko and K.S. Kuratov, Proc. of 10-th internat. conf. "Chaos and structurein nonlinear systems. Theory and experiment", (Almaty, 2017), p.36-39. (in Russ).
- 23 O.V. Zakhzhay, A.S. Miroshnichenko, K.S. Kuratov, V.A. Zakhzhay, S.A.Khokhlov, S.V. Zharikov and N. Manset, Proceedings of APS. 508, 191-1959 (2017).
- 24 K.S. Kuratov, O.V. Zakhzhay, A.S. Miroshnichenko and V.A. Zakhzhay, Odessa Astron. Publ. 28/1, 36 (2015).
- 25 K.S. Kuratov, Gruppy zvezd s okolozvezdnymi obolochkami (Almaty: Kazakh university, 2018), p. 174.(in Russ.).
- 26 O.V. Zakhzhay, A.S. Miroshnichenko, K.S. Kuratov et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 477, 977-982 (2018).