

А.С.Нодяров , С.А.Хохлов 

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,

Алматы, 050040, Қазақстан

*E-mail: nodyarov.atilkhan@gmail.com

IRAS 22023+5249 ЖӘНЕ IRAS 22150+6109 ЖҰЛДЫЗДАРЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Бұл жұмыс бас тізбекке дейінгі Ae/Be Хербиг типті жас объектілерді зерттеуге арналған. Фотометриялық критерийлеріне сәйкес Ae/Be Хербиг типтегі жас объектілер де ИҚ артылуы және эмиссиялық сызықтары бар протопланеталық жұлдыздарға жақын келеді. Зерттеліп жатқан Ae/Be Хербиг типтегі жас объектілермен ИҚ каталог тізімі IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 жұлдыздарымен толықтырылды. Мұнда Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы 1 метрлік оптикалық телескоппен алынған UBVRI Джонсон жүйесіндегі инфрақызыл сәулеленуінің артылуы бар (IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109) екі жұлдыздың көп түсті фотометриялық бақылауларының нәтижелері ұсынылған. Бұл объектілер IRAS каталогы мен эмиссиялық сызықты галактикалық ыстық жұлдыздар каталогы арасындағы координаталық сәйкестендіріп іздеу нәтижесінде табылған. Ертеде бұл объектілер спектрдің H α аймағында эмиссиясы бар жұлдыздар ретінде белгілі еді, бірақ бұл кезде олардың оптикалық бақылаулары жүргізілмеген болатын. Жәрияланған нәтижелер мен осы алынған мәліметтерді бірге талдау жасау бізге объектілердің физикалық параметрлерін бағалауға және олардың эволюциялық деңгейін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеулер IRAS 22023+5249 жұлдызының эволюциясы дамыған, яғни протопланетарлық тұмандық болуы мүмкін екендігін, ал IRAS 22150+6109 жұлдызының жас жұлдыз екенін көрсетті.

Түйін сөздер: ерте тип – жұлдыз, эволюция – жұлдыз, IRAS 22023 + 5249 және IRAS 22150+6109, жұлдыз маңындағы зат, инфрақызыл сәулелену, планетарлық тұмандық

Кіріспе

Ыстық жұлдыздардың спектрінде эмиссиялық сызықтардың болуы, олардың маңайының айтарлықтай мөлшерде газ және тозаң түріндегі материалмен қоршалғандығын айтады. Газ да, тозаң да орталық жұлдыздың сәулеленуінің бір бөлігін қармап алады және оны спектрдің инфрақызыл (ИҚ) диапазонында қайта сәулелендіреді. Сәулелену жұлдыздың фотосферасынан шығатын, оның деңгейімен салыстырмалы артық ИҚ сәулеленумен құрылады. Эмиссиялық сызықтардың параметрлері (мысалы, қарқындылық және профиль формасы), сондай-ақ жұлдыздық шама және артық ИҚ-дың формасы объектінің эволюциялық статусын анықтауға жиі мүмкіндік береді. Мысалы, Ae/Be Хербиг типтегі жұлдыздар деп аталатын Бас тізбекке дейінгі сатыдағы жас ыстық жұлдыздар күшті артылуды жақын

ИҚ-мен қатар (1-5 микрон), алыс ИҚ диапазонда да (20-100 микрон) көрсетеді [1]. Мұндай артылулар жұлдыздан кең интервал аралығында үлестірілетін және сублимация температурасына жақын (шамамен 1500 К), максималды температураға ие тозаң шығарады. Басқа жағынан, көне эволюциялық даму кезеңінен кейінгі жұлдыздар сипаттамалық температурасы 100 К шамасындағы жұлдыздан алыс, суық тозаңның сәулеленуімен байланысты, суық алыптар кезеңіне дейін және әрі қарай планетарлық тұмандық кезеңінде тек қана алыс ИҚ диапазондағы артылуды көрсетеді. Мұндай айырмашылық тозаңды қабықшаның құрылу механизмімен және оның жұлдыз айналасындағы өмір сүру уақытымен байланысты. Жас жұлдыздарда қабықша протожұлдыздық бұлттың қалдықтарынан құрылады және ыстық тозаң жұлдыз айналасында, сол қабықша Бас

тізбекке шыққанға дейін сақталуы мүмкін. Планетарлық тұмандық (Прото-Планетарлық Тұмандық деген атпен танымал, әрі қарай ППТ) кезеңіне даму жолындағы жұлдыздарда, тозаң суық алыптар кезеңінің алдындағы кезеңде пайда болған [2]. Жұлдыз қайтадан ыстық болған уақытта жұлдыздардың жақын айналасынан заттардың қуатты өтуінен, суық заттарды қалдырып, тек қана ыстық тозаң үрлеп шығарады.

Бірақта объектінің типін тек қана оның ИҚ сәулеленуінен анықтауға болмайды. Ондай жұлдыздардың ИҚ артылуының формасы, Бас тізбектегі Вега типтес жас жұлдыздар және ППТ сияқты, мүмкін бір-біріне өте ұқсас [3]. Бұдан басқа, жақын ИҚ сәулеленудің артылуын күшті азайтады, осылайша артылуды толқын ұзындығы көбірек эволюциялық даму кезеңінен кейінгіобъектінің артылуына жасырады. Осының себебінен өзінің жақын маңайынан тозаң үрлеп шығаратын, Бас тізбек кезеңіне дейінгі жас массивті жұлдыздар өте күшті жұлдыздық желге ие болуы мүмкін. Сондықтан мұндай объектілерді оптикалық диапазонда бақылау өте маңызды. Спектрлік бақылаулар Вега типтегі жұлдыздардың күшті эмиссиялық сызықтарының жоқ екенін көрсетеді, онда ППТ ретінде күшті эмиссиялық спектрі бар болады. Фотометриялық бақылаулар орталық жұлдыздардың параметрлерін, сондай-ақ жұлдызаралық (және жұлдыз маңайындағы) жұтылуды, арақашықтықты және жарқырауды бағалауға рұқсат етеді. Ал жұлдыздың температурасымен бірге, жоғарыда айтылған соңғы факторлар, олардың эволюциялық статусы жайында айтуға мүмкіндік береді. Миллионның төрттен бір бөлігіне жуық нүктелік объектіні тіркеген, IRAS жасанды серігімен (спутник) аспанды ИҚ шолуды орындағаннан кейін, көптеген жұмыстар олардың оптикалық ұқсастықтарын анықтауға бағытталған болатын [4]. Бұл зерттеулер жаңа объектілердің тұтас бір классын (Вега типтес жұлдыздар және ППТ) анықтауға ғана емес, сондай-ақ танымал класстардағы жаңа жұлдыз өкілдерін (Ae/Be Хербиг, B[e] жұлдыздары және т.б.)

табуға да мүмкіндік берді [5]. Кезекті осындай объектілерді жете бақылау жұлдыздардың параметрлерін және жұлдыз маңайындағы қабықшаларды анықтауға алып келді, нәтижесінде біздің жұлдыздық эволюция жөніндегі ұсынысымызды жетілдірді.

Бұл жұмыста ИҚ көзбен байланысты IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 аз зерттелген екі жұлдыздың бақылау нәтижелері келтіріледі. Жұлдыздар IRAS каталогы және эмиссиялық сызықты галактикалық ыстық жұлдыздар каталогы арасындағы координаталық сәйкестендіріп іздеу нәтижесінде табылған [6-7]. SIMBAD астрономиялық мәліметтер базасы сол объектілер бақыланған уақыттағы жағдайы бойынша, осы екі объектінің оптикалық бақылауларының нәтижелері келтірілуі керек, ешқандай ғылыми жұмысқа сілтеме бермейді. Сондықтан таңдалған объектілердің физикалық параметрлерін анықтау және олардың эволюциялық статусы туралы қорытынды жасау мақсатында фотометриялық бақылау жүргізілді .

Объектілерді бақылау

Джонсонның UBVR_I жүйесіндегі фотометриялық бақылаулар Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы (ТШАО) 1 метрлік телескоппен, фотометр-поляриметр ФПЗУ көмегімен жүргізілді [8]. Бақылаулар кезінде өлшемі 26" болатын диафрагма пайдаланылды. Фонды автоматты түрде азайту 84" арақашықтықтан орындалды.

IRAS 22023+5249 жұлдызын бақылау кезінде салыстыру жұлдызы қызметін HD 209870 (спектрлік классы A2) атқарды, ал IRAS 22150+6109 жұлдызын бақылау кезінде – HD 211589 (спектрлік классы A3). Салыстыру жұлдыздарының BVR жолақтарындағы фотометриясы [9] каталогта келтірілген, (U-B) және (R-I) түс көрсеткіштері түн ішінде бірқатар стандартты жұлдыздарға жалғастыру арқылы бізбен анықталды. Салыстыру жұлдыздарының UBVR_I жүйесіндегі фотометриясы 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Салыстыру жұлдыздарын фотометриялық бақылау нәтижелері

HD	V	U-B	B-V	V-R	R-I
209870	7.29	0.10	0.14	0.11	0.06
211589	7.10	0.07	0.15	0.12	0.07

Өлшеу қателігі 0.02 жұлдыздық шамадан аспайды. Тіркеу жүйесінің сызықтық дәрижесінің жоғары болуы, жарқылы – зерттеліп жатқан объектілердің жарқылынан 5-7 жұлдыздық шамаға артық салыстыру жұлдыздарын қолдануға мүмкіндік береді. Біздің зерттеп жатқан объектілеріміздегі бұл айырмашылық IRAS 22023+5249 үшін 5.2^m жұлдыздық шаманы және IRAS 22150+6109 үшін 3.7^m жұлдыздық шаманы құрайды.

Фотометрдің оптикалық осіне қатысты объектінің екі түрлі орналасуында, объектілерден келетін сәулелену әрбір фильтрде 2-3 минут ішінде тіркелді, сондықтан да фон объектінің екі жағынан алынды. Салыстыру жұлдыздары объектіні тікелей бақылағанға дейін немесе бақылағаннан кейін 1-2 рет бақыланды. Жүйенің сезімталдылығы әрбір түн ішінде 10-15 стандартты жұлдызды бақылаумен қадағаланды. Өлшеу қателіктері, аспаптық жүйеден стандартты жүйеге ауысуды есепке алғанда UBВ жолақтарында 0.01-0.02 жұлдыздық шаманы және RІ жолақтарында 0.02-0.04 жұлдыздық шаманы құрайды. Бақылау күндері Юлиан күндерімен келтірілген, бүкіл әлемдік уақытпен қайта есептелуде. Объектілердің бақылау нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

Фотометрлік мәліметтерді талдау

Біздің 2 жыл уақыт аралығында жүргізген фотометриялық бақылауларымыз, екі объектінің де жарқылының әлсіз айнымалылығының шамамен 20% (0.2 жұлдыздық шама) екенін көрсетті. Автоматтандырылған телескоп арқылы түсірілген жұлдыз суретіне IRAF программалық пакеті көмегімен өңдеу жасалды және сәйкесінше UBVRІ фотометриялық жолақтарындағы жұлдыздық шамалар анықталды. IRAF программалық пакеті көмегімен өңдеу жасау үлгісі қосымша А көрсетілген.

2-кесте. IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 жұлдыздарының фотометриялық бақылау нәтижелері

IRAS 22023+5249					
JD	V	U-B	B-V	V-R	R-I
2450000					
+					
340.29	12.53	-0.64	0.44	0.46	0.29
340.32	12.50	-0.57	0.43	0.48	0.25
353.25	12.51	-0.57	0.42	0.47	0.27
417.04	12.44	-0.73	0.48	0.52	0.37
425.06	12.61	-0.67	0.40	0.39	0.18
428.06	12.49	-0.68	0.53	0.41	0.22
433.09	12.43	-0.51	0.42	0.38	0.16
439.11	12.39	-0.64	0.55	0.47	0.12
1037.39	12.40	-0.58	0.46	0.40	0.27
1039.44	12.45	-0.56	0.41	0.43	0.24
1060.41	12.43	-0.63	0.45	0.39	0.16
IRAS 22150+6109					
JD	V	U-B	B-V	V-R	R-I
2450000					
+					
340.35	10.84	-0.40	0.39	0.42	0.25
353.26	10.88	-0.40	0.43	0.37	0.28
417.07	10.85	-0.37	0.44	0.37	0.29
420.05	10.69	-0.32	0.51	0.30	0.24
424.07	10.93	-0.42	0.44	0.41	0.35
425.08	10.85	-0.40	0.47	0.39	0.27
429.07	10.80	-0.39	0.47	0.45	0.32
1039.37	10.80	-0.27	0.46	0.42	0.28
1044.34	10.76	-0.33	0.45	0.38	0.25
1060.36	10.82	-0.44	0.49	0.46	0.30

Мұндай айнымалылық ИҚ артылуы бар объектілер үшін әдеттегі болып табылады, ол көру шегіндегі жұлдыз маңайындағы газдың және тозаңның үлестірілуінің өзгерісімен байланысты болуы мүмкін. Сонымен біз екі жұлдыздың да спектріндегі энергия үлестірілуінің формасын жеткілікті түрде сенімді анықтай алмыз. Ол үшін біз өзіміздің нәтижелерімізбен қоса, ИҚ фотометрияда жарияланған, 2MASS жердегі барлау каталогтарында (ЖК жолақтары, 1.2-2.2 микрон диапазонда), MSX (8-21 микрон диапазонда,) және IRAS (12-100 микрон диапазонда) жасанды серіктерінің каталогтарында келтірілген нәтижелерді қолданамыз [10]. Сонымен тұрғызылған спектрдегі энергияның үлестірілуі (РЭС) 1-суретте келтірілген (Қосымша 1).

Екі объектінің де оптикалық түс көрсеткіштер, ерте кезеңдегі В спектралдық классының төменгі класстарына жатуы мүмкін, қызарған ыстық жұлдыз екенін

көрсетеді. (U-B) және (B-V) түс көрсеткіштерінің орташаланған комбинациясы IRAS 22023+5249 үшін B0 спектралдық классына және IRAS 22150+6109 үшін B3 спектралдық классына жататындығын көрсетеді. Қосынды (жұлдызаралық және жұлдыз маңайлық) жұтылу сәйкесінше 2.3 ± 0.2 және 2.0 ± 0.1 жұлдыздық шамаға тең. Біздің ИҚ артылуы бар жұлдыздарды зерттеу тәжірибеміз жұлдыз маңайлық жұтылудың толқындық тәуелділігі әдетте жұлдызаралық жұтылудың толқындық тәуелділігінен көп айырмашылығы жоқ екенін көрсетеді [11]. Сондықтан біз жұтылуды есепке алу үшін, жұлдызаралық жұтылудың орташа толқындық тәуелділігін пайдаландық [12]. Жұлдыз маңайлық ортасыз қалыпты жұлдыздар үшін, теориялық спектрдегі энергияның үлестірілуін салыстыру көрсеткендей, объектілердің спектрдегі энергия үлестірілуі 0.3 – 2 микрон диапазонда моделдікпен сәйкес келеді. Бұл дерек біздің жұтылу сипаты туралы болжауымыздың дұрыстығын және объектілер қабықшасында ыстық тозаңның жоқ екенін көрсетеді. Бірақта ИҚ диапазондағы объектілердің спектрдегі энергия үлестірілуі айтарлықтай өзгешеленеді. Егер IRAS 22023+5249 спектрінде 20-30 микрон аумағында типтік ППТ үшін максимум қатысса, онда IRAS 22150+6109 келетін сәулелену ағыны 100 микронға дейін, ұзын толқынды аумаққа қарай өсуін жалғастырады. Соңғысы ППТ-ға қарағанда суығырақ тозаң күтуге болатын, планетарлық тұмандықтарда да сирек бақыланады [13]. Бұдан басқа, планетарлық тұмандықтардағы жұлдыздардың температурасы айтарлықтай 30000 К-нен жоғары. Нәтижесінде біздің IRAS 22150+6109 спектралдық классы үшін берген бағалауымызбен сәйкес келмейді. Бұл объектінің ИҚ артылу формасының мүмкін болатын түсіндірмесі, оның басқа эволюциялық кезеңде болуы [14].

Қорытындылар және талқылаулар

Біздің объектілердің зерттеулері бар әдебиеттердегі мәліметтерді зерттеу IRAS 22023+5249 жұлдызының кейбір

жұмыстарда ППТ-қа кандидат ретінде қарастырылғандығын көрсетеді. Бірақта объектінің оптикалық сәулелену қасиеттері белгілі болмады. Біздің алған нәтижелеріміз оның сипаттық әлсіз оптикалық айнымалылығын және күшті эмиссиялық спектрі болуы керек ППТ болуының ең ықтимал екендігін көрсетеді [2,14]. Осы эволюция кезеңіндегі аралық массалы жұлдыздардың (3-5 Күн массасындай) типтік жарқырауын жорамалдап және жоғарыда бағалаған жалпы жұтылуды есепке алып, объектіге дейінгі арақашықтық шамамен 9 кпк екенін аламыз [15]. Бұл объект бағытындағы жұлдызаралық жұтылудың өзгеру заңымен үйлеседі. Мұндай үлкен арақашықтықта жұлдыз айналасындағы тұмандыққа рұқсат ету қиын, әсіресе егер ол жақында ғана пайда болған болса [16]. Шынымен де, IRAS 22023+5249 планетарлық тұмандықтар тізімінен саналмайды.

Объектілердің спектріндегі энергия үлестірілуінің (РЭС) оптикалық және жақын ИҚ диапазондардағы ұқсас болып көрінетіндігіне қарамастан, IRAS 22150+6109 планетарлық тұмандық болуы үшін, оның температурасы өте төмен. Оның спектріндегі энергия үлестірілуінде 100 микрондағы бақыланып отырған сәулелену ағынының сипаттамалық құлдырауы жоқ [17]. Басқа жағынан, объект бағытында, әдетте жас жұлдыздарда бақыланып отырған СО сызығында сәулелену тіркелді [18]. Одан басқа IRAS 22150+6109 жұлдызы, жұлдыз түзілуінің белсенді аумағы болып саналатын және 900 пк арақашықтықтағы L 1188 қараңғы бұлттың аумағында орналасқан [19]. Мұндай қашықтықта объект бастапқы Бас тізбекке сәйкес – 1.0 визуалды жұлдыздық шамаға ие болады [20]. Сондықтан B3 спектралдық классындағы жұлдыздардың бастапқы массасы шамамен 6-8 Күн массасындай, ол бастапқы Бас тізбекке жақын аймақта өзінің протожұлдыздық тозаңынан пайда болуы керек [21]. Спектрдегі энергия үлестірілуінің бақылаулары көрсеткендей, тепе-теңдік температурасы шамамен 300-500 К-нен аспайтын, күшті жұлдыздық жел, мұндай жұлдызға жұлдыз маңайындағы тозаңды біраз арақашықтыққа қууға

көмектеседі. H_α сызығындағы эмиссияның байқалуынан, жұлдыздың, әлі де жұлдыздық желі бар болуы мүмкін екендігі шығады. Желдің қасиеттері әлі жүргізілмеген, үлкен рұқсат етуге ие, спектралдық бақылаулардан анықталуы мүмкін [22].

Сонымен біздің IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 екі ИК объектіні оптикалық бақылауымыз, жұлдыздардың параметрлерін бағалауға және олардың эволюциялық статусы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Соңғылары жарияланған мәліметтермен келісілген болып табылады. Объектілердің жоғары рұқсат етудегі спектралды бақылаулар жұлдыздардың физикалық параметрлерін айқындауға және жұлдыздық желдің сипаттамаларын анықтауға қажетті [23].

Әдебиеттер тізімі

- 1 Herbig G.H., *Astrophys.J., Suppl.Ser.*, v.4, p.337-368, (1960). <https://doi.org/10.1086/190050>.
- 2 Harvey P.M., Thronson H.A. and Gatley I., Far-infrared observations of optical emission-line stars: evidence for extensive cool dust clouds. *Astrophys.J.*, v.231, p.115-123, (2009).
- 3 Бергнер Ю.К., Мирошнеченко А., Юдин В.В., Ютанов Н., Джакушева К., Куратов К.С., Муқанов Д.Б., *Переменные звезды*, 22, 890-892, (2009).
- 4 Cohen M. and Schwarz R.D., Infrared observations of young stars - VII. Simultaneous optical and infrared monitoring for variability, *Mon.Notic.Roy.Astron.Soc.*, v.174, p.137-155, (1996).
- 5 Canto J., Rodriguez L.F., Calvet N. and Levreault R.M., Stellar winds and molecular clouds: Herbig Be and Ae type stars, *Astrophys. J.*, v.282, p.631-640, (2004).
- 6 Bergner Y.K., Kuratov K.S. and Miroshnichenko A.S., *Proc. International Workshop on B(e) stars*, (eds.) Jасhek C. and Hubert A.M. Kluwer Acad. Publ., (2008).
- 7 Allen D.A. and Glass I.S., Emission-line stars with infrared dust emission: implications of the galactic distribution, *Mon.Notic.Roy.Astron.Soc.* v.170, p.579-587, (1995).
- 8 Бергнер Ю.К., Мирошнеченко А.С., Юдин Р.В., UBVR I фотометрия с использованием ФЭУ-138-I, *Известия ГАО АН СССР*, т.205, с.152-160, (1988).
- 9 Buscombe W., *Каталоги UBV-фотометрии и спектральной классификации звезд*, (1974-1988).
- 10 Berrilli F., Lorenzetti D., Saraceno D., Strafella F., *Multiband photometry (8-13 mkm) of Herbig Ae/Be stars*, *Mon.Not.Roy.Astron.Soc.*, v.228, p.833-8426 (1987).
- 11 Savage B.D. and Mathis J.S., Observed properties of interstellar dust, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, v.17, p.73-111. (1999).
- 12 Sitko M., Savage B.D. and Meade M.R., Ultraviolet observations of hot stars with circumstellar dust shells, *Astrophys.J.*, v.246, p.161-183. (2002).
- 13 T. M. Gledhill and K. P. Forde, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 447, Issue 2, 21 February 2015, Pages 1080-1095, <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2493>.
- 14 Sabbadin F. and Hamzaoglu E., Photographic and spectroscopic observations of planetary nebulae, *Astron. Astrophys.*, v.94, p.25-28, (2000).
- 15 Kuratov K.S. and Miroshnichenko A.S., *ASP conferens*, In *The Nature and Evolutionary Stars of HAEBE Stars*, Ser.62. P.134-137, Eds. Perer., Vanden Heuvce, . (1995).
- 16 V. Venkata Raman, B. G. Anandarao, P. Jannardhan and R. Pandey, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 470, Issue 2, September 2017, Pages 1593–1611, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx1237>.
- 17 Olga V. Zakhzhay, Anatoly S. Miroshnichenko, Kenesken S. Kuratov, Vladimir A. Zakhzhay, Serik A. Khokhlov, Sergey V. Zhariikov and Nadine Manset, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 477, Issue 1, June 2018, Pages 977–982, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty679>.
- 18 Loren R.B., Van den Bout P.A. and Davis J.H., Carbon monoxide emission from nebulosity associated with Herbig Be and Ae type stars, *Astrophys.J.*, v.185, L67-L70, (1996).
- 19 Evans N.L., Levreault R.M., Harvey P.M., Far-infrared photometry of low - mass pre-main sequence stars with broad CO wings, *Astrophys.J.*, v.301, p.894-900, (2006).

20 Shane B. Vickers, David J. Frew, Quentin A. Parker, Ivan S. Bojičić, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 447, Issue 2, 21 February 2015, Pages 1673–1691, <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2383>.

21 P. S. Chen, J. Y. Liu and H. G. Shan, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 463, Issue 2, 01 December 2016, Pages 1162–1172, <https://doi.org/10.1093/mnras/stw1757>

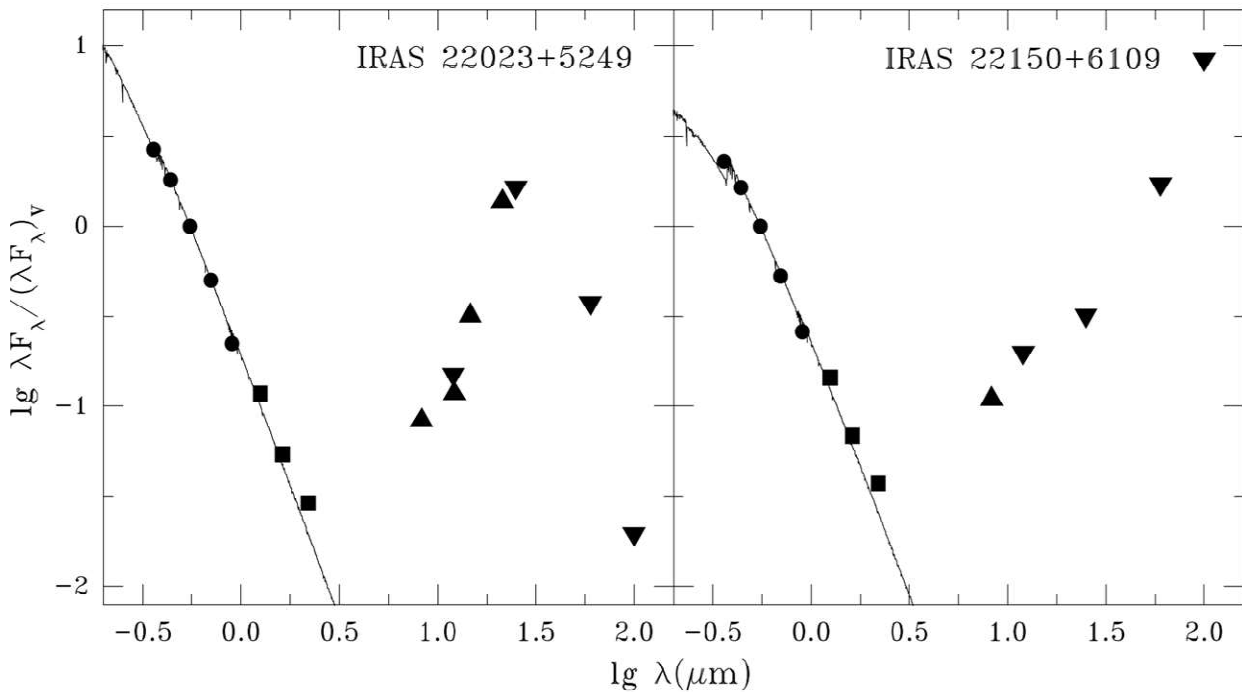
22 V. P. Arkhipova, M. Parthasarathy, N. P. Ikonnikova, M. Ishigaki, S. Hubrig, G. Sarkar and A. Y. Kniazev, Monthly Notices of the

Royal Astronomical Society, Volume 481, Issue 3, December 2018, Pages 3935–3952, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2483>.

23 E. Szegedi-Elek, M. Kun, A. Moór, G. Marton and B. Reipurth, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 484, Issue 2, April 2019, Pages 1800–1814, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty3406>.

18.03.2020 басылымға қабылданды

Қосымша 1



1-сурет. IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 жұлдыздарының спектрдегі энергия үлестірілу графиктері. Жоғарыдағы графикте біздің бақылаулар шеңбермен, 2MASS каталогынан алған мәліметтер – шаршымен (квадрат), MSX – басы жоғары қараған үшбұрышпен, IRAS – басы төмен қараған үшбұрышпен белгіленген. Теориялық спектрдегі энергияның үлестірілуі (PЭС) температурасы 30000 К және гравитациясы $\lg g = 4.0$ (IRAS 22023+5249 үшін), сондай-ақ температурасы 19000 К және гравитациясы $\lg g = 4.0$ (IRAS 22150+6109 үшін) модельдер үшін тұтас сызықпен белгіленген.

Қарқындылықтары логарифмдік $\lg \lambda F_\lambda$ бірліктермен берілген және V (0.55 микрон) жолағында сәулелену қарқындылығына нормаланған. Толқын ұзындықтары логарифмдік шкала бойынша микронмен берілген.

А.С.Нодяров, С.А.Хохлов
Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
Алматы, 050040, Қазақстан
**E-mail: nodyarov.atilkhan@gmail.com*

IRAS 22023+5249 ЖӘНЕ IRAS 22150+6109 ЖҰЛДЫЗДАРЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Бұл жұмыс бас тізбекке дейінгі Ae/Be Хербиг типті жас объектілерді зерттеуге арналған. Фотометриялық критерийлеріне сәйкес Ae/Be Хербиг типтегі жас объектілер де ИҚ артылуы және эмиссиялық сызықтары бар протопланеталық жұлдыздарға жақын келеді. Зерттеліп жатқан Ae/Be Хербиг типтегі жас объектілермен ИҚ каталог тізімі IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109 жұлдыздарымен толықтырылды. Мұнда Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы 1 метрлік оптикалық телескоппен алынған UBVRI Джонсон жүйесіндегі инфрақызыл сәулеленуінің артылуы бар (IRAS 22023+5249 және IRAS 22150+6109) екі жұлдыздың көп түсті фотометриялық бақылауларының нәтижелері ұсынылған. Бұл объектілер IRAS каталогы мен эмиссиялық сызықты галактикалық ыстық жұлдыздар каталогы арасындағы координаталық сәйкестендіріп іздеу нәтижесінде табылған. Ертеде бұл объектілер спектрдің $H\alpha$ аймағында эмиссиясы бар жұлдыздар ретінде белгілі еді, бірақ бұл кезде олардың оптикалық бақылаулары жүргізілмеген болатын. Жәрияланған нәтижелер мен осы алынған мәліметтерді бірге талдау жасау бізге объектілердің физикалық параметрлерін бағалауға және олардың эволюциялық деңгейін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеулер IRAS 22023+5249 жұлдызының эволюциясы дамыған, яғни прото-планетарлық тұмандық болуы мүмкін екендігін, ал IRAS 22150+6109 жұлдызының жас жұлдыз екенін көрсетті.

Түйін сөздер: ерте тип – жұлдыз, эволюция – жұлдыз, IRAS 22023 + 5249 және IRAS 22150+6109, жұлдыз маңындағы зат, инфрақызыл сәулелену, планетарлық тұмандық

A.S.Nodyarov, S.A.Khokhlov
Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, 050040, Kazakhstan
**E-mail: nodyarov.atilkhan@gmail.com*

DETERMINATION OF THE EVOLUTIONARY STATUS OF STARS IRAS 22023 + 5249 AND IRAS 22150 + 6109

Abstract. This work is devoted to the study of young Ae/Be Herbig type objects that are located up to the main sequence. According to photometric criteria, the young Ae/Be Herbig objects closely resemble protoplanetary stars, which also have IR excesses and emission lines. With the expansion of the list of young Ae/Be Herbig stars under study, stars IRAS 22023 + 5249 and IRAS 22150 + 6109 were included. Here are the results of multicolor photometric observations of two stars with an excess of infrared radiation (IRAS 22023 + 5249 and IRAS 22150 + 6109) in the UBVRI Johnson system, obtained with the 1-meter telescope of the Tien Shan Astronomical Observatory. These objects were found as a result of a search for coordinate correspondences between the IRAS catalog and the catalog of galactic hot stars with emission lines. Previously, IRAS 22023 + 5249 and IRAS 22150 + 6109 were known as stars with emission in the $H\alpha$ line, but their optical photometry was not performed. An analysis of the observed data together with the published results made it possible to evaluate the physical parameters of the objects and draw a conclusion about their evolutionary status. It is shown that IRAS 22023 + 5249 is most likely a proto-planetary nebula, and IRAS 22150 + 6109 is a young star

Keywords: Early-type – stars: evolution – stars: individual: IRAS 22023+5249 and IRAS 22150+6109: circumstellar matter – infrared: lines and bands – planetary nebulae.

А.С.Нодяров, С.А.Хохлов

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби,

Алматы, 050040, Казахстан

**E-mail: nodyarov.atilkhan@gmail.com*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО СТАТУСА ЗВЕЗД
IRAS 22023+5249 И IRAS 22150+6109**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию молодых объектов типа Ae/Be Хербига, которые находятся до главной последовательности (ГП). По фотометрическим критериям молодые объекты Ae/Be Хербига близко подходят к протопланетным звездам, которые также имеют ИК избытки и эмиссионные линии. При расширении списка исследуемых молодых звезд типа Ae/Be Хербига, были включены звезды IRAS 22023+5249 и IRAS 22150+6109. Здесь представлены результаты многоцветных фотометрических наблюдений двух звезд с избытком инфракрасного излучения (IRAS 22023+5249 и IRAS 22150+6109) в системе UBVR_I Джонсона, полученные на 1-метровом телескопе Тянь-Шаньской Астрономической Обсерватории. Данные объекты были найдены в результате поиска координатных соответствий между каталогом IRAS и каталогом галактических горячих звезд с эмиссионными линиями. Ранее IRAS 22023+5249 и IRAS 22150+6109 были известны как звезды с эмиссией в линии H α , но их оптическая фотометрия не проводилась. Анализ полученных наблюдаемых данных совместно с опубликованными результатами позволил оценить физические параметры объектов и сделать вывод об их эволюционном статусе. Показано, что IRAS 22023+5249 вероятнее всего является прото-планетарной туманностью, а IRAS 22150+6109 молодой звездой.

Ключевые слова: Ранний тип – звезды, эволюция – звезды, IRAS 22023 + 5249 и IRAS 22150+6109, околос звездное вещество, инфракрасное излучение, планетарные туманности