

ՀՀ ԳԱԱ Վ. Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարան  
(ՀՀ Ազգային արժեք)

Պարոնյան Գուրգեն Մելիսակի

**«Ակտիվ միջուկներով գալակտիկաների ունենալու հատկությունները»**

Ա.03.02 – «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն»  
մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների  
թեկնածուի գիտական աստիճանի համար ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Բյուրական – 2025

---

Бюраканская Астрофизическая Обсерватория имени В. Амбарцумяна  
НАН РА (Национальное достояние РА)

Паронян Гурген Мехакович

**«Рентгеновские свойства галактик с активными ядрами»**

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности А.03.02 – “Астрофизика,  
радиоастрономия”

АВТОРЕФЕРАТ

Бюракан-2025

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Վ. Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանի (ԲԱ) գիտական խորհրդում:

Գիտական ղեկավար՝ Ֆ.Վ.Գ.Թ. Միքայելյան Արեգ Մարտինի Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆ.Վ.Գ.Դ. Արարատ Գևորգի Եղիկյան

Ֆ.Վ.Գ.Թ. Աշոտ Աղաբեկի Հակոբյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի պետական համալսարան:

Պաշտպանությունը կայանալու է 2025թ. փետրվարի 27-ին ժամը 12:00-ին, ՀՀ ԳԱԱ Վ. Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Աստղագիտություն» 048 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0213, Բյուրական, Արագածոտնի մարզ):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Բյուրականի աստղադիտարանի գրադարանում:

Սեղմագիրը առաքված է 2025թ. հունվարի 24-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝

Ֆ.Վ.Գ.Թ.



Շ. Վ. Արքահամյան

---

Тема диссертации утверждена ученым советом Бюраканской астрофизической обсерватории им. В. А. Амбарцумяна НАН РА.

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук А. М. Микаелян

Официальные оппоненты: д-р физ.-мат. наук А.Г.Егикян

канд. физ.-мат. наук А.А.Акопян

Ведущая организация: Ереванский государственный университет.

Защита состоится 27-го февраля 2025 года в 12:00 часов на заседании специализированного совета ВАК РА 048 "Астрономия" Бюраканской астрофизической обсерватории имени В. А. Амбарцумяна НАН РА (0213, Бюракан, Арагацотнская область).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке обсерватории.

Автореферат разослан 24-го января 2025 г.

Ученый секретарь спец. совета  
канд. физ.-мат. наук



А.В. Абрамян

## ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

### **Թեմայի արդիականությունը**

Արտագալակտիկական աստղագիտության մեջ 1960-ական թթ. սկզբներից կարևորագույն տեղ են զբաղեցնում ռենտգենյան աղբյուրները, որոնք ակտիվ գալակտիկական միջուկների (ԱԳՄ) շատ կարևոր ներկայացուցիչներից են: Հզոր ռենտգենյան ճառագայթումով են օժտված, բազմաթիվ քվազարներ, բլազարներ, Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներ, նաև որոշ տեսակի աստղեր և այլն: Ներկայիս բազմալիքային աստղագիտության մեջ մեծ դեր և հետաքրքրություն են ներկայացնում ռենտգենյան ճառագայթման ուսումնասիրությունները: ԱԳՄ-ներում ընթացող գործընթացները պայմանավորում են ռենտգենյան աղբյուրների փոփոխականությունը և բևեռացումը: Ներկայիս լայնածավալ ռենտգենյան՝ արտամթնոլորտային, դիտումները հնարավորություն են ընձեռում մեծ տվյալների հիման վրա վիճակագրորեն ուսումնասիրել թե՛ ռենտգենյան աղբյուրներն ընդհանրապես, թե՛ «ռենտգենյան» գալակտիկաներն ու այլ գալակտիկաների ռենտգենյան հատկությունները: Ատենախոսությունը նվիրված է ռենտգենյան ԱԳՄ-ների նույնացումներին, ակտիվ գալակտիկաների ռենտգենյան ճառագայթման ուսումնասիրությանը և դրանց սպեկտրալ դասակարգմանը: Այն միաժամանակ նոր օբյեկտների որոնման ու հայտնաբերման հնարավորություն է ընձեռում: Ատենախոսությունը իրենից ներկայացնում է՝ նոր հայտնաբերած օբյեկտների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունների, ժամանակակից եղանակների կիրառության, և մեծածավալ ու բազմաբնույթ տվյալների արդյունավետ օգտագործման համադրություն:

### **Արենախոսության նպատակն ու խնդիրները**

Խնդրի նպատակն է եղել հասկանալ, թե ինչպիսի ռենտգենյան և օպտիկական հատկություններով են օժտված ակտիվ միջուկով գալակտիկաները և այդ գալակտիկաների տարբեր տարատեսակները: Կան կատարված բազմաթիվ աշխատանքներ, որոնք բնութագրում են ակտիվ միջուկով գալակտիկաները, բայց չկան հստակ դուրս բերված այն հատկությունները, որոնց հիման վրա կարելի է առանձնացնել ակտիվ միջուկով գալակտիկաները: Մասնավորապես, այդպիսի հատկություններից մեկը հանդիսանում է ակտիվ միջուկով գալակտիկաների ռենտգենյան ճառագայթումը: Սակայն մինչ այժմ չկա հստակ վերլուծություն, թե ամենաքիչ ինչքան պետք է լինի գալակտիկայի (կամ քվազարի) ռենտգենյան և օպտիկական տիրույթներում ճառագայթման հոսքերի կամ լուսատվության հարաբերությունները, որպեսզի այդ աղբյուրը համարենք ակտիվ միջուկով գալակտիկա: Ատենախոսության մեջ անդրադարձ է եղել այդ հարցերին՝ ունենալով տարբեր մեթոդներով առանձնացված ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ, ի հայտ են բերվել մի շարք ռենտգենյան և օպտիկական հատկություններ, որոնք հիմք կհանդիսանան ակտիվ միջուկով գալակտիկաների բնորոշման համար:

### Արենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, ևս հինգ գլուխներից և օգտագործված գրականության ցանկից:

Առաջին գլխում՝ ներածության մեջ, ներկայացված է ընդհանուր պատկերացում ռենտգենյան աստղագիտության, ակտիվ գալակտիկական միջուկների և նրանց ենթադասերի վերաբերյալ:

Երկրորդ գլխում ներկայացված է ստեղծված ռենտգենյան ԱԳՄ-ների համասեռ՝ բազմալիքային տվյալներ ընդգրկող, ընտրանքը (կատալոգ)՝ հիմնված ROSAT աղբյուրների օպտիկական նույնացումների վրա (4253 ռենտգենյան ԱԳՄ): Այն իր մեջ ներառում է 267 բլազար, 1269 քվազար, 1833 ԱԳՄ և 884 ԱԳՄ-ի թեկնածու (կից տպագրվել է էլեկտրոնային կատալոգ՝ 175սյուն×4253տող): Կատարվել է 1083 սխալ դասակարգված օբյեկտների վերադասակարգում: Գտնվել են դիագրամներ, որոնց միջոցով կարելի է առանձնացնել ռենտգենյան ԱԳՄ-ները գալակտիկաներից և աստղերից:

Երրորդ գլխում իրականացվել է HRC/BHRC կատալոգից ընտրված 371 ԱԳՄ-ի թեկնածուների սպեկտրալ հետազոտություններ: Այդ օբյեկտների համար առաջին անգամ կատարվել են դասակարգումներ ըստ տեսակների և ակտիվության դասերի (կատարվել են սպեկտրների նուրբ դասակարգումներ): Կից տպագրվել է 4 էլեկտրոնային կատալոգ՝ 52սյուն×173տող, 37սյուն×79տող, 52սյուն×198տող, 17սյուն×198տող: 80 օբյեկտներ առանձնացվել են որպես թաքնված ԱԳՄ-ների թեկնածուներ:

Կատարվել է HRC/BHRC ԱԳՄ-ների ամբողջական կատալոգի օբյեկտների (4253 օբյեկտ) սպեկտրալ դասակարգում (սպեկտրները առկա են 2908 օբյեկտի մոտ): Տրվել են դրանց ակտիվության դասերի նուրբ առանձնահատկությունները, և դիագրամի միջոցով այդ կատալոգից առանձնացվել են 543 թաքնված ԱԳՄ-ների թեկնածուներ:

Իրականացվել է ռադիոաղբյուրների հետազոտում ռենտգենյան տիրույթում (9193 աղբյուր): Դրանք նույնականացվել են օպտիկական տիրույթում և դասվել են ԱԳՄ-ների թեկնածուների շարքին (հավաքվել են բազմալիքային տվյալներ): Դրանցից 3259 սպեկտրադիտական եղանակով հաստատվել է որպես ԱԳՄ, քվազար կամ բլազար, իսկ 2372-ը ունեն սպեկտրներ SDSS-ում և հանդիսանում են ԱԳՄ-ների թեկնածուներ (որոնք չունեն դասակարգումներ):

Չորրորդ գլխում ներկայացվում է ռենտգենյան տիրույթում գրանցվող, սպեկտրաչափական եղանակով հաստատված, բազմալիքային տվյալներ ընդգրկող, բլազարների ընտրանքը (1709 բլազար) և դրանց հատկությունների ուսումնասիրությունը: Բլազարների համար գնահատվել են հեռավորությունները, բացարձակ աստղային մեծությունները, օպտիկական և ռենտգենյան լուսատվությունները, ռենտգենյան սպեկտրային ինդեքսները (էլեկտրոնային կատալոգը տպագրման փուլում է՝ ընդգրկում է 106սյուն×3561տող): Գտնվել է կապ օպտիկական և ռենտգենյան լուսատվությունների միջև ( $L_x \propto L_{opt}^{0.86}$ ):

Հինգերորդ գլխում հետազոտվել է ռենտգենյան միավորված կատալոգում (8132 օբյեկտ՝ 4253 ԱԳՄ-ի թեկնածու, 492 գալակտիկա, 1800 աստղ, 1587 ցածր լուծունակության սպեկտրներով օբյեկտներ) ընդգրկված ռենտգենյան աստղերի բազմալիքային ուսումնասիրությունները: Կատարվել է դրանց դասակարգումը ըստ տիպերի՝ օգտվելով SDSS-ի սպեկտրներից:

Վեցերորդ գլխում դուրս են բերվել ընդհանուր հատկությունները ակտիվ գալակտիկական միջուկների և ակտիվ գալակտիկաների վերաբերյալ և կատարվել է եզրակացություն:

**Արենախոսության բովանդակությունը**

**Գլուխ 1.** Ներածության մեջ, ներկայացված է ընդհանուր պատկերացում ակտիվ գալակտիկական միջուկների վերաբերյալ:

**Գլուխ 2.** Աշխատանքում ստեղծվել է ռենտգենյան ճառագայթում ունեցող ԱԳՄ-ների ընտրանք և իրականացվել են դրա բազմալիքային (ԲԱ) ուսումնասիրություններ՝ էլեկտրամագնիսական ալիքների տարբեր տիրույթներում հոսքերի միջև կապեր գտնելով, որոնց միջոցով հաստատվել են ԱԳՄ-ների թեկնածուները իսկ որոշ դեպքերում գտնվել են նորերը:

Ռենտգենյան աղբյուրների ընտրանքի համասեռությունն ու ամբողջականությունն ապահովելու համար օգտագործվել են միայն ROSAT կատալոգների տվյալները: ROSAT-ի տվյալները հիմնականում ներկայացված են երկու կատալոգներում՝ ROSAT All-Sky Survey Bright Source Catalog (RASS - BSC) և ROSAT All-Sky Survey Faint Source Catalog (RASS - FSC): Դրանք հստակորեն առանձնանում են միմյանցից ռենտգենյան հոսքով, որն արտահայտվում է հաշվարկի արագությամբ (CR) (ընդունիչի կողմից գրանցված քվանտների քանակը միավոր ժամանակում): RASS-BSC-ն պարունակում է 18811 աղբյուր՝  $CR > 0.05$  մաս/վրկ, իսկ RASS-FSC-ն պարունակում է 105924 աղբյուր՝  $CR < 0.05$  մաս/վրկ՝  $CR > 0.0005$  մաս/վրկ զգայունության տիրույթում: ROSAT-ի աղբյուրների օպտիկական նույնացումները իրականացվել են Hamburg Quasar Survey-ի (HQS) շրջահայության հիման վրա, որն իրականացվել է Համբուրգի աստղադիտարանի 80 սմ Շմիդտի համակարգի աստղադիտակի միջոցով և ընդգրկում է ողջ հյուսիսային երկինքը՝ բարձր գալակտիկական լայնություններում: Շրջահայության սպեկտրներն ստացվել են 1.7° օբյեկտիվ պրիզմայի միջոցով:

Այս շրջահայության օբյեկտների հետ, ռենտգենյան աղբյուրների նույնացման նպատակով կատարվել է երկու աշխատանք՝ Hamburg-ROSAT Catalogue (HRC) և Byurakan-Hamburg-ROSAT Catalogue (BHRC): HRC-ին հիմնված է RASS-BSC-ի վրա և պարունակում է 5341 աղբյուր՝  $|b| > 20^\circ$  և  $\delta > 0^\circ$  տիրույթում, մինչդեռ BHRC-ն հիմնված է RASS-FSC-ի վրա և պարունակում է 2791 թույլ աղբյուրներ՝  $CR \geq 0.04$  մաս/վրկ սահմանափակմամբ: Միավորելով այս երկու ընտրանքները ստեղծվել է ռենտգենյան ԱԳՄ-ների համասեռ ընտրանք, որն ընդգրկում է ողջ հյուսիսային երկինքը, և սահմանափակվում է գալակտիկական բարձր լայնություններով ( $\delta > 0^\circ$ ,  $|b| \geq 20^\circ$ ), իսկ  $CR \geq 0.04$  մաս/վրկ-ից: Ընտրանքները ուսումնասիրելուց և ստուգելուց

հետո բացառվել են մի շարք սխալ նույնացումներ և ներառվել են որոշ բացակայող ԱԳՄ-ներ, այդ օբյեկտների թիվը 1024 և 59 է համապատասխանաբար HRC-ի և BHRC-ի համար: Այսպիսով, միացյալ կատալոգի ԱԳՄ-ներ կամ դրանց թեկնածուներ հանդիսացող օպտիկական օբյեկտների թիվը հավասարվեց 4253-ի, այսինքն 32%-ով ավելի, քան HRC-ի և BHRC-ի ընտրանքների պարզ համադրության դեպքում: Ստորև աղյուսակային տեսքով ցույց է տրված ԱԳՄ-ներ բաշխվածությունն ըստ տեսակների (HRC/BHRC AGN կատալոգում, համեմատած HRC-ի և BHRC-ի սկզբնական կատալոգների հետ):

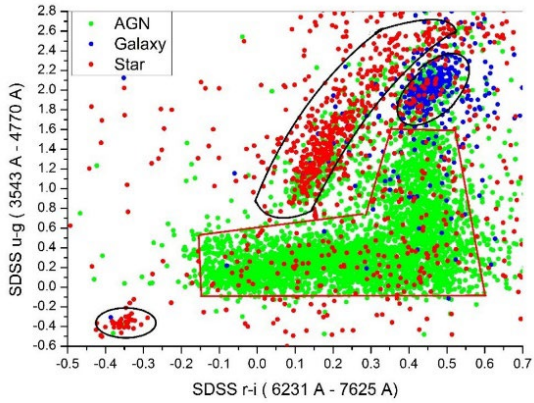
Տեսակ	HRC	BHRC	HRC/BHRC	Տոկոս
Բլազար	0	16	267	6.28
Քվազար	874	994	1269	29.84
ԱԳՄ	560	393	1833	43.10
Թեկնածուներ	214	141	884	20.78
Ամբողջը	1648	1544	4253	100.00

Այս բոլոր օբյեկտների համար հավաքվել են բազմալիքային տվյալներ հետևյալ կատալոգներից՝

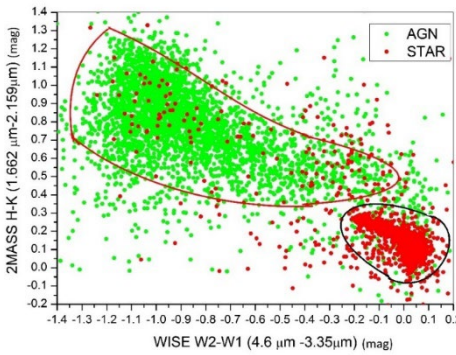
- **Gamma-ray:** FERMI, INTEGRAL;
- **UV:** GALEX;
- **Optical:** APM, USNO-B1.0, GSC 2.3.2, SDSS DR16;
- **IR:** 2MASS Point Source Catalogue, 2MASS Extended Source Catalogue, WISE, IRAS Point Source Catalogue, IRAS Faint Source Catalogue, IRAS PSC/FSC Combined Catalogue;
- **Radio:** NVSS, FIRST;
- **AGN catalog:** VCV-13, Roma-BZCAT v.5

4253 HRC/BHRC օբյեկտներից 3369 հաստատվել են որպես ԱԳՄ-ներ՝ օգտագործելով VCV-13 և BZCAT դասակարգումները, իսկ մնացած 884-ը պահպանվել են որպես ԱԳՄ-ի թեկնածուներ: Ընտրանքի բոլոր օբյեկտների համար գնահատվել են հեռավորությունները, բացարձակ աստղային մեծությունները, լուսատվությունները տարբեր տիրույթներում և այլն: ԱԳՄ-ները տարբերակելու և ապագայում ԱԳՄ-ների կամ դրանց թեկնածուների որոնման համար կառուցվել են տվյալների փոխադարձ կախվածությունը և բաշխումները նկարագրող տարբեր գրաֆիկներ և հիստոգրամներ, որոնցից մի քանիսը որպես օրինակ բերված են ստորև:

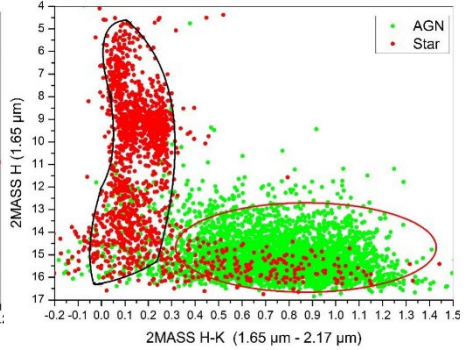
Գտնվել են դիագրամներ (ընդգծված մասի մեջ ընկած են համապատասխան տեսակի 90%-ը), որոնք թույլ են տալիս առանձնացնել ռենտգենյան աստղերը ԱԳՄ-ներից (նկար 2.2 և նկար 2.3):



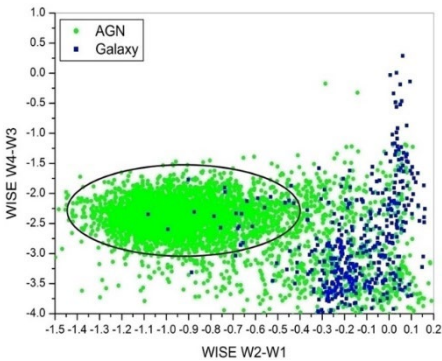
**Նկար 2.1.** HRC/BHRC ընտրանքի օբյեկտների SDSS գույն-գույն դիագրամը:



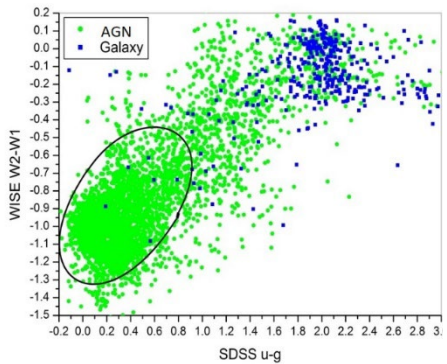
**Նկար 2.2.** 2MASS - WISE գույն-գույն դիագրամ



**Նկար 2.3.** 2MASS-ի գույն-մեծություն դիագրամ



**Նկար 2.4.** WISE-ի գույն-գույն դիագրամ



**Նկար 2.5.** WISE-ի գույն և SDSS-ի գույն դիագրամ

Ինչպես նաև ստացվել են դիագրամներ, որոնք թույլ են տալիս առանձնացնել ռենտգենյան գալակտիկաները ԱԳՄ-ներից (նկար 2.4 և նկար 2.5):

Ակտիվ գալակտիկական միջուկների HRC/BHRC կատալոգը կարող է օգտակար լինել ռենտգենյան տիրույթում ընտրված ԱԳՄ-ների տարբեր ուսումնասիրությունների, ինչպես նաև գալակտիկաների ռենտգենյան հատկությունների ուսումնասիրության և վիճակագրության համար:

**Գլուխ 3.** Այս գլխում ընդգրկված է երեք աշխատանք՝

1. Նախորդ գլխում քննարկված ընտրանքում ընդգրկվում էր 4253 օբյեկտ, որոնցից 3369 հաստատված են որպես ԱԳՄ-ներ՝ օգտագործելով օպտիկական սպեկտրային դասակարգումները (հիմք ընդունելով VCV-13-ը և BZCAT-ը), իսկ մնացած 884-ը դասակարգվել են որպես ԱԳՄ-ների թեկնածուներ: Այդ 884 ԱԳՄ-ների թեկնածուներից 371-ի մոտ առկա են սպեկտրներ SDSS կատալոգում: Այդ օբյեկտների համար, կատարվել են մանրակրկիտ սպեկտրային դասակարգումներ, դրա համար օգտագործելով ինչպես դիագնոստիկ դիագրամներ, այնպես էլ կատարելով այդ սպեկտրների մանրակրկիտ հետազոտություններ, փորձելով բացահայտել այդ օբյեկտների տիպերը և ակտիվության դասերը, ինչը թույլ կտա դասակարգել նոր ԱԳՄ-ներ, ինչպես նաև հետագայում վստահորեն օգտագործել նախորդ գլխում ստացված արդյունքները նոր ԱԳՄ-ների թեկնածուներ առաջադրելու համար: Սպեկտրների ակնադիտական հետազոտությունների համար (լայն գծերով ԱԳՄ-ների նույն դասակարգման համար) հիմնականում օգտագործվել են [OII] 3727Å, H $\gamma$ /HeI 3889Å, [NeIII] 3968Å, H $\epsilon$  [SII] 4069/76Å, H $\delta$ , H $\gamma$ , [OIII] 4363Å, H $\beta$ , [OIII] 4959Å, [OIII] 5007Å, NI 5198/5200Å, HeI 5876Å, [OI] 6300Å, [OI] 6364Å, [NII] 6548Å, H $\alpha$ , [NII] 6583Å, [SII] 6716Å, [SII] 6731Å սպեկտրային գծերը, իսկ դիագնոստիկ դիագրամների համար (նեղ գծերով ԱԳՄ-ները տարանջատելու համար) օգտագործվել են H $\beta$ , [OIII] 5007Å, [OI] 6300Å, H $\alpha$ , [NII] 6583Å և [SII] 6716+6731Å գծերը: Դասակարգման արդյունքները բերված են ստորև աղյուսակային տեսքով:

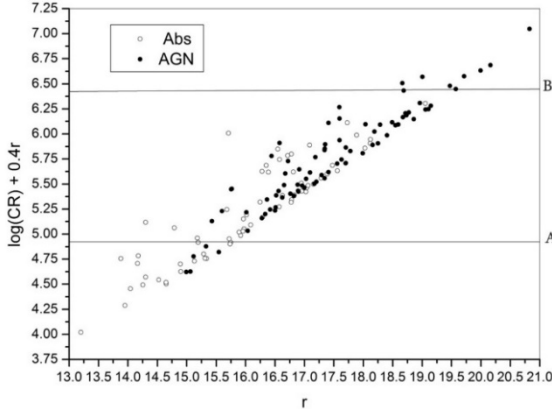
Դասը	Քանակը	Դասը	Քանակը	Դասը	Քանակը
QSO	14	S1.5	11	HII/Sy	3
QSO1.2	5	NLS1.5	8	HII/LINER	4
NLQSO1.2	1	S1.8	14	HII	36
QSO1.5	4	NLS1.8	24	Em	35
NLQSO1.5	2	S1.9	10	Abs	109
S1.0	4	NLS1.9	2	Star	31
NLS1.0	1	S2.0	1	UnCl	30
S1.2	7	LINER	7	--	--
NLS1.2	6	LINER/Sy	2	--	--

**Աղյուսակ 3.1.** Օբյեկտների ակտիվության դասերն ըստ տեսակների:



Հարկ է նշել, որ այս օբյեկտներից միայն 169-ն ունեն NED-ում որոշակի դասակարգում: Ուսումնասիրության արդյունքում պարզվել է, որ դրանցից միայն 9-ն են այնտեղ դասակարգվել ճիշտ: Հետևաբար այս դասակարգումն ավելի հուսալի է, քանի որ հաշվի են առնվել սպեկտրի գծերի լայն բաղադրիչները, ինչը հնարավոր չէ դիագնոստիկ դիագրամներով:

Նկար 3.1-ում ներկայացված է օբյեկտների համար կախվածությունը՝  $\text{Log}(\text{CR})+0.4r$ -ը  $r$ -ից: Հատկապես հետաքրքիր է դիտարկել այս կապը կլանման գծերով գալակտիկաների համար՝ հասկանալու, թե արդյոք դրանք թաքնված ԱԳՄ-ներ են, թե ունեն ռենտգենյան ճառագայթում գալակտիկական բնակչության գումարային ճառագայթմամբ պայմանավորված (բաշխման վրա ԱԳՄ-ները ընկնում են A և B տողերի միջև): Այսպիսով, հայտնաբերվել է 80 օբյեկտ, որոնք հանդիսանում են թաքնված ԱԳՄ-ների թեկնածուներ, որոնց ուսումնասիրությունը կիրականացվի մոտ ապագայում, փորձելով ստանալ դրանց որակյալ սպեկտրները և հաստատել դրանց որպես ԱԳՄ-ներ:



**Նկար 3.3.** Ռենտգենյան ԱԳՄ-ների թեկնածուներ:

2. Այս աշխատանքում փորձ է արվել իրականացնել ռենտգենյան ԱԳՄ-ների սպեկտրային դասակարգում և բացահայտել դրանց ակտիվության դասերը՝ հիմք ընդունելով ռենտգենյան ԱԳՄ-ների ROSAT HRC/BHRC կատալոգը, ինչպես նաև հասկանալ, թե ակտիվության որ դասն է ավելի տարածված այս աղբյուրներում: Կատալոգում առկա 4253 HRC-BHRC օբյեկտներից 3369-ը հաստատվել են որպես ԱԳՄ-ներ օգտագործելով օպտիկական կատալոգները՝ հիմնականում օգտագործելով VCV-13-ն, BZCAT-ը: Այս ենթագլուխը նվիրված է այդ 3369 օբյեկտների սպեկտրների ուսումնասիրությանը և դրանց ակտիվության դասերին: Սպեկտրային հետազոտությունները կատարվել են նույն մեթոդներով, ինչը որ նկարագրված է նախորդ ենթագլխում: Դասակարգման արդյունքները բերված են ստորև աղյուսակային տեսքով:

Ակտիվության դաս	Տոկոս	Ակտիվության դաս	Տոկոս
QSO	2.5	HII	14.5
Sy 1.0 & nSy 1.0	1	ELG	10
Sy 1.5 & nSy 1.5	3.5	Comp	4
Sy 1.8 & nSy 1.8	12.7	Galaxy	47
Sy 1.9 & nSy 1.9	7	WD, CV, C, star	1.7
LINER	0.6	Uc Cl	4.5

### Աղյուսակ 3.2. ԱԳՄ-ների ակտիվության դասերը

3. Այս ենթազվյալում փորձ է արվում ստեղծել ընտրված ռենտգեն-ռադիո աղբյուրների կատալոգ և իրականացնել դրանց ԲԱ ուսումնասիրություններ՝ էլեկտրամագնիսական ալիքների տարբեր տիրույթներում հոսքերի միջև կապեր փնտրելու համար: Ռենտգենյան աղբյուրների համար ընտրանքի միատարրությունն ու ամբողջականությունն ապահովելու համար վերցվել են միայն ROSAT կատալոգների տվյալները: Ռադիո աղբյուրների ընտրության համար օգտագործվել է NVSS կատալոգը: Ապա ստացված 9193 աղբյուրների համար հավաքվել են դրանց բազմալիքային տվյալները՝

- **Gamma-ray:** FERMI, INTEGRAL;
- **X-ray:** ROSAT, XMM-Newton DR12, Chandra Source Catalog V2.0;
- **UV:** GALEX;
- **Optical:** APM, USNO-B1.0, GSC 2.3.2, SDSS DR16;
- **IR:** 2MASS Point Source Catalogue, 2MASS Extended Source Catalogue, WISE, IRAS Point Source Catalogue, IRAS Faint Source Catalogue, IRAS PSC/FSC Combined Catalogue;
- **Radio:** NVSS, FIRST;
- **AGN catalog:** VCV-13, Roma-BZCAT v.5

9193 օբյեկտներից 3259-ը հաստատվել են որպես ակտիվ գալակտիկական միջուկներ (1359 հաստատված բլազար, 1010 հաստատված քվազար): Ընտրանքի բոլոր օբյեկտների համար գնահատվել են հեռավորությունները, բացարձակ աստղային մեծությունները, լուսատվությունները տարբեր տիրույթներում և այլն: Կառուցվել են տարբեր աղբյուրների տվյալների բաշխման գրաֆիկներ և հիստոգրամներ (հեռավորությունների, աստղային մեծությունների և այլն): SDSS DR16-ից սպեկտրները հասանելի են ընտրանքի 2395 օբյեկտների համար, ինչը թույլ է տալիս կատարել դրանց մանրամասն սպեկտրային դասակարգում:

**Գլուխ 4.** Ակտիվ միջուկով գալակտիկաների կարևորագույն տեսակներից մեկն են հանդիսանում բլազարները: Մինչ այժմ հայտնի է ընդամենը 3561 բլազար, որոնք 2015 թվականին Մասարոյի և այլոց կողմից հավաքագրվել և ներկայացված են BZCAT v.5 կատալոգում: Բլազարներ ի սկզբանե համարվում էին այն ռադիո աղբյուրները, որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն: Բայց մինչև այժմ,

որևէ տեղ, ընդհանրացված չկա այս աղբյուրների օպտիկական փոփոխականության մասին տեղեկատվություն:

Հասկանալու համար, թե ինչպես են տարբերվում իրարից բլազարների տարբեր դասերը, գնահատվել են այդ աղբյուրների բացարձակ աստղային մեծությունը և լուսատվությունը: Ունենալով բոլոր աղբյուրների համար SDSS-ի  $r$  շերտում տեսանելի աստղային մեծությունները, և կարմիր շեղումները, գնահատվել են բացարձակ աստղային մեծությունները հետևյալ բանաձևով՝

$$M = m + 5 - 5 \text{Log} D - f(z) + \Delta m(z) \quad (4.1)$$

որտեղ  $M$ -բացարձակ աստղային մեծությունն է,  $m$ -տեսանելի աստղային մեծությունը,  $D$ - աղբյուրի հեռավորությունն է, որ որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$D = \frac{c(1+z)}{H_0} \times \int_0^z [(1+z)^3 \times \Omega_M + \Omega_\Lambda]^{-0.5} dz \quad (4.2)$$

$z$ -կարմիր շեղումն է, իսկ  $f(z)$  ուղղումն է, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$f(z) = -2.5 \times \text{Log}(1+z)^{1-\alpha} \quad (4.3)$$

$\Delta m(z)$ -ը  $f(z)$ -ի ուղղումն է, որտեղ հաշվի է առնված այն հանգամանքը  $S \sim \theta^{-\alpha}$  ( $\alpha = 0.3$  ըստ Վերոնի աշխատանքի): Հաշվարկներում օգտագործվել են տիեզերաբանական հաստատունների հետևյալ արժեքները՝

$\Omega_M = 0.29$ ,  $\Omega_\Lambda = 0.71$  և  $H_0 = 71$  կմ×վ<sup>-1</sup>/Մպկ:

Ունենալով բացարձակ աստղային մեծությունը, գնահատվել են բլազարների լուսատվությունները:

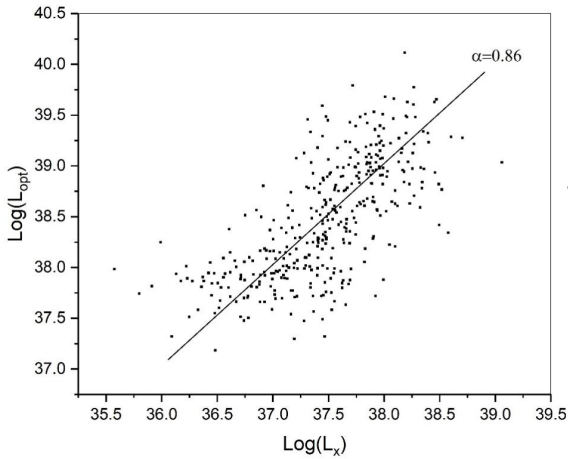
Օպտիկական հոսքը SDSS-ի  $r$  ֆիլտրում հաշվարկվել է հետևյալ առնչությամբ՝

$$F_r = 2 * b * F_0 * \sinh\left(\frac{m}{\frac{2.5}{\text{Ln}(10)}} - \text{Ln}(b)\right), \quad (4.4)$$

որտեղ՝  $b = 1.2 * 10^{-10}$ ;  $F_0 = 3631$  (Jy):

Կատարվել է նույնացում ռենտգենյան կատալոգների հետ (ROSAT, Swift-BAT, INTEGRAL, Chandra, XMM): Հնարավոր է եղել նույնացնել 1709 օբյեկտ (բլազարների 48%), որոնց համար գնահատվել են ռենտգենյան հոսքերը և լուսատվությունները, կառուցվել են ռենտգենյան և օպտիկական լուսատվությունների հարաբերությունների դիագրամներ: Ստացվել է կապ այդ լուսատվությունների միջև՝ ( $L_x \propto L_{opt}^{0.86}$ ), 0.75 կորելյացիայի գործակցով:

Գնահատվել են ռենտգենյան սպեկտրային ինդեքսները, ինչպես նաև կառուցվել են ռենտգենյան սպեկտրային էներգիայի բաշխումները (SED):



**Նկար 4.1.** Ռենտգենյան և օպտիկական տիրույթներում լուսատվությունների միջև կապը:

**Գլուխ 5.** ROSAT-ի կատալոգները պարունակում են հազարավոր հետաքրքիր օբյեկտներ, այդ թվում ԱԳՄ-ներ, ենթաթզուկներ, սպիտակ թզուկներ (WD), պայթյունային փոփոխականներ (CV), ածխածնային աստղեր (C) և այլն: Շատ դեպքերում ռենտգենյան աստղերն իրենց հատկություններով նմանվում են ԱԳՄ-ներին և խառնվում են դրանց հետ, ինչը նաև տեղի է ունեցել HRC/BHRC համատեղ կատալոգը ստեղծելիս (8132 օբյեկտ): Այս կատալոգը ներառում է 4253 ԱԳՄ-ներ և դրանց թեկնածուներ, 492 գալակտիկաներ, 1800 աստղեր և 1587 անհայտ օբյեկտներ (ցածր որակի սպեկտրներով): Այս աշխատանքում իրականացվել են այդ 1800 աստղերի ուսումնասիրությունները: Ռենտգենյան աստղերը ընդգրկում են պայծառ աստղեր, սպիտակ թզուկներ, կատակլիզմիկ փոփոխականներ, վաղ տիպի աստղեր, ջերմ պսակային աստղեր, ուշ տիպի աստղեր և այլն: Այս տիպերից որոշները բավական հետաքրքիր օբյեկտներ են, և հայտնաբերված են քիչ քանակությամբ (օրինակ WB և CV), ինչը խթան հանդիսացավ կատարելու նաև այս աստղերի ուսումնասիրությունները:

Դրանց համար նախ հավաքվել են բազմալիքային տվյալներ, ինչպես նաև համեմատվել են սպիտակ թզուկների և պայթյունային փոփոխականների կատալոգների հետ:

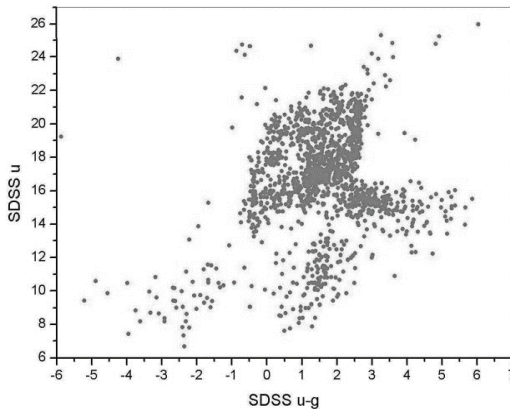
Աստղերից 1429-ն ընկած են SDSS-ի տիրույթում, բայց միայն 433-ի մոտ են առկա սպեկտրադիտական տվյալներ՝ մնացած 996-ն ունեն միայն լուսաչափական տվյալներ: Այդ 433 օբյեկտների համար կատարվել է սպեկտրային հետազոտություն և տրվել են դրանց տիպերը՝ հայտնաբերվել են մի շարք նոր օբյեկտներ: Սպեկտրային դասակարգման արդյունքները աղյուսակային տեսքով բերված են ստորև՝

Տիպը	Քանակ	Տոկոս (%)
Պայծառ աստղեր	17	3.93
Կատակլիզմիկ փոփոխականներ	34	7.85
Սպիտակ թզուկներ	19	4.39
Վաղ տիպի աստղեր	16	3.70
Ջերմ պսակով աստղեր	40	9.24
Ուշ տիպի աստղեր	19	4.39
Բաղադրյալ սպեկտրով օբյեկտներ	2	0.46
ԱԳՄ-ներ	75	17.32
Կլանման գծերով գալակտիկաներ	211	48.73
Ընդամենը	433	100.00

**Աղյուսակ 5.1.** Աստղերի տիպերի և չդասակարգված օբյեկտների բաշխումը՝ HRC/BHRC աստղերի ընտրանքից:

Քանի որ ոչ բոլոր աստղերն ունեն սպեկտրային դասակարգում, կատարվել է վիճակագրական վերլուծություն (տարբեր տվյալների գրաֆիկական բաշխում)՝ պարզելու HRC-BHRC կատալոգի աստղային կազմի հատկությունները: Նման դիագրամները բավականին արդյունավետ են որոշ տեսակի օբյեկտների տարբերակման համար:

Նկար 5.1-ում բերված է կառուցված գրաֆիկական բաշխումներից մեկը որպես օրինակ, այն է՝ SDSS u-g ըստ u գույն – մեծություն դիագրամը: Այս գրաֆիկները թույլ կտան ուսումնասիրել աստղերի ամբողջ կազմը (տարբեր տեսակի աստղերն իրարից տարբերակելու համար):



**Նկար 5.1.** SDSS u-g ըստ u գույն – մեծություն դիագրամը HRC-BHRC աստղերի համար, որոնք ցույց են տալիս տարանջատվող կուտակումներ տարբեր տեսակների համար:

Կառուցված տարբեր դիագրամներից կարելի է եզրակացնել, որ աստղերը մեծապես տարբերվում են իրենց ռենտգենյան հատկություններով (օրինակ՝ կոշտության գործակիցներ,  $F_x/F_{opt}$  և  $F_x/F_{NIR}$  հարաբերություններ, և այլն) ԱԳՄ-ներից և գալակտիկաներից, թեև կատակլիզմի փոփոխականներն ու սպիտակ թզուկներն ունեն ԱԳՄ-ներին նման հատկություններ:

### **Արդյունքները: Գիտական նորույթը: Եզրակացություն**

**Գլուխ 2:** Ստեղծվել է ռենտգենյան ԱԳՄ-ների ընտրանք (ROSAT HRC/BHRC AGN կատալոգ)՝ հիմնված ROSAT աղբյուրների օպտիկական նույնացումների վրա (HRC և BHRC կատալոգներից), նախապես կատարելով սխալ դասակարգված օբյեկտների վերադասակարգում (HRC-ում՝ 1024 օբյեկտ, BHRC-ում՝ 59 օբյեկտ) և ավելացնելով ընտրված ռենտգենյան ԱԳՄ-ների ընդհանուր թիվը: Արդյունքում ստացվել է 4253 ակտիվ միջուկով գալակտիկաների (ԱԳՄ) համասեռ կատալոգ՝ ընտրված ռենտգենյան տվյալների հիման վրա ( $CR \geq 0.04$  մաս/վրկ): Կատալոգն ընդգրկում է ողջ հյուսիսային երկինքը բարձր գալակտիկական լայնություններում  $\delta \geq 0^\circ$ ,  $|b| \geq 20^\circ$ : Բոլոր ակտիվ գալակտիկական HRC/BHRC միջուկների, ինչպես նաև ROSAT-ի ընտրված գալակտիկաների և աստղերի համար կատարվել են բազմալիքային նույնացումներ՝ գամմա, ռենտգենյան, գերմանուշակագույն, օպտիկական, ենթակարմիր, ռադիո տիրույթներում, ինչպես նաև տվյալներ են հավաքագրվել ԱԳՄ-ների կատալոգներից: Հաշվվել են ուսումնասիրվող օբյեկտների հնարավոր դիտողական պարամետրերը՝ տեսագծային արագություններ, հեռավորություններ, բացարձակ աստղային մեծություններ, լուսատվություններ և այլն:

Օպտիկական սպեկտրադիտության տվյալների հիման վրա (հիմնականում VCV-13 և BZCAT)՝ կատալոգում ներառված 3369 օբյեկտները հաստատվեցին որպես ակտիվ գալակտիկական միջուկներ, իսկ մնացած 884-ը ԱԳՄ-ների թեկնածուներ են, որոնք ցածր դիսպերսային HQS սպեկտրներում երևում են որպես ԱԳՄ-ներ: Օգտագործելով տարբեր դիագրամներ՝ ցույց է տրվել, որ դրանց մեծ մասը նույնպես հանդիսանում են ԱԳՄ-ներ: Գտնվել են դիագրամներ, որոնց միջոցով կարելի է առանձնացնել ԱԳՄ-ները գալակտիկաներից և աստղերից: Ակտիվ գալակտիկական միջուկների HRC/BHRC կատալոգը կարող է օգտակար լինել ռենտգենյան տիրույթում ընտրված ԱԳՄ-ների տարբեր ուսումնասիրությունների, ինչպես նաև գալակտիկաների ռենտգենյան հատկությունների ուսումնասիրության և վիճակագրության համար:

**Գլուխ 3:** 1. Ընտրված ռենտգենյան ԱԳՄ-ների համասեռ կատալոգի հիման վրա իրականացվել է սպեկտրադիտական ուսումնասիրություն այն օբյեկտների համար՝ որոնք ունեն SDSS սպեկտրներ և հանդիսանում են ԱԳՄ-ների թեկնածուներ (չունենին ակտիվության դասեր, և հաստատված չէին որպես ԱԳՄ-ներ): Այս ցանկում ընդգրկված է 371 օբյեկտ, որոնք դասակարգվել են ըստ ակտիվության դասերի (այս օբյեկտների համար ակտիվության դասերը տրվում են առաջին անգամ)՝ օգտագործելով երեք դիագնոստիկ դիագրամները, ինչպես նաև կատարվել են

սպեկտրների մանրակրկիտ ուսումնասիրություններ (լայն գծերով ԱԳՄ-ները ամբողջությամբ դասակարգելու համար): Կատարվել է սպեկտրների նուրբ դասակարգում՝ Սեյֆերտ 1 դասի ենթատիպերը առանձնացնելու համար: Դասակարգվել են NLS1-ի ենթատեսակներ, որոնք մեծ նշանակություն ունեն ռենտգենյան տիրույթի ուսումնասիրության համար (հանդիսանում են ռենտգենյան ճառագայթման ցուցանիշ):

Ռենտգենյան աղբյուրների մեջ հետաքրքիր դասերից մեկը կլանման գծերով գալակտիկաներն են: Դրանցից պայծառները կարող են ընդգրկվել կատալոգում իրենց բարձր գումարային պայծառության շնորհիվ, սակայն կան ցածր պայծառությամբ գալակտիկաներ, որոնք հանդիսանում են ռենտգենյան ճառագայթման ուժեղ աղբյուրներ: Այս օբյեկտները համարվում են հնարավոր թաքնված ԱԳՄ-ներ, որոնց օպտիկական սպեկտրները առաքման որևէ նշույլ ցույց չեն տալիս:

Կառուցվել են ռենտգենյան և օպտիկական հոսքերի հարաբերության դիագրամներ՝ որպեսզի հնարավոր լինի առանձնացնել ռենտգենյան ճառագայթումով ուժեղ աղբյուրներ, և փորձել հայտնաբերել նոր ԱԳՄ-ների թեկնածուներ: Պարզվել է, որ 80 օբյեկտներ հնարավոր թաքնված ԱԳՄ-ներ են՝ թույլ օպտիկական հոսքի համեմատ իրենց ուժեղ ռենտգենյան ճառագայթման, և օպտիկական սպեկտրում առաքման գծերի հատկանիշների բացակայության պատճառով:

Հաշվարկվել են ուսումնասիրվող օբյեկտների բոլոր հնարավոր աստղաֆիզիկական պարամետրերը՝ տեսագծային արագություններ, հեռավորություններ, բացարձակ աստղային մեծություններ, լուսատվություններ և այլն: Սպեկտրադիտական դասակարգումը և հետազոտությունները հանգեցրել են բազմաթիվ նոր ԱԳՄ-ների հայտնաբերմանը:

**2.** Կատարվել է ռենտգենյան ԱԳՄ-ների ամբողջական ընտրանքում ընդգրկված օբյեկտների դասակարգում և վերադասակարգում (4253 օբյեկտներից 2908-ն ունեն սպեկտրներ SDSS-ում), դրանք դասակարգվել են ըստ ակտիվության դասերի՝ օգտագործելով երեք դիագնոստիկ դիագրամները և սպեկտրների ակնադիտական մշակումը:

Գնահատվել են ուսումնասիրվող օբյեկտների բոլոր հնարավոր աստղաֆիզիկական պարամետրերը՝ տեսագծային արագություններ, հեռավորություններ, բացարձակ աստղային մեծություններ, լուսատվություններ և այլն:

Ենթադրվել է, որ ռենտգենյան աղբյուրների մեջ առկա կլանման գծերով գալակտիկաները հնարավոր թաքնված ԱԳՄ-ներ են՝ որոնց օպտիկական սպեկտրները առաքման գծեր ցույց չեն տալիս: Դրանց համար կառուցվել է  $\text{Log}(\text{CR})+0.4r$ -ինը  $r$ -ից կախվածությունը, և առանձնացվել է 543 հնարավոր թաքնված ԱԳՄ-ներ [30], որոնց համար ապագայում փորձ կարվի ստանալ որակյալ սպեկտրներ և հաստատել դրանք որպես ԱԳՄ-ներ

**3.** Նույնացվել են ROSAT ռենտգենյան կատալոգները NVSS ռադիոկատալոգի հետ, որպեսզի գտնվեն այն օբյեկտները որոնք ունեն և՛

ռենտգենյան, և՛ ռադիոճառագայթում, որոնք շատ մեծ հավանականությամբ հանդիսանում են ԱԳՄ-ներ (հիմնականում ԱԳՄ-ներ, բայց նաև աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաներ): Ավելին, օբյեկտները, որոնք ունեն և՛ ռենտգենյան, և՛ ռադիո ճառագայթումներ, ենթադրվում է, որ պետք է դասվեն ամենահզոր միջուկով գալակտիկաների շարքին, մասնավորապես՝ բլազարները և հզոր քվազարները: Ստացված 9193 աղբյուրների համար հավաքագրվել են տվյալներ էլեկտրամագնիսական ալիքների ողջ տիրույթում: Դրանցից 3259-ը հաստատվել են որպես ԱԳՄ-ներ (1359 հաստատված բլազարներ, 1010 հաստատված քվազար): 2395 օբյեկտներ ունեն սպեկտրներ SDSS-ում, բայց դեռևս չունեն դասակարգումներ: Հետևաբար, SDSS-ի սպեկտրները հետագայում կօգտագործվեն ակտիվության դասերի նուրբ դասակարգման համար: Այս օբյեկտների համար կուտակվել է բազմալիքային տվյալներ, կառուցվել են տարբեր մեծությունների կախվածության դիագրամներ, և գնահատվել են աստղաֆիզիկական մեծություններ:

**Գլուխ 4:** Կատարվել է հայտնի բլազարների (3561 բլազարներ) ուսումնասիրություն, որոնցից 1709 (48%) ունեն ռենտգենյան ճառագայթում: Այս օբյեկտների համար հավաքագրվել են տվյալներ էլեկտրամագնիսական ալիքների ողջ տիրույթում: Այս օբյեկտներն ի սկզբանե բաժանված էին չորս ենթատեսակների՝ BLL, BLQ, BLG և BLU: Աշխատանքում փորձ է արվում գտնել տարբերություններ այս ենթատիպերի օբյեկտների ֆիզիկական հատկությունների միջև: Ընտրանքի բոլոր օբյեկտների համար հաշվարկվել են ռենտգենյան հոսքերը, լուսատվությունները և սպեկտրային ինդեքսները, ինչպես նաև օպտիկական հոսքերը, լուսատվությունը և բացարձակ աստղային մեծությունները: Կարմիր շեղման բաշխումներն ուսումնասիրելիս պարզվեց, որ ենթատիպերի բաշխումները ըստ միջին արժեքի առանձնանում են, որոշակիորեն վերածածկելով միմյանց (BLL, BLQ և BLG ենթատիպերի միջին կարմիր շեղման արժեքը համապատասխանաբար՝ 0.98, 1.42, 0.22): Գրեթե նույն պատկերն է ստացվում լուսատվության և բացարձակ աստղային մեծությունն ուսումնասիրելիս (BLL, BLQ և BLG ենթատիպերի բացարձակ աստղային մեծության և լուսատվության միջին արժեքները համապատասխանաբար՝ -23.74 մ,  $6.78 \times 10^{38}$  վտ; -24.78 մ,  $8.30 \times 10^{38}$  վտ; -22.23 մ,  $7.49 \times 10^{37}$  վտ): Պարզվում է, որ BLQ ենթատիպի օբյեկտները օպտիկական տիրույթում ավելի պայծառ են և էներգետիկական առումով ավելի հզոր, քան BLL և BLG օբյեկտները: Ռենտգենյան տիրույթում պատկերը փոքր-ինչ այլ է (BLL, BLQ և BLG ենթատիպերի կոշտության գործակիցների և լուսատվության միջին արժեքները համապատասխանաբար՝ 0.061,  $1.52 \times 10^{38}$  վտ; 0.193,  $6.94 \times 10^{37}$  վտ; 0.309,  $1.11 \times 10^{37}$  վտ) BLL ենթատիպի օբյեկտները ռենտգենյան տիրույթում ավելի պայծառ և էներգետիկորեն ավելի հզոր են, քան BLQ և BLG օբյեկտները: Լուսատվության բաշխման ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ այն թույլ լուսատվությունների կողմից եզերող կորը կարող է կապված լինել սարքավորման զգայնության հետ: BLL-ի և BLQ-ի համար  $\log(L_x/L_r)$  հարաբերության բաշխումը ցույց է տալիս, որ BLL-ը և BLQ-ն ռենտգենյան տիրույթում ճառագայթում են մոտավորապես նույն քանակությամբ էներգիա, ինչ



օպտիկական տիրույթում, բայց միջինում BLL-ի ճառագայթած էներգիան ավելի շատ է ռենտգենյան տիրույթում ( $\log(L_x/L_r)$  հարաբերության միջին արժեքը BLL-ի և BLQ-ի համար՝ համապատասխանաբար  $-0.59, -1.00$ ): Օպտիկական և ռենտգենյան լուսատվությունների բաշխվածության ուսումնասիրությունից պարզվում է, որ BLL-ները զբաղեցնում են որոշակի տիրույթ, և դրանք կարելի է որոշ չափով առանձնացնել այդ դիագրամի վրա, իսկ BLQ-ն և BLG-ն բաշխված են որոշակի գծային կորի երկայնքով  $\alpha=0.86 \pm 0.04$ : Ռենտգենյան սպեկտրային ինդեքսները միջինում տարբերվում են (ռենտգենյան սպեկտրային ինդեքսների BLL, BLQ և BLG միջին արժեքը համապատասխանաբար՝  $-3.174, -3.642, -3.069$ ): Գույն-մեծություն դիագրամներում BLG ենթատիպն ավելի կարմիր է, քան BLL-ը և BLQ-ն, իսկ BLL-ներն ավելի կոմպակտ են բաշխված, քան մյուս ենթատեսակները:

**Գլուխ 5:** HRC/BHRC միասնական կատալոգում ընդգրկում է 8132 օբյեկտ, ներառյալ 4253 ԱԳՄ-ներ և թեկնածուներ, 492 գալակտիկաներ, 1800 աստղեր և 1587 սպեկտրադիտական չբացահայտված օբյեկտներ: Այս գլխում ուսումնասիրվել են այդ 1800 աստղերը: Դրանց համար հավաքվել են հասանելի ԲԱ տվյալներ՝ գամմա ճառագայթներից մինչև ռադիոճառագայթում, և կառուցվել են տարբեր դիագրամներ՝ դրանց ֆիզիկական հատկությունները ուսումնասիրելու համար: Աստղերը մեծապես տարբերվում են իրենց ռենտգենյան հատկություններով (կոշտության գործակիցներ,  $F_x/F_{opt}$  և  $F_x/F_{NIR}$ ) ԱԳՄ-ներից և գալակտիկաներից, թեև պայթյունային փոփոխականներն ու սպիտակ թզուկներն ունեն ԱԳՄ-ներն նման հատկություններ: Աստղերի ընտրանքի 433 օբյեկտներ ունեն SDSS սպեկտրներ, ինչը թույլ տվեց սպեկտրադիտական եղանակով դասակարգել դրանք: Հայտնաբերվեցին մի շարք նոր օբյեկտներ, թեև հայտնաբերվեցին նաև բազմաթիվ սխալ դասակարգված գալակտիկաներ, որոնք հայտնվել էին աստղերի ընտրանքում: Ռենտգենյան աստղերը ենթակա են հետագա ուսումնասիրության՝ պետք է հետազոտել դրանց ֆիզիկական բնութագրերը և համեմատել դրանք ուժեղ ռենտգենյան ճառագայթում չունեցող աստղերի հետ:

Այս աշխատանքը նշանավորվում է ռենտգենյան աստղերի ուսումնասիրության նախագծի սկիզբը, որը կիրականացվի ԲԱ-ում: Այն ընդգրկում է օբյեկտների ընտրություն, կատալոգավորում, սպեկտրային դասակարգում, բազմալիքային ուսումնասիրություններ և օբյեկտների վիճակագրական վերլուծություն: Հետագա ծրագրերն ու ապագա առաջադրանքները ներառում են՝ ռենտգենյան աստղային կազմի գնահատում, դրանց վիճակագրական ուսումնասիրություն, նոր հայտնաբերված աստղերի մանրակրկիտ սպեկտրադիտական ուսումնասիրություն և որոշ տեսակ օբյեկտների մասնագիտացված հետազոտություններ (փոփոխական և անկայուն աստղերի փոփոխականության ուսումնասիրություն, սպիտակ թզուկների բևեռացում, ուշ տիպի աստղերի փոփոխականություն և ուսումնասիրություն ենթակարմիր տիրույթում և այլն): Այս արդյունքները կիրապարակվեն մեր հետագա աշխատանքներում:

Այսպիսով, ուսումնասիրվել են տարբեր շրջահայություններից առանձնացված ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ և դուրս են բերվել որոշ ակտիվության հատկություններ ռենտգենյան տիրույթների համար: Այս հատկությունները հնարավորություն են տալիս որոշակի պատկերացում ունենալ ակտիվ միջուկով գալակտիկաների վերաբերյալ: Բնականաբար այս աղբյուրների մասին լիարժեք պատկերացում կազմելու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրություններ կատարել նաև էլեկտրամագնիսական ալիքների այլ տիրույթներում:

**Արենախոսության ստացված արդյունքների հիման վրա հրատարակված հոդվածների ցանկը**

1. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Abrahamyan H. V., Mikayelyan G. A.,** Catalog of X-Ray Active Galactic Nuclei Based on ROSAT BSC and FSC Sources, Astrophysics, 2021, 64, 277-292.
2. **Mickaelian A. M., Paronyan G. M., Harutyunyan G. S., Abrahamyan H. V., Gyulzadyan M. V.,** Multiwavelength studies of X-ray selected extragalactic sample., Astronomical and Astrophysical Transactions, 2016, 29, 333-345.
3. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Abrahamyan H. V.,** Multiwavelength Studies of X-ray Selected AGN, Astronomical Society of the Pacific, 2016, 505, 189-192.
4. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Harutyunyan G. S., Abrahamyan H. V., Mikayelyan G. A.,** Activity Types of Galaxies Selected from HRC/BHRC Sample, Astrophysics, 2019, 62, 147-162.
5. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Abrahamyan H. V., Mikayelyan G. A.,** Activity Types of Galaxies Selected from an HRC/BHRC Sample. II, Astrophysics, 2020, 63, 166-178.
6. **Паронян Г. М.,** Рентгеновские свойства блазаров, Астрофизика, 2025, 68, 7-20.
7. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Abrahamyan H. V., Mikayelyan G. A., Sukiasyan A. G.,** X-ray AGN activity classes based on SDSS spectra, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory, 2024, 71, 178-184.
8. **Mickaelian A. M., Paronyan G. M., Abrahamyan H. V., Gigoyan K. S., Gyulzadyan M. V., Kostandyan G. R.,** The nature of X-ray selected star candidates, Astronomical and Astrophysical Transactions, 2016, 29, 451-464.
9. **Paronyan G. M., Mickaelian A. M., Abrahamyan H. V., Mikayelyan G. A., Sukiasyan A. G., Hambardzumyan L. A., Mkrtchyan V. K.,** Study of the X-ray properties of radio sources, based on NVSS catalogue, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory, 2023, 70, 88-93.

**Резюме:** На основе оптических отождествлений источников ROSAT (из каталогов HRC и BHRC) создана выборка рентгеновских АЯГ (каталог ROSAT HRC/BHRC AGN), сначала переклассифицировав неправильно классифицированные объекты (1024 объекта в HRC, 59 объектов в BHRC) и увеличив общее количество выбранных рентгеновских АЯГ. В результате на основе выбранных рентгеновских данных ( $CR \geq 0,04$  частей/с) был получен однородный каталог из 4253 галактик с активным ядром (АЯГ). Каталог охватывает все северное небо в высоких галактических широтах  $\delta \geq 0^\circ$ ,  $|b| \geq 20^\circ$ . Многоволновая идентификация была выполнена для всех активных галактических ядер HRC/BHRC, а также для избранных галактик и звезд ROSAT. Были рассчитаны все возможные наблюдательные параметры изучаемых объектов: линейные скорости, расстояния, абсолютные звездные величины, светимости и т. д. Были найдены диаграммы, позволяющие отличить АЯГ от галактик и звезд. Каталог активных ядер галактик HRC/BHRC может быть полезен для различных исследований избранных АЯГ в рентгеновском диапазоне, а также для изучения и статистики рентгеновских свойств галактик.

На основе однородного каталога избранных рентгеновских АЯГ было проведено спектроскопическое исследование объектов, имеющих спектры SDSS и являющихся кандидатами в АЯГ. В этот список включен 371 объект, классифицированный по классам активности (классы активности для этих объектов приводятся впервые) с использованием трех диагностических диаграмм, а также детальные спектральные исследования (для полной классификации АЯГ с широкими линиями). Была проведена тонкая классификация спектров для разделения подтипов Сейфертовских галактик 1 типа. Классифицированы подтипы NLS1, имеющие большое значение для изучения рентгеновского диапазона (являются индикатором рентгеновского излучения). 80 объектов были идентифицированы как возможные скрытые АЯГ из-за их сильного рентгеновского излучения относительно слабого оптического потока и отсутствия особенностей эмиссионных линий в оптическом спектре. Спектроскопическая классификация и исследования привели к открытию множества новых АЯГ.

Проведена классификация и переклассификация объектов, включенных в полную выборку рентгеновских АЯГ (из 4253 объектов 2908 имеют спектры в SDSS), их классификация по классам активности с использованием трех диагностических диаграмм и визуальной обработки спектров. Галактики с линиями поглощения, присутствующими в источниках рентгеновского излучения, считаются возможными

скрытыми АЯГ. Для них была построена зависимость  $\text{Log}(\text{CR})+0.4r$  от  $r$  и выявлено 543 возможных скрытых АЯГ.

Рентгеновские каталоги ROSAT были идентифицированы с радиокаталогом NVSS для поиска объектов, которые с большой вероятностью могут быть АЯГ (в основном АЯГ, но также и галактик со вспышками звездообразования). Для 9193 полученных источников собраны данные во всем диапазоне электромагнитных волн. Из них 3259 были подтверждены как АЯГ (1359 подтвержденных блазаров, 1010 подтвержденных квазаров). 2395 объектов имеют спектры в SDSS, но пока не имеют классификации. Спектры SDSS позже будут использоваться для точной классификации классов активности. Для этих объектов были собраны многоволновые данные, построены диаграммы зависимости различных величин и выведены астрофизические величины.

Проведено исследование известных блазаров (3561 блазар), из них 1709 (48%) обладают рентгеновским излучением. Для этих объектов были собраны данные во всем диапазоне электромагнитных волн. Для всех объектов выборки были рассчитаны рентгеновские потоки, светимости и спектральные индексы, а также оптические потоки, светимости и абсолютные звездные величины. Исследование распределения оптической и рентгеновской светимости показывает, что блазары распределяются по некоторой линейной кривой с  $\alpha=0.86 \pm 0.04$  с коэффициентом корреляции 0.75.

Объединенный каталог HRC/BHRC содержит 8132 объекта, в том числе 4253 АЯГ и их кандидаты, 492 галактики, 1800 звезд и 1587 спектроскопически неопределенных объектов. Для изучения этих 1800 звезд, были собраны все доступные MB данные — от гамма-лучей до радиоизлучения и построены различные диаграммы для изучения их физических свойств. 433 объекта звездной выборки имеют спектры SDSS, что позволило провести их спектроскопическую классификацию. В результате классифицированы как: яркие звезды - 17; катаклизмические переменные - 34; белые карлики - 19; звезды раннего типа - 16; звезды с теплой короной - 40; звезды позднего типа - 19. Рентгеновские звезды подлежат дальнейшему изучению путем изучения их физических характеристик и сравнения их со звездами, не излучающими сильное рентгеновское излучение. Эта работа знаменует собой начало проекта по изучению рентгеновских звезд, который будет осуществляться в БАО.

**Summary:** A sample of X-ray AGN was created (ROSAT HRC/BHRC AGN catalogue), based on optical identifications of ROSAT sources (from the HRC and BHRC catalogues), by first reclassifying misclassified objects (1024 objects in HRC, 59 objects in BHRC) and increasing the total number of selected X-ray AGN. As a result, a homogeneous catalog of 4253 active galactic nuclei (AGN) was obtained based on selected X-ray data ( $CR \geq 0.04$  parts/s). The catalogue covers the entire northern sky at high galactic latitudes  $\delta \geq 0^\circ$ ,  $|b| \geq 20^\circ$ . Multiwavelength identification was performed for all HRC/BHRC active galactic nuclei, as well as for selected ROSAT galaxies and stars. All possible observational parameters of the studied objects were calculated: radial velocities, distances, absolute stellar magnitudes, luminosities, etc. Diagrams have been found that allow us to distinguish AGN from galaxies and stars. The HRC/BHRC catalog of active galactic nuclei can be useful for various studies of selected AGN in the X-ray range, as well as for the study and statistics of X-ray properties of galaxies.

In the following work, a spectroscopic study of objects with SDSS spectra and being AGN candidates was carried out based on a homogeneous catalog of selected X-ray AGNs. This list includes 371 objects classified by activity classes (activity classes for these objects are given for the first time) using three diagnostic diagrams, as well as detailed spectral studies (for a complete classification of broad-line AGN). A fine classification of the spectra was carried out to distinguish the subtypes of Type 1 Seyfert galaxies. NLS1 subtypes that are of great importance for studying the X-ray range (they are an indicator of X-ray radiation) are classified. 80 objects were identified as possible hidden AGNs due to their strong X-ray emission relative to weak optical flux and the absence of emission line features in the optical spectrum. Spectroscopic classification and studies have led to the discovery of many new AGN.

The classification and reclassification of objects included in the full sample of X-ray AGN (out of 4253 objects, 2908 have spectra in SDSS) was carried out, their classification by activity classes using three diagnostic diagrams and visual processing of spectra. Galaxies with absorption lines present in X-ray sources are considered possible hidden AGN. For them, the dependence  $\log(CR)+0.4r$  on  $r$  was constructed and 543 possible hidden AGNs were identified.

The ROSAT X-ray catalogues were combined with the NVSS radio catalogue to search for objects that are likely to be AGNs (mainly AGNs, but also starburst galaxies). For 9193 obtained sources, data were collected in the entire range of electromagnetic waves. Of these, 3259 were confirmed as AGN (1359 confirmed blazars, 1010 confirmed quasars).

2395 objects have spectra in SDSS but are not yet classified. SDSS spectra will later be used to accurately classify activity classes. For these objects, multiwavelength data were collected, diagrams of the dependence of various quantities were constructed, and astrophysical quantities were derived.

A study of known blazars (3561 blazars) was conducted, of which 1709 (48%) have X-ray emission. Data were collected for these objects across the entire electromagnetic wave range. For all objects in the sample, X-ray fluxes, luminosities and spectral indices, as well as optical fluxes, luminosities and absolute stellar magnitudes were calculated. A study of the distribution of optical and X-ray luminosity shows that blazars are distributed along a linear curve with  $\alpha=0.86 \pm 0.04$  with a correlation coefficient of 0.75.

The joint HRC/BHRC catalogue contains 8132 objects, including 4253 AGN and their candidates, 492 galaxies, 1800 stars and 1587 spectroscopically unidentified objects. To study these 1800 stars, all available MV data were collected, from gamma rays to radio emission, were collected for them and various diagrams were constructed to study their physical properties. 433 objects in the stellar sample have SDSS spectra, which allowed their spectroscopic classification. The classification resulted in the following: bright stars - 17; cataclysmic variables - 34; white dwarfs - 19; early-type stars - 16; stars with hot coronas - 40; late-type stars - 19. X-ray stars are subject of further study by examining their physical characteristics and comparing them with stars that do not emit strong X-rays. This work marks the beginning of a project to study X-ray stars that will be carried out at BAO.

Գորգեն Պարոնյան /Gurgen Paronyan/ Гурген Паронян \_\_\_\_\_