

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ԱԿԱԴԵՄԻԱ**

ՌԱԴԻՈՖԻԶԻԿԱՅԻ և ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱՅԻՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Ավետիսյան Գևորգ Սահակի

ՌԱԴԻՈԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ

ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՈՐՈՇ ՌԱԴԻՈՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐՈՒՄ

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.04.03 - Ռադիոֆիզիկա մասնագիտությամբ ֆիզիկա-մաթեմատիկական

գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝

տեխնիկական գիտ. դոկտոր

Հ. Ա. Փիրումյան

ԵՐԵՎԱՆ - 2017

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	4
ԳԼՈՒԽ 1. ԳԼՈՆԱՍՍ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՌԱԴԻՈԴԻՏԱԿՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՉԱՓՈՒՄԸ ՌԱԴԻՈԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ.....	12
1.1 Ռադիոաստղագիտական եղանակի կիրառությունը անտենային չափումներում.....	12
1.1.1 Ռադիոդիտակների բնութագրերի չափման հեռահար և մոտակա գոտու եղանակները	17
1.1.2 Գալակտիկական և արտագալակտիկական ռադիոճառագայթում.....	22
1.2 ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի նպատակը և կառուցվածքը	24
1.3 RT-13 ՈՒԱ ռադիոդիտակի բնութագրերի չափման մեթոդ	26
1.4 Եզրակացություն.....	42
ԳԼՈՒԽ 2. ՍԵՅՄՄՈՒՈՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՓՈԽԱՌՆՉՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ.....	42
2.1 Սեյսմո-իոնոլորտային փոխառնչությունների ուսումնասիրման արդի եղանակները	43
2.2 Իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորման եղանակ.....	47
2.3 Սեյսմիկ վտանգի գնահատման իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորման համակարգ.....	56
2.4 Իոնոլորտային սեյսմաձին անհամասեռությունների համարժեք բարձրության գնահատում	62
2.5 Ռադիոդիտակի բնութագրերի լավարկման եղանակները:	71
2.6 Երկրաշարժերի էլեկտրամագնիսական նախանշանների ժամանակային բնութագրերի հետազոտում.....	75
2.7 Եզրակացություն.....	83
ԳԼՈՒԽ 3. ԿԱՍԻՈՊԵԱ-Ա ԿՈՍՄՈԳԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈԱՂԲՅՈՒՐԻ ՌԱԴԻՈՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՀՈՍՔԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ	85

3.1 Կոսմիկական ռադիոաղբյուրներ	85
3.2 Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի փոփոխության բնույթի ուսումնասիրում 2008-2015 թ.թ. ժամանակահատվածում	87
3.3 Եզրակացություն	91
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	92
ՏՊԱԳՐՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿ.....	94
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	96
ՀԱՎԵԼՎԱԾ.....	104

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ատենախոսության արդիականությունը

Ատենախոսությունում ներառված են կարևորություն ներկայացնող խնդիրներ, հիմնված միևնույն հայեցակարգային հենքի՝ այն է հետազոտման ռադիոաստղագիտական եղանակի վրա:

Որպես գերտերություն, Ռուսաստանի Դաշնության համար կենսական անհրաժեշտություն և խիստ արդիական է ունենալ սեփական գլոբալ արբանյակային համակարգ (ԳԼՈՆԱՍՍ), որը ներառում է տարբեր ուղեծրերով շարժվող քսանչորս արբանյակներ, որոնց ղեկավարման, ուղեծրերի շտկման, հսկման նպատակով ՌԴ Իրկուտսկի մարզում և Զելենչուկում կառուցվել են բազմահաճախային (S, X, և K տիրույթների) ռադիոդիտակներ: Հաշվի առնելով ռադիոդիտակների բնութագրերի չափման ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ երկարամյա փորձը, ՌԴ ԳԱ Կիրառական աստղագիտության ինստիտուտի կողմից մեզ առաջարկվեց մշակել նշված ռադիոդիտակների ֆոկուսավորման և բնութագրերի չափման մեթոդ և իրականացնել այդ չափումները՝ ինչը հաջողությամբ իրականացվեց:

Ատենախոսությունում ներառված հաջորդ խնդիրն առնչվում է սեյսմիկ ցնցումների, սեյսմո-իոնոլորտային փոխառնչությունների ուսումնասիրման, երկրաշարժերի նախապատրաստման փուլում սեյսմոգեն նախանշանների տարբերակման, ի հայտ գալու հետահայաց ժամանակի, ինչպես նաև այդ նախանշանների և ռեալ ցնցումների միջև փոխկոռելյացիայի գոյության փաստի հաստատման ուսումնասիրություններին:

Սեյմիկ վտանգի էպիկենտրոնի, ուժգնության կանխատեսման, կոնկրետ նախանշանների որոշակիացման և խմբավորման խնդիրները համամարդկային են և այդ պատճառով բազմաթիվ են նշված հարցերին վերաբերվող, տարբեր երկրների գիտական կենտրոններում կատարված և կատարվող թե տեսական, թե փորձարարական հետազոտությունները և հրատարակումները [1-10]: Այսօր, չնայած որոշ ձեռքբերումների, դեռ հավաստիորեն պարզված չեն սեյսմիկ ակտիվության հետևանքով տեղի ունեցող տարերային աղետների կանխորոշման ոչ միայն

միանշանակ մեթոդները, այլև դրանց նախապատրաստման փուլի վերաբերյալ ճշգրիտ տվյալները: 1988 թվականի դեկտեմբերի 7-ին Հայաստանում տեղի ունեցած երկրաշարժը խլեց ավելի քան 25 հազար մարդու կյանք, իսկ մի քանի հարյուրհազարավոր մարդիկ ստացան տարբեր աստիճանի վնասվածքներ: 1920 թվականին Չինաստանում երկրաշարժի հետևանքով զոհվեց 200 հազար մարդ, 1923 թվականին Ճապոնիայում ավելի քան 100 հազար մարդ: Աղետալի երկրաշարժերի հետևանքով մեծ քանակությամբ զոհերի հանգեցրած օրինակները բազմաթիվ են: 1976 թվականին ավելի քան 250 հազար մարդու կյանք խլեց Տանշանյան երկրաշարժը Չինաստանում, 3100 մարդ զոհվեց Իտալիայում 1980 թվականին տեղի ունեցած երկրաշարժի հետևանքով, 2500-ը Իրանում 1981 թվականին: Օրինակները կարելի է անվերջ շարունակել. ահա ինչու նշված խնդիրներին միտված հետազոտությունները ցավոք, դեռ երկար կլինեն արդիական:

Կոսմիկական ռադիոաղբյուրների հոսքերի և նրանց փոփոխությունների հետազոտությունները պայմանավորված են նրանով, որ այդ աղբյուրները հանդիսանում են էտալոնային, ինչպես նաև նրանց ճառագայթման հոսքերի խտության փոփոխության բնույթը պարունակում է տեղեկատվություն տիեզերքում տեղի ունեցող խոշորամասշտաբ երևույթների մասին՝ ինչով և պայմանավորված է նման հետազոտությունների արդիականությունը:

Ատենախոսության նպատակը

Ատենախոսության նպատակն է հետազոտման ռադիոաստղագիտական եղանակի կիրառմամբ ուսումնասիրել մեծ հետաքրքրություն ներկայացնող խնդիրներ՝ այդ թվում ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի կառավարումն ապահովող ռադիոդիտակների բնութագրերի ռադիոաստղագիտական եղանակով չափման մեթոդի մշակում և վերջինների տեղակայման վայրերում չափումների իրականացում, ՀՀ Սարավանդի և ԼՂՀ Շուշիի փորձակայանների 4,2մ ալիքի երկարության ռադիոդիտակներով իրականացվող կոսմիկական ռադիոաղբյուրների ճառագայթման հոսքերի շուրջօրյա գրանցումների արդյունքների վերլուծության միջոցով առանձնացնել իոնոլորտի տեխնոգեն և սեյսմածին անհամասեռությունները՝ վերջինների համար գտնել քանակական բնույթի

հայտանիշներ և, ժամանակակից ռադիոաստղագիտական սարքավորումների և եղանակների ավելի լայն կիրառմամբ [11-15], փորձել գնահատել սեյսմածին նախանշանների և հնարավոր երկրաշարժի միջև փոխկոռելյացիայի առկայությունը, իրականացման ժամանակը և ուժգնությունը:

Հաճախությունների նույն տիրույթում, ունենալով երկարաժամկետ ամենօրյա ռադիոաստղագիտական չափումների ծավալուն տեղեկատվական բազա, 0,01 վ ժամանակային ինտերվալով շարունակաբար կուտակվող և 16 կարգանիշ ունեցող ԱԹՁ սարքով թվայնացված տվյալների՝ MS Origin-8 համակարգչային ծրագրով իրականացվող մաթեմատիկական հետահայաց վերլուծությունների միջոցով (ինտերֆերենցիոն հարմոնիկների նեղշերտ հաճախային զտում, աստիճանային զտում) առավել խորությամբ ուսումնասիրել Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի խտության դարավոր նվազման կորում թույլ արտահայտված պարբերական բաղադրիչի առկայության փաստը:

Նպատակի իրագործման համար կատարվել են.

- ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի կառավարումն ապահովող ռադիոդիտակների բնութագրերի ռադիոաստղագիտական եղանակով չափման մեթոդի մշակում և վերջինների տեղակայման վայրերում չափումների իրականացում;
- սեյսմիկ վտանգի գնահատմանը միտված՝ սեյսմո-իոնոսֆերային փոխառնչությունների ուսումնասիրման ռադիոֆիզիկական համակարգի տեխնիկական սպասարկում;
- $\lambda=4,2$ մ ալիքի երկարության ռադիոդիտակների բնութագրերի օպտիմալացում, (ՀՀ, Բյուրական և ԼՂՀ, Շուշի), Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրների ճառագայթման ինտենսիվության շուրջօրյա գրանցում;
- 0,01 վ ժամանակային ինտերվալով շարունակաբար կուտակվող և 16 կարգանիշ ունեցող ԱԹՁ սարքով թվայնացված տվյալների՝ MS Origin-8 համակարգչային ծրագրով իրականացվող մաթեմատիկական հետահայաց վերլուծություններ;

- Գալակտիկական ֆոնի վրա թույլ ազդանշանի գրանցման նպատակով իրականացվել է ազդանշանի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի նեղշերտ հաճախային և աստիճանային զտում;
- Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի փոփոխության բնույթի ուսումնասիրում 2008-2015 թ.թ. ընկած ժամանակահատվածում:

Գիտական նորույթը:

Ատենախոսության գիտական նորույթը որոշվում է կատարված հետևյալ աշխատանքներով:

- Մշակվել և իրականացվել է ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի PT-13 ИПА РАH ռադիոդիտակների ֆոկուսավորման խնդիրը՝ աշխատանքային հաճախությունների ողջ տիրույթում (2,2 – 2,6ԳՀց, 7,0 – 9,5ԳՀց և 28 – 34ԳՀց):
- Մշակվել է ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի PT-13 ИПА РАH ռադիոդիտակների բնութագրերի բարձր ճշտությամբ չափման ռադիոաստղագիտական մեթոդ, համաձայն որի կոսմիկական կետային ռադիոաղբյուրի դիտման մեկ սեանսի ընթացքում, աշխատանքային հաճախությունների ողջ տիրույթում, բևեռացման երկու հարթություններում հաջողությամբ իրականացվել են ռադիոդիտակի բոլոր բնութագրերի չափումները:
- Սարավանդի ինտերֆերենցիոն ռադիոդիտակի էֆեկտիվության բարձրացման նպատակով իրականացվել է ընդունվող ազդանշանի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի նեղշերտ հաճախային և աստիճանային զտում:
- Իրականացվել է ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի կենտրոնական թերթիկների հզորության կուտակում, ինչի շնորհիվ ստացվել է միջինացված թերթիկների թվին համեմատական, ռադիոդիտակի զգայնության շահում:

- Հաստատվել է $M \geq 3$ մագնիտուդայով երկրաշարժերի նախապատրաստման փուլի և գրգռված իոնոլորտում կետային կոսմիկական աղբյուրի ռադիոճառագայթման խոտորումների միջև փոխկապակցվածության փաստը:

- Հաստատվել է Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի նվազող ճառագայթման հոսքում պարբերական բաղադրիչի առկայությունը:

Աշխատանքի գործնական արժևորումը: Ատենախոսության մեջ ներկայացված ռադիոդիտակների բնութագրերի կետային կոսմիկական ռադիոաղբյուրների միջոցով մեծ ճշտությամբ որոշելու մեր կողմից մշակված մեթոդն արդեն իսկ ներդրվել է ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի PT-13 ИПА РАН ռադիոդիտակների բնութագրերի չափումների և ատեստավորման ընթացքում: Այն կարող է կիրառվել ռադիոֆիզիկական մեթոդներով հետազոտվող գիտության, պաշտպանության, չափաբանության, ռադիոլոկացիայի, կապի, հեռահաղորդակցության և մի շարք այլ բնագավառներում: Ազդանշանի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի հաճախային, աստիճանային զտման և կենտրոնական թերթիկների կուտակման առաջարկվող եղանակներն էապես կբարձրացնեն ինտերֆերենցիոն ռադիոդիտակի էֆեկտիվությունը՝ աղմուկների ֆոնի առկայությամբ թույլ ազդանշանների գրանցման խնդիրներում:

Ընտրված ժամանակահատվածում գրանցված սեյսմո-իոնոսֆերային նախանշանների և տեղի ունեցած սեյսմիկ ցնցումների հետահայաց օրեկան միջինացված արժեքների գրաֆիկական կորերի ժամանակային համադրումից, նրանց միջև չափելի փոխկոռելյացիայի առկայության փաստը, այլ մեթոդների հետ մեկտեղ, ազդակ կհանդիսանա սեյսմիկ ցնցումների կանխատեսման խնդիրներում:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

- ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի PT-13 ИПА РАН ռադիոդիտակների ֆոկուսավորման, բնութագրերի չափումների և ատեստավորման մեթոդի մշակում:

- Իոնոլորտի սեյսմածին և տեխնածին նախանշանների բնորոշում և խմբավորում:

- Սեյսմիկ վտանգի կանխատեսման, իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական համակարգի բնութագրերի օպտիմալացում:

- Իոնոլորտի սեյսմածին նախանշանների գործակիցների միջին օրեկան արժեքների $K_s(Date)$ և հետահայաց սեյսմիկության գործակիցների միջին օրեկան արժեքների $S(Date)$ գնահատում:
- Սեյսմածին նախանշանների և նրանց հաջորդող սեյսմիկ ցնցումների միջև ժամանակային փոխկոռելյացիայի հաստատում և գնահատում:
- Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի նվազման տարեկան մեծության գնահատում 2007-2015 թ.թ. ժամանակահատվածում:
- Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ճառագայթման նվազող հոսքում պարբերական բաղադրիչի առկայության փաստի հետազոտում:

Աշխատանքի փորձաշրջանը Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են 'Microwave and THz Technologies and Applications', IRPhE' 2014, October 2-3, Aghveran, Armenia (2014), International Conference on "Space Ecology Safety". (Sofia, Bulgaria, 2014), "Microwave and THz Technologies, Photonics and Wireless Communications", IRPhE' 2016, May 4-6, Yerevan, Armenia (2016) միջազգային գիտաժողովներում, ինչպես նաև Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի սեմինարներում: Տպագրվել է զեկուցումների 3 թեզիս: Քննարկվել են ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ-ի և կիրառական ռադիոֆիզիկայի լաբորատորիայի գիտական սեմինարներում:

Հրատարակումները: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են 7 աշխատանքներում, որոնք ներառում են մասնագիտական ամսագրերում 4 հոդվածներ (Հայաստանում-3, արտերկրում-1), միջազգային գիտաժողովների 3 զեկույցներ (Հայաստանում-2, արտերկրում-1):

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, 11 աղյուսակներից, 29 նկարներից, 6 եզրակացությունից և հավելվածից, հղված 93 գրականության ցանկից՝ շարադրված 103 էջում:

Առաջին գլխում կատարվել է ատենախոսությունում քննարկված խնդիրներին վերաբերվող գիտական գրականության տվյալների վերլուծություն: Համառոտ ներկայացվել են անտենային չափումներում ռադիոաստղագիտական եղանակի կիրառության և դրա սահմանները, ինչպես նաև գալակտիկական և արտագալակտիկական ռադիոճառագայթման էությունը: Ներկայացվել են ռուսական (ԳԼՈՆԱՍՍ) Գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգի կառուցվածքը և նպատակը, այնուհետև դրա արբանյակները կառավարող PT-13 ռադիոդիտակի ֆոկուսացման և բնութագրերի չափման մեթոդը, մշակված ՌՖԷԻ Կիրառական ռադիոֆիզիկայի լաբորատորիայի կողմից: Վերլուծելով ստացված տվյալները ներկայացվել են PT-13 ռադիոդիտակի բնութագրերի չափման արդյունքները: Ձևակերպվել են հիմնական եզրակացությունները և ատենախոսության առաջին գլխում հետազոտվող խնդրի դրվածքը:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է սեյսմո-իոնոլորտային փոխառնչությունների հետազոտմանը: Քննարկվել են սեյսմո-իոնոլորտային փոխառնչությունների ուսումնասիրման արդի եղանակները, մանրամասն ներկայացվել է իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորման եղանակը: Դիտարկվել են մեր կողմից առաջարկված $\lambda=4.2$ մ ալիքի երկարության, իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման համակարգի կառուցվածքը և տեխնիկական բնութագրերը, ինչպես նաև իոնոսֆերային ուսումնասիրման տվյալների թվային մշակման մեթոդի՝ սեյսմիկ վտանգի նախանշանների գնահատման ուսումնասիրման նպատակով ռադիոդիտակի զգայունակության լավարկման հնարավորությունները: Ներկայացվել է իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական մեթոդն ու իրականացված իոնոլորտային սեյմածին անհամասեռությունների համարժեք բարձրությունների գնահատումը: Ներկայացված են ռադիոդիտակի բնութագրերի լավարկման եղանակները: Ցույց է տրվել, որ սեյմոգենության գործակիցների միջին օրեկան արժեքների և հետահայաց սեյսմիկության գործակիցների ժամանակային շարքերի կորերի միջև առկա է ժամանակային կոռելյացիա:

Երրորդ գլխում քննարկված է մեծ հետաքրքրություն ներկայացնող գերնորի մնացորդ հանդիսացող Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի

ռադիոճառագայթման հոսքի փոփոխության բնույթի ուսումնասիրումը: Այդ խնդրի հետազոտման նպատակով ՌՖԷԻ-ում մշակված ռադիոաստղագիտական դիտումների ծրագրի համաձայն Սարավանդի գիտափորձակայանի ռադիոդիտակով կատարվել են Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրների ճառագայթման հոսքերի մեծությունների չափումները 2008-2015 թ.թ. ընկած ժամանակահատվածում: Ելնելով Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի տարեկան միջին արժեքների կորից, պարզվել է հոսքի տարեկան նվազման մեծությունը (0,5%), ինչպես նաև հաստատվել է նվազման կորում 2,7-3 տարի պարբերությամբ քվադրիսինուսոիդալ բաղադրիչի առկայության փաստը :

ԳԼՈՒԽ 1. ԳԼՈՆԱՍՍ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՌԱԴԻՈԴԻՏԱԿՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՉԱՓՈՒՄԸ ՌԱԴԻՈԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

1.1 Ռադիոաստղագիտական եղանակի կիրառությունը անտենային չափումներում

Ինչպես հայտնի է ցանկացած տաքացված մարմին հանդիսանում է էլեկտրամագնիսական ալիքների ճառագայթման աղբյուր: Մարմինը, որն ունի բարձր ջերմաստիճան ճառագայթում է լույս, այսինքն տեսանելի ճառագայթներ, իսկ համեմատաբար ավելի ցածր ջերմաստիճան ունեցող մարմինները ճառագայթում են ռադիոալիքներ:

Այսինքն շիկացած մարմիններից ստացված ճառագայթների կամ, ինչպես այլ կերպ հաճախ ասում են էլեկտրամագնիսական ալիքների միայն մի չնչին մասն է, որ մենք տեսնում ենք անզեն աչքով՝ տեսանելի սպեկտրը, որը տարածվում է մանուշակագույնից մինչև կարմիր ճառագայթները: Իսկ տեսանելի սպեկտրի ալիքներից համեմատաբար երկար ալիքները կոչվում են ինֆրակարմիր կամ ջերմային ճառագայթներ (տարածվում են 800-ից մինչև 1մկմ ալիքի երկարությունների տիրույթներում): Էլեկտրամագնիսական ալիքների սանդղակի վերին մասը զբաղեցնում են ուլտրամանուշակագույն, այնուհետև ռենգենյան և գամմա ճառագայթները:

Ջերմաստիճանի համար կա էներգիայի բաշխվածության որոշակի սպեկտր, որն արտահայտվում է Պլանկի կամ (ինֆրակարմիր ռադիոալիքային տիրույթներում) Ռեյ-Ջինսի արտահայտությամբ՝

$$I = \kappa \frac{2kT}{\lambda^2}, \quad (1)$$

որտեղ T -ն ջերմաստիճանն է, λ - ալիքի երկարությունն է, k - Բոլցմանի հաստատունն է, իսկ κ -ն մարմնի կլանման գործակիցն է:

Ռադիոաստղագիտությունում հաճախ օգտագործվում է պայծառության ջերմաստիճանի գաղափարը, ինչպես նաև ամբողջությամբ սև մարմնի

ջերմաստիճանը, որոնք ունեն տրված ալիքի երկարության դեպքում նույն ճառագայթման ինտենսիվությունը, ինչ որ ուսումնասիրվող մարմինը:

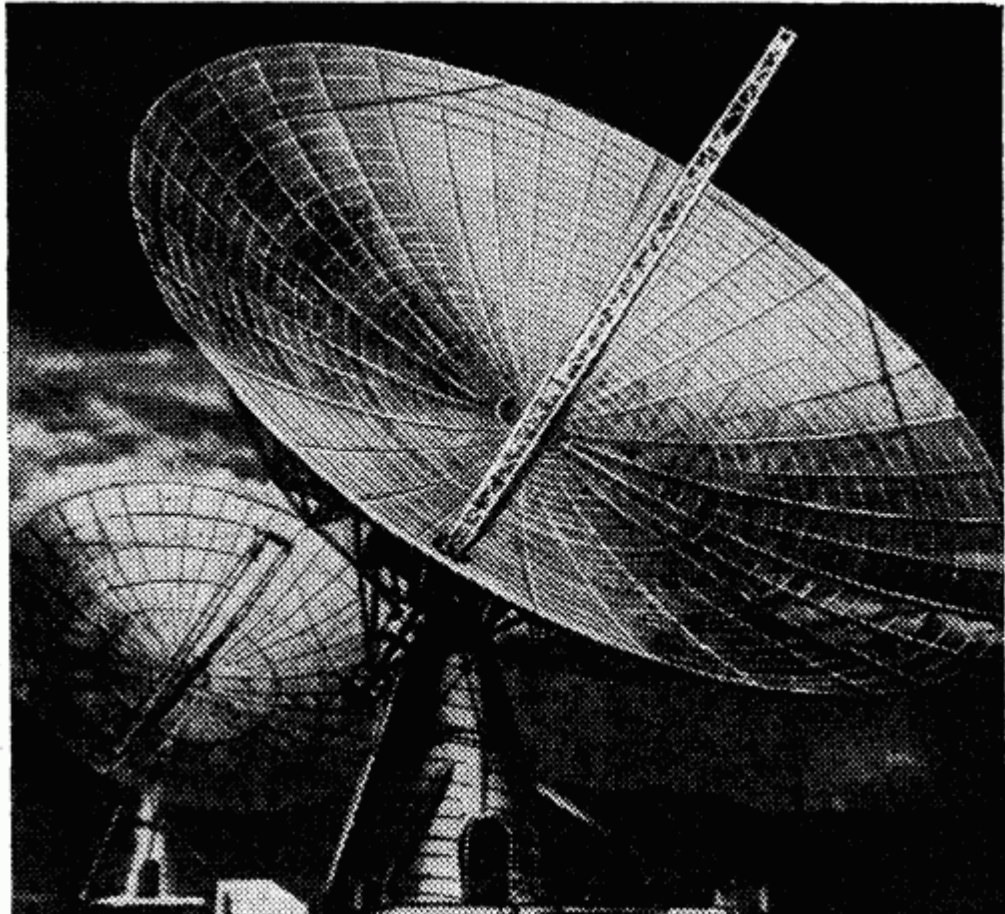
Մոլորակի ռադիոճառագայթումը կարող է լինել ջերմային և ոչ ջերմային: Ջերմային ճառագայթում առաջանում է երկրի մակերևույթում լիցքավորված մասնիկների քառասային շարժման հետևանքով: Ջերմային ճառագայթման ինտենսիվությունը որոշվում է վերոնշյալ արտահայտությունով:

Ոչ ջերմային ռադիոճառագայթումը ստեղծվում է էլեկտրոմագնիսական պրոցեսների հետևանքով՝ երկրի մթնոլորտում պլազմային տատանումների, մագնիսական դաշտում լիցքավորված մասնիկների արգելակման և այլ պատճառներով: Հետևաբար պայծառային ջերմաստիճանը խիստ կախված է ալիքի երկարությունից, աճելով երկար ալիքների ուղղությամբ: Այդպիսի պատկեր դիտարկվում է Յուպիտերի մոտ [16-19], որը ունի հզոր մագնիսական դաշտ և ռադիացիոն գոտիներ: Բայց այս դեպքում պայծառային ջերմաստիճանը չի բնութագրում երկրի կամ նրա մթնոլորտի կինետիկական ջերմաստիճանը:

Երկնային մարմինների ռադիոճառագայթման ընդունման համար օգտագործվում են ռադիոդիտակներ: Շատ ավելի հաճախ օգտագործվում են պարաբոլիդի տեսք ունեցող ռադիոդիտակներ, որոնց կիզակետում տեղադրվում է ճառագայթիչը: Պարաբոլիկ անտենայի կողմից ընդունված ճառագայթումը ընկնում է ճառագայթիչի վրա, և ենթարկվելով հետագա մշակման վերաձևափոխվում է հոսանքի իմպուլսի (ազդանշան):

Ռադիոաստղագիտության զարգացման վերջին երեսուն տարիների ընթացքում երկնային մարմիններից ստացված թույլ ազդանշանների ընդունման տեխնիկան հասել է շատ բարձր մակարդակի: Անտենաներից յուրաքանչյուրը բնութագրվում է իր սեփական ուղղվածության դիագրամի միջոցով: Դա նշանակում է, որ ռադիոդիտակը ընդունում է ազդանշան ոչ միայն այն ուղղության տիրույթից որտեղ ուղղված է, այլ նաև հարևան ուղղություններից, որոշակի մարմնային անկյան սահմաններում:

Դիտման համար ցանկալի է, որ այդ մարմնային անկյունը լինի հնարավորին փոքր, այնպես, որ հնարավոր լինի տարբերել (ռադիոտիրույթում) ոչ մեծ դետալներ հետազոտվող օբյեկտի կառուցվածքում: Այդ պատճառով կարևոր է կիրառել մեծ տրամագիծ ունեցող անտենաներ:



Նկար 1. Օուենս Վելլի (ԱՄՆ) աստղադիտարանի ռադիոդիտակ-ինտերֆերոմետր :

Անտենաներից յուրաքանչյուրը ունի պարաբոլիդի տեսք

Բայց տեխնիկական հնարավորությունները դնում են և ունեն որոշակի սահմաններ [22,24]: Ամենամեծ ամբողջաշրջելի պարաբոլիկ անտենան, որը հնարավոր է կարգավորել երկնքի ցանկացած ուղղության կամ կետի վրա, հանդիսանում է Էֆֆելսբերգի աստղադիտարանի 100 մետրանոց անտենան:

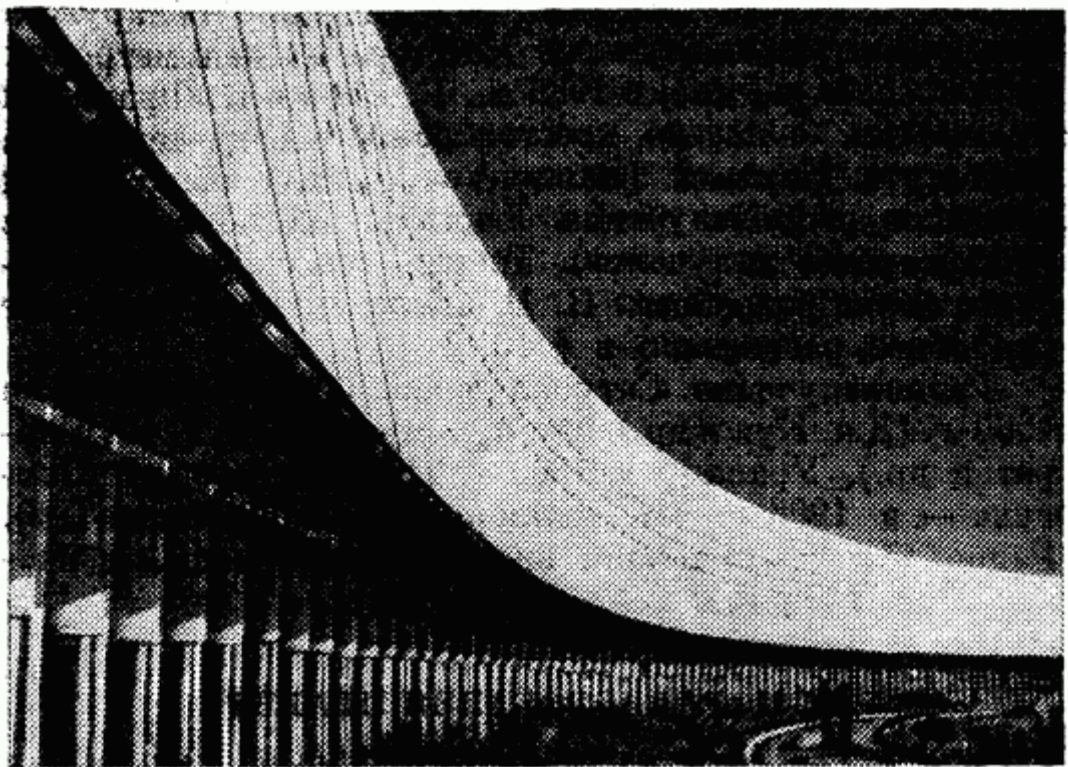
Իսկ մինչև վերջերս ամենամեծ համարվող 300 մետր տրամագիծ ունեցող անշարժ պարաբոլիկ անտենան գտնվում է Արեսիբոյում (Պուերտո-Ռիկո): Այն սպասում է, մինչև իր տեսադաշտում հայտնվում են հետազոտման աղբյուրներ:

Սակայն գոյություն ունի ռադիոդիտակի անտենայի ուղղվածության դիագրամի նեղացման և նրա լուծող ուժի մեծացման հնարավորության մեկ այլ, ռադիոհինտերֆերենցիոն մեթոդ [20,21]: Մեթոդի էությունը կայանում է երկու ռադիոդիտակների միաժամանակյա կիրառման մեջ: Նկար 1-ում պատկերված է Օուենս Վելլիի աստղադիտարանի ռադիոհինտերֆերոմետրը: Նման համակարգի լուծող ուժի թույլատրելի հնարավորությունը, երկու անտենաների միացման ուղղությամբ, նույնն է, ինչ որ եթե մենք ունենայինք շատ մեծ անտենա որի բացվածքը համարժեք լիներ ռադիոհինտերֆերոմետրի անտենաների միջև եղած հեռավորությանը (բազային): Երկնքում այդպիսի համակարգը կտրում է նեղ դանակի շեղք հիշեցնելով շերտ, այդ իսկ պատճառով ասում են, որ ռադիոհինտերֆերոմետրը ունի դանակի տեսք ունեցող ուղղվածության դիագրամ:

Եվ վերջապես գոյություն ունի ռադիոդիտակի ևս մեկ տեսակ, որը լայն կիրառություն ունի ռադիոաստղագիտությունում, թույլ տալով ստանալ բարձր լուծող ուժի հնարավորություն: Այդ տիպի առաջին անտենաներից մեկը պարաբոլիկ ժապավենային տեսք ունենալով 130 մետր երկարությամբ, դեռևս 50-ական թվականներին տեղադրվել է Պուկվոլոյի աստղադիտարանում: Այսօր Կովկասյան լեռներում գտնվող Հատուկ աստղադիտարանում տեղադրված է 600 մետրանոց ռադիոդիտակ [23,24,25]՝ ՌԱՏԱՆ-600 (Նկար 2): Այն բաղկացած է մեծ թվով հայելիներից, որոնք կազմում են 576 մետր տրամագծով խոշոր շրջան: Այդ հայելիների թեքությունը հնարավոր է փոխել, այդ կերպ գրանցելով հորիզոնից տարբեր բարձրությունների միջորեականներով անցնող ճառագայթման աղբյուրները:

1946 թվականին առաջին անգամ դիտվել է Լուսնի ռադիոճառագայթումը [17] 1,25 մ ալիքի երկարության վրա, որը հետագա տարիների ընթացքում օգտագործվել է Լուսնի մակերևույթային ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրման համար: Լուսնի ռադիոճառագայթման վարկածը մշակվել է ԽՍՀՄ ԳԱ անդամ-թղթակից Վ.Ս. Տրոիցկու կողմից: Այդ վարկածը կիրառելի է նաև, Երկրի տիպի մոլորակների համար ևս, որոնք զրկված են հզոր մթնոլորտից, ինչպես նաև Մերկուրիի, Մարսի, Երկրի արբանյակների և աստերոիդների նկատմամբ: 1956 թվականին Կ. Մայերը, Տ. Մակ-

Կալլաֆը և Ռ. Սլոնեիկերը 15 մետրանոց ռադիոդիտակի օգնությամբ Ծովային հետազոտությունների լաբորատորիայիում հայտնաբերեցին Վեներայի, Մարսի և Յուպիտերի ջերմային ռադիոճառագայթումը 3 սմ ալիքի երկարության տիրույթում: Այդ ժամանակ էլ հենց, բացահայտվեց, որ Վեներան ունի շատ բարձր պայծառային ջերմաստիճան (մոտ 600°C), իսկ երկու տարի անց Սլոնեիկերը դեցիմետրային ալիքի երկարության տիրույթում նկատեց Յուպիտերի ոչ ջերմային ռադիոճառագայթումը: Մոլորակների ռադիոուսումնասիրությունը մեծ ներդրում ունի նրանց ֆիզիկական վիճակների հետազոտման գործում:



Նկար 2. Անտենային փոփոխական պրոֆիլով աշխարհում ամենամեծ ՌԱՏԱՆ-600 ռադիոդիտակ (ԽՍՀՄ, Հաբովսկ աստղագիտական աստղադիտարան)

1.1.1 Ռադիոդիտակների բնութագրերի չափման հեռահար և մոտակա գոտու եղանակները

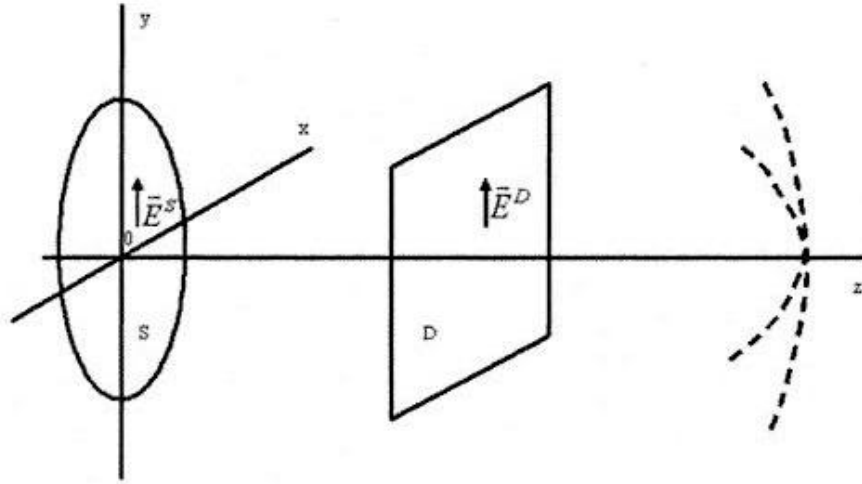
Աշխատանք [26]-ում ներկայացված է էլեկտրամագնիսական ալիքների դիֆրակցիայի խնդրի խիստ մեթոդի որոշումը մետաղական էկրանների վրա: Սակայն, երբ հայելու չափերը մի քանի անգամ գերազանցում են ալիքի երկարության չափերը, ավելի էֆեկտիվ են համարվում մոտակա մեթոդով որոշումը:

Հայելային անտենայի բնութագրերի չափման հաճախ օգտագործվող մեթոդներից մեկն է համարվում ապերտուրային մեթոդը [27-30]: Պարաբոլական անտենաներում կիրառվող մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ ապերտուրայի փոխերեն օգտագործվում է կլոր հարթ բացվածք, որի երկայնքով տրվում է էլեկտրական դաշտի լարվածության E վեկտորի բաշխումը: Նկար 3-ում պատկերված է ներքևում դիտարկվող խնդիրների երկրաչափությունը, որտեղ S -ը պարաբոլիկ հայելու ապերտուրան է, D -ն վերջնական չափսերի ուղղանկյունն է մոտակա գոտում, որի վրա ենթադրվում են էլեկտրական $\vec{E}^D$ և մագնիսական $\vec{H}^D$ դաշտերի տանգենցյալ բաղադրիչները:

Պարաբոլիկ հայելին ենթադրվում է ոչ խորը, իսկ նրա չափսերը շատ ավելի մեծ ալիքի երկարությունից, այդ պատճառով խնդրի լուծման ապերտուրային մեթոդը հանդիսանում է մոտարկված և օժտված է պարզ իրականացմամբ:

Դիտարկվում է էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածումը հաստատուն դիէլեկտրիկական (ϵ) և մագնիսական (μ) թափանցելիությամբ համասեռ, իզոտրոպ, հաղորդականություն չունեցող միջավայրում (վակուում): Ենթադրվում է գրգռման և տարածման գործընթացի հարմոնիկ կախում $e^{r\omega t}$ օրենքով, որտեղ ω -ն էլեկտրամագնիսական դաշտի հաճախությունն է:

Ապերտուրային անտենաների դեպքում դաշտի աղբյուրներ են հանդիսանում էկվիվալենտ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը:



Նկար 3. Խնդրի երկրաչափություն

Լարվածության վեկտորների և դաշտի աղբյուրների միջև կապը կարելի է ներկայացնել հետևյալ արտահայտություններով

$$\begin{aligned}\vec{E}(M) &= -i\omega\mu\vec{A}^e(M) - \frac{i}{\omega\epsilon}\text{grad div}\vec{A}^e(M) - \text{rot}\vec{A}^m(M), \\ \vec{H}(M) &= -i\omega\epsilon\vec{A}^m(M) - \frac{i}{\omega\mu}\text{grad div}\vec{A}^m(M) + \text{rot}\vec{A}^e(M).\end{aligned}\quad (2)$$

Քանի որ դիտարկվում է արտաքին խնդիրը, համապատասխան ավիքային հավասարումների լուծումները, որոնք բավարարում են Չոմմերֆելդի պայմաններին, կարող են ներկայացվել հետևյալ տեսքով՝

$$\begin{aligned}\vec{A}^e(M) &= \int_S \vec{j}^{eo}(P) \cdot G(M, P) dS, \\ \vec{A}^m(M) &= \int_S \vec{j}^{mo}(P) \cdot G(M, P) dS,\end{aligned}\quad (3)$$

Որտեղ S -ը հայելային անտենայի ապերտուրան, կամ չափման ուղղանկյունն է մոտակա գոտում, M -ը դիտման կետն է դաշտի աղբյուրից դուրս, $P \in S$ - ինտեգրման փոփոխական կետն է, իսկ

$$G(M, P) = \frac{e^{-ikR(M, P)}}{4\pi R(M, P)} \quad (4)$$

Գրինի ֆունկցիան է եզրային համասեռ իզոտրոպ միջավայրի համար, k -ն ալիքային թիվն է, $R(M, P)$ -ը հեռավորությունն M -ի և P միջև, իսկ $A^e(M)$ և $A^m(M)$ -ն վեկտորական պոտենցիալներն են: Դրված խնդիրների լուծումները թույլ են տալիս որոշել չափման ուղղանկյան չափերը և դիրքը, որը ապահովում է ուղղվածության դիագրամի վերականգնումը:

Ուղղվածության դիագրամի որոշումը հեռակա գոտում տրված աղբյուրներով հայելային անտենաների ապերտուրայում

Ուղղվածության դիագրամի որոշման համար օգտվում են ապերտուրայի մեթոդից: Մագնիսական դաշտի լարվածության վեկտորը էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հետ կապված է հետևյալ կապով՝

$$\vec{j}(P) = 2[\vec{n}, \vec{H}(P)] = 2W^{-1}[\vec{n}, [\vec{s}, \vec{E}(P)]], \quad (5)$$

որտեղ $\vec{E}(P)$, $\vec{H}(P)$ – առաջնային դաշտն է $P \in S$ կետում, n -ը մակերևույթի նորմալն է, ուղղված այն կողմը, որտեղից գալիս է ճառագայթումը, $\vec{s}$ -ը միավոր վեկտորն է որը համընկնում է ընկնող ալիքի հետ, W -ն ε և μ հաստատուններով ազատ տարածության ալիքային դիմադրությունն է:

Էկվիվալենտ էլեկտրական և մագնիսական հոսանքները S ապերտուրայում որոշվում են հետևյալ արտահայտությամբ,

$$\begin{cases} \vec{j}^{eo}(P) = [\vec{k}, \vec{H}_y^S] \\ \vec{j}^{mo}(P) = [\vec{k}, \vec{E}_y^S] \end{cases} \quad (6)$$

որտեղ $\vec{k}$ –ն առանցքի ուղղությամբ ուղղված միավոր վեկտորն է:

$\vec{E}^S$ -ի բաշխման տեսքը տանք հետևյալ արտահայտության օգնությամբ

$$\begin{cases} E_y^S(x, y) = 1 - 2,667 \left(\frac{x^2 + y^2}{D_S^2} \right) \\ E_y^S(x, y) = \sin \left(1,78 \cdot \frac{\pi x}{D_S} \right) \cdot \left(1 - 2,667 \frac{y^2}{D_S^2} \right) \end{cases} \quad (7)$$

Որտեղ D_s -ը հայելու բացվածքի տրամագիծն է, $a(x,y)$ բացվածքի ընթացիք կետերի դեկարտյան կոորդինատներն են: (7)-ի առաջին արտահայտությունը ձևավորում է սովորական ուղղվածության դիագրամը, իսկ երկրորդը տարբերության ուղղվածության դիագրամը, որը թույլ է տալիս հաշվել էլեկտրական դաշտի և մագնիսական դաշտի լարվածությունները կամայական դիտման M կետում (1-4) արտահայտություններով:

Էլեկտրամագնիսական դաշտի չափման գործընթացի մոդելավորումը մոտակա գոտում

Էլեկտրական դաշտի տրված բաշխվածությամբ S ապերտուրայում հաշվենք էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի լարվածության վեկտորները չափման ուղղանկյան վրա: (6) արտահայտությամբ գտնենք էլեկտրական և մագնիսական հոսանքների համարժեք բաշխումը և հաշվենք ուղղվածության դիագրամը հետևյալ արտահայտություններով (1-4):

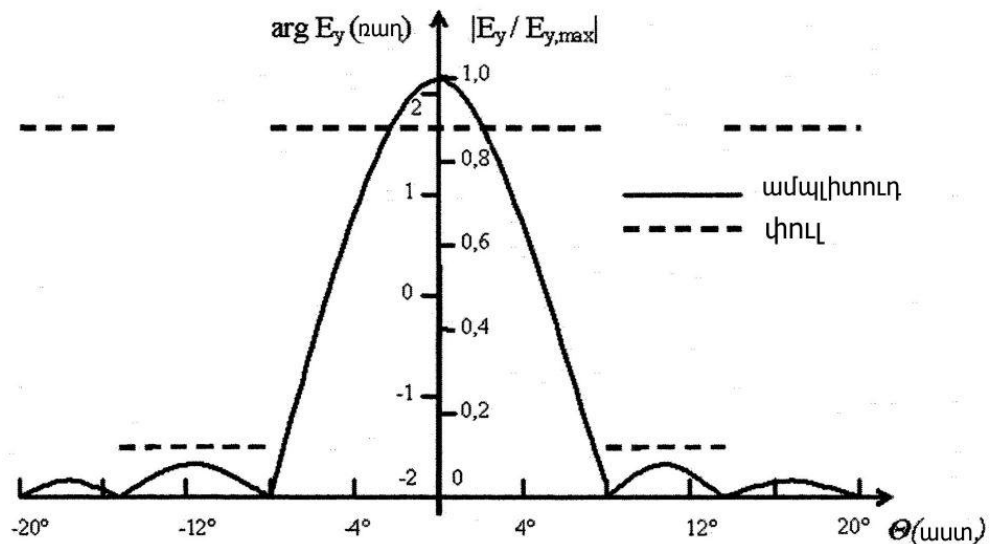
Ուղղվածության դիագրամի հաշվարկը հեռակա գոտում՝ մոտակա գոտում դաշտի մոդելավորման արդյունքներով

Ուսումնասիրենք դրված խնդրի լուծումը, այն դեպքում, երբ S ապերտուրայի պարաբոլիկ անտենայի փոխարեն վերցվել է շրջան $D_s = 10\lambda$ տրամագծով, որտեղ λ -ն ալիքի երկարությունն է, իսկ D -ի չափման հարթությունը իրենից ներկայացրել է քառակուսի 21λ կողմով, տեղակայված S բացվածքից 20λ հեռավորության վրա: Նկար 4-ում և 5-ում պատկերված են ուղղվածության դիագրամները, որոնք ստացվել են խնդրի լուծման ապերտուրային մեթոդի դեպքում երկու փոխադարձ զուգահեռ կտրվածքների, ինչպես սովորական, այնպես էլ տարբերության դիագրամի դեպքում: Էկվիվալենտ էլեկտրական և մագնիսական հոսանքների հաշվարկման ընթացքում, չափման D ուղղանկյան վրա ուղղանկյուն ցանցի հանգույցների թիվը վերցվել է հավասար 71×71 , որը համապատասխանում է դիսկրետացման $\lambda/3$ քայլին:

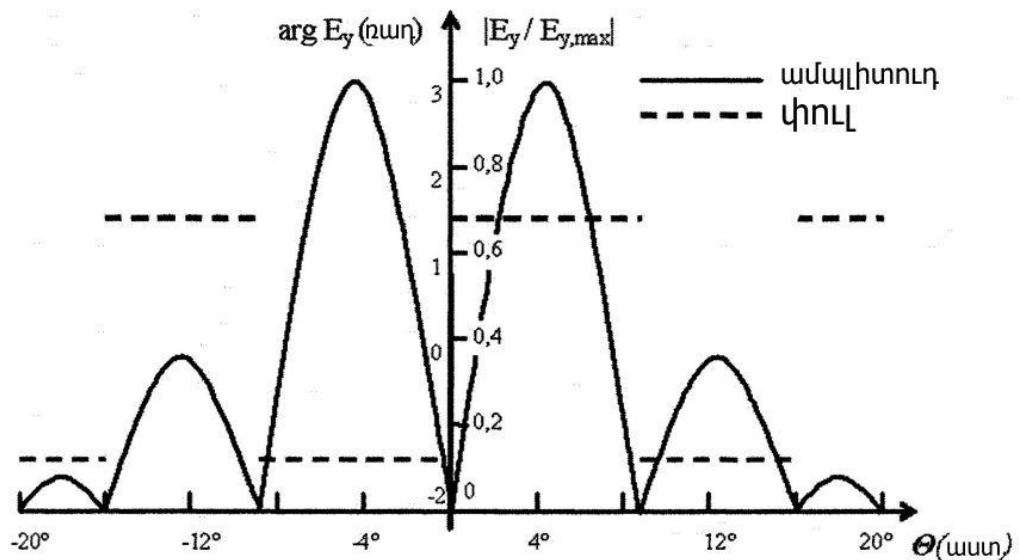
Հաշվարկված հոսանքներով իրականացվել է ուղղվածության դիագրամի վերահաշվարկը հեռակա գոտում: Վերականգնման խնդրի որոշումը համեմատվում է ուղղվածության դիագրամի հաշվարկի ըստ աղբյուրների խնդրի որոշման հետ, տրված

հայելային անտենայի ապերտուրայում: Համեմատության արդյունքները սովորական ուղղվածության դիագրամի համար ցույց են տվել, որ գլխավոր և առաջին կողային թերթիկի շրջանակներում ուղղվածության դիագրամի հաշվարկը համընկնում է ճշտության բարձր աստիճանով ($\Delta_{\text{հար.}} < 5 \cdot 10^{-2}$ ամպլիտուդով և $\delta_{\text{բացարձակ}} < 2 \cdot 10^{-2}$ փուլով):

Երկրորդ կողային թերթիկը վերականգնվում է համեմատաբար լավ ամպլիտուդով ($\Delta_{\text{հար.}} < 8 \cdot 10^{-2}$), բայց վատ փուլով ($\delta_{\text{բացարձակ}} \approx 1$ ռադիան): Վերականգնման ընդունելի ճշտությունը հասանելի է դառնում նաև տարբերության ուղղվածության դիագրամի դեպքում:



Նկար 4. Սովորական ուղղվածության դիագրամը $\vec{E}_y$ բաղադրիչով, հեռակա գոյում $\vec{H}$ վեկտորի հարթությունում



Նկար 5. Տարբերության ուղղվածության դիագրամը $\vec{E}_y$ բաղադրիչով, հեռակա գոյում $\vec{H}$ վեկտորի հարթությունում

1.1.2 Գալակտիկական և արտագալակտիկական ռադիոճառագայթում

Դեռևս երեսնական թվականների սկզբներին Կ. Յանսկին հայտնաբերեց ռադիոճառագայթումը [31]: Ելնելով այն հանգամանքից, որ ռադիոճառագայթումը, որն ուներ արտերկրային ծագում, կենտրոնացված էր դեպի Գալակտիկայի հարթությունը, իսկ առավելագույն հզորության էր հասնում Գալակտիկային կենտրոնի ուղղությամբ, արդյունքում Յանսկին եզրակացրեց, որ դիտվող տվյալ ռադիոճառագայթման աղբյուր կարող են հանդիսանալ կամ աստղերը կամ էլ միջաստղային նյութը: Յանսկու արդյունքները հաստատեց Գ. Ռեբերը արդեն քառասնականներին, պնդելով, որ ռադիոճառագայթման աղբյուրը միջաստղային նյութն է, այլ ոչ թե աստղերը: Օգտագործելով իր կողմից կառուցված առաջին տիեզերական ռադիոճառագայթման պայծառության բաշխման քարտեզը, նա ռադիոտակն ուղղեց երկնքի տարբեր տիրույթներ: Արդյունքում ստացավ Գալակտիկայի հարթության առանձին հատվածների ռադիոճառագայթման գրանցումներ:

Երբ անշարժ անտենայի դիագրամով անցնում էԾիր Կաթնի շերտը, վերոնշյալ գրանցումներում ռադիոճառագայթման պայծառության աճ է տեղի ունենում: Պայծառության բաշխման քարտեզը կառուցելու նպատակով Ռեբերը ռադիոճառագայթման միևնույն ինտենսիվություն ունեցող երկնքի տարբեր կետերը

միացրեց իզոֆոտներ անվանվող կորերով: Պայմանավորված ռադիոդիտակի ուղղվածության դիագրամի ավելի նեղ լինելու հանգամանքով, ավելի շատ մանրամասնություններ պատկերված կլինեն քարտեզի վրա: 160ՄՀց հաճախականությունում դիտումներ կատարելու արդյունքում նրա ստացած քարտեզը, բավական կոպիտ է, սակայն հետագայում ավելի մեծ դիտակների օգնությամբ ռադիոպայծառության շատ ավելի մանրամասն քարտեզներ ստացվեցին:

Վերոնշյալ ռադիոպայծառության բաշխման քարտեզների ուսումնասիրությունն էլ և ցույց է տալիս, մեծ քանակությամբ առանձին, փոքր անկյունային չափերի, այսպես կոչված դիսկրետ ռադիոաղբյուրների առկայությունը, ինչպես նաև ռադիոճառագայթման ընդանուր դաշտի առկայությունը, որը բաղկացած է երկու բաղադրիչից: Առաջինը Գալակտիկայի հարթության երկայնքով ձգված մի նեղ շերտ է, որն ունի ընդգծված մաքսիմում՝ գալակտիկայի կենտրոնի ուղղությամբ: Իսկ ահա երկրորդը երկնքով գրեթե հավասարաչափ է բաշխված, ունի բավականին լայն մաքսիմում՝ նույնպես գալակտիկական կենտրոնի ուղղությամբ:

Ի նկատի ունենալով այդ տվյալները 1952 թ. Ի. Շկլովսկին ենթադրեց, որ Գալակտիկայի ռադիոճառագայթումն առաջանում է միանգամից երկու ենթահամակարգում՝ Գալակտիկայի սկավառակում և գրեթե սֆերիկական ռադիոպսակում (հալոյում): Երկրորդը կարծես թե տարածվում է շատ ավելի հեռու, քան աստղերի հիմնական զանգվածը: Բացի դրանցից, ռադիոճառագայթումը բաղկացած է ևս մեկ, հավասարաչափ բաշխում ունեցող բաղադրիչից, որը պայմանավորված է չլուծված արտագալակտիկական դիսկրետ ռադիոաղբյուրներով, և հավանաբար, միջգալակտիկական նյութի ռադիոճառագայթումով: Գալակտիկական անընդհատ ռադիոճառագայթումը, որը կատարվում է ռադիոճառագայթման անընդհատ սպեկտրում, առաջանում է երկու մեխանիզմով: Առաջինը, աստղասփյուռների շրջակայքում գտնվող իոնացված գազի ջերմային ճառագայթումն է: Երկրորդը սինխրոտրոնային մեխանիզմն է, որը պայմանավորված է միջաստղային մագնիսական դաշտերում ռելյատիվիստական էլեկտրոնների շարժումներով:

Տարբեր ալիքային երկարություններում ստացված պայծառության բաշխման քարտեզների համեմատումից, բացահայտվում է Գալակտիկայի ռադիոճառագայթման տարբեր սպեկտրներ ունեցող բաղադրիչների առկայությունը: Ճիշտ արդյունք ստանալու համար սակայն միայն միևնույն կամ միմյանց շատ մոտ ուղղվածության դիագրամներ ունեցող ռադիոդիտակներով ստացված քարտեզները կարելի է համեմատել, հաշվի առնելով այն, որ երկնքի միևնույն տիրույթի և միևնույն հաճախությունում, բայց տարբեր դիագրամներով ստացված արդյունքները կարող են զգալիորեն տարբերվել իրարից:

Ռադիոդիտակ, որն ունի մեծ ուղղվածություն կբացահայտի պայծառության բաշխման փոքր մանրամասնությունները, իսկ ռադիոդիտակը, որն ունի իավելի փոքր ուղղվածություն կգրանցի միմիայն այդ տիրույթի պայծառության բաշխման հարթեցված պատկերները: Գալակտիկայի ռադիոճառագայթման տարբեր սպեկտրներ ունեցող բաղադրիչները, հասկանալի է, որ իրարից տարբերվող ալիքների երկարություններում դիտումներ կատարելիս տարբեր չափով են բացահայտվում, որոնք միանման չեն բաշխված Գալակտիկայում: Սկավառակի ու սֆերիկ բաշխում ունեցող բաղադրիչների, այդ թվում իոնացված ամպերի, չեզոք ջրածնի, գրգռված ջրածնի, ՕԻ մոլեկուլի, միջաստղային մոլեկուլների, գերնոր աստղերի մնացուկների, բաբախող աստղերի ռադիոճառագայթումների առկայությունը շատ լավ երևում է այնպիսի գրանցումների վրա, որոնցում դիտումների ընթացքում անտենայի դիագրամը ուղղահայաց նստեցվում է Ծիր Կաթնի հարթությանը:

1.2 ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի նպատակը և կառուցվածքը

Գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգը (ГЛОНАСС) ստեղծվել է ԽՍՀՄ/ՌԴ Պաշտպանության նախարարության պատվերով [32,33], և հանդիսանում է այսօր աշխարհում գործող երկու գլոբալ նավիգացիոն համակարգերից մեկը: Ի սկզբանե ունենալով ռազմական նշանակություն, այն թողարկվել է 1982 թվականին՝ հրթիռային հարձակման նախազգուշացման համակարգի հետ միասին:

Որպես համակարգի հիմք հանդիսանում են 24 արբանյակները, որոնք պտտվում են Երկրի շուրջը, երեք տարբեր օրբիտալային հարթություններում 64,8° թեքությամբ և 19400 կմ բարձրությամբ [34]: Աշխատանքի և չափումների մեթոդիկան նման է NAVSTAR GPS ամերիկյան համակարգին [33,39]: Որից հիմնական տարբերությունը կայանում է նրանում, որ ԳԼՈՆԱՍՍ-ի արբանյակները իրենց օրբիտալային շարժումներում չունեն ռեզոնանս (սինխրոնություն) Երկրի պտտման հետ, որն էլ հենց ապահովում է մեծ կայունություն: Այդ կերպ, ԳԼՈՆԱՍՍ արբանյակների խմբի համար այլևս չի պահանջվի հավելյալ ճշգրտումներ համակարգի ակտիվ գոյության ողջ ընթացքում, չնայած, որ ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի արբանյակների կյանքի տևողությունը համեմատաբար և զգալիորեն ավելի կարճ է:

Այսօր արդեն ԳԼՈՆԱՍՍ նախագծի զարգացմամբ զբաղվում են ռուսական ՌՈՍԿՈՍՄՈՍ կորպորացիան և «Հրթիռա-կոսմիկական սարքաշինության և տեղեկատվական համակարգերի ռուսական» ընկերությունը:

Պաշտոնապես ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի ստեղծման սկիզբը դրվել է դեռևս 1976 թվականին ԽՍՀՄ Նախարարների խորհրդի հատուկ հրամանով [35]: Այս նախագիծը հանդիսանում է հայրենական նավիգացիոն արբանյակային համակարգի շարունակությունը, որը սկսվել է <<ՑԻԿԼՈՆ>> ծրագրով:

Աշխատանքների իրականացման ժամկետներները ոչ մեկ անգամ են հետաձգվել, սակայն առաջին թռիչքային փորձարկումները սկսվել են 1982 թվականի հոկտեմբերի 12-ին [36]: Առաջին արբանյակի՝ <<Ուրազան>> 11Փ654 և երկու զանգվածա-չափային մակետների՝ 11Փ654ԴԲՄ օրբիտա արձակմամբ: Առաջին արբանյակի արձակմանը հետևեցին ևս մի քանիսը, և ահա 1991 թվականի ապրիլի 4-ին ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգի կազմում երկու օրբիտալային համակարգում միանգամից հայտնվեցին 12 աշխատունակ արբանյակներ և միայն 1993 թվականի սեպտեմբերի 24-ին այն պաշտոնապես ընդունվեց և հանձնվեց շահագործման ՌԴ Պաշտպանության նախարարությանը [37,38]: Նույն թվականին էլ ԱՄՆ-ն օրբիտա դուրս բերեց 24-րդ արբանյակը, որից հետո սկսվեցին արբանյակների արձակումները երրորդ օրբիտալային հարթություն: 1995 թվականի դեկտեմբերի 14-ին <<Պրոտոն-Կ>> -ի 27 -

րդ արձագանքից հետո <<Ուրագան>>-ների հետ միասին, արբանյակների թիվը հասցվեց 24-ի:

1.3 RT-13 ИПА ռադիոդիտակի բնութագրերի չափման մեթոդ

Աշխատանքի նպատակն է ռադիոաստղագիտական եղանակով, Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի միջոցով **PT-13 ИПА РАН** ռադիոդիտակի ֆոկուսացման և բնութագրերի չափման ծրագիր-մեթոդի մշակումը, ինչպես նաև նշանակման վայրերում չափումների իրականացումը, ԳԼՈՆԱՍՍ համակարգին բևեռների կոորդինատների և Համաշխարհային Ժամանակի տվյալներով օպերատիվ, մեծ ճշտությամբ ապահովման, ինչպես նաև միջազգային գերերկար բազայով ռադիոինտերֆերոմետրական ցանցի հետ կապի և այլ միջազգային ծառայությունների իրականացման համար:

Ուսումնասիրման և հետազոտման օբյեկտ է հանդիսանում երկհայլային սխեմայով կառուցված օղակաձև առաջնային ֆոկուսով ցածր ջերմաստիճանային եռատիրույթ ճառագայթիչով, ընդունիչ համակարգի մուտքում ցածր աղմկային ուժեղարարով **PT-13 ИПА РАН** ռադիոդիտակը: Ռադիոդիտակի աշխատանքային հաճախությունների տիրույթներն են՝ $S - (2,2 - 2,6) \text{ ԳՀգ}$, $X - (7,0 - 9,5) \text{ ԳՀգ}$ և $Ka - (28 - 34) \text{ ԳՀգ}$:

Կոնտրոնֆլեկտորի օպտիմալ դիրքի որոշման ծրագիր-մեթոդ

Ռադիոաստղագիտակի կոնտրոնֆլեկտորի օպտիմալ դիրքը (ֆոկուսացում) և ճառագայթիչի ֆազային կենտրոնների տեղափոխությունները S , X և Ka ալիքային տիրույթներում, կոնտրոնֆլեկտորի զերոական դիրքի նկատմամբ ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) որոշվում են կոսմիկական ռադիոաղբյուրի հետևման ծրագրով, կոնտրոնֆլեկտորի այնպիսի դիրքի ընտրությամբ, որ ապահովվի ելքային ազդանշանի մաքսիմալ արժեք: Ֆոկուսացումը իրականացվում է ռադիոդիտակի $h=45^\circ$ տեղի անկյան դիրքում: Ռադիոդիտակի բնութագրերի ուսումնասիրումը իրականացվում է ֆոկուսացումից

հետո: Ստորև բերված են կոնտրոնֆլեկտորի հաշվարկային դիրքից ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) շեղումները (Աղյուսակ 1) :

Աղյուսակ 1

N°	Բնութագրերի անվանում	Չափման միավոր	Մեծություն
1.	Կոնտրոնֆլեկտորի շեղումը հաշվարկային ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) դիրքից	Մմ	
2.	Δx_s	Մմ	3
3.	Δy_s	Մմ	-2
4.	Δz_s	Մմ	2
5.	Δx_x	Մմ	-1
6.	Δy_x	Մմ	3
7.	Δz_x	Մմ	2
8.	Δx_k	Մմ	0
9.	Δy_k	Մմ	2
10.	Δz_k	Մմ	1
11.	$\Delta x_{\text{օպտ.}}$	Մմ	0.7
12.	$\Delta y_{\text{օպտ.}}$	Մմ	1
13.	$\Delta z_{\text{օպտ.}}$	Մմ	1.7

PT-13 ИПА РАН ռադիոաստղադիտակի բնութագրերի ուսումնասիրման ծրագիր

Չափումները իրականացվել են ՌԴ ԳԱ Կիրառական Աստղագիտության Ինստիտուտի «Բադարի» և Զելենչուկյան աստղադիտարաններում, թույլ ամպամածության և միջինում -20°C և $+10^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային պայմաններում համապատասխանաբար, 26.11.2014-ից 06.12.2014 և 20.04.2015-ից 05.05.2015 ընկած ժամանակահատվածներում հետևյալ բնութագրերով, էտալոնային հանդիսացող Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրով

- ուղղակի ծագում - $\alpha_{1950,0} = 23^{\text{h}}21^{\text{m}}10^{\text{s}}.2$

- հակում $-\delta_{1950,0} = 58^{\circ}32'40''.5$

Էկվատորիալ կոորդինատների արժեքները տվյալ M ժամանակաշրջանի համար դուրս են բերվում (8) արտահայտություններով

$$\alpha_{2014} = \alpha_{1950,0} + (2014 - 1950) \times 2^{\text{s}}.70;$$

$$\delta_{2014} = \delta_{1950,0} + (2014 - 1950) \times 19''.761; \quad (8)$$

Իսկ Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի հոսքի խտության արժեքը տվյալ ժամանակաշրջանի համար 10^{-26} վտ/մ² դուրս է բերվում իր սպեկտրից (9) արտահայտություններով [40,41]

$$\log F = 5,745 - 0,770 \log f.$$

$$F_M = F[1 - (0,0097 - 0,0003 \log f)]^{M-1980} \quad (9)$$

որտեղ f -ը հաճախությունն է ԳեգաՀերցերով. Աղյուսակ 2-ում բերված են Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի խտության արժեքները աշխատանքային հաճախային տիրույթներում:

Ռադիոդիտակի բնութագրերի ուսումնասիրումը , իրականացվում է PT-13 ИПА РАН ռադիոդիտակների աշխատանքային գործիքակազմով: Ռադիոդիտակի չափման ենթակա բնութագրերը բերված են աղյուսակ 3-ում:

Աղյուսակ 2

Հաճախային տիրույթ	S	X ₁	X ₂	X ₃	Ka ₁	Ka ₂	Ka ₃
$9 < g$	2,4	7,0	8,25	9,5	28,0	31,0	34,0
$F_{2014} 10^{-26} \text{ Վտ/մ}^2$	950	430	380	340	150	141	128

Աղյուսակ 3.

№	Բնութագրերի անվանում	Չափ.միավոր
1.	Անտենայի էլեկտրական առանցքի երկրաչափականից շեղման չափումը	Անկյունային աստիճան
2.	Համակարգի աղմկային ջերմաստիճանի (ռադիոդիտակ-ռադիոմետր/ (T _{համակարգ}) չափումը կախված տեղի անկյունից ($\Delta h=10^\circ$)	Աստ. Կ
3.	Գլխավոր թերթիկի լայնության չափումը ՈՒԴ $\theta_{0,5}$ և $\varphi_{0,5}$ և նրանց կախումը տեղի անկյունից ($\Delta h=10^\circ$)	Անկյունային աստիճան
4.	Անտենայի էֆեկտիվ մակերեսի չափում	մ ²
5.	Ընդունող համակարգի հոսքի էկվիվալենտ խտության (SEFD) կախվածությունը տեղի անկյունից	
6.	Անտենային համակարգի մակերեսի օգտագործման գործակցի (ՄՕԳ) կախվածությունը տեղի անկյունից	
7.	Կողային մոտակա թերթիկների մակարդակների չափում	դԲ

8.	Կրոսբեռնացման մակարդակի չափում	դԲ
----	--------------------------------	----

Անտրանայի աղմկային ջերմաստիճանի որոշումը ամբողջ անկյունային կտրվածքով
 $\Delta h = 10^\circ$ քայլով

- Գրանցում ենք ազդանշանի ելքային մակարդակը՝ անջատված ռադիոընդունիչ համակարգի պարագայում:
- Միացնում ենք աղմկային գեներատորը Ա.Գ., և գրանցում ենք $T_{\text{Ա.Գ.}} + T_{\text{Ա.Գ.}}$ ելքային մակարդակը:
- Գրանցված ցուցմունքներով որոշում ենք $T_{\text{Ա.Գ.}}$.
- 1-4 կետերն իրականացնում ենք S, X, Ka տիրույթներում .
- Աղմկային ջերմաստիճանների չափված արժեքները արձանագրում

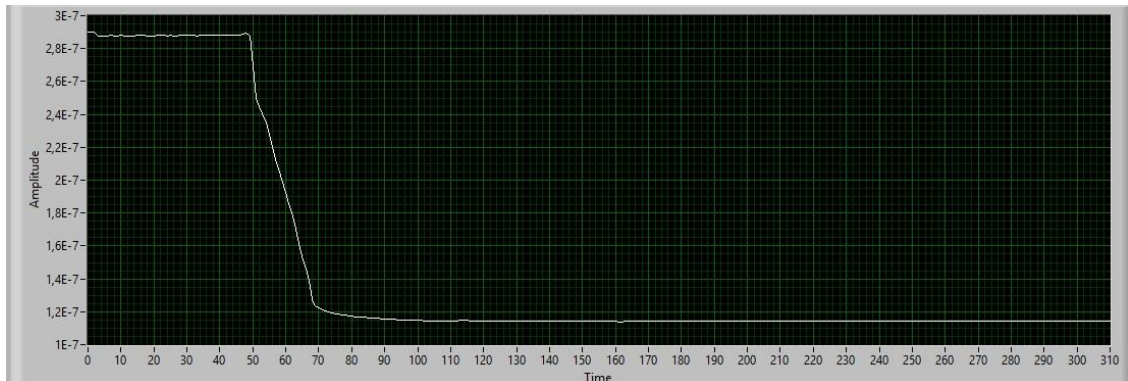
Աղյուսակ 4

Հաճախային տիրույթ S								
h(աստ.)	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$T_{\text{Ա.Գ.}}(^{\circ}\text{C})$	67	79	92	107	122	137	147	157

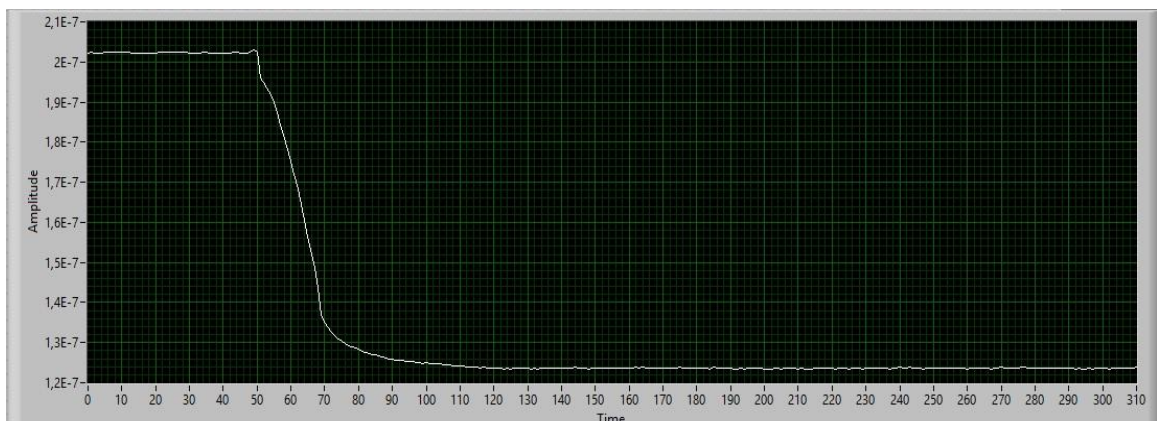
Հաճախային տիրույթ X								
h(աստ.)	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$T_{\text{Ա.Գ.}}(^{\circ}\text{C})$	63	78	98	123	143	163	173	183

Հաճախային տիրույթ Ka								
h(աստ.)	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$T_{\text{Ա.Գ.}}(^{\circ}\text{C})$	196	204	216	218	231	241	256	273

6 և 7 նկարներում բերված են ռադիոդիտակի անտենային աղմկային ջերմաստիճանի կախումները տեղի անկյան կոորդինատից X և Ka տիրույթներում:



Նկար 6. Ռադիոդիտակի անտենային աղմկային ջերմաստիճանի կախումը տեղի անկյան կոորդինատից X տիրույթում



Նկար 7. Ռադիոդիտակի անտենային աղմկային ջերմաստիճանի կախումը տեղի անկյան կոորդինատից Ka տիրույթում

Անտենայի էլեկտրական առանցքի շեղման չափումը օպտիկականից ամբողջ անկյունային կտրվածքով՝ $\Delta h=10^\circ$ քայլով:

1. Անտենան դիրքադնում ենք Կասսիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի հետևման ծրագրի վրա՝ տեղի անկյունով և ազիմուտով զրոյական ճշգրտումներով:

2. Ծրագրային մեծությունների ազիմուտի և տեղի անկյան փոփոխությամբ հասնում ենք աղբյուրի ելքային ազդանշանի մաքսիմալ աճին:

3. 1-2 կետերի գործողություններն իրականացնում ենք S, X, Ka տիրույթներում (Աղյուսակ 5):

4. ΔA և Δh ճշգրտումների արժեքների չափումները գրանցում ենք արձանագրությունում:

Աղյուսակ 5

Հաճախային տիրույթ S	Հաճախային տիրույթ X	Հաճախային տիրույթ Ka
$\Delta h_S = 30'$	$\Delta h_X = 26'$	$\Delta h_{Ka} = 20'$
$\Delta A_S = -14'$	$\Delta A_X = -10'$	$\Delta A_{Ka} = -15'$

Անտենայի ուղղվածության դիագրամի լայնության չափումը, կախումը տեղի անկյունից ($\Delta h = 10^\circ$) S, X, Ka տիրույթներում:

1. Ռադիոդիտակը դիրքադրել Կասիոպեա-Ա աղբյուրի հետագծի հետևման ծրագրի վրա և հաշվի առնելով ազիմուտային, անկյունային կոորդինատների ուղղումները (ΔA , Δh) ռեֆրակցիան, հասցնել ելքային ազդանշանի մաքսիմալ արժեքին:

2. Կանգնեցնել անտենայի շարժումը ազիմուտով և որոշել ելքային մաքսիմալ ազդանշանի ($T_{\text{մաքս.}}$) կես հզորության անցման ժամանակը ժամանակային միավորներով և ուղղվածության դիագրամի կես հզորության լայնությունը գտնում ենք հետևյալ արտահայտությամբ

$$\varphi_{0,5\text{մաքս.}} = \Delta t_{0,5} 15 \cos \delta_m \quad (10)$$

Ուղղվածության դիագրամի լայնությունը ազիմուտային հարթությունում դուրս ենք բերում հետևյալ արտահայտությունով

$$\varphi_{0,5} = \sqrt{\varphi_{0,5 \text{ փնփ.}}^2 - 2(\ln 2)R^2} \quad (11)$$

3. Համաձայն1-ի, կանգնեցնում ենք անտանայի շարժումը տեղի անկյան կոորդինատով, որոշում ենք ելքային մաքսիմալ ազդանշանի ($T_{\text{փնփ.}}$) կես հզորության անցման ժամանակը՝ ժամանակային միավորներով և գտնում ենք ուղղվածության դիագրամի կես հզորության լայնությունը հետևյալ արտահայտությամբ

$$\theta_{0,5 \text{ փնփ.}} = \Delta t_{0,5} 15 \cos \delta_m \quad (12)$$

Ուղղվածության դիագրամի լայնությունը տեղի անկյան հարթությունում որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ

$$\theta_{0,5} = \sqrt{\theta_{0,5 \text{ փնփ.}}^2 - 2(\ln 2)R^2}, \quad (13)$$

որտեղ $R=2'$ - Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի սկավառակի շառավղի անկյունային չափն է:

4. 1-3 կետերի չափումներն իրականացնում ենք S, X, Ka տիրույթներում:

5.Գլխավոր թերթիկի լայնության չափված արժեքները գրանցում ենք արձանագրությունում (Աղյուսակ 6):

Աղյուսակ 6

Հաճախային տիրույթ S								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$\theta_{0,5}$	31'50"	32'06"	32'09"	32'15"	32'20"	32'25"	32'25"	32'30"
$\phi_{0,5}$	31'20"	31'25"	31'32"	31'36"	31'40"	31'50"	31'55"	32'00"
$\theta_{0,5}$	2'17"	2'19"	2'20"	2'23"	2'25"	2'28"	2'30"	2'30"

	2' 03" 1'52"	2' 05" 1'53"	2' 08" 1'55"	2' 11" 1'58"	2' 14" 2'00"	2' 17" 2'03"	2' 03" 2'05"	2' 20" 2'08"
$\varphi_{0,5}$	2'16" 2'03" 1'45"	2'18" 2'05" 1'46"	2'19" 2'08" 1'47"	2'22" 2'11" 1'50"	2'24" 2'14" 1'52"	2'25" 2'16" 1'54"	2'27" 2'17" 1'56"	2'28" 2'18" 1'58"

Հաճախային տիրույթ X								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$\theta_{0,5}$	9'04'	9'08"	9'10"	9'12"	9'15"	9'25"	9'26"	9'28"
	7'42"	7'44"	7'50"	7'54"	7'58"	8'00"	8'04"	8'10"
	6'41"	6'47"	6'52"	6'55"	7'00"	7'05"	7'10"	7'15"
$\varphi_{0,5}$	9'03"	9'08"	9'12"	9'15"	9'20"	9'24"	9'28"	9'30"
	7'35"	7'39"	7'43"	7'48"	7'51"	7'55"	7'58"	8'00"
	6'37"	6'40"	6'43"	6'47"	6'50"	6'55"	6'58"	7'00"

Անտենայի էֆֆեկտիվ մակերեսի չափումը:

1. Միացնում ենք ռադիոընդունիչ համակարգը (ՌԸՀ), ընտրում ենք պահանջվող հաճախային տիրույթը և ալեհավաքն ուղղում ենք սառը երկինք՝ ռադիոաղբյուրի հետագծի տեղի անկյան հնարավոր մեծ արժեքին մոտ:
2. Միացնում ենք աղմուկի գեներատորը (ԱԳ) և չափում ՌԸՀ-ի ելքային ($T_{\text{ԱԳ}}$) ազդանշանը .
3. Դուրս ենք գալիս ռադիոաղբյուրի ծրագրի վրա հաշվի առնելով կոնտրոլֆլեկտորի ΔA , Δh ճշտումները, և չափում ՌԸՀ-ի ելքային ազդանշանի արժեքը.
4. Հաշվում ենք Կասսիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի խտությունը

$$\log F_{1980,0} = 5,745 - 0,770 \log f$$

$$F_{2014} = F_{1980,0} [1 - (0,0097 - 0,0003 \log f)]^{2014-1980} \quad (14)$$

որտեղ - F -ը ռադիոճառագայթման հոսքի խտությունն է 10^{-26} վտ/մ² միավորներով
 f -ը հաճախությունն է ՄեգաՀերցերով.

5. Էֆֆեկտիվ մակերեսը հաշվվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$A_{\text{էֆ}} = g \frac{2KT_{\text{000}}}{F} \quad (15)$$

որտեղ , $A_{\text{էֆ}}$ - անտենայի էֆեկտիվ մակերեսն է,

$K=1,38 \cdot 10^{-23}$ Ջ/աստ - Բոլցմանի հաստատունն է

F - ռադիոաղբյուրի ճառագայթման սպեկտրալ խտությունն է (Վտ/մ² Հց).

g -չափողականություն չունեցող մեծություն է, որը հաշվի է առնում աղբյուրի սկավառակի անկյունային չափերի համաչափելիությունը անտենայի ուղղվածության դիագրամի լայնության հետ ու հաշվվում է հետևյալ արտահայտությամբ

$$g = \left\{ \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{0,6\theta_{0,5}} \right)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{R}{0,6\theta_{0,5}} \right)^4 \right] \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{0,6\varphi_{0,5}} \right)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{R}{0,6\varphi_{0,5}} \right)^4 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

6. Համաձայն . 5.1.-5.5 կետերի իրականացնում ենք չափումները $\Delta h=10^\circ$ քայլով նվազող տեղի անկյան կոորդինատների համար.

7. Իրականացնում ենք 5.1.-5.6. կետերի համաձայն գործողությունները “X” և ”Ka” հաճախային տիրույթներում. (Աղյուսակ 7)

8 $A_{\text{էֆ}}$ –ի համար ստացված արդյունքները գրանցում ենք մեր արձանագրությունում.

Աղյուսակ 7

Հաճախային տիրույթ S								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$A_{\text{էֆ}}$	90	89	87	87	86	85	84	84
ՄՕԳ	0,68	0,67	0,65	0,65	0,65	0,64	0,63	0,63
ՀՀԽ	1983	2371	2844	3305	3767	4294	4680	4998

Հաճախային տիրույթ X								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
$A_{\text{էֆ}}$	86	85	85	84	83	82	81	80
ՄՕԳ	0,70	0,69	0,69	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65
ՀՀԽ	1940	2262	2842	3673	4270	4941	5244	5632

Հաճախային տիրույթ Ka								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°

A _{էֆ.}	68	67	66	66	65	63	61	60
ՄՕԳ	0,51	0,5	0,5	0,5	0,49	0,47	0,46	0,45
ՀՀԽ	7686	8160	8640	8720	9429	10255	11130	12044

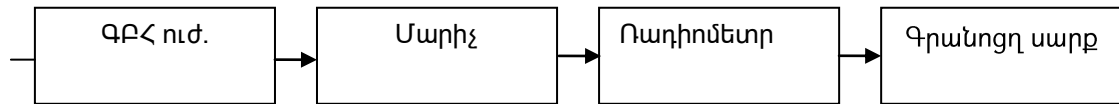
Անտենային համակարգի մակերեսի օգտագործման գործակցի (ՄՕԳ) և համարժեք հոսքի խտության (ՀՀԽ) չափումը

1. Համաձայն 5.1-5.7 կետերի չափումների պահանջվող բնութագրերը որոշվում են հետևյալ արտահայտություններով:

$$\text{ՄՕԳ} = A_{\text{էֆ.}} / A_{\text{երկր.}}, \quad \text{ՀՀԽ} = 2KT_{\text{ըհ.}} / A_{\text{էֆ.}} \quad (17)$$

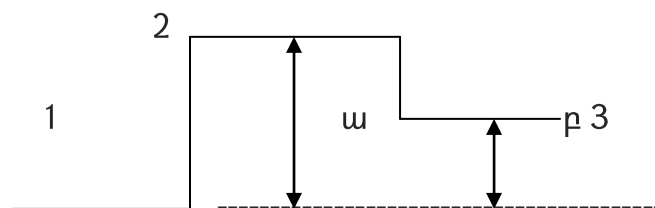
2. Որոշում ենք մակերևույթի օգտագործման գործակցը

Հայտնի է, որ ընդունիչ համակարգի աշխատունակությունը լավագույն ձևով բնութագրվում է, նրա էֆեկտիվությամբ՝ անտենայի էֆեկտիվ մակերեսի և համակարգի աղմկային ջերմաստիճանի հարաբերությամբ, որի չափման ռադիոաստղագիտական եղանակը բերված է [93] –ում: Էֆեկտիվության չափման մեր կողմից առաջարկվող եղանակը իրականացված է նկար 8-ում բերված կառուցվածքային սխեմայով և հանգում է ազդանշանի նկար 9-ում բերված երեք մակարդակների գրանցման:



Նկար 8. էֆեկտիվության չափման կառուցվածքային սխեմա

1 մակարդակը ստացվում է, երբ մարիչով դրվում է մեծ մարում այնպիսին, որ միացված ուժեղարարը այդ մակարդակի վրա չի ազդում: 2 մակարդակը գրանցվում է, երբ անտենան ուղղվում է ռադիոճառագայթման էտալոնային աղբյուրին՝ այնպիսի մարման ընտրման դեպքում, երբ գրանցող սարքի վրա, ստացվում է ազդանշանի հնարավոր մեծ մակարդակ: Գրանցող սարքի 3 մակարդակը ստացվում, երբ առանց մարման արժեքի փոփոխման անտենան հեռացնում ենք ռադիոճառագայթման աղբյուրից:



Նկար 9. Ռադիոազդաշանի գրանցումների գծապատկերը

Գրանցված ա և բ մակարդակներով ընդունիչ համակարգի էֆեկտիվությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ

$$\frac{T_{\text{սխ}} \cdot G - T_0}{T_{\text{սխ}} \cdot G} = \frac{2k}{S} \left(\frac{b}{a} - 1 \right) \left(1 - \frac{T_0}{T_{\text{սխ}} \cdot G} \right), \quad \frac{T_0}{T_{\text{սխ}} \cdot G} \rightarrow 0$$

Հետևաբար

$$\frac{A_{\text{էֆ.}}}{T_{\text{համ.}}} = \frac{2K}{S} \left(\frac{b}{a} - 1 \right) \quad (18)$$

որտեղ $A_{\text{էֆ.}}$ անտենայի էֆեկտիվ մակերեսն է, $T_{\text{համակարգ}}$ -ը համակարգի գումարային աղմկային ջերմաստիճանն է, k -ն Բոլցմանի հաստատունն է, S -ը էտալոնային ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի խտությունն, G -ին ԳԲՀ ուժեղարարի ուժեղացման գործակիցն է, որը մեծ է 30դԲ-ից: Ինչպես երևում է արտահայտությունից, համակարգի էֆեկտիվությունը գործնականում կախված չէ արտահայտության վերջին

անդամից, որի պատճառով էֆեկտիվությունը որոշվում է էտալոնային աղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի խտության չափման ճշտությամբ:

3. Որոշում ենք մակերևույթի օգտագործման գործակցի և ընդունող համակարգի համարժեք հոսքի խտության կախումը տեղի անկյունից:

4. Ստացված արդյունքները գրանցում ենք արձանագրությունում:

Մոդակա կողային թերթիկների մակարդակների չափումը

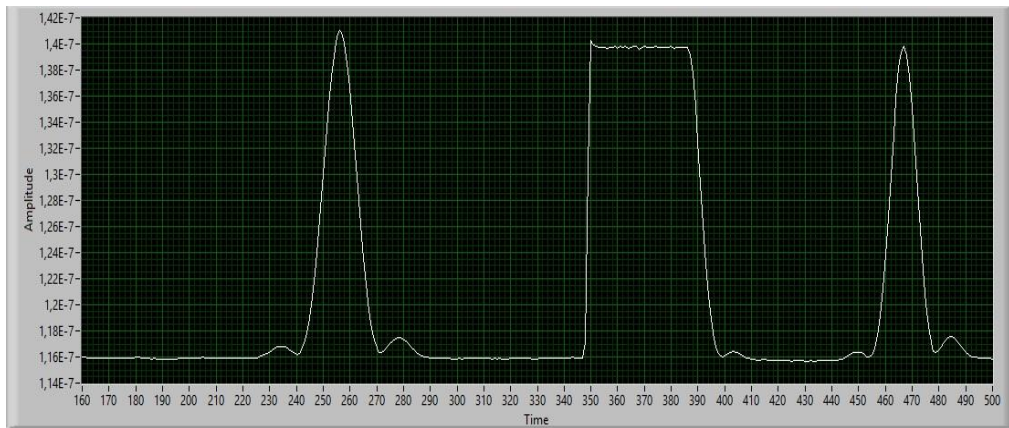
1. Ռադիոդիտակը՝ հաշվի առած բոլոր ճշտումները, դիրքադրել ռադիոաղբյուրի հետագծի հետևման ծրագրի վրա՝ ոչ պակաս քան վեցակի անգամ լայն գլխավոր թերթիկից առաջանցիկ ժամանակով, որը հենց ապահովում է աղբյուրի գլխավոր և կողային թերթիկների անցումը ուղղվածության դիագրամի միջով [42]:

2. Երկու կոորդինատներով կանգնեցնում ենք անտենային համակարգը (ԱՀ) և չափում ելքային ազդանշանի մեծությունը:

3. ԱՀ-ի տրամաչափարկման համար միացնում ենք աղմուկի գեներատորը և չափում ԱՀ-ի ելքային ազդանշանի արժեքը:

4. Ռադիոաղբյուրի ուղղվածության դիագրամի կողային թերթիկներով անցման ժամանակ, հաշվի առնելով դինամիկ տիրույթը ընտրում ենք անհրաժեշտ ուժեղացում և չափում ենք աջ և ձախ կողային թերթիկների ազդանշանների արժեքները:

5. Կողային թերթիկների ազդանշանների ելքային արժեքներով որոշում ենք կողային թերթիկների մակարդակները: (Նկար 10)



Նկ. 10 Կասսիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի սկանավորում

6. Համաձայն 1-6 կետերի իրականացնում ենք գործողությունները “X” և “Ka” հաճախային տիրույթների համար: (Աղյուսակ 8)

7. Ուղղվածության դիագրամի կողային թերթիկների արդեն իսկ չափված մակարդակների արդյունքները գրանցում ենք արձանագրությունում:

Աղյուսակ 8

Հաճախային տիրույթ “S”								
h	80 °	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10 °
Աջ.կող. դՐ	25	24	23,5	23	22,5	22	22	21
Ձախ.կող. դՐ	19	18,8	18,5	18	17,4	17	16,5	16

Հաճախային տիրույթ X								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
Աջ. կող. դժ	24	23	22,5	22	21,5	21	20	19
Ձախ. կող. դժ	17,5	17,3	17	16,5	16,1	15,7	15,2	15

Հաճախային տիրույթ Ka								
h	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
Աջ.կող. դժ	21	20,5	20	20	19	18,5	18	17
Ձախ.կող. դժ	16	16,7	16,2	16	15,5	15	14,5	14

Կրոսբլեռացման մակարդակի գնահատում

Ազդանշանի փոխուղահայաց օրթերի մշակման ուղիների նույնականության պայմանի դեպքում և հաշվի առնելով Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման բլեռացման աստիճանը S, X և Ka, (ոչ ավել քան 1%) տիրույթներում, որոշում ենք կրոսբլեռացման մակարդակը և գրանցում ենք արձանագրությունում:

1.4 Եզրակացություն

-PT-13 ռադիոաստղադիտակի բնութագրերի չափումների արդյունքները հիմնականում համապատասխանում էին սպասվածին:

-PT-13-ի բնութագրերը չափվել են օրվա ցերեկային ժամերին և շրջակա միջավայրի - 20°C և ավելի ցածր պայմաններում: Արևի ճառագայթման ներգործությունից խուսափելու համար, ցանկալի է չափումներն իրականացվել նաև չափավոր ջերմաստիճաններում և օրվա գիշերային ժամերին:

ԳԼՈՒԽ 2. ՍԵՅՍՄՈՒՈՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՓՈԽԱՌՆՉՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

2.1 Սեյսմո-իոնոլորտային փոխառնչությունների ուսումնասիրման արդի եղանակները

Սեյսմիկ ակտիվության հետևանքով առաջացած իոնոլորտային աղավաղումների հայտնաբերման ակտիվ եղանակները հիմնված են իոնոլորտի համապատասխան շերտերում կարծալիք ազդանշանների (30-100 ՄՀց) ցրման, անդրադարձման և դրանց հետագա ընդունման ու մշակման վրա [43-45]: Երկրի մակերևույթից իրականացվող ակտիվ եղանակներից առավել հայտնի է Կուսիդայի մեթոդը [46-48], լայնորեն կիրառվում է նաև իոնոլորտային սեյսմիկ անհամասեռությունների հայտնաբերման արբանյակային զոնդման եղանակը [49-53]: Ակտիվ եղանակների ընդհանուր թերությունն այն է, որ ճառագայթիչներից առաքված էլեկտրամագնիսական ալիքները որոշակի աղավաղումներ են առաջացնում իոնոլորտում՝ խոտորելով նրա իրական ֆիզիկական վիճակը: Նշված համալիր դիտումները հնարավորություն են տալիս հասկանալու լիտոսֆերա-մթնոլորտ-իոնոլորտ կապի ֆիզիկական բնույթն ու մեխանիզմը, սակայն դրանց արդյունքներն ու վերլուծություններն առայժմ ունեն հետհայաց բնույթ: Ներկայացվող աշխատանքի նպատակն է ռադիոաստղագիտական եղանակով գնահատել սեյսմիկ ակտիվության հետևանքով իոնոլորտի վիճակի փոփոխությունը:

Ընդհանրապես հայտնի են երկրաշարժի կանխատեսման երկարաժամկետ, կարճաժամկետ և օպերատիվ սեյսմոլոգիական եղանակները, որոնք հիմնված են երկրի ընդերքից գազերի արտահոսքի, լայնական ու երկայնական սեյսմիկ ալիքների տարածման արագությունների տարբերության, տվյալ տարածաշրջանում տեղի ունեցած երկրաշարժերի հաճախության, ճեղքվածքների ուղղությամբ երկրաշարժերի միգրացիայի, հանքային ջրերի բաղադրակազմի փոփոխության, ստորերկրյա ջրերի մակարդակի բարձրացման և այլ գեոֆիզիկական երևույթների վրա:

Սեյսմոլոգիական եղանակների հիմնական թերությունը այն է, որ դրանց մի մասը հիմնված է երկարաժամկետ կանխատեսումների վրա, որոնց բնորոշ են ինչպես էպիկենտրոնի վայրի, այնպես էլ սեյսմիկ իրադարձության պահի որոշման բավականին

լայն հավանականային տիրույթներ, իսկ մյուս մասը հնարավոր է իրականացնել միայն այն ժամանակ, երբ արդեն շատ մոտ է սեյսմիկ իրադարձության գլխավոր հարվածի պահը, երկու դեպքում էլ փոքր է ստացվում կանխատեսման հասարակական օգտավետությունն ու հավաստիությունը: Բացի դրանից կանխատեսման համար անհրաժեշտ նախանշանների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ են սեյսմիկ ակտիվ գոտիներում բավականաչափ խիտ սարքավորումների ցանցի տեղադրում, որը պահանջում է մեծ ռեսուրսներ:

Կարճաժամկետ և օպերատիվ կանխատեսման՝ էլեկտրամագնիսական նախանշանների վրա հիմնված եղանակները, բաժանվում են երկու խմբի՝ ակտիվ և պասիվ:

Ակտիվ եղանակներից են՝ սեյսմիկ ակտիվության հետևանքով առաջացած իոնոլորտային աղավաղումների հայտնաբերման նպատակով թեք զոնդավորման եղանակը, ինչպես նաև նույն հետևանքով առաջացած իոնոլորտային աղավաղումների հայտնաբերման նպատակով իոնոլորտի համապատասխան շերտերում կարճ ալիքների ցրման եղանակը (1999, 2007): Դրանց զուգահեռ հայտնի են իոնոլորտային սեյսմիկ անհամասեռությունների հայտնաբերման արբանյակային զոնդման եղանակը (1998), Կուսիդայի մեթոդը (1998 2000), որտեղ իոնոլորտային պլազմայի խտության փոփոխությունները հայտնաբերվում են VHF տիրույթի FM ռադիոալիքի տեսանելիության սահմաններից դուրս ունեցած անոմալ տարածման միջոցով, որից հետո արդեն նշված փոփոխությունների միջոցով գնահատում են հնարավոր երկրաշարժի տեղը, ուժգնությունը և ժամանակը:

Ակտիվ եղանակների հիմնական թերությունն այն է, որ ճառագայթիչներից առաքված էլեկտրամագնիսական ալիքները պետք է ունենան բավականաչափ մեծ հզորություն, որպեսզի անդրադարձած կամ ցրված ալիքների հզորությունները ապահովեն թռչող սարքերի կամ երկրի վրա տեղակայված ընդունիչ սարքերի զգայնության շեմը: Սակայն այդ դեպքում հենց ինքը՝ ճառագայթված ալիքը որոշակի փոփոխություններ է առաջացնում իոնոլորտում՝ աղավաղելով նրա իրական ֆիզիկական վիճակը:

Բացի այդ վերը թվարկված ակտիվ եղանակները չեն տալիս հաշվարկային և քանակական հայտանիշներ, որոնցով սեյսիկ բնույթ ունեցող իոնոլորտային անոմալ անհամասեռությունները կզանազանվեին տեխնոգեն գործոններով պայմանավորված և այլ բնույթի բնական երևույթներից առաջացած անոմալ անհամասեռություններից:

Վերջին մի քանի տարիներին, արբանյակային և տեղեկատվական միջոցների բուռն զարգացմանը զուգընթաց, փորձեր են արվում արբանյակային վերին զոնդավորումը (Topside Sounding) համատեղել երկրի մակերևույթից դիտվող գեոֆիզիկական երևույթների (սեյսմիկ ակտիվ տիրույթներից ռադոնի և զանազան այլ աերոզոլների արտանետում, մթնոլորտի օզոնային շերտի բաղադրության փոփոխություն և այլն) և հաճախությունների ինֆրակարմիր տիրույթում դիտվող ջերմային անոմալիաների նախացնցումային դիտումների հետ [50]: Դիտումների ընթացքում օգտագործվում և վիճակագրական վերլուծության են ենթարկվում GPS համակարգի երկրային ընդունիչ կայանների մանրամասն տվյալները, որոնք մատչելի են համացանցային հատուկ ձևաչափ ունեցող էջերում:

Թեև նշված համալիր դիտումները հնարավորություն են տալիս հասկանալու լիտոսֆերա-մթնոլորտ-իոնոլորտ կապի ֆիզիկական բնույթն ու մեխանիզմը, սակայն դրանց արդյունքներն ու վերլուծություններն առայժմ ունեն հետահայց բնույթ և դեռևս հնարավորություն չեն ըձեռում բավարար հավաստիությամբ գնահատել հնարավոր երկրաշարժի հիմնական կանխորոշիչները:

Պասիվ եղանակներից հայտնի են VAN կոչվող եղանակը (Varotsos, 1996), որտեղ երկրի մակերևույթի վրա գտնվող հատուկ սեյսմոգրային վայրերում իրարից որոշակի հեռավորությունների վրա տեղակայում են էլեկտրոդների զույգեր, որոնցով գրանցում են սեյսիկ պատճառներով երկրի մակերևույթային շերտերում գեոէլեկտրական պոտենցիալի կամ գեոմագնիսական դաշտի փոփոխություններով գրգռված էլեկտրական հոսանքի ազդանշանները և այդ ազդանշանների գրանցման վայրերի, ժամանակների ու ամպլիտուդների հիման վրա որոշվում են հնարավոր երկրաշարժի վայրը, ժամկետը և մագնիտուդը:

Պասիվ եղանակներից հայտնի են նաև Երկիր-իոնոլորտ ալիքատարում տարածվող սեյսմոգեն ցածր հաճախային էլեկտրամագնիսական իմպուլսների ընդունման և գրանցման եղանակը [53] և հնարավոր երկրաշարժի էպիկենտրոնի վայրի և մագնիտուդի կանխատեսման եղանակները [54,55]:

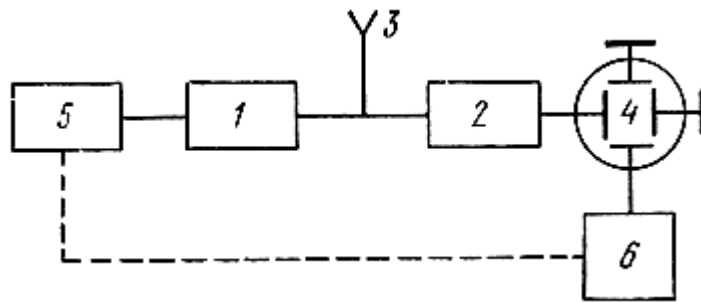
Այս եղանակների հիմնական թերությունն այն է, որ մի որևէ սեյսմիկ ակտիվ տարածքի համար ստեղծված սեյսմիկ էլեկտրամագնիսական իմպուլսների տվյալների բազան չի կարող կիրառվել այլ տարածքների համար, քանի որ տարբեր տարածքներում հաճախ իրարից խիստ տարբերվում են ինչպես էլեկտրամագնիսական ռադիոճառագայթման աղբյուր հանդիսացող լիտոսֆերայի առանձին բլոկների չափսերն ու միջանկյալ ճեղքերի փոխդասավորությունները այնպես էլ երկրի մակերևութային շերտերի էլեկտրահաղորդականությունը, բաղադրակազմն ու ռելիեֆային առանձնահատկությունները:

Այս աշխատանքում քննարկվում և իրականացվում է սեյսմիկ ակտիվության հետևանքով իոնոլորտի վիճակի փոփոխության հայտնաբերման ռադիոաստղագիտական եղանակը [56], որտեղ ռադիոտեղեկատվական միջոցների համար փակ հաճախությունների տիրույթում, դեպի զենիթային ուղղությանը մոտ տիրույթներն ուղղված ռադիոդիտակի օգնությամբ գրանցվում են ռադիոդիտակի ուղղվածության դիագրամի ընդգրկած տիրույթում իոնոլորտային անհամասեռությունների հետևանքով էտալոնային ռադիոաղբյուրի ճառագայթման ազդանշանի դիտման ժամանակ և դրան մոտակա ժամանակահատվածների ընթացքում ի հայտ եկած ֆոնային աղավաղումները, չափվում են նշված աղավաղումների դիտման ժամանակների մեծություններն ու այդ աղավաղումների հարաբերական մեծությունները, որից հետո դատում են նշված անհամասեռությունների ու հետագայում տեղի ունեցած երկրաշարժերի կապի մասին:

2.2 Իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման եղանակ

Իոնոսֆերայի փորձարարական հետազոտումը իրականացվում է գլխավորապես ռադիոմեթոդների կիրառմամբ, ինչպես նաև ռադիոալիքների իոնոսֆերայով անցման և նույն իոնոսֆերայից անդրադարձման պայմանների ուսումնասիրությունների եղանակով: Դիտարկենք իմպուլսների միջոցով իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման եղանակը, որը մինչև վերջերս էլ համարվում էր իոնոսֆերայի կառուցվածքի հիմնական հետազոտման եղանակը: Իոնոսֆերայի ուսումնասիրման այս մեթոդը իրականացվում է իոնոսֆերային կայանի միջոցով (Նկար 11):

Իոնոսֆերային կայան են անվանում ընդունող-հաղորդող սարքը, որը հնարավորություն է տալիս փորձարարական կերպով որոշելու անդրադարձման բարձրության կախումը ուղղահայաց ուղղված ալիքի աստիճանաբար փոփոխվող հաճախությունից:



Նկար 11. Իոնոսֆերային կայանի կառուցվածքը : 1 – հաղորդիչ; 2 – ընդունիչ; 3 – անտեննա; 4 – ինդիկատոր; 5 – իմպուլսային մոդուլյատոր; 6 – բացման գեներատոր

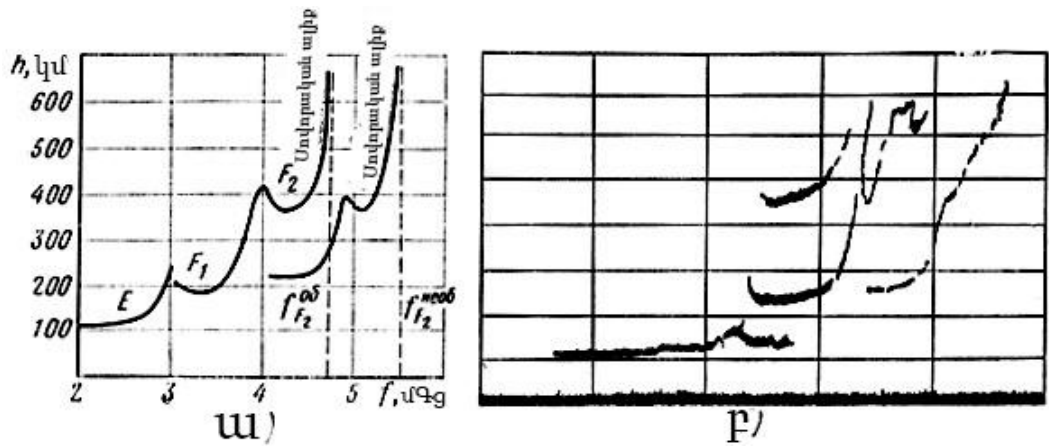
Հաղորդիչը աշխատում է իմպուլսային ռեժիմում, իմպուլսի մոտավոր $50 \div 70$ մկվ տևողությամբ: Հաղորդչի աշխատանքային հաճախությունը սահուն կերպով փոփոխվում է 1-ից մինչև 20 Մհց տիրություն $20 \div 30$ մկվ ժամանակում [57]: Իմպուլսի հետևման հաճախությունը սովորաբար ընտրվում է 50 Գհց: Հաղորդչի հզորությունը իմպուլսում, կախված դրված պահանջներից կազմում է $P_r = 1 \div 20$ Կվտ: Անտենային ճառագայթման մաքսիմումը ուղղվում է գեներատորի ուղղությամբ:

Ընդունիչը սինխրոնացվում է հաղորդչի հաճախության փոփոխման հետ, ինչի համար կիրառում են սխեմա, որում հաղորդչի հաղորդող կասկադը միաժամանակ հանդիսանում է ընդունիչի հետերոդին: Ընդունիչի մուտքային ազդանշանը տրվում է ինդիկատորին: Օգտագործվում են Ա տիպի գծային բացվածքով և Բ տիպի համայնապատկերային ինդիկատորներ: Ա տիպի ինդիկատորներով իոնոսֆերային կայանը աշխատում է հետյալ կերպ:

Որոշվում է հաղորդչի որոշակի հաճախություն: Ուղղաձիգ ճառագայթման արդյունքում իմպուլսը անդրադառնում է այն բարձրությունից, որտեղ $f = f_0$, ընդունվում է իոնոսֆերային կայանի կողմից և տրվում էլեկտրոնաճառագայթային խողովակի ուղղահայաց թիթեղներին, իսկ խողովակի հորիզոնական թիթեղներին տրվում է բացման սղոցածն լարում: Ենթադրելով, որ ալիքը ամբողջ ճանապարհը անցնում է լույսի արագությամբ, որոշվում է այպես կոչված անդրադարձման գործող բարձրությունը:

$$h_x = \frac{c}{2} \Delta t. \quad (19)$$

Այդպես, հաստատվում է, որ չափված h_g բարձրության վրա իոնիզացված գազի սեփական հաճախությունը հավասար է տվյալ աշխատանքային հաճախությանը: Այնուհետև փոխելով հաղորդչի աշխատանքային հաճախությունը, կրկնում են չափման պրոցեսը և որոշում անդրադարձման բարձրության կախվածությունը հաղորդչի աշխատանքային հաճախությունից, որը ցույց է տալիս բարձրության վրա իոնիզացված գազի սեփական հաճախությունների բաշխվածությունը: Այդ կախվածությունը անվանում են իոնոսֆերայի բնութագրիչ բարձրություն-հաճախային բնութագիր (*Նկար 12*):



Նկար 12. Երկրային կայանով գրանցված իոնոսֆերայի բարձրություն-հաճախային բնութագրերը:

Իմանալով, որ տրված աշխատանքային հաճախության ալիքի անդրադարձումը տեղի է ունենում ինչ որ բարձրությունից, որտեղ էլեկտրոնների խտությունը որոշվում է

$$N_0 \text{ (է/սմ}^3\text{)} = f^2 \text{ (ԿՀց)}/81, \quad (20)$$

կարելի է կառուցել N_0 կախվածությունը բարձրությունից: Սակայն անդրադարձումը կարող է տեղի ունենալ նաև մաքսիմալ իոնիզացիայի մակարդակից ցածր բարձրությունից, հետևաբար այդ մեթոդը թույլ չի տալիս ստանալ իոնիզացիայի մաքսիմումից բարձր էլեկտրոնների խտության մասին ինֆորմացիա:

Ավելի բարդ համայնապատկերային կայաններում օգտագործվում են Բ տիպի ինդիկատորներ, որոնցում ըստ բարձրության բացումը տրվում է էլեկտրաճառագայթային խողովակի ուղղահայաց թիթեղներին, իսկ հորիզոնական թիթեղներին տրվում է հաղորդչի փոփոխվող հաճախության հետ սինխրոնացված բացում: Տիպիկ բարձրա-հաճախային բնութագիրը պատկերված է նկար 13-ի, բ-ում:

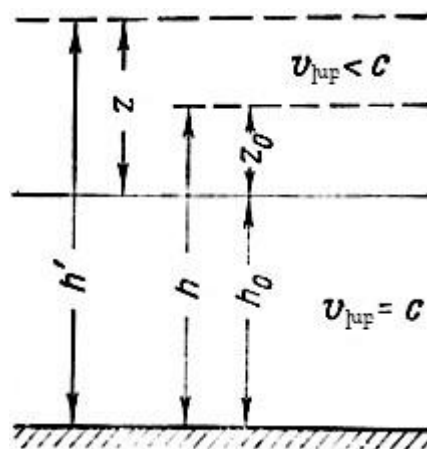
F շերտի բարձր-հաճախային բնութագիրը սովորաբար երկակի է, ինչի պատճառը Երկրի մագնիսական դաշտն է, որի պատճառով ալիքը բաժանվում է սովորական և անսովոր ալիքների, որոնք անդրադառնում են էլեկտրոնային տարբեր խտության բարձրություններից: Աշխատանքային հաճախության բարձրացման դեպքում, սկզբից խախտվում են ոչ սովորական ալիքի անդրադարձման պայմանները, այնուհետև

սովորական ալիքների, որը և բերում է կրիտիկական հաճախությունների տարբերությանը և բարձրահաճախային բնութագրերի երկակիությանը: Եթե լիցքերի կրող են հանդիսանում իոնները, այլ ոչ թե էլեկտրոնները, ապա բնութագրերի երկակիացում չի գրանցվում: Բարձր-հաճախային բնութագրերի դիտարկամ ժամանակ տեսանլի է, երբ անդրադարձման բարձրությունը աշխատանքային հաճախության փոփոխության հետ համարյա չի փոխվում, իսկ հետո որոշակի հաճախության մոտ կտրուկ աճում է և բարձր-հաճախային բնութագիրը գրեթե խզվում է: Կրիտիկական հաճախության դեպքում բարձր-հաճախային բնութագիրը խզվում է, որը համապատասխանում է N_0 -ի մաքսիմալ արժեքին:

Անդրադարձման բարձրությունը որոշելիս ենթադրվում էր, որ իմպուլսը ամբողջ ճանապարհը անցնում է լույսի արագությամբ: Իրականում ճանապարհի մի հատվածը այն անցնում է լույսի արագությունից փոքր հետևյալ արագությամբ $v_{\text{լս}} = c\sqrt{\epsilon}$: Դա

հանգեցնում է նրան, որ անդրադարձման բարձրությունը իրականում փոքր է իոնոսֆերային կայանում որոշվող բարձրությունից:

Անդրադարձման և գործող բարձրությունների փոխկապակցվածությունը ցույց է տրված նկար 13-ում, որտեղ h_0 - ն իոնոսֆերային շերտի ներքևի սահմանի բարձրությունն է, $h_{\eta} = h_0 + z_0$ - անդրադարձման բարձրությունը, $h_{\eta}' = h_{\eta} + z_{\eta}$ - գործող բարձրությունը:



*Նկար 13. Գործող բարձրության և ռադիոալիքի անդրադարձի բարձրության միջև
փոխկապվածությունը*

h_0 հեռավորությունը իմպուլսը անցնում է լույսի արագությամբ, իսկ հետո տարածվում է լույսի արագությունից փոքր արագությամբ: Ժամանակը, որի ընթացքում իմպուլսը անցնում է մինչև անդրադարձման կետը և վերադառնում է, որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ

$$t = \frac{2h_0}{c} + \frac{2}{c} \int_0^{z_0} \frac{dz}{\sqrt{1 - 81 \frac{N_z (E_L / u \text{ և } 3)}{f^2 (u^2 g)}}} \quad (21)$$

Եթե ենթադրենք, որ իմպուլսը ամբողջ ճանապարհը մինչև անդրադարձման կետը անցնում է լույսի արագությամբ, ապա ժամանակը կարելի է որոշել ավելի պարզ

$$t = \frac{2h_0}{c} + \frac{2}{c} z_{\pi} \quad (22)$$

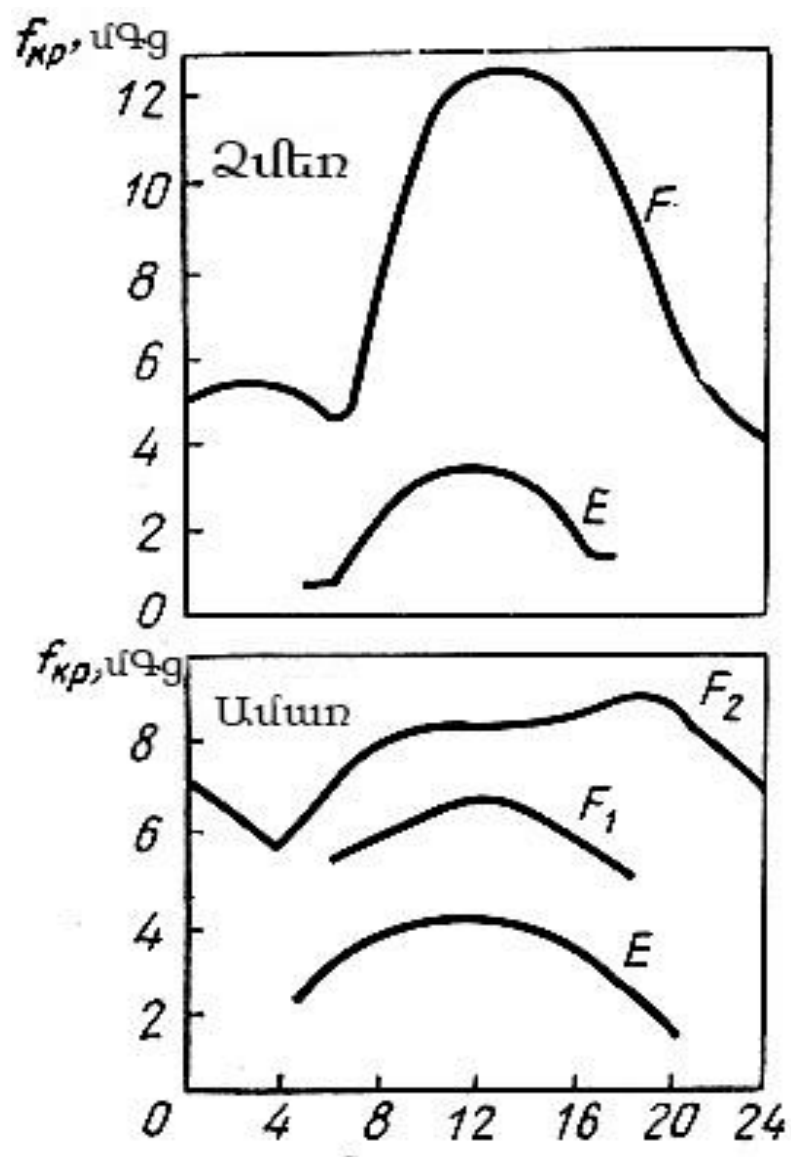
Հավասարեցնելով այս արտահայտությունների առաջին մասերը, հնարավոր է հեշտ գտնել գործող բարձրությունը:

$$z_{\pi} = h'_{\pi} - h_0 = \int_0^{z_0} \frac{dz}{\sqrt{1 - 81 \frac{N_z}{f^2}}} \quad (23)$$

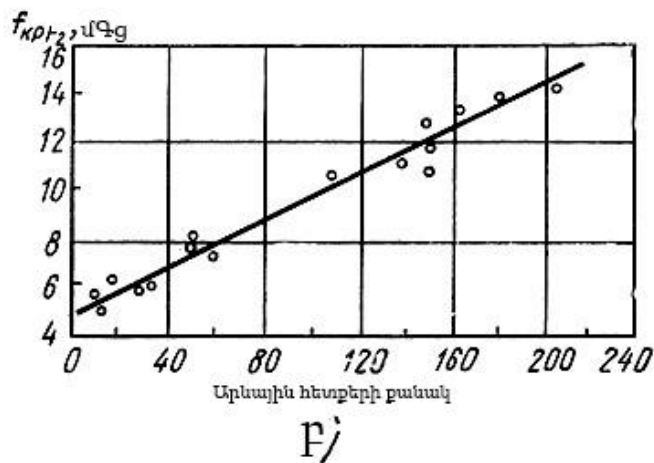
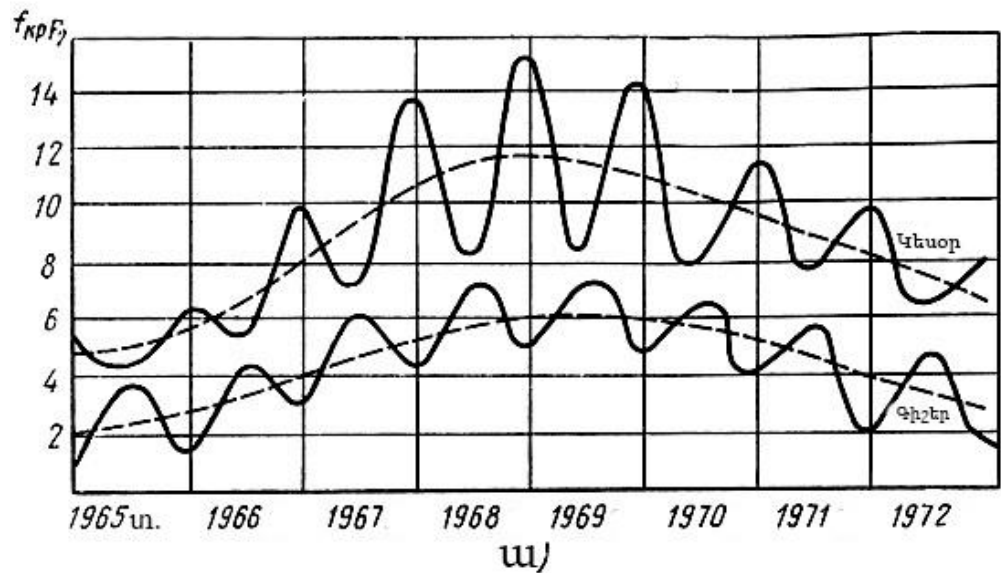
Ստացված արտահայտությունից տեսանելի է, որ գործող բարձրությունը ձգտում է անվերջության, եթե աջ մասի ինտեգրալը չի զուգամիտում: Մաթեմատիկորեն հնարավոր է ցույց տալ, որ դա տեղի է ունենում այն դեպքում երբ անդրադարձումը տեղի է ունենում իոնիզացման մաքսիմումին մոտ՝ $f \approx f_{\text{кр}}$ դեպքում: Իրոք այդ դեպքում ալիքը անցնում է մեծ հեռավորություն միջավայրում, որտեղ դիէլեկտրիկական թափանցելիությունը և խմբային արագությունը մոտ են զրոյին, քանի որ իոնիզացիայի մաքսիմումին մոտ էլեկտրոնային խտությունը փոփոխվում է դանդաղ: Իոնոսֆերայի ներքևի սահմանին մոտ իմպուլսի հապաղում ուշացումը մեծ չէ և h_{π} և h'_{π} մեծությունները համընկնում են: Գործող բարձրության և անդրադարձման

բարձրության միջև քանակական կապ կարելի է գտնել, էլեկտրոնների խտության ըստ բարձրությամբ փոփոխվող ինչ-որ օրենքի կիրառմամբ:

Այդ կերպ իոնոսֆերային կայանների միջոցով անհրաժեշտ ռադիոգծերի հաշվարկի համար չափում են երկու հիմնական մեծություն, իոնոսֆերային շերտի h_0 -ի ներքևի սահմանի բարձրությունը և կրիտիկական հաճախությունը: Իոնոսֆերային կայանների միջոցով դիտումները թույլ են տալիս որոշել իոնոսֆերայի իոնիզացվածության մաքսիմումները, ինչպես նաև էլեկտրոնային խտության փոփոխությունը իոնիզացիայի մաքսիմումից ցածր բարձրություններում, էլեկտրոնային խտության փոփոխության օրենքները պարզում են օրերի, տարիների ընթացքում (*Նկար 14*), արևային ակտիվության ցիկլը (*Նկար. 15, ա*) և էլեկտրոնային խտության բաշխումը ամբողջ երկիր մոլորակով, ինչը թույլ է տալիս ուսումնասիրել ոչ ռեգուլյար երևույթները իոնոսֆերայում: Դիտարկված իոնոսֆերային կայանների միջոցով հնարավոր չէ որոշել էլեկտրոնային խտության բաշխումը իոնիզացիայի մաքսիմումից՝ հատկապես F շերտից մեծ բարձրություններում: Իոնոսֆերան դժվար է ուսումնասիրել նաև 100 կմ-ից ցածր բարձրության վրա (D շերտ), քանի որ անհրաժեշտ են երկարալիքային կայաններ:



Նկար 14. Միջին լայնություններում կրիտիկական հաճախությունների օրական փոփոխությունները



Նկար 15. Կրիտիկական հաճախությունների կախումը արևային ակտիվությունից.
 ա-կրիտիկական հաճախությունների փոփոխությունը սեզոնային արևային
 ակտիվության ցիկլի տևողության ընթացքում: բ –կրիտիկական հաճախությունների
 փոփոխության կախումը արևային բծերի թվից (հոկտեմբեր, Մոսկվա)

Իոնոսֆերայի բնութագրերի փոփոխությունների պարբերական դիտումները թույլ են տալիս կազմել կրիտիկական հաճախությունների ռադիոկանխատեսումը և իոնոսֆերային շերտերի բարձրությունները: Ռադիոկանխատեսումները բաժանվում են երկու խմբի՝ երկարատև և կարճատև: Երկարատև կանխատեսումների նպատակ է իոնոսֆերայի միջին վիճակի որոշումը այն ժամանակահատվածի համար, որում և կազմվում է կանխատեսումը: Կարճատև համարվում են իոնոսֆերայի գրգռման ժամանակահատվածների կանխատեսումները, որոնց ընթացքում հավանական

իոնոսֆերայի բնութագրերի շեղումներ են նկատվում համեմատաբար հանգիստ վիճակում գտնվելու դեպքում:

Երկարատև կանխատեսումների համար ելքային են իոնոսֆերային կայանների միջոցով ստացված տվյալները [58]: Իոնոսֆերային շերտերի կրիտիկական հաճախությունները փոխվում են օրերի, տարվա և արևային ակտիվության ընթացքում: Այդ փոփոխությունները գրանցելու և ներկայացնելու համար կանխատեսումները կազմում են ամեն տարվա յուրաքանչյուր ամսվա համար՝ արևային ակտիվության ցիկլի ողջ ընթացքում:

Կրիտիկական հաճախությունների օրական ելքի որոշման հիմք են ծառայում իոնոսֆերային կայաններում ամենօրյա դիտումների արդյունքում $f_{\text{կր.}}$ -ի ամսեկան արժեքները:

$f_{\text{կր.}}$ -ի աշխարհագրական բաշխվածության բնութագրման համար օգտագործում են իոնոսֆերային կայանների համաշխարհային ցանցի դիտման տվյալները: Կանխատեսման հիմքում դրված է արևային ակտիվությունից $f_{\text{կր.}}$ -ի կախվածությունը, որը բնութագրվում է արևային քանակի միջոցով (*Նկար 14, բ*): Այդ կախվածությունը թույլ է տալիս արդեն հայտնի արևային բծերի քանակի դեպքում գնահատել կրիտիկական հաճախությունը: Արևային բծերի քանակի կանխատեսումը կազմում է Գլխավոր աստղագիտական աստղադիտարանը (Պուլկովո): Այն տարածաշրջանների համար, որտեղ չկան իոնոսֆերային կայաններ, տվյալները մոտարկվում են, օգտագործելով միևնույն ժամանակ արբանյակների վրա տեղադրված իոնոսֆերային կայանների չափումները: F2 շերտի կրիտիկական հաճախությունների համար կազմվում են քարտեզներ, որոնք հրապարակվում են "Месячный прогноз распространения радиоволн" համարներում: [59].

2.3 Սեյսմիկ վտանգի գնահատման իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորման համակարգ

Դիտարկենք $\lambda=4.2$ մ ալիքի երկարության, իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական համակարգի կառուցվածքը և տեխնիկական բնութագրերը, ինչպես նաև իոնոսֆերային ուսումնասիրման տվյալների թվային մշակման մեթոդի՝ սեյսմիկ վտանգի նախանշանների գնահատման ուսումնասիրման նպատակով ռադիոդիտակի զգայունակության լավարկման հնարավորությունները:

Սեյսմիկ վտանգի գնահատումը իրականացվում է տարբեր նախանշանների (էլեկտրամագնիսային, գեոմագնիսային, իոնոսֆերային և այլն) չընդհատվող գրանցման ճանապարհով: Ի տարբերություն թեք զոնդավորման, իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական մեթոդը միարժեքորեն ընդգկում է երկրաշարժի նախապատրաստման գոտին, իոնոսֆերայի բոլոր շերտերը, և, ի շնորհիվ զգայուն ռադիոդիտակի, օժտված է բարձր զգայնությամբ [60,61]:

Այդ նպատակով ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ-ում մշակվել, կառուցվել և Սարավանդի փորձակայանում տեղադրվել է $\lambda=4,2$ մ ալիքի երկարության տիրույթի ինտերֆերենցիոն ռադիոդիտակ: Ռադիոդիտակով իրականացվում են Գալակտիկական ֆոնի շարունակական հետազոտում, այդ թվում նաև որոշ կոնկրետ, զենիթին մոտ կովմինացվող կոսմիկական ռադիոաղբյուրների՝ Կասիոպեա-Ա, Կարապ-Ա ճառագայթման հոսքերի անընդհատ հետազոտում:

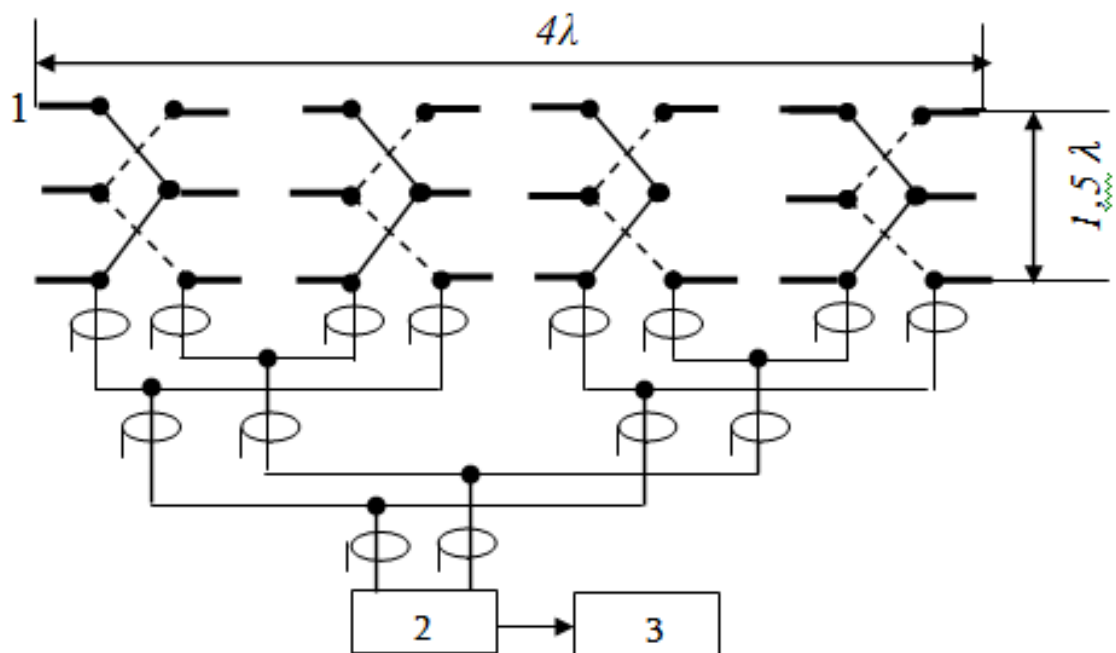
Ռադիոդիտակի անտենան ամբողջաշրջելի հարթ հայելի է գծային $4 \times 1,5$ չափերով, կազմված տասներկու հավասարաչափ բաշխմամբ տեղակայված, սինֆազ կերպով գրգռված ալիքային դիպոլներից, որոնց սյուները միացված են էլեկտրական $\lambda/2$ երկարության հաղորդալալերով, իսկ առանձին դիպոլների ալիքային դիմադրությունները ($R \approx 9000$ օմ) հաշվված են համաձայնեցման պայմանից (Նկար 16): Գալակտիկական ֆոնի մակարդակի վրա թույլ կետային կոսմիկական ռադիոաղբյուրների գրանցման ժամանակ ռադիոինտերֆերոմետրիայի

իրականացման համար, փորձադաշտի տարածքում տեղադրվել է երկրորդ հայելին (հիմնական հայելու մեկ սյունը):

Անտենայի բնութագրերը, որոնք բերված են աղյուսակ 9-ում, որոշվել են ռադիոաստղագիտական մեթոդով, Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների օգնությամբ:

Աղյուսակ 9

Բնութագրեր	$A_{էֆ.}$	$\varphi_{3\eta\Phi}$	$\Theta_{3\eta\Phi}$	f_0	Δf	$K_{ուծ.}$	$F_{աղ}$
Արժեքներ	50մ^2	40°	15°	72ՄՀգ	400ԿՀգ	$70\eta\Phi$	≥ 2.5

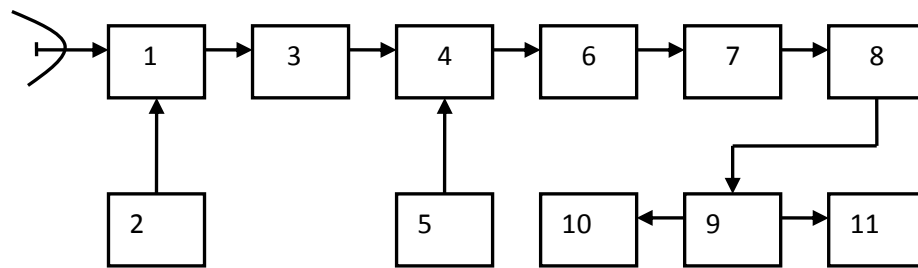


Նկար 16. Անտենայի կառուցվածքային սխեմա

1.անտենա, 2. սիմետրիկացնող հանգույց, 3. ռադիոմետր

Ռադիոմետրը, որի կառուցվածքային սխեման բերված է ստորև (Նկար 17), մուտքային ցածրադմկային ուժեղացուցիչով սուպերհետերոդինային համակարգ է, որում,

աղմուկներից խուսանավելու նպատակով նախատեսված է աշխատանքային հաճախության ճոճք 1ՄՀց տիրույթում:

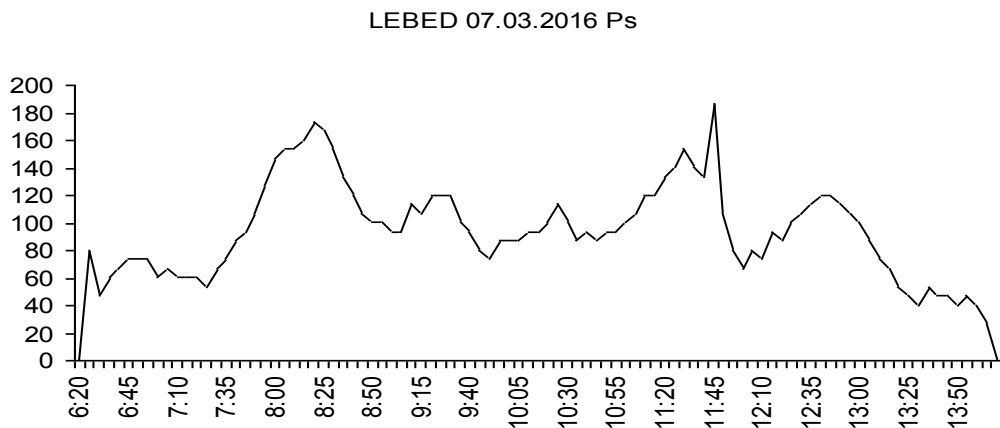
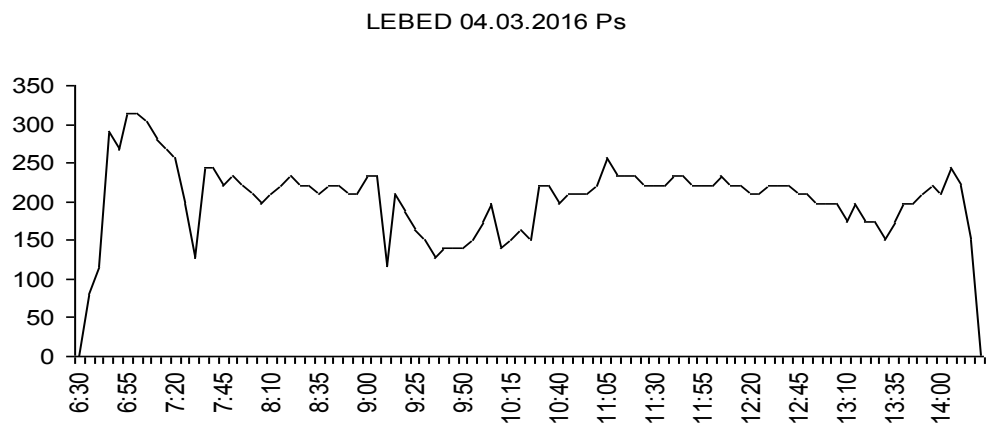


Նկար 17. Ռադիոմետրի կառուցվածքային սխեմա

1. անտենային փոխանջարիչ, 2. աղմուկի գեներատոր, 3. ցածրադմկային ուժեղարար, 4. խառնիչ, 5. հեղուկոդիչ, 6. միջակա հաճախության ուժեղարար, 7. դեկոդեր, 8. հաստատված հոսանքի ուժեղացուցիչ, 9. կուլակիչ, 10. համակարգիչ, 11. ինքնագիր.

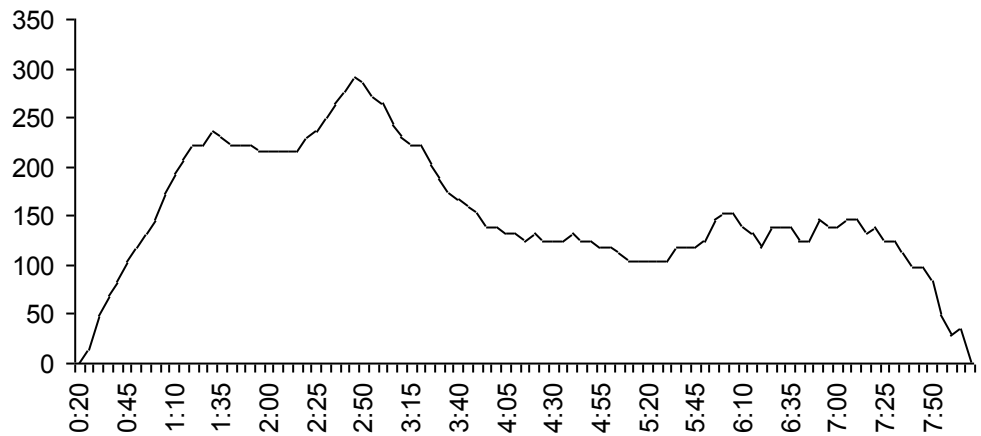
Հետազոտման ծրագիրը և մեթոդը: Հաշվի առնելով այն փաստը, որ Կասիոպեա Ա և Կարապ Ա ռադիոաղբյուրների հոսքի խտությունները հայտնի են մեծ ճշտությամբ և որ նրանք կուլմինացվում են մոտ զենիթին, որտեղ և գալակտիկական ֆոնը ավելի ինտենսիվ է, հետազոտման համար ընտրվել է երկնքի հարակից հատվածը: Իրականացվել է ամենօրյա հետազոտություն, 9 ժամյա տևողականությամբ, բավարար երկու ռադիոաղբյուրների անցման համար մեր անշարժ ռադիոդիտակի ուղղվածության դիագրամով, աղբյուրի ուղղակի ծագման հետևյալ ինտերվալում $17^h 30^m \leq \alpha \leq 26^h 30^m$: Գալակտիկական ֆոնի և դիսկրետ ռադիոաղբյուրների համատեղ գրանցումը իրականացվում է և անալոգային տեսքով՝ ինքնագրչի ժապավենի վրա և թվային շարքի տեսքով՝ համակարգչում: Համակարգի զգայնության լավարկման նպատակով իրականացվել են հետազոտման արդյունքների թվային վերլուծության մեթոդներ:

Հեղազոտման արդյունքները: Ստորև (Նկար 18,19,20) բերված են ԼՂՀ Շուշիում տեղակայված ռադիոդիտակի 2016թ. ՀՀ և ԼՂՀ-ում տեղի ունեցած երկրաշարժերից առաջ կոսմիկական ռադիոաղբյուրների գրանցումների կորերի անոմալ տեսքերը ռադիոաղբյուրների՝ ռադիոդիտակի ուղղվածության դիագրամայով անցման ընթացքում:



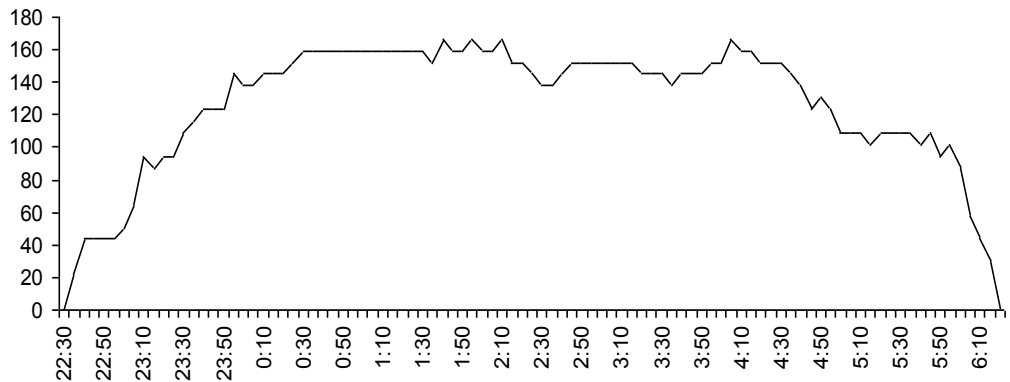
Նկար 18. Պատկերված է Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի պատկերները իոնոսֆերայի շերտերը հատելուց հետո, Հայաստանում ($M=3.0, 09.03.2016$ թ) տեղի ունեցած երկրաշարժից առաջ

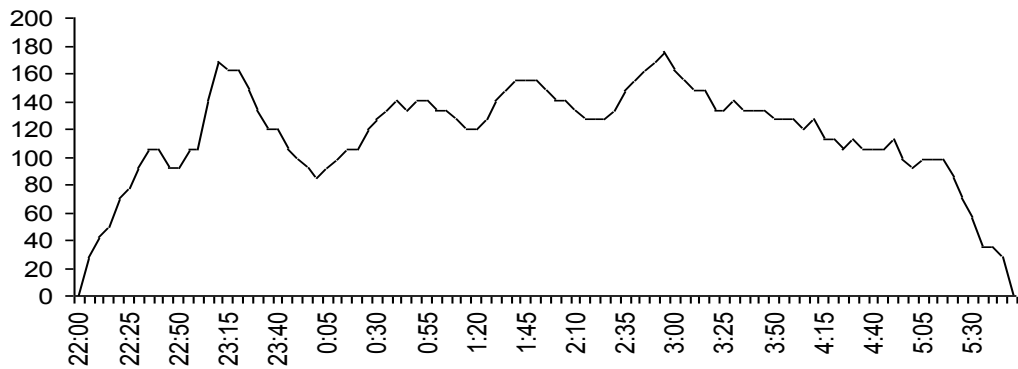
LEBED 06.06.2016 Ps



Նկար 19. Պատկերված է Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի պատկերները, իոնոսֆերայի շերտերը հատելուց հետո, ԼՂՀ-Ադրբեջան սահմ. գոտի ($M=2.5, 08.06.2016թ$) տեղի ունեցած երկրաշարժից առաջ:

LEBED 04.07.2016 Ps





Նկար 20. Պատկերված է Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի պատկերները, իոնոսֆերայի շերտերը հատելուց հետո, ԼՂՀ-Ադրբեջան սահմ. գոտի (M=2.5, 16.07.2016թ) տեղի ունեցած երկրաշարժից առաջ:

Եզրահանգումներ: ԼՂՀ Շուշու փորձակայանի ռադիոդիտակով ամենօրյա երկարաժամկետ դիտումներից ստացված արդյունքները բերված են 5-10 նկարներում, որոնք հաստատում են երկրաշարժի նախապատրաստման փուլում՝ $M \geq 3$ մագնիտուդով երկրաշարժի և գրգռված իոնոսֆերայի կողմից ռադիոճառագայթման կլանման միջև չափելի կոռելյացիայի փաստը, որը կարելի է բացատրել, երկրաշարժի գոտում դեֆորմացված գրունտի էլեկտրոմագնիսական ճառագայթմամբ պայմանավորված իոնոսֆերայի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ:

Ստացված հուսադրող արդյունքները հիմնավորում են սեյսմոիոնոսֆերային հետազա ուսումնասիրությունների անհրաժեշտությունը և ռադիոաստղագիտական ուղղահայաց զոնդավորման մեթոդի կիրառելիության անհրաժեշտությունը:

Տեղեկատվության բարձրացման համար (սեյսմիկ ալիքների տարածման ուղղությունն ու արագությունը) խոստումնալից կլինի հետազոտող կայանների միացումը ինտերֆերենցիոն համակարգի տեսքով, իսկ հետազոտությունը իրականացնել միաժամանակ տարբեր ռադիոհաճախություններում:

2.4 Իոնոլորտային սեյսմածին անհամասեռությունների համարժեք բարձրության գնահատում

Հայտնի է, որ ընդունվող ճառագայթների բևեռացվածության վերաբերյալ կարելի է լիարժեք պատկերացում կազմել, օրինակ, ամպլիֆազոմետրի օգնությամբ [11-13], չափելով ճառագայթների կոհերենտության մատրիցան լիարժեքորեն բնութագրող Ստոքսի 4 պարամետրերը: Սակայն Երկրի իոնոլորտում ընթացող պրոցեսների բարդ ու հարափոփոխ բնույթն ու տարաբնույթ պատճառներով դրանց պայմանավորված լինելն ստիպում են ընդունվող ճառագայթի բևեռացվածության չափումները զուգակցել այդ նույն ճառագայթի ինտերֆերենցիայի հետ, ինչը մասնավորապես թույլ է տալիս ընդունված ճառագայթի կրած իոնոլորտային փոփոխությունները տարանջատել բուն իոնոլորտի ֆոնային ինչպես անոմալ, այնպես էլ ռեգուլյար փոփոխություններից, որոնք ազդում են նաև ընդունվող ճառագայթի բևեռացվածության վրա:

Ռադիոաստղագիտական մեթոդը թույլ է տալիս ձևակերպել սեյսմիկ վտանգի գնահատմանը միտված՝ ոչ սեյսմոգեն անհամասեռությունների և երկրաշարժի իոնոլորտային նախանշանների զատման քանակական հայտանիշներ: Միմիանցից որոշակի հեռավորության և անկյան տակ տեղադրված չորս երկանտենային ինտերֆերոմետրերից յուրաքանչյուրով ստացված ինտերֆերենցիոն պատկերների հիման վրա առանձնացվում են կոսմիկական կետային ռադիոաղբյուրի և գալակտիկական ռադիոճառագայթման ընդհանուր ֆոնի ազդանշանները, գնահատվում իոնոլորտի D և E շերտերի կլանման աստիճանի անոմալ փոփոխության ազդեցությունը դրանց աղմկային ջերմաստիճանների վրա և համեմատվում դիտումների ժամանակահատվածին համապատասխանող իոնոլորտի շերտերի հանդարտ վիճակի հետ: Մթնոլորտի շերտերով անցնելու ընթացքում նշված ազդանշանների «սովորական» և «անսովոր» ալիքների փուլերի տարբերության փոփոխությամբ որոշվում են Երկրի մակերևույթից իոնոլորտի ֆոնային անհամասեռությունների համարժեք բարձրությունները, որոնցով և գնահատվում է դիտումների տվյալ պահին համապատասխանող՝ հնարավոր երկրաշարժի

աշխարհագրական դիրքը երկանտենային ինտերֆերոմետրերից յուրաքանչյուրի նկատմամբ:

Երկրի իոնոլորտում ընթացող պրոցեսների տարաբնույթ պատճառներով պայմանավորված լինելը ստիպում են ընդունվող ճառագայթի բևեռացման չափումները զուգակցել նույն ճառագայթի ինտերֆերենցիայի հետ, ինչը մասնավորապես թույլ է տալիս ընդունված ճառագայթի կրած (ընդունվող ճառագայթի բևեռացման վրա ևս ազդող) իոնոլորտային փոփոխությունները տարանջատել բուն իոնոլորտի ֆոնային ինչպես անոմալ, այնպես էլ կանոնավոր փոփոխություններից [62]: Ռադիոդիտակ ծառայող երկանտենային ինտերֆերոմետրը (ԵԻ), ընդունվող ազդանշանների տարածական կոհերենտության աստիճանից կախված, ծառայում է որպես տարածական հաճախությունների զտիչ: Ոչ մեծ բազա ունեցող (10-20λ) ԵԻ-ի դեպքում գալակտիկական և արտագալակտիկական ռադիոճառագայթման աղբյուրներից շատերը, (“Կարապ-Ա”, “Կասիոպեա-Ա”, “Ցուլի-Ա” և այլն), համարվում են կետային կամ լավ հայտնի է նրանց ճառագայթման էներգիայի հոսքի խտության դարավոր փոփոխության բնույթը [63]: Հետևաբար, նրանց ազդանշանները տարածական հաճախությունների զտման միջոցով կարելի է առանձնացնել գալակտիկական ռադիոճառագայթման և երկրի մթնոլորտի սեփական աղմուկների ընդհանուր ֆոնից [64]: Քանի որ տիեզերական ռադիոճառագայթման աղբյուրների էներգիայի հոսքերն անհամեմատ կայուն բնույթ ունեն, ապա հանդարտ իոնոլորտի վիճակի որևէ օրվա համար ունենալով տվյալ աշխարհագրական լայնության վրա գտնվող անշարժ ռադիոդիտակով երկրի օրական պտույտի ընթացքում գրառված՝ համարյա նույնությամբ կրկնվող գալակտիկական ռադիոճառագայթման օրական ընդհանուր պատկերը, կարելի է օրեկան դիտումների արդյունքներով որոշակի գաղափար կազմել իոնոլորտում անոմալ գրգռումների առկայության մասին: Անկախ դրանց ծնող պատճառից, անոմալ գրգռումները նախևառաջ հանգեցնում են իոնոլորտի D և E շերտերի կողմից ռադիոաստղագիտական ազդանշանների կլանման աստիճանի փոփոխությանը, որի մեծությունը (դԲ-ներով արտահայտված) հանդարտ վիճակում գտնվող իոնոլորտի համար, օրվա ցերեկային ժամերին, 50 ՄՀg-ից բարձր հաճախությունների տիրույթում որոշվում է հետևյալ կերպ [65]՝

$$A(f, h) = \frac{K_p}{f^2 \sqrt{\cos(h)^2 + 2 \frac{H}{R_0}}}, \quad (24)$$

որտեղ f –ը ընդունման հաճախությունն է ($ՄՀց$), h –ը՝ դիտման տեղի անկյունը (զենիթից հաշված), H –ը՝ իոնոլորտի կլանման շերտերի միջին բարձրությունը Երկրի մակերևույթից (կմ), R_0 –ն՝ Երկրի շառավիղը (կմ), իսկ K_p –ն անտենայի բևեռացմամբ պայմանավորված հաստատուն գործակից է: Դիտումները ցույց են տալիս, որ գիշերային ժամերին հանդարտ իոնոլորտի դեպքում, հաճախությունների 50-300 ՄՀց տիրույթում կլանման աստիճանի մեծությունը չի գերազանցում չափման սխալի սահմանները, և այն կարելի է արհամարհել: Անտենայի աղմկային ջերմաստիճանի ֆոնի վրա գրառված ΔT_x անհայտ աղմկային ջերմաստիճանների արժեքները տրամաչափարկվում են ռադիոմետրի մուտքին միացվող, ճառագայթման հայտնի ինտենսիվությամբ աղմուկի ստանդարտ գեներատորի միջոցով:

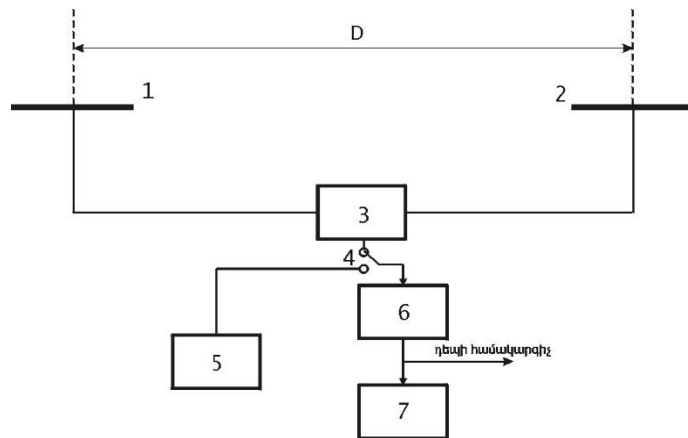
$$\Delta T_x = \frac{\Delta \alpha}{\alpha_r} \cdot T_r, \quad (25)$$

որտեղ $\Delta \alpha$ –ն գրանցող սարքի ΔT_x աճին գծայնորեն համապատասխանող ցուցմունքն է [66]: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ 40° աշխարհագրական լայնության վրա զենիթի ուղղությանը մոտ տիրույթներում տարբեր ժամերի կուլմինացվող մի քանի հզոր կետային ռադիոաղբյուրների ճառագայթման հոսքի խտությունները բավականաչափ լավ հայտնի են (“Կարապ-Ա”, Կասիոպեա-Ա” և այլն), ապա տրամաչափարկելով ընդունիչ սարքը, հնարավոր է դառնում ուղղակիորեն չափել իոնոլորտի շերտերի կլանման աստիճանի մեծությունը և այն համեմատել (24)-ով որոշվող մեծություն հետ: Այն դեպքում, երբ այդ տարբերությունը զգալի մեծություն է կազմում, գրանցող սարքի ցուցմունքների հիման վրա իոնոլորտային կլանման աստիճանը որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$A' = 20 \lg \frac{\Delta T_s}{\Delta T_s'}, \quad (26)$$

որտեղ $\Delta T'_s$ և ΔT_s -ն ռադիոաղբյուրի ազդանշանին համապատասխանող չափված և (24) արտահայտությամբ որոշվող հանդարտ իոնոլորտի աղմկային ջերմաստիճանների աճերն են: Այսպիսով, եթե տեղի ունի $\Delta T = |\Delta T_s - \Delta T'_s| > \delta T$ պայմանը, որտեղ δT -ն ընդունիչ սարքի զգայնության արժեքն է, կարելի է միանշանակ եզրակացնել, որ իոնոլորտում դիտման ընթացքում առկա են եղել սեյսմոգեն կամ այլ բնույթի անհամասեռություններ, որոնք միմյանցից զատում են գրանցող սարքի ելքում գրառման հետքի մակարդակի ֆլուկտուացիաներով (BF անոմալիա), հետքի գծի հաստացմամբ (BT անոմալիա) և դրանց տարբեր զուգորդումներով (BFS և BTS անոմալիաներ): Ռադիոաստղագիտական մեթոդի դեպքում սեյսմիկ ակտիվությամբ պայմանավորված անոմալիաներն ի հայտ են գալիս գալակտիկական ընդհանուր ռադիոճառագայթման ֆոնի վրա: Օրինակ՝ Նիարագոնգոն, Էտնա հրաբուխների ժայթքման հետևանքով իոնոլորտում տեղի ունեցած գլոբալ անոմալիաների ազդեցությամբ գալակտիկական ֆոնի մակարդակի փոփոխությունը, Իրանի տարածքում 2002թ. տեղի ունեցած միևնույն էպիկենտրոնով երկու ուժեղ երկրաշարժերի նախապատրաստման ընթացքում արտաքին աղմուկների ազդեցությամբ ընդունիչ սարքի ելքային ազդանշանի դիսպերսիայի անոմալ աճի նկարագրությունը [67]: Քանի որ մեր դեպքում կետային ռադիոաղբյուրների ինտեֆերենցիոն ազդանշանները լրիվությամբ առանձնացվում են գալակտիկական ընդհանուր ֆոնից, ստեղծվում է հնարավոր երկրաշարժի կանխանշանի նոր չափորոշիչ դիտարկելու լրացուցիչ հնարավորություն՝ հիմնված ինտեֆերենցիոն ազդանշանի անոմալ կլանման երևույթի վրա: Սարավանդի դիտակայանում 2002 թ. ընթացքում դիտված բոլոր հինգ տիպի անոմալիաների վիճակագրական հետահայաց վերլուծության արդյունքները ներկայացված են [68,69] աշխատանքներում, որտեղ հիմնավորված է նաև սեյսմիկ իրադարձությունների և դիտված անոմալիաների կորելյացիոն կապի առկայության փաստը: Հայտնի է [70-73], որ իոնոլորտի շերտերով անցնող էլեկտրամագնիսական ալիքը Երկրի մագնիսական $\vec{H}_0$ հաստատուն դաշտի ազդեցությամբ երկփեղկվում է «սովորական» և «անսովոր» բաղադրիչների, որոնք անհամասեռ պլազմայի միջավայրում տարածվում են տարբեր փուլային արագություններով: Դրանց տարբերությունը չափելու նպատակով ինտեֆերոմետրի

անտենաներից յուրաքանչյուրը հնարավորություն է ընձեռում առանձնացնելու ընդունվող ազդանշանի էլեկտրական դաշտի երկրի գեոմագնիսական դաշտի ուժագծերին ուղղահայաց և զուգահեռ բևեռացման երկու փոխուղղահայաց բաղադրիչները: Լորենցյան ուժի ազդեցությամբ սպիրալաձև շարժվելով՝ էլեկտրոններն ավելի կարճ ճանապարհ են անցնում և համապատասխանաբար պլազմայի միջավայրով անցնող «անսովոր» ալիքն ավելի մեծ կորուստներ է կրում (մոտ 10-20%): Բևեռացման յուրաքանչյուր բաղադրիչի ընդունիչ համակարգը բաղկացած է D բազային հեռավորությամբ իրարից հեռու գտնվող, դիտման միևնույն ուղղվածությունն ունեցող, գծային բևեռացման բազմավիբրատորային անտենաներից (1,2), համափուլ գումարիչից (3), մեխանիկական փոխանջատիչից (4), աղմուկի ստանդարտ գեներատորից (5), ռադիոմետրից (6), ինքնագիր սարքից (7), ընդ որում, ռադիոմետրի ելքային ազդանշանը տրվում է նաև բևեռացման երկու բաղադրիչների ընդունիչ համակարգերի համար միասնական գործող և համակարգչին միացված թվայնացնող սարքի մուտքին (Նկար 21):



Նկար 21. Ինտերֆերենցիոն ռադիոդիտակի կառուցվածքային սխեման

Դիտարկենք մետրանոց ալիքների տիրույթի որևէ ω հաճախությամբ ազդանշանի բևեռացման «սովորական» և «անսովոր» բաղադրիչների անցումն իոնոլորտի շերտերով: Բևեռացման բաղադրիչներին համապատասխանող՝ միջավայրի բեկման n_1 («սովորական» ալիք) և n_2 («անսովոր» ալիք) ցուցիչները, իոնների և չեզոք մասնիկների հետ էլեկտրոնների բախումներով պայմանավորված փոքր կորուստներն անտեսելու դեպքում, իոնոլորտի z բարձրությունից կախված որոշվում են հետևյալ կերպ՝

$$\begin{aligned} n_1^2 &= 1 - \frac{2b(1-b)}{2(1-b) - c_1 \sin^2 \theta + \sqrt{c_1^2 \sin^4 \theta + 4c_1(1-b)^2 \cos^2 \theta}} \\ n_2^2 &= 1 - \frac{2b(1-b)}{2(1-b) - c_1 \sin^2 \theta - \sqrt{c_1^2 \sin^4 \theta + 4c_1(1-b)^2 \cos^2 \theta}} \end{aligned} \quad , \quad (27)$$

$$\text{որտեղ } b \equiv \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 = \frac{N_{\max} F(z) e^2}{m \varepsilon_0 4\pi^2 f^2} = \frac{80,8 N_{\max} F(z)}{f^2} \quad ,$$

$$c_1 \equiv \left(\frac{\omega_H}{\omega} \right)^2 = \frac{e^2 H_0^2 \mu_0^2}{m^2 4\pi^2 f^2} \quad , \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{N_{\max} \cdot F(z) e^2}{m \cdot \varepsilon_0}} \text{ - իոնոլորտային պլազմայի ռեզոնանսային}$$

հաճախությունն է, $N_{\max}$ -ը՝ էլեկտրոնների կոնցենտրացիայի առավելագույն արժեքը, $F(z)$ -ը էլեկտրոնների կոնցենտրացիայի բաշխման ֆունկցիան է՝ ըստ բարձրության, m -ը՝ էլեկտրոնների զանգվածը, ε_0 -ն՝ ազատ տարածության դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը, $\omega_H = \frac{eH_0}{m} \mu_0$ -ն՝ գիրոմագնիսական ռեզոնանսի հաճախությունը, e -ն՝ էլեկտրոնի լիցքը, μ_0 -ն՝ ազատ տարածության մագնիսական թափանցելիությունը, θ -ն՝ ընդունվող ալիքի և գեոմագնիսական դաշտի լարվածության վեկտորի միջև կազմված անկյունն է H_0 -ն՝ գեոմագնիսական դաշտի լարվածությունը և ռադիոճառագայթման աղբյուրների դիտման ժամանակ θ անկյան մեծությունը կարող է զգալիորեն փոխվել, եթե անտենան հետևում է ռադիոաղբյուրի շարժմանը: Անշարժ անտենայի դեպքում դիտվում են միայն տվյալ ռադիոաղբյուրի կուլմինացիային մոտ տիրույթները, և θ անկյան փոփոխության սահմանները որոշվում են անտենայի ուղղվածության դիագրամի լայնությամբ իսկ դիտման ընթացքում այդ փոփոխությունն էական ազդեցություն չի թողնում բեկման ցուցիչների արժեքների վրա և որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$\Delta\theta = h_c - h_{\min} \quad , \quad (28)$$

որտեղ h_c -ն տվյալ ռադիոաղբյուրի կուլմինացիայի տեղային անկյունն է, իսկ $h_{\min}$ -ը՝ նույն ռադիոաղբյուրի՝ անտենայի դիագրամի տիրույթ մուտք գործելու և դուրս գալու տեղային անկյունը: Դիտման յուրաքանչյուր k պահի համար տվյալ ռադիոաղբյուրի A_k ազիմուտն ու h_k տեղային անկյունը որոշվում են հետևյալ կերպ [75]՝

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(A_k) &= \frac{\cos \delta \sin(t_k)}{\sin \varphi \cos \delta \cos(t_k) - \cos \varphi \sin \delta}, \\ \cos(h_k) &= \frac{\cos \delta \sin(t_k)}{\sin A}, \quad t_k = s_k - \alpha \end{aligned} \quad (29)$$

որտեղ φ -ն տեղի աշխարհագրական լայնությունն է, δ -ն՝ ռադիոաղբյուրի հակումը, α -ն՝ ռադիոաղբյուրի ուղղակի ծագումը t_k -ն՝ ժամային անկյունը և s_k -ն՝ ընթացիկ աստղային ժամանակը, որը որոշվում է կուլմինացիայի պայմանից ($t_k = 0$ և $s_k = \alpha$): Դիտարկենք “Կարապ-Ա” ռադիոաղբյուրի ($\alpha = 19^h.99$, $\delta = 40^0.72$) անցումը դեպի զենիթ ուղղված, $60^\circ \times 15^\circ$ դիագրամի լայնություն ունեցող բազմավիբրատորային անտենայի դիտման տիրույթով, $40^\circ, 3$ աշխարհագրական լայնության վրա: Քանի որ այս դեպքում $\delta \approx \varphi$, տվյալ ռադիոաղբյուրը կուլմինացվում է համարյա զենիթում ($h_c = 89^\circ 34'$)՝ դիագրամի վերը նշված լայնությունն անցնելով մոտավորապես 2 ժամվա ընթացքում: Դիագրամի տիրույթ մտնելու և դուրս գալու պահերին նրա տեղային անկյունը կազմում է մոտավորապես 80° , հետևաբար, համաձայն (28)-ի՝ “Կարապ-Ա” ռադիոաղբյուրի ճառագայթման ազդանշանի կազմած անկյունը գեոմագնիսական դաշտի լարվածության վեկտորի հետ դիտման ընթացքում փոխվում է ընդամենը $9^\circ 34'$ -ով: Թվային հաշվարկները ցույց են տալիս, որ այդ կարգի փոփոխությունն առանձնապես չի ազդում (27)-ով որոշվող բեկման ցուցիչների վրա (ստորակետից հետո չորրորդ նիշի ճշտությամբ), ինչը թույլ է տալիս դիտման ընթացքում θ անկյան մեծությունն ընդունել հաստատուն: Իոնոլորտի շերտերով անցնելիս երկու ճառագայթների միջև առաջանում է որոշակի փուլերի տարբերություն:

$$\Delta\psi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{Z_1}^{Z_3} [n_1(z) - n_2(z)] dz, \quad (30)$$

որտեղ λ -ն ընդունվող ալիքի երկարությունն է, իսկ Z_1 , Z_3 -ը իոնոլորտի շերտերի այն սահմաններն են, որոնց միջակայքում բեկման ցուցիչների տարբերությունը տվյալ ալիքի երկարության վրա տարբեր է զրոյից: Էլեկտրոնների բաշխվածության $F(z)$ ֆունկցիան իոնոլորտի F_2 շերտի համար ունի հետևյալ տեսքը [74]՝

$$F(z) = N_{\max} \left[\frac{2(z - Z_1)}{Z_2 - Z_1} - \left(\frac{z - Z_1}{Z_2 - Z_1} \right)^2 \right] = 4 \left[\frac{z - Z_1}{\Delta Z} - \frac{(z - Z_1)^2}{\Delta Z^2} \right], \quad (31)$$

որտեղ Z_2 -ը՝ F_2 շերտի էլեկտրոնների առավելագույն արժեքին համապատասխանող բարձրությունն է երկրի մակերևույթից, $\Delta Z \equiv Z_3 - Z_1 = 2(Z_2 - Z_1)$: Հաշվի առնելով, որ ռադիոաստղագիտական դիտումների դեպքում $\omega_0 \ll \omega$, (27)-ովորոշվող $n_1(z)$ և $n_2(z)$ արտահայտությունները վերածենք շարքերի՝ սահմանափակվելով այդ շարքերի առաջին երկու անդամներով՝

$$n_1(z) = \sqrt{1 - \frac{2b_c(1-b_c)}{2(1-b_c) - a_c + \sqrt{a_c^2 + k_c(1-b_c)^2}}} \approx 1 - \left(\frac{1}{2 - a_c + \sqrt{a_c^2 + k_c}} \right) b_c, \quad (32)$$

$$n_2(z) = \sqrt{1 - \frac{2b_c(1-b_c)}{2(1-b_c) - a_c - \sqrt{a_c^2 + k_c(1-b_c)^2}}} \approx 1 - \left(\frac{1}{2 - a_c - \sqrt{a_c^2 + k_c}} \right) b_c, \quad (33)$$

որտեղ c ինդեքսը վերաբերում է ռադիոաղբյուրի կոլմինացիայի պահին,

$$k_c \equiv 4c_1 \cos^2 \theta, \quad b_c \equiv \frac{4 \cdot 80,8 N_{\max} (\Delta Z \cdot z' - z'^2)}{\Delta Z^2 f^2}, \quad z' \equiv z - Z_1:$$

Հաշվի առնելով (32), (33) մոտավորությունները և օգտվելով (31) բաշխման ֆունկցիայից, (30) ինտեգրալի համար, որոշ ձևափոխություններից հետո, կստանանք՝

$$\Delta \psi_c = \frac{2\pi}{c} \frac{\eta_c \sqrt{a_c^2 + k_c}}{4 - 4a_c + k_c} \frac{1}{6} \Delta Z^3 = \frac{2\pi}{3c} \frac{80,8 N_{\max}}{f} K_\theta \Delta Z, \quad (34)$$

որտեղ $\eta_c \equiv \frac{4 \cdot 80,8 N_{\max}}{\Delta Z^2 f^2}$, $K_\theta \equiv \frac{\sqrt{c_1^2 \sin^4 \theta + 4c_1 \cos^2 \theta}}{1 + c_1 \cos 2\theta}$, c -ն լույսի արագությունն է վակուումում:

Իոնոլորտի շերտերը կամայական թեքությամբ հատող ճառագայթների դեպքում, դիտման յուրաքանչյուր k -րդ պահի համար (34)-ի փոխարեն կարող ենք գրել՝

$$\Delta \psi_k = \frac{2\pi}{3c} \frac{80,8 N_{\max}}{f \sin(h_k)} K_\theta \Delta Z_k, \quad (35)$$

հետևաբար իոնոլորտի հանդարտ և գրգռված վիճակների համար կունենանք՝

$$\Delta\psi_k^{(s)} = \frac{2\pi}{3c} \frac{80,8N_{\max}^{(s)}}{f \sin(h_k)} K_{\theta} \Delta Z_k^{(s)}, \Delta\psi_k^{(v)} = \frac{2\pi}{3c} \frac{80,8N_{\max}^{(v)}}{f \sin(h_k)} K_{\theta} \Delta Z_k^{(v)}, \quad (36)$$

որտեղ (s) ինդեքսը վերաբերում է հանդարտ իոնոլորտի վիճակին, (v) ինդեքսը վերաբերում է գրգռված իոնոլորտի վիճակին: Մտցնենք գրգռված իոնոլորտի F_2 շերտի համարժեք լայնության գաղափարը, որի դեպքում էլեկտրոնների հաստատուն $N_{\max}^{(s)}$ կոնցենտրացիայով հանդարտ և գրգռված իոնոլորտի F_2 շերտով անցնելիս, «սովորական» և «անսովոր» ճառագայթների միջև առաջանա միևնույն փուլային $\Delta\psi_k^{(v)}$ տարբերությունը:

$$N_{\max}^{(v)} \Delta Z_k^{(v)} = N_{\max}^{(s)} \Delta Z_k, \rightarrow \Delta Z_k = \frac{N_{\max}^{(v)}}{N_{\max}^{(s)}} \Delta Z_k^{(v)} \quad (37)$$

(36) արտահայտություններից, դիտման յուրաքանչյուր k -րդ պահին համարժեք լայնության որոշման համար կստանանք՝

$$\Delta Z_k = \frac{\Delta\psi_k^{(v)}}{\Delta\psi_k^{(s)}} \Delta Z_k^{(s)} \quad (38)$$

Հայտնի է, որ հանդարտ վիճակում գտնվող իոնոլորտի F_2 շերտի ստորին եզրին համապատասխանող Z_1 բարձրությունը աշխարհագրական տվյալ լայնության վրա մշտապես կրում է եղանակային և օրական (ռեգուլյար) փոփոխություններ: Նշանակենք՝

$$Z_1 \equiv \begin{pmatrix} Z_{11}(t_m) & Z_{12}(t_m) \\ Z_{21}(t_m) & Z_{22}(t_m) \end{pmatrix}, \quad (39)$$

որտեղ աղյուսակի առաջին տողերը վերաբերում է ձմեռային և ամառային եղանակներին, սյուները՝ ցերեկային և գիշերային ժամերին, իսկ t_m -ը k -րդ չափմանը համապատասխանող տեղական ժամանակն է: (38)-ով որոշվող համարժեք լայնության հիման վրա՝ գրգռված իոնոլորտի էլեկտրոնների առավելագույն կոնցենտրացիայի համարժեք բարձրությունը կորոշվի հետևյալ կերպ՝

$$Z_k = (Z_1)_{i,j} + \frac{\Delta Z_k}{2} , \quad (40)$$

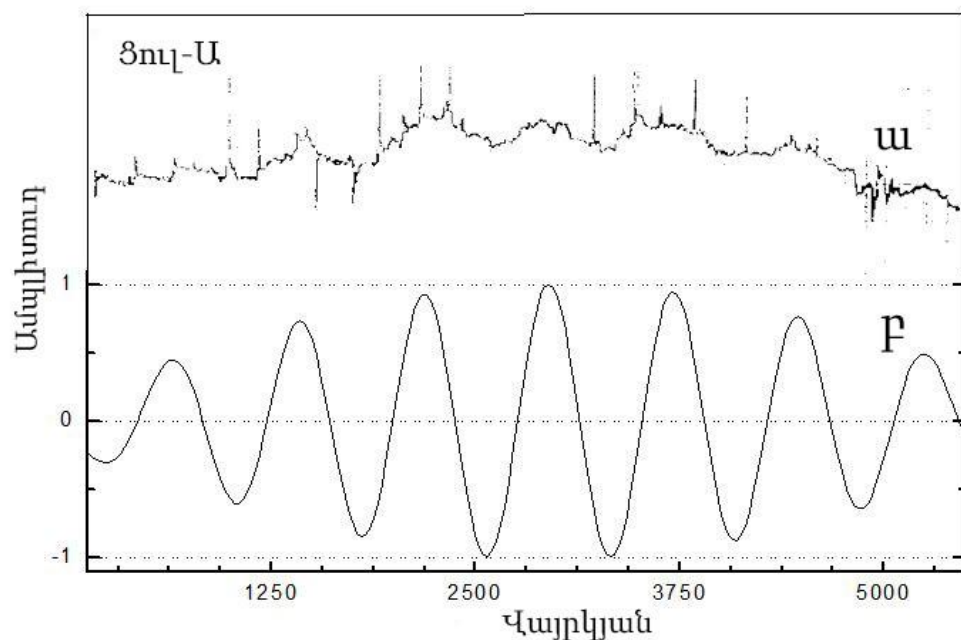
որտեղ $(Z_1)_{i,j}$ -ի փոխարեն պետք է տեղադրել վերը բերված աղյուսակի՝ դիտումների տվյալ ժամանակահատվածին համապատասխանող անդամը: Ինչ վերաբերում է $(Z_1)_{i,j}$ -ի ոչ ռեգուլյար, Արեգակի ակտիվությամբ, արևաբծերով, բռնկումներով, գեոմագնիսական ակտիվությամբ և այլն պայմանավորված փոփոխություններին, ապա դրանք դիտարկվում են սեյսմոգեն բնույթի փոփոխությունների հետ, մանավանդ որ բազմաթիվ դիտումները ցույց են տալիս, որ դրանք շատ հաճախ հանդես են գալիս միաժամանակ: Նմանատիպ փոփոխությունները հաշվի են առնվում (40) արտահայտության ΔZ_k -ի միջոցով, որի մեծությունը որոշվում է չափումների հիման վրա՝ համաձայն (38) արտահայտության:

2.5 Ռադիոդիտակի բնութագրերի լավարկման եղանակները:

Ինֆերֆերենցիոն հարմոնիկի նեղշերտային հաճախային զտում (ԻՀ): Մերթոդը իրականացվել է Ֆուլ-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի օրինակով, $\lambda=4,2$ մ երկարությամբ ալիքի վրա, ՌՖԷԻ ռադիոինտերֆերոմետրի օգնությամբ՝ հետևյալ բազայով $D=15$ լ և անտենայի էֆֆեկտիվ մակերևույթով 50 մ² և 10 մ²: Ամբողջական անալոգային ազդանշանը գրանցվել է ռադիոմետրի ելքում (*Նկար 22,ա*) թվայնացված 1-բիտային, ժամանակային 0.01 վ քայլով անալոգաթվային փոխակերպիչով, և, որպես հաջորդական գրանցումների տվյալներ առանձին տեքստային ֆայլերի տեսքով մտցվել համակարգիչ: Երկրորդ զուգահեռ կանալով գրանցվում են ժամանակային տվյալները: Այդպիսի գրանցումը թույլ է տալիս մեծ ճշտությամբ հաշվի առնել տեղաշարժը դրան հետևող չափման արդյունքների մշակման ժամանակ: Տվյալների հետագա մշակումը իրականացվել է „Origin-6” ծրագրի օգնությամբ, որը պարունակում է ներդրված Ֆուրիե անալիզի ֆունկցիաներ, ընդլայնված մաթեմատիկական հնարավորություններ նեղշերտային թվային զտիչի կառուցման համար: Թվային հաճախային զտման գործընթացը տեղի է ունենում հետևյալ սխեմայով [76]: Դետեկտորից հետո գրանցված անալոգային ազդանշանը N-րդ աստիճանի պոլինոմի գնությամբ առանձնացվում է ֆոնային ճառագայթումից, որը

այնուհետև հաշվարկվում է: Ապա ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի աղբյուրի համար կառուցվում է հզորության հաճախային սպեկտրը և որոշվում են շերտավոր զտիչի F և ΔF բնութագրերը:

Թվային զտման արդյունքները հնարավորություն են տալիս դուրս բերելու թույլ օգտակար ազդանշանը աղմուկների և ռադիոխանգարումների ֆոնի վրա: Ցուլ-Ա ռադիոաղբյուրի համարյա աննկատելի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկը, թվային զտումից հետո, մաքուր առանձնանում է, ընդգծվում է անհամեմատելի Գալակտիկական ավելի ուժեղ ֆոնային ճառագայթման աղմուկներից և խանգարումներից (Նկար 22, p) : Անգամ կենտրոնից հեռու ԻՀ-ի կողային թերթիկները, որոնք ընդհանրապես նկատելի չեն մինչև զտումը, նույնպես լավ ընդգծվում և առանձնանում են: Դա վկայում է այն մասին, որ ռադիոաղբյուրները, որոնք ունեն մեկ կարգ ավելի փոքր ինտենսիվություն, քան Ցուլ-Ա ռադիոաղբյուրինը, կարելի կլինի գրանցել ինտերֆերոմետրերի օգնությամբ, որում առանձին անտենաներն ունեն փոքր էֆեկտիվ մակերես:



Նկար 22. Ցուլ-Ա ռադիոաղբյուրի ԻՀ-ի մինչև (a) և հետո (p) թվային նեղշերտ հաճախային զտումից հետո

Աստիճանային զգում: Աստիճանային թվային զտիչը ուժեղացնում է կոսմիկական ռադիոաղբյուրի դետեկտորից հետո գրանցված ազդանշանի փոփոխական բաղադրիչը, տվյալ դեպքում տարածական հարմոնիկը: Միևնույն ժամանակ որքան մեծ է նրա ամպլիտուդը, այնքան շատ է այն ուժեղանում՝ համապատասխանաբար լավարկվում է համակարգի ընտրողականությունը [77]:

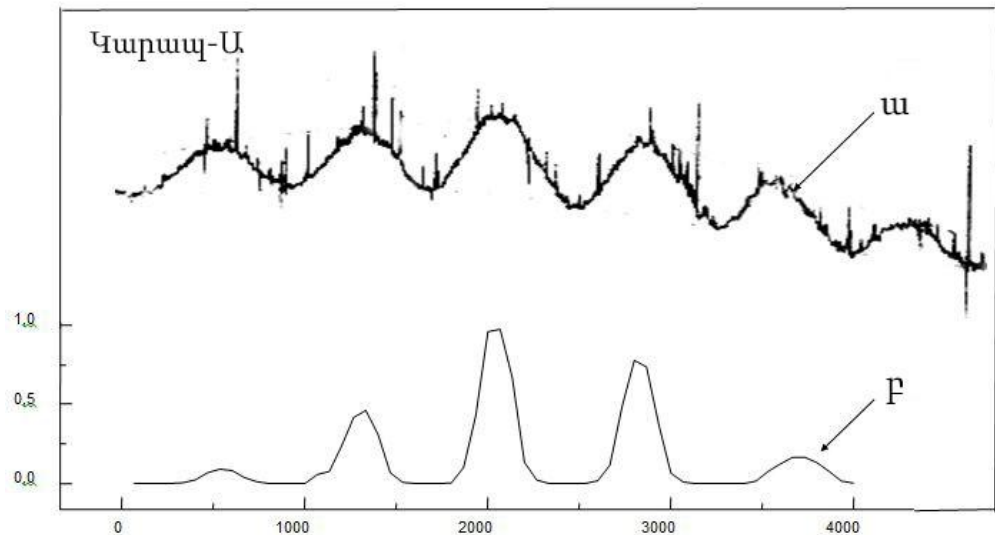
Ներկայացնենք կոսմիկական ռադիոճառագայթման ինտերֆերոմետրական գրանցումը (դիսկրետ աղբյուրի ազդանշանը, գալակտիկական ֆոնը և աղմուկները) թվային հաջորդականության տեսքով ժամանակի ընթացքում և մտցնենք այն համակարգի հիշողության մեջ: Բազմապատկենք $P(t)$ հաջորդականության

յուրաքանչյուր $P_i(t)$ անդամը $\exp - \left\{ \frac{P_m - P_i(t)}{P_m} \right\}$ աստիճանային բազմապատկիչով, որպես հիմք վերցնելով ցանկացած ամբողջ թիվ, և գրենք այն ժամանակի ընթացքում նոր հաջորդականության տեսքով

$$P(t) = P_i(t) \exp - \left\{ \frac{P_m - P_i(t)}{P_m} \right\}, \quad (41)$$

որտեղ $P_i(t)$ հաջորդականության անդամն է մաքսիմալ արժեքով:

Ակնհայտ է, որ այսպիսի ձևափոխության արդյունքում կստացվի հաջորդականության փոփոխական բաղադրիչի զտված արժեքը: Դա լավ տեսանելի է Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրի ինտերֆերենցիոն ազդանշանի զտման օրինակի վրա (Նկար. 23 բ), որը, ինչպես հայտնի է, գտնվում է ուժեղ ֆոնային գալակտիկական ճառագայթման հատվածում (նկար 23, ա):



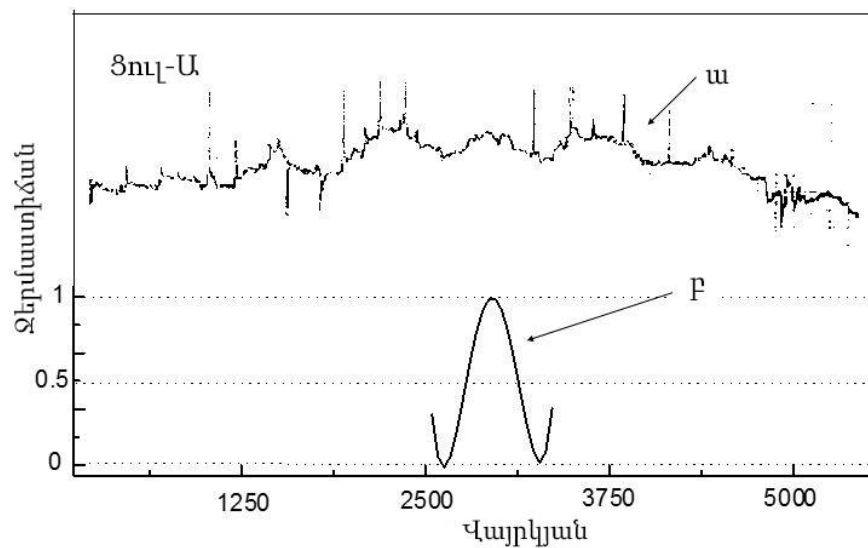
Նկար 23. Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրի ԻՀ-ի միջև (ω) և աստիճանային թվային զտում (p) հետո

գ) Ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի հզորության կուտակում

Ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի հզորության կուտակման խնդիրը առաջին անգամ լուսանկարչական եղանակով իրականացվել է Բյուրականի աստղադիտարանում: Հետագայում, այլ հեղինակների կողմից մատնանշվել է առանձին հարմոնիկի հզորության նման կուտակման սկզբունքային հնարավորությունը, ինչը սակայն գործնական դիտումների բարդության և մի շարք տեխնիկական հնարավորությունների բացակայության պատճառով կիրառում չի գտել: Արդի համակարգչային և հաշվողական հզորությունները հետազոտողին ընձեռում են վերոհիշյալ խնդրի լուծման համեմատաբար պարզ հնարավորություն:

Եթե հայտնի են ռադիոինտերֆերոմետրի բնութագրերը և կոսմիկական ռադիոաղբյուրի կոորդինատները, ապա միարժեքորեն կարելի է հաշվել ռադիոդիտակի ուղղվածության դիագրամով ինտերֆերենցիոն թերթիկների անցման ժամանակը և արագությունը: Թվային հաջորդականության տեսքով և իրական ժամանակի նշումներով ելքային ինտերֆերենցիոն կորը գրանցելով համակարգչի հիշողության մեջ և միջինացնելով ըստ ինտերֆերենցիոն թերթիկների ժամանակային տիրույթների, կունենանք միջինացված թերթիկների թվին համեմատական, ռադիոդիտակի զգայնության շահում: Գործնականում բավարար է միջինացնել

ուղղվածության դիագրամի մինչև կես հզորության տիրույթում գտնվող կենտրոնական թերթիկները, հաշվի առնելով նաև, որ վերջինների ազդանշան աղմուկ հարաբերությունը մեծ է: Նկար 24-ում ներկայացված են Ցուլ-Ա ռադիոաղբյուրի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի (ա) և կենտրոնական հինգ թերթիկների միջինացման (բ) գրանցումները [78]:



Նկար 24. Ցուլ-Ա ռադիոաղբյուրի ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի (ա) և կենտրոնական հինգ թերթիկների միջինացման (բ) տեսքերը:

2.6 Երկրաշարժերի էլեկտրամագնիսական նախանշանների ժամանակային բնութագրերի հետազոտում

Վերջին տասնամյակում հետազոտողները մեծ ուշադրություն են դարձնում երկրաշարժի իոնոսֆերային նախանշանների ուսումնասիրության վրա: Տարբեր հեղինակների կողմից [79-81] առաջարկվել են մեխանիզմներ, մոդելներ, որոնցից յուրաքանչյուրը հաջողությամբ բացատրում է լիթոսֆերա-իոնոսֆերա կապի ֆիզիկական մեխանիզմի բազմաթիվ ասպեկտները. Սակայն այդ կապերին վերաբերվող հարցերի ողջ համախումբը դեռևս մնում է մինչև վերջ չբացահայտված:

Ռադիոաստղագիտական մեթոդը հնարավորություն է տալիս, բացի երկրի ընդերքից ընտրված հաճախային տիրույթում էլեկտրամագնիսական ճառագայթման անմիջապես ընդունումից, դիտել նաև լիթոսֆերայի այլ ազդեցությունը մթնոլորտի վրա, անկախ այդ ազդեցության ֆիզիկական բնույթից (աերոզոլային, էլեկտրաստատիկական, ակուստիկ-գրավիտացիոն և այլն): Վերջնական դեպքում բոլոր այդ ազդեցությունները մթնոլորտի տարբեր բարձրություններում ստեղծում են ռադիոաստղագիտական ազդանշանի անցման վրա ազդող անոմալ հետևանքներ:

Ակտիվ մեթոդների հետ համեմատած ռադիոաստղագիտական մեթոդը ունի հետևյալ ակնհայտ առավելությունները.

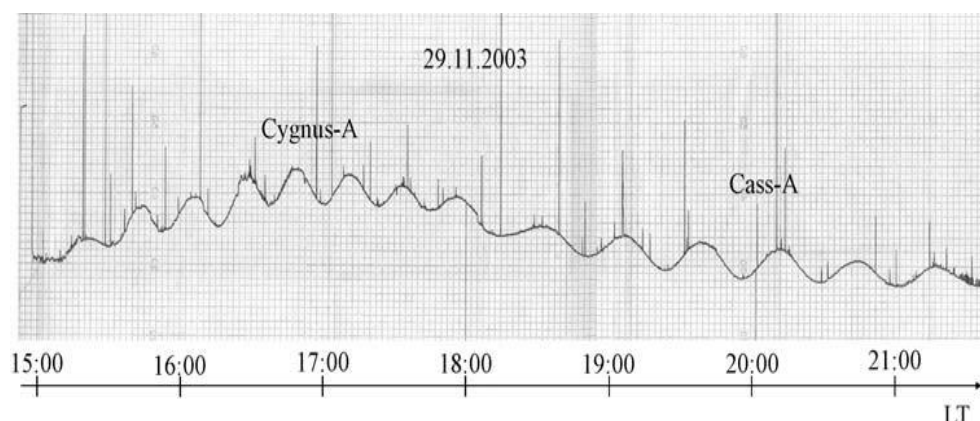
1. Որպես ճառագայթման աղբյուրներ օգտագործվում են ռադիոճառագայթման կոսմիկական աղբյուրները (գալակտիկական ֆոն, դիսկրետ ռադիոաղբյուրներ) երբեմն բավական հզոր արհեստականներ ճառագայթման աղբյուրների փոխարեն, որոնք կարող են հավելյալ խեղաթյուրումներ մտցնել մթնոլորտի ուսումնասիրվող շերտում:
2. Կոսմիկական աղբյուրների ռադիոճառագայթումը ունի աղմկային բնույթ: Դա թույլ է տալիս միևնույն աղբյուրը միաժամանակ դիտել տարբեր ալիքի երկարությունների վրա (ինչը մեծացնում է ինֆորմատիվությունը):
3. Երկրի վրա գրանցվող ռադիոաստղագիտական ազդանշանները անցնում են մթնոլորտի բոլոր շերտերով:
4. Օգտագործվում են մեծ զգայնությամբ ընդունիչներ, որը կարող է արձագանքել, մթնոլորտի անգամ ամենափոքր փոփոխություններին:
5. Մեթոդը թույլ է տալիս տվյալ հաճախությունների տիրույթում հետևել Արևի ակտիվության դինամիկայի ազդեցությանը, ռադիոճառագայթման հոսքի խտության փոփոխություններին:
6. Կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հզորությունը ռադիոտիրույթի ցանկացած հաճախության վրա է և հայտնի բարձր ճշտությամբ, իսկ ընդունող համակարգի կայունությունը ապահովվում է աղմկային գեներատորի միջոցով, այդ

պատճառով գրանցված ազդանշանի ցանկացած փոփոխությունը պայմանավորված է մթնոլորտի վիճակի փոփոխությամբ:

Ռադիոաստղագիտական մեթոդով դիտումների արդյուքների վերլուծությունը 72ՄՀց հաճախության վրա, անցկացված Բյուրականի ռադիոինտերֆերոմետրով [82], ցույց է տվել, որ այս մեթոդով հայտնաբերվում են նախանշաններ, նման բոլոր մյուս չորս նախանշանների տիպերին, ներկայացված [83]-ում: Ավելին նրանց միանում է ևս մի նախանշանների տիպ, որը ոչ մի դեպքում չի կարող հայտնաբերվել Կուսիդայի մեթոդի դեպքում: Այն ունի մաքուր ռադիոաստղագիտական բնույթ, և կապված է մթնոլորտի անոմալային փոփոխություններով պայմանավորված գալակտիկական ֆոնի ռադիոճառագայթման միջին ամսեկան արժեքի հետ:

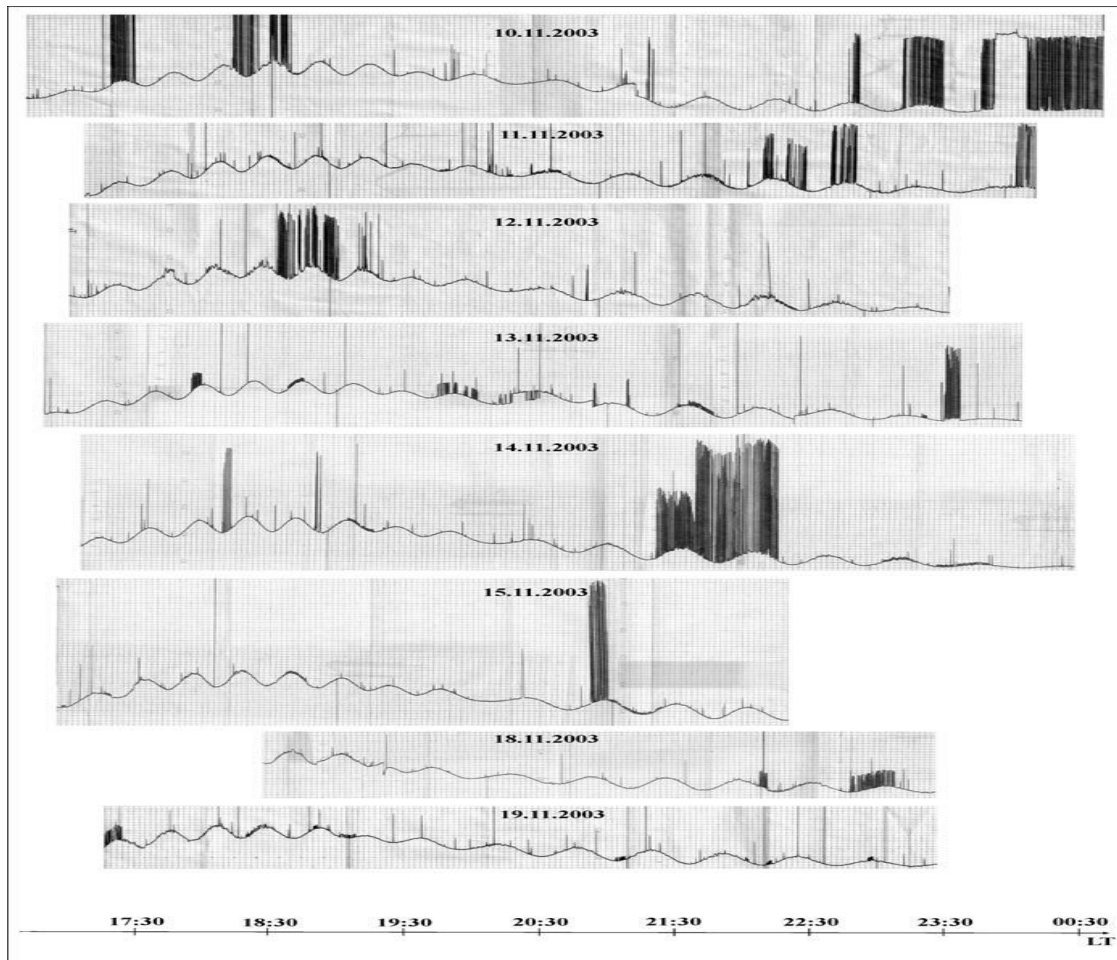
Մինչ օրս տեխնաժին և այլ ոչ սեյսմիկ աղավաղումներից իրական սեյսմաժին աղավաղումների անջատումը իրենից ներկայացնում է բարդ խնդիր և պահանջում է շարունակական դիտումներ:

Մթնոլորտի ռեգուլյար հիմնական վիճակում (գեոմագնիսական, տեխնաժին և սեյսմիկ աղավաղումների բացակայության դեպքում) ինքնագիր սարքի ելքային գրանցումը ունի հետևյալ տեսքը (*Նկար 25*) : Առանձին կարճ ժամանակյա առկայծումները, որոնք երևում են նկար 25-ում , հիմնականում կապված են մետեորային հետքերի կամ հեռակա կայծակների հետ և գրեթե միշտ առկա են գրանցումներում:

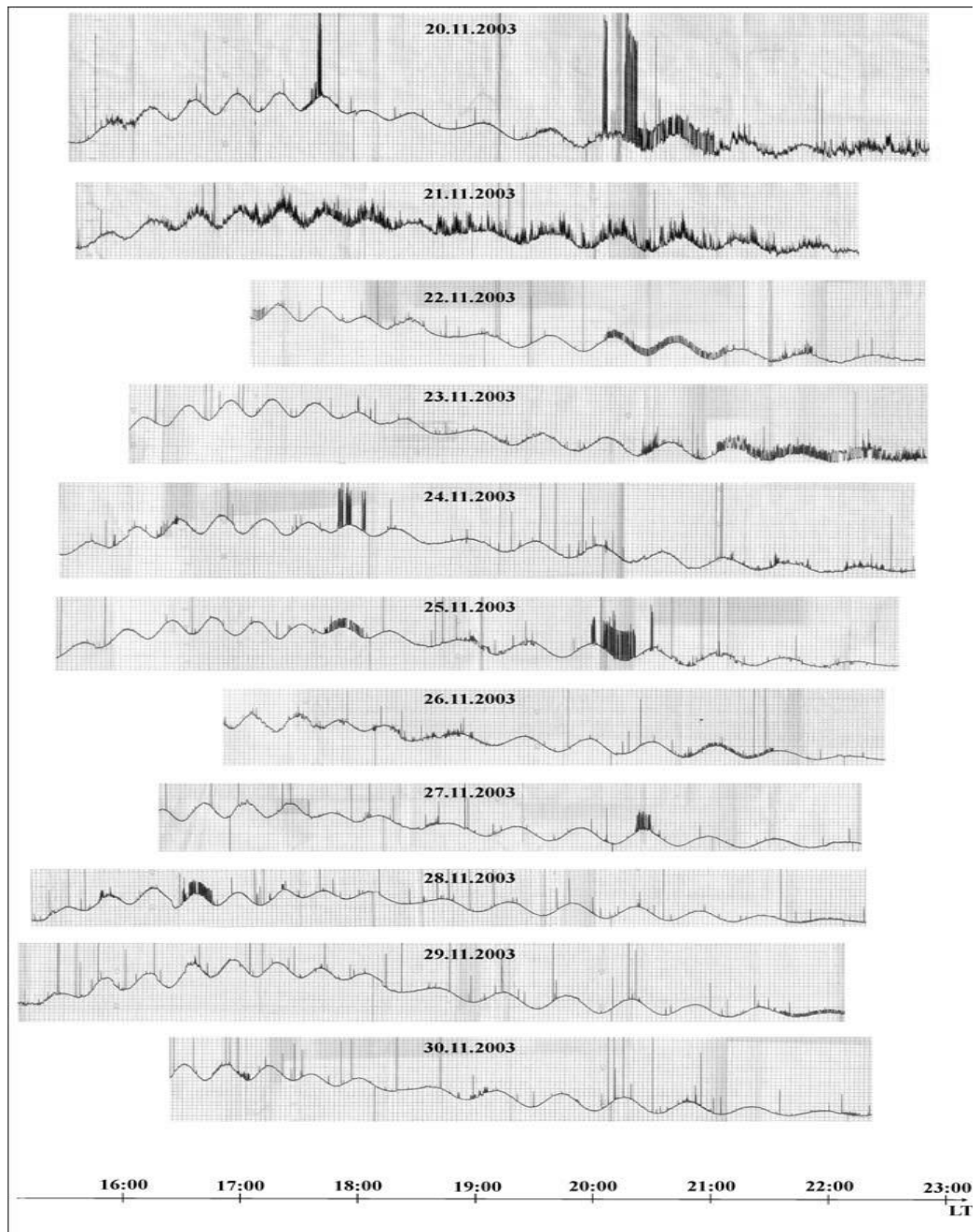


*Նկար 25. Կոսմիկական աղբյուրի գրանցումը ռադիոինտերֆերոմետրի ելքում
հանդարտ մթնոլորտի դեպքում*

Նկար 26-ի (ա,բ)-ում, պատկերված են կոսմիկական աղբյուրի գրանցումները սեյսմիկ ակտիվության նախապատրաստական շրջանում:



Նկար 26 (ա). Կոսմիկական աղբյուրի գրանցումը ռադիոինտերֆերոմետրի ելքում



Նկար 26 (բ). Կոսմիկական աղբյուրի գրանցումը ռադիոինտերֆերոմետրի ելքում

Արդյունքների վերլուծություն: Անոմալային տիպի բոլոր հինգ սեյսմաձին նախանշանների գնահատման համար կիրառելի է հետևյալ արտահայտությունը [84]

$$K_s = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^5 W_i \sum_j G_{i,j} \Delta t_{i,j} \quad (42)$$

որտեղ T –ն դիտման տևողության ժամանակն է; i – անոմալիայի տիպի համարն է, W_i – ն նախորդ դիտումների արդյունքների անալիզի հիման վրա հաշվարկված նրա կշռային գործակիցն է ($0 \leq W_i \leq 1$), G_{ij} – գնահատման գործակից անոմալիայի j – րդ դրսևորման դեպքում, կախված նրա ամպլիտուդա-ժամանակային բնութագրերից, $\Delta t_{i,j}$ – անոմալիայի դրսևորման ժամանակը (i, j). Եթե երկրաշարժի ուսումնասիրվող շրջանում գրեթե միշտ նախորդում է միայն մի տիպի անոմալիա, ապա կարելի համարել $W_i = 1$: Այդ դեպքում վերևում բերված արտահայտությունը կընդունի հետևյալ տեսքը:

$$K_s = \frac{1}{T} \sum_j G_j \Delta t_j \quad (43)$$

[83]-ում յուրաքանչյուր տիպի նախանշանի դեպքում գնահատման գործակիցները ($G_{i,j}$) որոշված են հաշվի առած միայն ամպլիտուդային արժեքները ($\beta_{i,j}$):

Աղյուսակ 10

№	Նախանշանի տիպ	Տևողություն	Վաղանցիկության ժամանակը
1	Ռադիոաղբյուրների առկայծում	1-30 րոպե	0-2 օր
2	Գալակտիկական ֆոնի մթնոլորտային վարիացիաներ	0,5-7 ժամ	0-3 օր
3	Ակտիվ իոնոսֆերային ռադիոաղբյուրներ	0,5-3 ժամ	0-12 օր
4	Իմպուլսայի աղավաղումներ	0,05-0,5 ժամ	0-12 օր
5	Դիսպերսիոն աղմուկներ	5րոպեից մինչև 7 ժամ	0-12 օրեր

Նախանշանների տևողության տվյալների վերլուծությունը, ստացված ինչպես մեր (Աղյուսակ 10), այնպես էլ այլ հեղինակների կողմից [83,85,86] բերում են եզրահանգման, որ նրանք ունեն հավանական թնույթ (տվյալ անոմալիայի որոշ տևողություն ավելի հավանական է):

Օրինակ ռադիոինտերֆերոմետրի միջոցով ստացված սեյսմաժին անոմալիաների գործակիցների միջին օրեկան մեծությունները, հաշվարկված են (42) արտահայտությամբ: Սեյսմիկության գործակիցների $S(Date)$ օրական միջին արժեքները բոլոր սեյսմիկ իրադարձությունների համար $M \geq 2,0$, որոնք տեղի են ունեն իրանի և Հայաստանի տարածքներում՝ Նոյեմբերի 1-ից մինչև դեկտեմբերի 15-ը հաշվարկված են էմպիրիկ արտահայտությամբ (84,87) :

$$S(Date) = \sum_i \frac{M_i}{r_i} \sqrt{10^{0,77M_i+0,98}} \quad (44)$$

Որտեղ M_i –ն երկրաշարժի մագնիտուդն է Ռիխտերի սանդղակով, իսկ r_i –ն (կիլոմետրերով) տարերային աղետի էպիկենտրոնից դիտման կետի միջև եղած հեռավորությունն է:

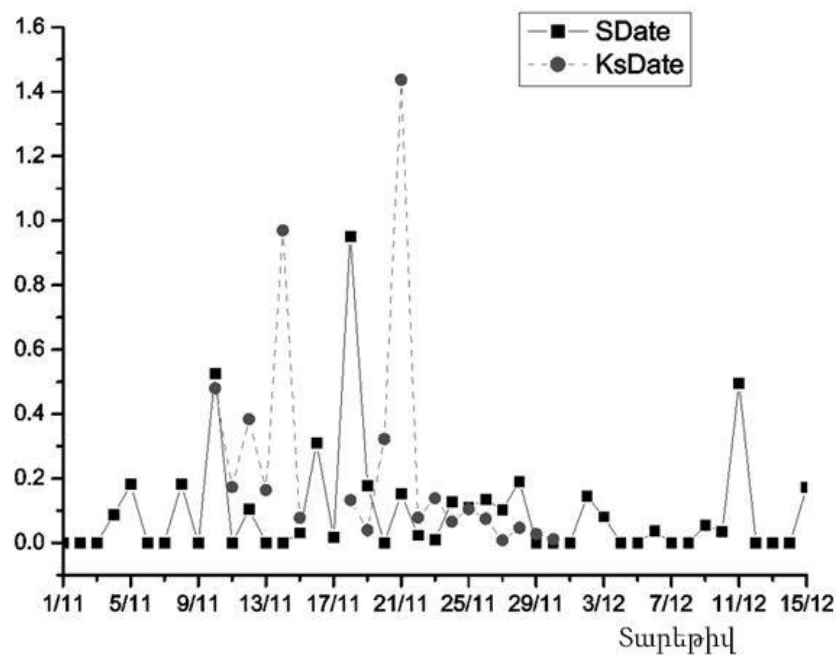
Արդյունքների քննարկում:

Նկար 27-ում բերված են սեյսմագենության գործակիցների միջին օրեկան արժեքների ժամանակային շարքերը (կետագիծ) և սեյսմիկության գործակիցները $S(Date)$ (հոծ գիծ): Այդ շարքերի միջև կրոսկորելացիոն ֆունկցիայի գրաֆիկը բերված է նկար 28-ում:

Բնական է, որ ԿԿՖ արժեքը կախված է սեյսմալ անոմալիաների t_1 և t_2 տևողությունների ընտրության ճշտությունից, ինչպես նաև ոչ սեյսմոգեն ֆոնի վրա սեյմոգեն աղավաղումների զտման էֆեկտիվությունից (Նկար. 26,բ):

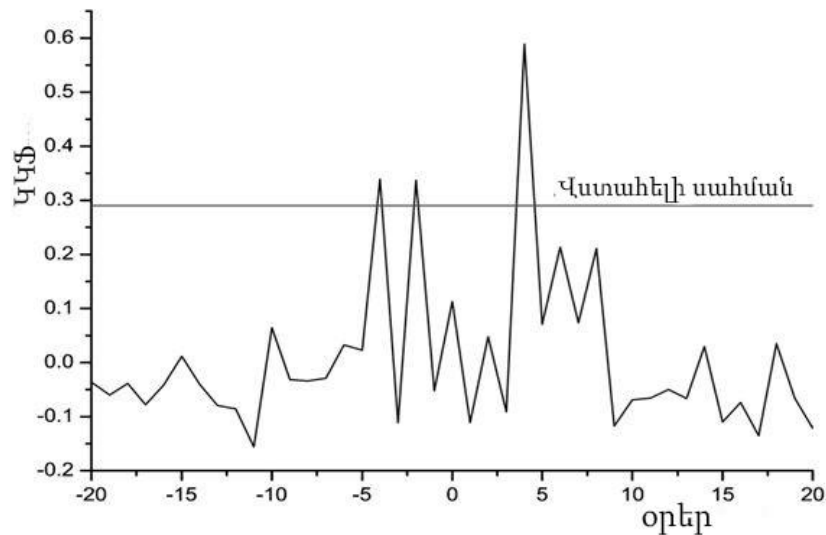
Եկրաշարժերի նախանշանների համար, որոնք հայտնաբերվել և դիտվել են ռադիոինտերֆերոմետրով, t_1 և t_2 -ի արժեքները ընտրվել են համապատասխանաբար 5 և 0.4 ժամ: Այդ դեպքում ԿԿՖ-ի մաքսիմալ արժեքը պարզվեց հավասար 0.59-ի,

$S(Date)$ և $K(Date)$ ժամանակային շարքերի փոխկորելիացիայի 0,28 վստահելի սահմանի դեպքում:



Նկար 27. Սեյսմագենության գործակիցների միջին օրական արժեքների ժամանակային շարքերը (կետագիծ) $K(Date)$ և սեյսմիկության գործակիցները $S(Date)$ (հոծ գիծ)

Վերևում նշված երկու ժամանակային շարքերի փոխադարձ կորելացիայի հետազա պարզաբանումը, ակնհայտ է, որ կապված կլինի մեծ թվով դիտողական տվյալների կուտակման և այլ տվյալների հետ համեմատման պարագայում:



Նկար 28. $K(Date)$ և $S(Date)$ ժամանակային շարքերի միջև փոխկոռելացիայի պարկերը

2.7 Եզրակացություն

- Ամենօրյա երկարաժամկետ հետազոտումներից ստացված արդյունքները բերված են համապատասխանաբար (5)-(10) նկարներում, որոնք հաստատում են երկրաշարժի նախապատրաստման փուլում $M \geq 3$ մագնիտուդով երկրաշարժերի և գրգռված իոնոսֆերայի կողմից ռադիոճառագայթման կլանման միջև չափելի կոռելյացիայի փաստը: Այն կարելի է բացատրել երկրաշարժի գոտում, դեֆորմացված գրունտի էլեկտրամագնիսական ճառագայթմամբ պայմանավորված, իոնոսֆերայի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ:

Ստացված հուսադրող արդյունքները հիմնավորում են սեյսմոիոնոսֆերային հետազա ուսումնասիրությունների և իոնոսֆերայի ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական մեթոդի կիրառելիության անհրաժեշտությունը:

Տեղեկատվության բարձրացման համար (սեյսմիկ ալիքների ուղղությունն ու տարածման արագությունը) խոստումնալից կլինի հետազոտող կայանների միավորումը

ինտերֆերենցիոն համակարգում, իսկ հետազոտությունների իրականացումը միաժամանակ տարբեր ռադիոհաճախություններում:

Չափման առաջարկվող եղանակը թույլ է տալիս առանձնացնել կոսմիկական կետային ռադիոաղբյուրների ճառագայթման ազդանշանները գալակտիկական ռադիոճառագայթման ընդհանուր ֆոնից, գնահատել իոնոլորտի D և E շերտերի կլանման աստիճանի անոմալ փոփոխության ազդեցությունը գալակտիկական ֆոնի և կետային ռադիոաղբյուրների աղմկային ջերմաստիճանների վրա՝ համեմատելով իոնոլորտի շերտերի հանդարտ վիճակի հետ: Չափելով նշված ազդանշանների «սովորական» և «անսովոր» ալիքների փուլերի տարբերության փոփոխությունը Երկրի մթնոլորտի շերտերով անցնելու ընթացքում, որոշել իոնոլորտի ֆոնային անհամասեռությունների համարժեք բարձրությունները Երկրի մակերևույթից և նշված համարժեք բարձրությունների արժեքներով գնահատել դիտումների արդյունքները երկանտենային ինտերֆերոմետրերից յուրաքանչյուրի նկատմամբ:

Ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի նեղշերտ հաճախային և աստիճանային զտումների շնորհիվ հնարավոր է լինում ազատվել գալակտիկական ֆոնից, ինչպես նաև չափել փոքր հզորությամբ կոսմիկական ռադիոաղբյուրների հոսքերը:

ԳԼՈՒԽ 3. ԿԱՍԻՈՊԵԱ-Ա ԿՈՍՄԻԿԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈԱՂԲՅՈՒՐԻ ՌԱԴԻՈՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՀՈՍՔԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

3.1 Կոսմիկական ռադիոաղբյուրներ

Կարապ-Ա համաստեղության մի տիրույթից եկող ռադիոճառագայթման հզորությունը փոփոխությունը, նկատեցին դեռևս նախորդ դարում 4,7մ ալիքի երկարության տիեզերական ռադիոճառագայթումն ուսումնասիրելիս: Տվյալ տիրույթի անկյունային չափերը նվազ էին 2 աստիճանից: Որոշ ժամանակ անց ծովային ինտերֆերոմետրերի միջոցով կատարված դիտումներով ստուգվեց այդ տեղեկատվությունը և ցույց տրվեց, որ այն տիրույթի չափերը, որտեղից առաջանում են ճառագայթման ֆլուկտուացիաները, չեն գերազանցում 8 րոպեից: Բացի դրանից ճշգրտվեցին տվյալ տիրույթի կոորդինատները: Դիտարկելով տարբեր հաճախականային տիրույթներ, ստացվեց, որ ճառագայթման ֆլուկտուացիաները տեղի են ունենում 60,85 և 100ՄՀց հաճախականային տիրույթներում և չկան 200ՄՀց հաճախականությունում:

Ռադիոճառագայթման առանձին փոփոխություններ տեղի են ունենում մոտ 20վրկ-ի ընթացքում, այս հանգամանքը թույլ է տալիս ասել, որ այդ ռադիոճառագայթումը չէր կարող առաջանալ միջաստղային գազի ընդարձակ տիրություն: Ռադիոճառագայթման հաճախականային տիրույթի չափերը չէին կարող լինել ավելի մեծ, քան այն ճանապարհը, որ լույսն անցնում է մոտ 20վրկ-ում, հետևաբար, ռադիոճառագայթող տիրույթը մոտ 6մլն կմ պետք է լիներ, որի չափսերը համեմատական են հսկա աստղերի տրամագծի կարգին: Վերոնշյալ փաստն էլ հենց հիմք հանդիսացավ Գալակտիկայի ռադիոճառագայթման «ռադիոաստղային» վարկածի համար: Այդ ժամանակ էր, որ բացահայտվեցին, փոքր անկյունային չափերի ռադիոաղբյուրներ՝ դիսկրետ կամ կետային ռադիոաղբյուրներ: Վերջինների ռադիոճառագայթումը ևս ենթակա էր ֆլուկտուացիայի:

Հետագայում հայտնի դարձավ, որ դիտվող խանգարումներ ռադիոճառագայթման աղբյուրներում չեն առաջանում: Միևնույն ժամանակ իրարից հեռու գտնվող ռադիոդիտակների օգնությամբ կատարված չափումները հաստատեցին, որ տարբեր

վայրերում ֆիքսված փոփոխությունները իրար հետ ոչ մի առնչություն չունեն, այսինքն դրանք չեն կորելացված: Այն երկու կետերում որտեղ իրականացվում էին դիտումները, առձանագրված ճառագայթման փոփոխությունները միակերպ ու միևնույն ժամանակ էին կատարվում, այն պահերին երբ ռադիոդիտակները իրար էին մոտեցնում: Երբ դիտակների միջև եղած հեռավորությունը ավելին էր քան մոտ 4կմ-ը, Կորելյացիան իսպառ անհետանում էր: Տարիների ընթացքում իրականացված վերոնշյալ բազմաթիվ փորձերը փաստեցին, որ ռադիոճառագայթման դիտվող փոփոխությունները պայմանավորված են Երկրի իոնոլորտով: Պարզ էր, որ ռադիոճառագայթման խանգարումները նվազում էին հաճախության աճին զուգահեռ, այն պատճառով որ իոնոլորտը ավելի ու ավելի թափանցիկ է դառնում, հաճախության մեծացման հետ:

Դեռևս նախորդ դարաշրջանում, հրապարակվեց 50 դիսկրետ ռադիոաղբյուր պարունակող մի ցուցակ, ի դեպ դա առաջին նմանօրինակ դեպքն էր, որը այսօր ընդամենը պատմական նշանակություն ունի և հայտնի է որպես ռադիոաղբյուրների առաջին Քեմբրիջյան ցուցակ: Մոտավորապես մեկ և կես տարի ձգվող հետազոտություններից հետո նրանք փաստեցին, որ այդ ռադիոաղբյուրներից ոչ մեկի ինտենսիվության փոփոխականությունում չի գերազանցում 10 տոկոսից, իսկ Կասիոպեյայի և Կարապի համաստեղությունների ամենահզոր ռադիոաղբյուրների դեպքում ինտենսիվության իրական փոփոխությունները 5 տոկոսից մեծ չեն: Եվ այսպես, հաստատվեց, որ կետային ռադիոաղբյուրների զգալի հատվածի ռադիոճառագայթման հոսքը կայուն է:

Սկսած նախորդ դարում կատարված այդ հետազոտություններից դիսկրետ ռադիոաղբյուրների բազմաթիվ ցուցակներ են հրապարակվել: Նոր ստեղծվող ցանկացած ռադիոդիտակի ամենաառաջին նպատակներից մեկը երկնքում նոր ռադիոաղբյուրներ հայտնաբերելն ու հայտնի արդեն իսկ հայտնի ռադիոաղբյուրների կոորդինատների ճշգրտումն էր: Հետագայում ավելի ուշ կառուցված ռադիոդիտակները, գրեթե միշտ եղել են ավելի զգայուն, ունենալով ավելի մեծ լուծորդող ուժ, քան նախկինում գոյություն ունեցած ռադիոդիտակները: Տարբեր ռադիոդիտակները գործել են տարբեր հաճախականային տիրույթներում, որ և

հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրել հայտնաբերված ռադիոաղբյուրների սպեկտրը:

Հետագա ուսումնասիրությունները թույլ են տվել նաև ճշգրտել ռադիոաղբյուրների գծային չափերը, որոնք տարբեր են տարբեր ռադիոաղբյուրների դեպքում:

Երբ կետային կոսմիկական աղբյուրները դեռ նոր էին հայտնաբերվում, և երբ դրանք դեռ քիչ էին, ռադիոաղբյուրները սկսեցին անվանել ըստ այն համաստեղության, որտեղ տվյալ ռադիոաղբյուրը գտնվում էր: Միևնույն համաստեղության մեջ առկա աղբյուրները իրարից տարբերելու նպատակով դրանց, ըստ հզորության, սկսեցին նշանակել տառերով, ինչպես օրինակ Կասիոպեա-Ա՝ Կասիոպեայի համաստեղության ամենահզոր ռադիոաղբյուրը, կամ Կարապ-Ա՝ Կարապի համաստեղությունում ըստ հզորության երկրորդ ռադիոաղբյուրը այլն: Երբ կետային կոսմիկական ռադիոաղբյուրների թվաքանակը մեծացավ, դրանց նշանակումների անհարմարություններից դրդված, դիսկրետ աղբյուրները սկսեցին այլ կերպ անվանվել: Սակայն հզոր ռադիոաղբյուրների անվանումը, ինչպես, օրինակ՝ Կարապ-Ա, Ցուլ-Ա, Կույս-Ա և այլն, շարունակվում է պահպանվել մինչև այժմ [31]:

3.2 Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի փոփոխության բնույթի ուսումնասիրում 2008-2015 թ.թ. ժամանակահատվածում

2000-2007թ.թ. ժամանակահատվածում ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ-ի կիրառական ռադիոֆիզիկայի լաբորատորիայի աշխատակիցների կողմից իրականացված ռադիոաստղագիտական դիտումների արդյունքների վրա հիմնվելով, փորձ է արվել գնահատել Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի ճառագայթման ինտենսիվության ընդհանուր ժամանակային փոփոխությունները [89]: Ցույց է տրվել, որ $\lambda=4,2$ մ ալիքի երկարության տիրույթում նրա ճառագայթման ինտենսիվությունը կես դարվա ընթացքում նվազել է ավելի քան երկու անգամ, միջին տարեկան արագությամբ մոտավորապես 0,5%-ով: Նշվում էր, որ այդ նվազումը ոչ խիստ մոնոտոն է, այլ ունի փոփոխական, իսկ համաձայն որոշ հեղինակների, անգամ պարբերական բնույթ [92]:

Այդ փաստի բացատրության հետ կապված կարելի է անել որոշակի տեսականորեն ենթադրություններ, ինչպիսիք են գերնորոմ առանձին ակտիվ հատվածների պտույտներով պայմանավորված մագնիսական դաշտերի պոլսացիան և այլն: Այլ հեղինակների կողմից այս խնդրին վերաբերվող բերված տվյալները համասեռ չեն, տարբերվում են դիտումների իրականացման և արդյունքների մշակման մեթոդներով, ինչպես նաև հարկ եղած չափով երկարատև չեն եղել:

Հիմնվելով ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ-ում մեր կողմից իրականացված Կասիոպեա-Ա, Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների բազմամյա, շուրջօրյա դիտումների արդյունքների վերլուծության վրա, փորձել ենք պարզել Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի նվազող ճառագայթման մեջ պարբերական բաղադրիչի առկայությունը:

Գերնորի ռադիոճառագայթման հոսքի նվազումը ժամանակի ընթացքում հասկանալի երևույթ է: Այն տեսականորեն ցույց է տրվել [88] և հաստատվել է շատ հեազոտողների կողմից: Ռադիոճառագայթման հոսքի ժամանակային ոչ ռեգուլյար տատանումները նույնպես բացատրելի են և ինչպես նշվել է [89]-ում դրանք կարող են լինել արդյունք բարդ գործընթացների ընթացող գերնորում: Ինչ վերաբերում է Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման հոսքի ինտենսիվության փոփոխության բնույթին, ապա, ինչպես մեզ թվում է, այդ փաստի վստահ հաստատման կամ մերժման համար ուղղակի չի բավարարում ռեգուլյար և համասեռ դիտումների տվյալներ, սակայն այդ կապակցությամբ կարելի է ենթադրել, որ պատճառը գերնորում առանձին հատվածների պտույտի հետևանքով նրա մագնիսական դաշտի փոփոխությունն է: Դիտողական տվյալները հնարավոր լրիվ ծավալով ներկայացված են [90,91] աշխատանքում, որոնց վերլուծությունը հանգեցնում է Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի հոսքում պարբերական բաղադրիչի առկայությանը: Սակայն այդ տվյալները տարբերվում են դիտման մեթոդներով, տեղեկատվության գրանցմամբ, կարճաժամկետ են և ոչ ռեգուլյար:

Մեր կողմից իրականացված հետազոտության նպատակն է փորձել պարզություն մտցնել Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման նվազման կորում պարբերական բաղադրիչի առկայության մասին:

Վերջին 10 տարիների ընթացքում ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և Էլեկտրոնիկայի Ինստիտուտի Բյուրականի ռադիոինտերֆերոմետրի միջոցով իրականացվել և իրականացվում են սիստեմատիկ բնույթ կրող հետազոտություններ երկնքի այն հատվածում, որն իր մեջ պարունակում է հզոր ռադիոաղբյուրներ՝ Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա, իոնոսֆերայի և սեյսմիկական երևույթների միջև ֆիզիկական կապ հաստատելու նպատակով երկրաշարժի նախապատրաստման և հենց երկրաշարժի կայացման ժամանակահատվածում: 90-ական թվականների վերջում այս դիտումների ծրագիրը կազմակերպվել է այնպես, որ ստացված արդյունքները պիտանի լինեն աստղագիտական ուղղակի հետազոտումների համար:

Հետազոտման անցկացման ընթացքում ռադիոինտերֆերոմետրի անտենաները ուղղված էին արդեն ընտրված երկնքի հատվածը և ֆիքսված այնպես, որ Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրները կուլմինացվեն անտենայի ուղղվածության դիագրամի մաքսիմումից հավասարահեռ: Փորձի այդպիսի ներկայացումն ու իրականացումը թույլ է տվել նշանակալիորեն հեշտացնել հետազոտման պրոցեսը, բարձրացնել ստացվող տվյալների ինֆորմատիվությունը և կայունությունը, առանց ազդելու խնդրի լուծման հարաբերական չափումների տվյալների որակի վրա: Իսկ ճառագայթման աղբյուրները կուլմինացվում են Ձենիթի մոտ, անցնելով անտենայի բավական լայն ուղղվածության դիագրամով, աղբյուրների թեքման հարթություններում:

2007-2014 թթ. իրականացվել են երկնքի վերևում նշված պայմաններով ընտրված հատվածների ամենօրյա դիտումներ (*Աղյուսակ 11*): Այդ ժամանակահատվածում չափումների արդյունքում հավաքված տվյալների բազայից, ընտրվել են Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների ռադիոճառագայթման տարաբնույթ աղմկային խանգարումներից հնարավորին զերծ մոտ 856 գրանցումներ:

Տարի	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$\sigma_{\text{տ}}$	1,028	1,008	0,975	1,01	0,985	0,965	0,98	0,93

Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա աղբյուրների ռադիոճառագայթումների հոսքի միջին տարեկան ($\sigma_{\text{տ}}$) մեծությունները 2007-2014 թ.թ.

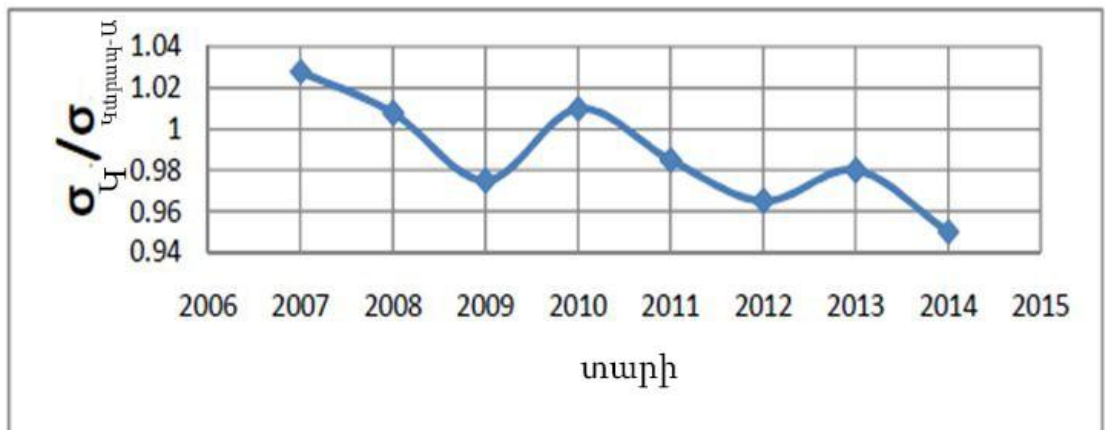
Արդյունքեր: Ելնելով Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա աղբյուրների դիտումների տվյալներից, որոշում ենք հոսքերի խտությունների հարաբերության միջին տարեկան արժեքները $\sigma = T_{\nu} / T_{\text{կար}}$, որտեղ T_{ν} և $T_{\text{կար}}$ -ն համապատասխանաբար Կասիոպեա-Ա և Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների գրանցված անտենային ջերմաստիճաններն են: Աղյուսակ 11-ում բերված են $\sigma_{\text{տ}}$ -ի միջին տարեկան հաշվարկված արժեքները:

Աղյուսակի տվյալների մանրամասն վերլուծությունը և նրանց համեմատությունը նախորդ տարիների նույնատիպ ուսումնասիրության արդյունքների հետ, որոնք ըստ մեզ, հանդիսանում են բավարար համասեռ և անընդհատ ժամանակի երկար տևողության ընթացքում, ցույց են տալիս Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման փոփոխության մեջ 2.7-3 տարի պարբերականությամբ բաղադրիչի առկայությունը, իսկ պատահական շեղումները կարող են կապված լինել, պրոցեսների հետ, որոնք տեղի են ունենում աղբյուրի ներսում և ռադիոալիքների տարածման միջավայրում:

Նկար 29-ում պատկերված 2007-2014 թթ σ -ի միջին տարեկան արժեքների պատկերում դիտվում է մոտ 2.7-3 տարի պարբերությամբ բաղադրիչի առկայություն (հոծ գիծ): Հարկ է նշել, որ եթե բերված կորը համադրենք, մեր կողմից 2001-2006 թ.թ.-ին ստացված չափման արդյունքների հետ, ապա նրանք համադրվում են:

Չափման սխալները հետազոտությունների բոլոր սերիաներում գործնականում նույնն է եղել ($\Delta\sigma \leq 0,025$), այնպես որ այդ ժամանակահատվածներում չեն փոխվել, ոչ ալիքի երկարությունը, ոչ սարքավորումները, ոչ ընդունման եղանակը և ոչ էլ ճառագայթման գրանցումը, այդ պատճառով նրանց ներդրումը վերլուծության

արդյունքներում տվյալ ուսումնասիրությունների ընթացքում չի կարող ունենալ էական նշանակություն:



Նկար 29. Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի հոսքի փոփոխության բնույթը 2007-2014 թ.թ.

3.3 Եզրակացություն

Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի հոսքի նվազման տարեկան մեծությունը 2007-2015 թ.թ. ժամանակահատվածում կազմել է մոտավորապես 0.5 %:

ՀՀ Բյուրականի Սարավանդ գիտափորձակայանում կատարված Կասիոպեա-Ա, Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների հոսքերի տևական գործնականում շուրջօրյա գրանցումների արդյունքների վերլուծություններից Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի նվազման կորում հաստատվել է 2.7-3 տարի պարբերությամբ բաղադրիչի առկայությունը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. PT-13 ИПА -ի բնութագրերը չափվել են օրվա ցերեկային ժամերին և շրջակա միջավայրի -20°C և ավելի ցածր պայմաններում: Արևի ճառագայթման ներգործությունից խուսափելու համար, ցանկալի է չափումներն իրականացվել նաև չափավոր ջերմաստիճաններում և օրվա գիշերային ժամերին:

2. ԼՂՀ Շուշու փորձակայանի ռադիոդիտակով ամենօրյա երկարաժամկետ դիտումներից ստացված արդյունքները հաստատում են երկրաշարժի նախապատրաստման փուլում՝ $M \geq 3$ մագնիտուդով երկրաշարժի և գրգռված իոնոսֆերայի կողմից ռադիոճառագայթման կլանման միջև չափելի կոռելյացիայի փաստը, որը կարելի է բացատրել, երկրաշարժի գոտում դեֆորմացված գրունտի էլեկտրոնագնիսական ճառագայթմաբ պայմանավորված իոնոսֆերայի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ: Ստացված հուսադրող արդյունքները հիմնավորում են սեյսմոիոնոսֆերային հետազա ուսումնասիրությունների անհրաժեշտությունը և ռադիոաստղագիտական ուղղահայաց զոնդավորման մեթոդի կիրառման անհրաժեշտությունը:

3. Տեղեկատվության բարձրացման համար (սեյսմիկ ալիքների ուղղությունն ու տարածման արագությունը) խոստումնալից կլինի հետազոտող կայանների միավորումը ինտերֆերենցիոն համակարգում, իսկ հետազոտությունների իրականացումը միաժամանակ տարբեր ռադիոհաճախություններում:

4. Չափման առաջարկվող եղանակը թույլ է տալիս առանձնացնել կոսմիկական կետային ռադիոաղբյուրների ճառագայթման ազդանշանները գալակտիկական ռադիոճառագայթման ընդհանուր ֆոնից, գնահատել իոնոլորտի D և E շերտերի կլանման աստիճանի անոմալ փոփոխության ազդեցությունը գալակտիկական ֆոնի և կետային ռադիոաղբյուրների աղմկային ջերմաստիճանների վրա՝ ինտերֆերենցիոն հարմոնիկի նեղշերտ հաճախային և աստիճանային զտումների շնորհիվ հնարավոր է լինում ազատվել գալակտիկական ֆոնից, ինչպես նաև չափել փոքր հզորությամբ կոսմիկական ռադիոաղբյուրների հոսքերը:

5. Կասիոպեա-Ա կոսմիկական ռադիոաղբյուրի հոսքի նվազման տարեկան մեծությունը 2007-2015 թ.թ. ժամանակահատվածում կազմել է մոտավորապես 0.5 %:

6. ՀՀ Բյուրականի Սարավանդ գիտափորձակայանում կատարված Կասիոպեա-Ա, Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների հոսքերի տևական գործնականում շուրջօրյա գրանցումների արդյունքների վերլուծություններից Կասիոպեա-Ա ռադիոաղբյուրի ճառագայթման հոսքի նվազման կորում հաստատվել է 2.7-3 տարի պարբերությամբ բաղադրիչի առկայությունը:

ՇՆՈՐՀԱԿԱԼԱԿԱՆ ԽՈՍՔ

Խորին շնորհակալություն եմ հայտնում իմ գիտական ղեկավարին՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր Համլետ Փիրումյանին, ատենախոսության կատարման ընթացքում անգնահատելի օգնության և աջակցության համար:

Երախտապարտ եմ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս Ալբերտ Ղուլյանին, ֆիզմաթ գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Արսեն Հախումյանին աջակցության և խորհուրդների համար:

Շնորհակալություն եմ հայտնում ՌՖԷԻ-ի Կիրառական ռադիոֆիզիկայի լաբորատորիայի ողջ անձնակազմին բազմակողմանի օգնության համար:

ՏՊԱԳՐՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿ

1. Р.М. Мартиросян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян, С.А. Саркисян, Г.С. Аветисян. “Измерение параметров радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН”// Известия НАН Армении и НПУА, серия ТН, 2015, том 68, №2, с. 189-197.
2. Ռ.Մ. Մարտիրոսյան, Ա.Գ. Ղուլյան, Հ.Ա. Փիրումյան, Խ.Հ. Մանասեղյան, Գ.Ս. Ավետիսյան// “Ինտելիգենտային սեյսմաձին անհամասեռությունների համարժեք բարձրության գնահատում”// ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր, ՏԳ սերիա, 2015թ., հ. 68, №3, 346-356 էջ:
3. А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян, С.А. Саркисян, Г.С. Аветисян.”Исследование характеристик радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН”// Proceegings of the Inter. Conference on “Microwave and THz technologies and applications”Armenia, 2015, p.p. 80-86.
4. Р.М. Мартиросян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян, М.В. Адиебян, Г.С. Аветисян. “Система вертикального зондирования ионосферы для оценки сейсмической опасности”// Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation. SPACE, ECOLOGY, SAFETY, 2015, Sofia, Bulgaria с. 348-353.
5. А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян, Г.С. Аветисян. “Радиоастрономическая система для оценки симптомов сейсмической опасности”// Вестн.НПУА, серия «информационные технологии, электроника, радиотехника» -2015, вып. 15, №2.
6. G.S. Avetisyan.//Change of flux density Characteristic of the radio source Cassiopeia-A for the period 2008-2015 years”// Proceegings of the Inter. Conference on “Microwave and THz technologies and applications”Armenia, 2016, p.p.111-114.
7. Р.М. Мартиросян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян, С.А. Саргсян, Г.С. Аветисян. //Характер изменения плотности потока радиоисточника Кассиопея-А за период 2007-2015г.г. Астрофизика, 2017, т.60, вып. 1., с. 97-103.

1. Earthquake Prediction. Ruth Ludwin, U.S. Geological Survey.
2. Михаил Родкин Прогноз землетрясений: крушение надежд? // Наука и жизнь. — 2017. — № 2. — С. 50-55. — URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/30653/>
3. Катастрофы в природе: землетрясения - Батыр Каррыев - Ridero. ridero.ru. Проверено 14 марта 2016.
4. Sato, H. Precursory Land Tilt prior to the Tonankai Earthquake of 1944 // Some Precursors prior to Recent Great Earthquakes along the Nankai Trough. — 1977. — Vol. 25 (Suppl.). — P. 115–121.
5. Mogi, K. (1984). «Temporal variation of crustal deformation during the days preceding a thrust-type great earthquake--The 1944 Tonankai earthquake of magnitude 8.1». Pure and Applied Geophysics 122: 765–780.
6. Roeloffs, E. et al. (1997). «Water level and strain changes preceding and following the August 4, 1985 Kettleman Hills, California, earthquake». Pure and Applied Geophysics 149: 21–60. DOI:10.1007/BF00945160.
7. Tsunogai, U. & Wakita, H. (1995). «Precursory chemical changes in ground water: Kobe earthquake, Japan». Science 269 (5220): 61–63. DOI:10.1126/science.269.5220.61. PMID 17787705.
8. Wakita, H. Earthquake chemistry II, collected papers, edn. — Laboratory for Earthquake Chemistry, Faculty of Science, University of Tokyo, Tokyo, 1996. — Vol. II.
9. Talwani et al. (1971). «Prediction of an earthquake at Blue Mountain lake (needs completion)».
10. Fraser-Smith, A.C., Bernardi, A., McGill, P.R., Ladd, M.E., Helliwell, R.A. & Villard Jr., O.G. (1990). «Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta earthquake». Geophysical Research Letters 17 (9): 1465–1468. DOI:10.1029/GL017i009p01465. Bibcode: 1990GeoRL..17.1465F.

11. Мартиросян Р. М., Гулян А. Г., Дворян Г. А., Пирумян Г. А., Даллакян А. С. Измерение малых изменений разности фаз в СВЧ диапазона. Успехи современной радиоэлектроники, М. 2003г, т.1, с. 65-68.
12. Р. М. Мартиросян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян. Высокоточный СВЧ поляриметр. Известия НАН РА, Физика, 2006, т. 41, N6, с. 435-444.
13. Мартиросян Р. М., Санамян В.А., Гулян А. Г., Пирумян Г. А., Залинян В. П. Улучшение ряда характеристик интерференционного радиотелескопа методом цифрового анализа. Изв. НАН и ГИУА, сер. ТН, 2005, т. LVIII, N3.
14. Manaselyan Kh. H., Estimation of Seismogenic Anomalies in Ionosphere by Radio Astronomical Method: First Approximation, Proc. of YISC, New Geometry of Nature, Kazan University Press, Vol. 1, "Mathematics and Physics", pp. 289-293, 2003с.
15. Manaselyan Kh., Aslanyan A., Jamharyan R., Zohrabyan M., On Durations of VHF Earthquake Precursors Detected by Radio Astronomical Methods, 5th Asian Seismological Commission General Assembly, Session 5, Yerevan, 2004.
16. Вокулер Ж. Астрономическая фотография.--М.: Наука, 1975
17. Крупенин Н. Н. Радиофизические исследования Луны и планет.--М.: Знание, 1976
18. Мартынов Д. Я. Курс Практической астрофизики.--3-е изд. -М/: Наука, 1977
19. Мартынов Д. Я. Курс общей астрофизики.--3-е изд. -М/: Наука, 1979
20. Мельников О. А. , Слюсарев Г. Г. ,Марков А. В. , Купревич Н. Ф.
21. Современный телескоп.—М.: Наука, 1968
22. Методы астрономии / Под ред. В. А. Хилтнера; Пер. с англ. Под ред. В. А. Крата. – М.: Мир, 1967
23. Михельсон Н. Н. Оптические телескопы: Теория и конструкция. –М.; Наука, 1976
24. Парийский Ю. Н. РАТАН-600: Первые наблюдения. –Земля и Вселенная, 1977, № 6
25. Телескопы / Под. ред. Дж. Койпера и Б. Миддлхерст; Пер. с англ. Под. ред. В. А. Крата и Н. Л. Кайдановского.—М.: ИЛ, 1963
26. Шафранов, Е.В. О численном решении задачи дифракции на основе метода интегральных уравнений электрического поля /Е.В. Шафранов// Материалы

- Всероссийской научной конференции «Математика. Механика. Информатика». – Челябинск, 2007.-С.325-341
- 27.Марков, Г.Т. Электродинамика и распространение радиоволн / Г.Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. –М.: Сов. радио, 1979
28. Крымский В.В. Применение сплайн функций при расчете ДН по измерениям в ближней зоне / В.В. Крымский, Е. В. Шафранов // Антенные измерения: тез. докл. IV Всесоюз. Конф. «Метрологическое обеспечение антенных измерений». – Ереван, 1987.- С.348-350.
- 29.Горобец, Н. Н. Программная реализация задачи расчета электромагнитного поля в ближней и дальней зоне апертурных антенн / Н. Н. Горобец, Е. В. Шафранов //Теория и техника антенн: тез. докл. XXVI межведомств. конф. «Метрологическое обеспечение антенных измерений», секция «Зеркальные и другие антенны».—М.,1990. –С. 31-33
30. Восстановление пеленгационных характеристик антенн с помощью сплайнов /В.А. Василенко, А.Б.Хашимов, Е.В. Шафранов и др. // Вопросы радиоэлектроники: серия ОВР. -1988-Вып. 4.-С. 73-76.
31. Հ. Մ. Թովմասյան «Բադիոստղագիտություն», Երևան 1976
- 32.«Вестник ГЛОНАСС»
- 33.Суворов Е.Ф. Летопись зарождения, развития и первых шагов реализации идеи отечественной спутниковой системы М.: Кучково поле, 2014. — 232 с, ил. — ISBN 978-5-9950-0389-2.
- 34.РосБизнесКонсалтинг — Россия готова предоставить Украине доступ к высокоточному сигналу ГЛОНАСС
- 35.Перейти к:1 2 Современные ГНСС. Основные характеристики систем навигации. Информационный портал системы ГЛОНАСС. Проверено 1 декабря 2014.
- 36.Виктор Мясников. Премьер дал старт широкому внедрению ГЛОНАСС-технологий. Независимая газета (13 августа 2010). Архивировано из первоисточника 23 декабря 2012.
- 37.Постановление Правительства Российской Федерации № 522 от 25 мая 2012 года

38. Кунегин С. В. Глобальная навигационная спутниковая система «ГЛОНАСС». Страницы истории. Проверено 4 июня 2010. Архивировано из первоисточника 16 февраля 2012.
39. Федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система» — GPSsoft.ru — новости систем спутниковой навигации
40. Астрономический ежегодник (постоянная часть).
41. Baars J. W. , Genzel R. , Payting-Toth I. I. K., Witzel. *Astrophys J.*, 1977- v.61- p. 99.
42. Цейтлин Х. М. Антенная техника в радиоастрономии. М., “ Сов. радио“, 1976.
43. Yoshida A., Observation Method of Earthquake Precursive Electronic Wave, Patent JP11271465, 1999.
44. Teruaki Yoshida, Shigeru Takahashi et al. Propagation Characteristics of FM Broadcasting Waves at the Mid Niigata Prefecture Earthquake, Proceedings of ISAP (2007), Niigata, Japan, pp. 446-449.
45. Blaunstein N. Method of Earthquake Prediction, Patent US6246964, 2001.
46. Kushida Y., Method and Apparatus for Detection of Diastrophism, Patent EP0819951, 1998.
47. Kushida Y. and Kushida R., Possibility of Earthquake Forecast by Radio Observation in the VHF Band, *J. of Atmospheric Electricity*, Vol. 22, No. 3, 2002, pp. 239-255.
48. S. Uyeda and A. Kumamoto, Evaluation of the Kushida Method of Short-term Prediction, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B* 80 (2004), Vol. 80.
49. Pulinet S. A., Strong Earthquake Prediction Possibility with the help of Topside Sounding from Satellites, *Advances in Space Research*, vol. 21, 3, 1998, pp. 455-458.
50. Ouzounov D., Pulinet S. Methodology and techniques for monitoring the short term ionospheric and near infrared precursory activities prior to main earthquake, International Workshop “Early Warning Systems for Earthquake Monitoring by Using Space Technology”, Feb. 1-2, 2005, Istanbul, Turkey. Varotsos P., Eflaxios K., Lazaridov M. et al, Recent Earthquake Prediction Results Based on the Observation of Seismic Electric Signals, *Acta Geophysica Polonica*, XLVI, (4), pp. 301-327, 1996.

51. Pulinets S. A., Seismic Activity as a Source of the Ionospheric Variability, *Adv. Space Res.*, 22, 6, 1998, pp. 903-906.
52. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A. *Ionospheric precursors of earthquakes*. Springer, 273 p., 2004.
53. Пулинец С. А., Узунов Д. П., Спутниковым технологиям нет альтернативы. О проблеме мониторинга природных и техногенных катастроф, *Труды ИПГ*, Вып. 89, 173-185, 2010.
54. Hayakawa, M. and Fujinawa, Y. (Eds): *Electromagnetic Phenomena Related with Earthquakes*, Terra Sci. Pub. Co., Tokyo, 667, 1994.
55. Fujinawa K., Takahashi K., Method of Imminent Earthquake Prediction by Observation of Electromagnetic Field and System for Carrying out the Same, Patent JP9105781 = US5694129, 1997.
56. Панаджян и др., 1989, Воинов и др., 1992
57. <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z00000000/index.shtml>
58. Галкин А. И. [и др.]. *Ионосферные измерения*. "Наука", 1971.
59. *Месячный прогноз распространения радиоволн*. "Наука".
60. Alekseev V.A., Pulinets S.A., et al, Radon and Metallic Aerosols Emmanation before Strong Earthquakes and Their Role in Atmosphere and Ionosphere Modification, *Advances in Space Research*, vol. 20, Issue 11, 1997, pp. 2173-2176.
61. Геодакян Э. Г., Мелик-Алавердян Ю. Г., Мирanian Ф. П., Панаджян В. Г. Некоторые результаты исследования связи ионосферных мерцаний космических радиоисточников с сейсмической активностью, *Изв. АН Арм ССР, Науки о Земле*, 1989, XLII, 3, с. 67-71.
62. Воинов В. В., Гуфельд И. Л., Кругликов В. В. и др., Эффекты в ионосфере и атмосфере перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988г., *Изв. РАН, Физика Земли*, 1992, с. 96-101.
63. Мартиросян Р. М., Гулян А. Г., Санамян В. А., Манаселян Х. А., Изменение плотности потока радиоисточника Кассиопея –А, *Астрофизика* т. 45, вып. 3, 2002, с. 443-449.

64. Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н., Радиотелескопы и радиометры, М., "Наука", 1973, с. 19-22., 124-128.
65. Зеленкова И. А., Частотная зависимость поглощения радиоволн в ионосфере, измеренного на Алма-Атинской ионосферной станции, в кн. "Физика ионосферы и распространение радиоволн, т.2, труды сектора ионосферы", с. 66-77.
66. Мартirosян Р. М., Гулян А. Г., Санамян В. А., Манаселян Х. М., Пирумян Г. А., О компьютерной реализации метода фазового переключения в радиоастрономии, Изв. НАН РА, сер. тех наук, LVI, №3, 2003.
67. Manaselyan Kh. H., Sanamyan V. A., Ghulyan A. G., Martirosyan R. M., On the Intensity Atmospheric Variations of Radio Emission from Galactic Background Observed during Eruptions of Nyirogongo and Etna Volcanoes, Abstracts, Book A, IUGG2003a, June 30 – July 11, Sapporo, Japan, p. 193.
68. Manaselyan Kh. H., Sanamyan V. A., Ghulyan A. G., Martirosyan R. M., Atmospheric Anomalies Detected by Radio Astronomical Method before and after the Earthquakes on June 22 and September 2, 2002 in the North-Western Part of Iran, Abstracts, Book A, IUGG2003b, June 30 – July 11, Sapporo, Japan, p. 193.
69. Manaselyan Kh. H., Estimation of Seismogenic Anomalies in Ionosphere by Radio Astronomical Method: First Approximation, Proc. of YISC, New Geometry of Nature, Kazan University Press, Vol. 1, "Mathematics and Physics", pp. 289-293, 2003c.
70. Manaselyan Kh., Aslanyan A., Jamharyan R., Zohrabyan M., On Durations of VHF Earthquake Precursors Detected by Radio Astronomical Methods, 5th Asian Seismological Commission General Assembly, Session 5, Yerevan, 2004.
71. Канарейкин Д. Б., Потехин В. А., Шишкин И. Ф., Морская поляриметрия, Ленинград, "Судостроение", 1968, с. 187-200.
72. Гершман Б. Н., Ерухимов Л. М., Яшин Ю. Я., Волновые явления в ионосфере и космической плазме, М., "Наука", 1984, с. 347-381, 213-234.
73. Долуханов М. П., Распространение радиоволн, М., "Радио связь", 1960, с. 208-296.

74. Черенкова Е. Л., Чернышев О. В., Распространение радиоволн, М., “Радио и связь”, 1984, с. 58-59, 66-83.
75. Гулян А. Г., Мартиросян Р. М. и др., Создание высокочувствительной СВЧ приёмной аппаратуры, В кн. “Конверсионный потенциал Армении по программе МНТЦ, международный семинар, 2-7 окт., Ереван, 2001г.” с. 7-10.
76. Гулян А.Г., Залинян В.П., Мартиросян Р.М., Пирумян Г.А., Санамян В.А. Улучшение ряда характеристик интерференционного радиотелескопа методом цифрового анализа. Изв. НАН РА и ГИУА, сер. ТН, т. LVIII, N2, ст.302-306, 2005.
77. Мартиросян Р. М., Гулян А. Г., Санамян В.А., Пирумян Г.А., Залинян В.П. Улучшение ряда характеристик интерференционного радиотелескопа методов цифрового анализа принимаемого сигнала. Изв. НАН РА и ГИУА, сер. ТН, т. LVIII, N2, ст.302-306, 2005.
78. Мартиросян Р. М., Гулян А. Г., Санамян В.А., Пирумян Г.А. Г.А. О компьютерной реализации метода фазового переключения в радиоастрономии. Изв. НАН и ГИУА, сер. ТН, 2003, т. LVI, N3, стр. 514-519.
79. Гохберг М. Б., Шалимов С. Л., *Литосферно-ионосферная связь и ее моделирование*, Российский журнал наук о Земле, т. 2, №2, 2000.
80. Сорокин В. М., Чмырев В. М., *Электродинамическая модель ионосферных предвестников землетрясений и некоторых видов катастроф*, Геомagnetизм и аэрономия, т. 42, №6, с. 821-830, 2002.
81. Сурков В. В., *О природе УНЧ электромагнитного шума, предваряющего некоторые землетрясения*, Физика Земли, №12, с. 61-66, 2000.
82. Manaselyan Kh. H., Sanamyan V. A., Ghulyan A. G., Martirosyan R. M., *Atmospheric Anomalies Detected by Radio Astronomical Method before and after the Earthquakes on June 22 and September 2, 2002 in the North-Western Part of Iran*, IUGG 2003, June 30 – July 11, Sapporo, Japan, Abstracts Week A, p. 193.
83. Kushida Y., and Kushida R., *Possibility of Earthquake Forecast by Radio Observations in the VHF Band*, Journal of Atmospheric Electricity, Vol. 22, No. 3, pp. 239-255, 2002.

84. Manaselyan Kh. H., *Evaluation of Seismogenic Anomalies in Ionosphere by Radio Astronomical Method: First Approximation*, Proc. of YISC, New Geometry of Nature, Kazan University Press, Vol. 1, "Mathematics and Physics", pp. 289-293, 2003.
85. Липеровский В. А., Похотелов О. А., Шалимов С. Л., *Ионосферные предвестники землетрясений*, М., Наука, 304 с., 1992
86. Pulinets S A, Legen'ka A. D., *Spatial-Temporal Characteristics of Large Scale Disturbances of Electron Density Observed in the Ionospheric F-Region before Strong Earthquakes*, Cosmic Research, Vol. 41, No. 3, pp. 221-229, 2003.
87. Гершензон Н.И., Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Николаевский В.Н. *Об источниках электромагнитного излучения, предваряющего сейсмические события*. Физика Земли, №2, с.10-24, 1987.
88. И. С. Шкловский, Астрон. ж., **37**, 256, 1960.
89. Р. Мартиросян, А. Г. Гулян, В. А. Санамян, Г. А. Пирумян. Замечание относительно периодичности вариации интенсивности излучения радиоисточника Кассиопея-А. Астрофизика, вып. 2, т.50, ст. 253-257, 2007
90. L.M. Hook, P.J. Duffett-Smith, J.R. Shakeshaft, Astron. Astrophys., 255, 285, 1992.
91. M.A. Agueros, D.A. Green, Mon. Notic. Roy. Soc., 305, 957, 1999
92. Н. Барабанов, В. П. Иванов, К. С. Станкевич, С. П. Столяров, Астрон. ж., **63**,
93. Kreutel R. W. , Pacholder A. O. The measurement of gain and noise temperature of a satellite communication Earth station. Microwave journal, 1969, 12, no. 10, p. 61-66

