

Ռ.Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Ա.Գ. ՂՈՒԼՅԱՆ, Վ.Ա. ՄԱՆԱՍՅԱՆ,
Հ.Ա. ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ, Մ.Վ. ԱԴԻԲԵԿՅԱՆ, Ա.Ա. ՄԻՐՁՈՅԱՆ

ՄԵՅՍՄԻԿԱԿԱՆ ՎՏԱՆԳԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԻՈՆՈԼՈՐՏԻ ՈՒՂԱՀԱՅԱՑ ԶՈՆԴԱՎՈՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Դիտարկված են սեյսմիկ վտանգի գնահատման նախանշանների ուսումնասիրման $\lambda=4,2$ u ալիքի երկարության, իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորման համակարգի կառուցվածքը և տեխնիկական բնութագրերը, ինչպես նաև ռադիոաստղագիտական դիտումների ծրագիրն ու համակարգի տրամաչափարկման եղանակը: Դիտման արդյունքների վերլուծությունը հաստատել է $M \geq 4$ մագնիտությամբ երկրաշարժերի նախնական ջրջանի և իոնոլորտի կողմից բնական կոսմիկական աղբյուրների ռադիոճառագայթումների կլանման միջև կոռելյացիայի առկայությունը:

Առանցքային բառեր. ալեհավաք, ռադիոճառագայթում, իոնոլորտ, սեյսմիկ վտանգ:

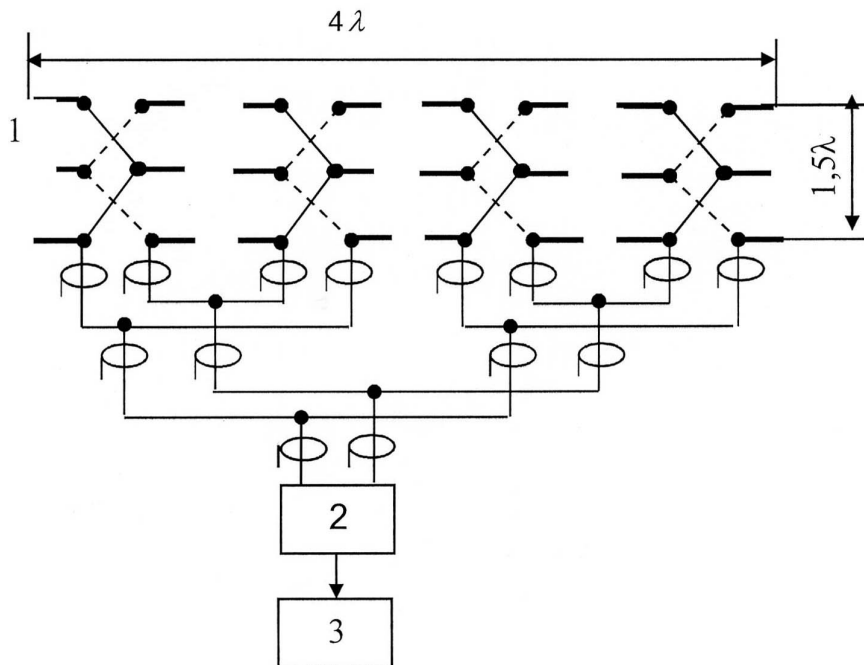
Սեյսմիկ վտանգի գնահատումն իրականացվում է երկրաշարժերի էլեկտրամագնիսական, երկրամագնիսական, իոնոլորտային նախանշանների անընդհատ ուսումնասիրման հիման վրա: Առաջարկվել են իոնոլորտի գրգռման մի շարք մոդելներ, որոնցում սեյսմակտիվ գոտիներում երկրաշարժի նախապատրաստման փուլում գրգռումը տեղի է ունենում անոմալ աճող Լիթոսֆերա-Իոնոսֆերա փոխազդեցությունների արդյունքում [1-4]:

Ի տարբերություն թեք զոնդավորման, ռադիոաստղագիտական եղանակով իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորումն ունի մի շարք առանձնահատկություններ.

- միարժեքորեն ընդգրկում է երկրաշարժի նախապատրաստման գոտին,
- երկրաշարժի նախապատրաստման փուլում բնութագրում է իոնոլորտի բոլոր շերտերով տեղի ունեցող փոփոխությունները,
- բարձր է զգայուն ռադիոդիտակի միջոցով ստացվող տեղեկատվության աստիճանը:

ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտը Սեյսմիկ Պաշտպանության Ազգային Ծառայության հետ համատեղ իրականացնում է երկրաշարժի նախապատրաստական փուլում երկրի իոնոլորտի ֆիզիկական բնութագրերի և սեյսմիկական երևույթների միջև կապի հաստատման գիտահետազոտական աշխատանքներ: Այդ նպատակով ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ-ի Սարավանդի փորձադաշտում և ԼՂՀ-ի Շուշի քաղաքում նախագծվել, կառուցվել և տեղակայվել են $\lambda=4,2$ u ալիքի երկարությամբ տիրույթի ռադիոդիտակներ, որոնցով իրականացվում են Գալակտիկական ֆոնի և մի շարք կետային կոսմիկական ռադիոաղբյուրների տեսական դիտումներ: Ստորև բերվում է ռադիոդիտակի (ալեհավաք-ռադիոմետր), դիտումների ծրագրի և նախնական արդյունքների վերլուծության հակիրճ շարադրանքը:

Ռադիոդիտակ: Ռադիոդիտակի ալեհավաքը $4\lambda \times 1,5\lambda$ զծային չափերի ամբողջապատույտ ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$, $0^\circ < A_3 < 360^\circ$) հարթ «հայելի» է՝ բաղկացած տասներկու համափուլ զրգովող ալիքային տատանակներից (նկ.1): Յուրաքանչյուր սյան երեք տատանակները միացված են երկհաղորդալարերով, իսկ սյուները՝ ուղղահայե ելակալների միջոցով տրվում է ռադիոմետրին: Առանձին տատանակների ալիքային դիմադրությունները ($R_{\text{ալ}} \approx 900 \text{ Ohm}$) հաշվարկված են այնպես, որ նրանց սնուցումը լինի հնարավորինս պարզ՝ առանց դիմադրությունների համաձայնեցման միջանկյալ հանգույցների: Տատանակների համահավասար բաշխվածությունը հայելու մակերևույթին էապես փոքրացնում է ուղղվածության դիագրամի՝ աշխատանքի ընթացքում ծագող մեխանիկական ճկումներով պայմանավորված փոփոխությունները, ինչը շատ կարևոր է փուլային փոխանջատման եղանակով աշխատելիս:



Նկ.1. Ալեհավաքի կառուցվածքային սխեման.
1 - ալեհավաք, 2 - սիմետրիկացնող հանգույց, 3 - ռադիոմետր

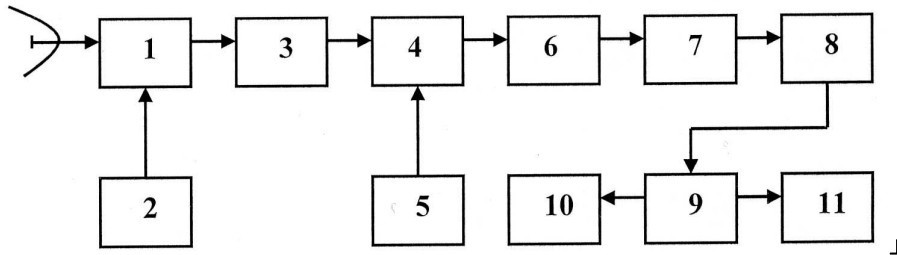
Գալակտիկական ֆոնային ռադիոճառագայթման մակարդակի վրա թույլ, կետային կոսմիկական աղբյուրների ռադիոճառագայթման գրանցման նպատակով հիմնական հայելուց 15λ հեռավորության վրա արևելք-արևմուտք ուղղությամբ տեղադրվել է երեք տատանակից բաղկացած փոքր հայելի (հիմնական հայելու մեկ սյունը):

Հայելու բնութագրերը չափվել են ռադիոաստղագիտական եղանակով, «Կասիոպեա Ա» և «Կարապ Ա» ռադիոաղբյուրների միջոցով, որոնց ճառագայթման հոսքի խտությունները բավականին ճշգրիտ հայտնի են: Ուղղակի ծագմամբ և

հակամաք ուղղվածության դիագրամի լայնություններն ստացվել են՝ $\theta_{3\text{HF}}=15^\circ$, $\varphi_{3\text{HF}}=40^\circ$, չափված արդյունավետ մակերեսը՝ $A_{\text{էֆ}}=50 \text{ մ}^2$:

Ռադիոմետրի կառուցվածքային սխեման բերված է նկ. 2-ում: Այն $f=72 \text{ ՄՀg}$ հաճախության $\Delta f=400 \text{ կՀg}$ թողարկման շերտով, բարձրհաճախային ուժեղարարային մուտքով ուղիղ ձևափոխման սուպերհետերոդինային համակարգ է:

Ռադիոխանգարումներից խուսանավելու նպատակով նախատեսված է աշխատանքային հաճախության ճոճք՝ 1 ՄՀg սահմաններում: Մեծ ինտենսիվությամբ ռադիոխանգարումների և հետերոդինի հզորության անցանկալի ազդեցության նվազեցման նպատակով մշակվել և պատրաստվել է խորանարդային վոլտ-ամպերային բնութագրով բալանսային խառնիչ:



Նկ. 2. Ռադիոմետրի կառուցվածքային սխեման.

1 - ալեհավաքային փոխանջատիչ, 2 - ադմուկի գներատոր, 3 - բարձր հաճախության ուժեղարար, 4 - խառնիչ, 5 - հետերոդին, 6 - միջակա հաճախությունների ուժեղարար, 7 - դետեկտոր, 8 - հաստատուն հոսանքի ուժեղարար, 9 - կուտակիչ, 10 - համակարգիչ, 11 - ինքնագիր

Նման բնութագրով խառնիչում ձևափոխված ազդանշանը կախված է ($f_{\text{ազ}}-2f_{\text{հ}}$)-ից, որտեղ $f_{\text{ազ}}$ -ը և $f_{\text{հ}}$ -ն ընդունվող ազդանշանի և հետերոդինի հաճախություններն են: Հետերոդինի հաճախության՝ ազդանշանի հաճախությունից երկու անգամ փոքր լինելու փաստը խիստ նվազեցնում է հետերոդինի ճառագայթման անցանկալի ազդեցությունը ազդանշանի ընդունման վրա: Ռադիոմետրի ուժեղացման գործակիցը՝ $G \approx 70 \text{ դБ}$, իսկ ադմուկի գործակիցը՝ $F < 2,5$: Կախված դիտումների ծրագրից, ռադիոմետրը կարող է աշխատել կոմպենսացիոն, լայնութա-մոդուլյացիոն և փուլա-մոդուլյացիոն ռեժիմներում:

Դիտումների ծրագիրն ու մեթոդները: Դիտման տիրույթի ընտրությունը: Դիտումների նպատակով ընտրվել է երկնոլորտի պայծառ ռադիոաղբյուրների, «Կարապ Ա» (ռադիոգալակտիկա) և «Կասիոպեա Ա» (Գերնորի մնացորդ)-ի հարակից տիրույթը: Նշված տիրույթի ընտրությունը պայմանավորված է նրանով, որ այստեղ բավականին ինտենսիվ է Գալակտիկական ֆոնային ռադիոճառագայթումը և, որ պակաս կարևոր չէ, վերոհիշյալ դիսկրետ ռադիոաղբյուրների կուլմինացիան տեղի է ունենում դիտման վայրի զենիթին մոտ, ուղղակի ծագմամբ (ամռանը) և հակումով (ձմռանը) Արեգակից բավականին հեռու: Դիտումներն ամենօրյա են, իննժամյա տևողությամբ, աղբյուրի ուղղակի ծագման $17\text{h}3\text{m} \leq \alpha \leq 0\text{h}26\text{h}30\text{m}$ միջակայքում:

Ռադիոճառագայթման գրանցումը: Գալակտիկական ֆոնի, «Կասիոպեա Ա», և «Կարապ Ա» դիսկրետ աղբյուրների ռադիոճառագայթումների համատեղ գրանցումը (Կելվինի ջերմաստիճանային սանդղակով) կատարվում է թե՛ անալոգային տեսքով՝ КСР-4 ավտոմատ ինքնագրի ժապավենի վրա, թե՛ չափված հզորությունների, ժամանակից կախված թվային շարքի տեսքով՝ համակարգչի հիշողության մեջ: Գրանցված արդյունքները հետագա մշակման նպատակով փոխանցվում են ՌՖԷԻ և Սեյսմիկ Պաշտպանության Ազգային Ծառայություն:

Ռադիոազդանշանի հետ համատեղ գրանցվում են նաև աղմկային գեներատորից տրվող տրամաչափարկման չափանմուշային (էտալոնային) հզորությունն (Tk) ու տեղական ժամանակի պարբերական նշումները:

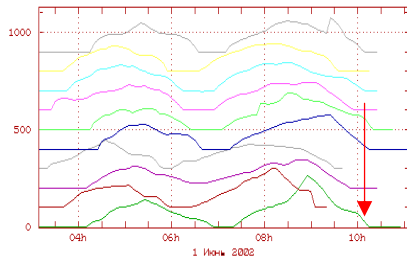
Ռադիոազդանշանի հզորության տրամաչափարկում: Տիեզերական ռադիոաղբյուրների ճառագայթման հզորության տրամաչափարկումը, նկատի ունենալով աշխատանքի նպատակը, անչափ կարևոր խնդիր է: Ռադիոաստղագիտական դիտումների դեպքում օգտակար ազդանշանը կետային ռադիոաղբյուրի ճառագայթումն է, որը հստակ առանձնանում է հաշվարկային մակարդակ հանդիսացող Գալակտիկական ֆոնի վրա: Մեր դեպքում և՛ գալակտիկական ֆոնը, և՛ դիսկրետ աղբյուրի ճառագայթումը տարբեր հզորությամբ օգտակար ազդանշաններն են, որոնք պետք է գրանցել միաժամանակ:

Դիտման ցիկլի տևողության պատճառով ($\approx$ 9 ժամ) թե՛ շրջակա միջավայրի ֆիզիկական ջերմաստիճանը (T^0), թե՛ այլ բնական հենակետային ռադիոճառագայթում որպես էտալոն դառնում են անարդյունավետ: Օպտիմալ տրամաչափարկման նպատակով մշակվել և պատրաստվել է երկմակարդակ էտալոնային աղմուկի գեներատոր, որի ելքային հզորության առաջին մակարդակը համընկնում է երկնային տրված տիրույթի ֆոնային ճառագայթման ամենափոքր ջերմաստիճանի հետ և համարվում հաշվարկի միջանկյալ մակարդակ: Աղմուկի գեներատորի երկրորդ ելքի մակարդակն ընտրվում է՝ չափվող ազդանշանի մեծությունից կախված:

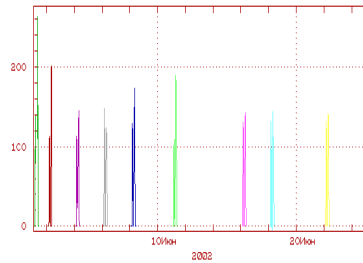
Հետազոտությունների արդյունքները և դրանց մեկնաբանությունը: Դիտման արդյունքների մշակման գրաֆիկական պատկերները բերված են նկ. 3.8-ում: Նկ. 3-4-ում պատկերված են «Կարապ Ա» և «Կասիոպեա Ա» դիսկրետ կետային աղբյուրների իոնոսֆերայի շերտերում կլանված հզորությունների արժեքների աստիճանական նվազումը և ժամանակային շարքի պատկերը (մոտարկումների Սոբոլևի մեթոդ)՝ օրական դիտումների ընթացքում, Համադանի (Իրան, 22.06.2002թ. $M \approx 6,5$) երկրաշարժից անմիջապես առաջ: Նկ. 5.7-ում պատկերված են «Կարապ Ա» և «Կասիոպեա Ա» ռադիոաղբյուրների ժամանակային շարքի պատկերները Բինգյուլի (Թուրքիա, 01.05.2003, $M \approx 6,4$) և Էրզրումի (Թուրքիա, 28.03.20 $M \approx 5,4$) » երկրաշարժերից առաջ: Նկ. 6.8-ում բերված են Բինգյուլի և Էրզրումի երկրաշարժերից 3 օր առաջ «Կարապ Ա» և «Կասիոպեա Ա» դիսկրետ ռադիոաղբյուրների, ալեհավաքի ուղղվածության դիագրամով անցման կորերի անոմալ տեսքերը:

Ուժեղ երկրաշարժերի նախապատրաստման դեպքում սեյսմոակտիվ գոտիներում ձևավորվում է առաձգական լարվածության ուժային դաշտ, որը երկրաշարժի նախապատրաստման գոտում տարբեր լիցքավորված, բաժանված տիրույթների (ԼՖՏ) վրա թողնում է կողմնորոշիչ ազդեցություն: Ռադիոաստղագիտական եղանակով իոնոսֆերայի ուղղահայաց գոնդավորումը հնարավորություն է ընձեռում

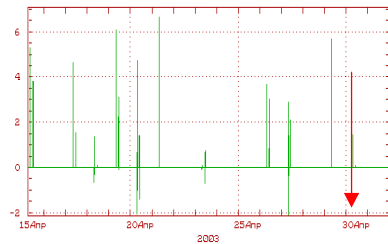
բացահայտելու երկրաշարժերի նախապատրաստումը: $M \geq 4$ մագնիտուդով երկրաշարժերի նախապատրաստման պրոցեսին նախորդում է գրգռված իոնոլորտում ռադիոալիքի կլանում:



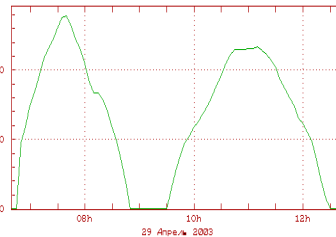
Նկ. 3



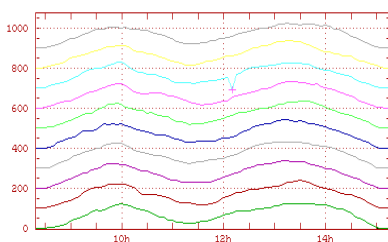
Նկ. 4



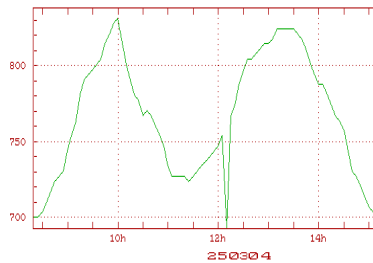
Նկ. 5



Նկ. 6



Նկ. 7



Նկ. 8

Եզրակացություն: Նկ. 3 - 8-ում ներկայացված արդյունքները հաստատում են $M \geq 4$ մագնիտուդայով երկրաշարժերի նախապատրաստման փուլի և գրգռված իոնոլորտում կետային կոսմիկական աղբյուրի ռադիոճառագայթման կլանման միջև կապը:

Հաստատված կապը բացատրվում է գրգռված իոնոլորտի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ, ինչը պայմանավորված է երկրաշարժի նախապատրաստման գոտում դեֆորմացված լեռնային ապարների էլեկտրամագնիսական ճառագայթումով:

Ստացված հուսադրող արդյունքները հիմնավորում են սեյսմո-իոնոլորտային կապերի հետագա ուսումնասիրման անհրաժեշտությունը և ուղղահայաց զոնդավորման ռադիոաստղագիտական եղանակի նպատակահարմարությունը: Հարկ է նշել, որ կոսմիկական դիսկրետ աղբյուրների ռադիոճառագայթումների՝ փուլային չափումներով պայմանավորված տեղեկատվական ծավալի մեծացման նպատակով (սեյսմիկ ալիքների տարածման ուղղություն, արագություն) հեռանկարային է դիտման կայանների միավորումը միասնական ինտերֆերենցիոն համակարգում և դիտումների իրականացումը միաժամանակ մի քանի ռադիոհաճախություններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Gokhberg M. B., Gufeld I.L. and Marchenko V.D.** (1987). Study of natural ang, aetificial electromagnetic field excitation by the sources of seismic // Izv. AN SSSR, Fizika Zemli. – 1957. - 2. – P. 17-24.
2. **Воинов В.В.** и др. Эффекты в ионосфере и атмосфере перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988г. // Физика земли. – 1992. - N3. - С. 96-101.
3. **Gufeld I.L., Rozhnoi A.A., Tiumentsev S.N., Sherstiuk S.T. and Yamplosky V.S.** Disturbance of radio wave field prioie to the Roudbar and Racha carthquakes // Izv. AN SSSR, Fizika Zemli. – 1992. - N3.- P. 102-106.
4. **Баласанян С.Ю.** Динамическая геоэлектрика.- Новосибирск: Наука, 1990.- 232 с.

ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և Էլեկտրոնիկայի ինստիտուտ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.12.2005:

**Р. М. МАРТИРОСЯН, А. Г. ГУЛЯН, В. А. САНАМЯН, Г. А. ПИРУМЯН,
М.В. АДИБЕКЯН, А.А. МИРЗОЯН
СИСТЕМА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ДЛЯ
ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

Рассмотрены структура и технические характеристики системы вертикального зондирования ионосферы на длине волны $\lambda = 4,2$ м с целью исследования оценки симптомов сейсмической опасности, а также программа радиоастрономических наблюдений и способ калибровки системы. Анализ результатов наблюдений подтвердил корреляцию между сейсмическими явлениями и поглощением ионосферой радиоизлучения природных космических источников в период подготовки землетрясений магнитудой $M \geq 4$.

Ключевые слова: антенна, радиация, ионосфера, сейсмическая опасность.

**R.M. MARTIROSSYAN, A.G. GOULYAN, V.A. SANAMYAN, H.A. PIROUMYAN,
M. V. ADIBEKYAN, A. A. MIRSOYAN
REMOTE SENSING SYSTEM OF IONOSPHERE FOR ASSESSMENT
OF SEISMIC RISKS**

Structure and technical characteristics of the ionosphere remote sensing system are considered. The system "looks" into zenith and operates at a wavelength $\lambda = 4.2$ m. Its objective is to assess the symptoms of seismic activity. The program of radio astronomic surveillance and methods of system calibration are discussed. Analysis of observation data has confirmed the existence of correlation between the seismic events and absorption coefficient of ionosphere for the emission of celestial radio sources in the period preceeding the earthquakes with magnitude $M \geq 4$.

Keywords: antenna, radiation, ionosphere, seismic hazard.