

Մ.Վ. ԱՂԻԲԵԿՅԱՆ

**ՄԵՑՍՄԻԿ ՎՏԱՆԳԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ՝ ԻՈՆՈԼՈՐՏԻ ՈՒՂԱԶԻԳ  
ԶՈՆՂԱՎՈՐՄԱՄԲ ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Ուսումնասիրվել է սեյսմիկ վտանգի գնահատման նախանշանների՝  $\lambda=4,2$  Մալիքի երկարությամբ և իոնոլորտի ուղղահայաց զոնդավորմամբ համակարգի կառուցվածքը: Դիտման արդյունքների վերլուծությունը հաստատել է  $M \geq 3,5$  մագնիտուդով երկրաշարժերի և իոնոլորտից բնական տիեզերական աղբյուրների ռադիոճառագայթումների կլանման միջև կապի առկայությունը:

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

**Ներածություն.** Սեյսմիկ վտանգի գնահատումն իրականացվում է երկրաշարժերի էլեկտրամագնիսական, երկրամագնիսական, իոնոլորտային և այլ (հիդրոդինամիկական, երկրաֆիզիկական, երկրաքիմիական) նախանշանների անընդհատ ուսումնասիրման հիման վրա: Առաջարկվել են իոնոլորտի գրգռման մի շարք մոդելներ, որոնցում սեյսմակտիվ գոտիներում երկրաշարժին նախորդող փուլում գրգռումը տեղի է ունենում անոմալ աճող քարոլորտ-իոնոլորտ փոխազդեցությունների արդյունքում [1-5]: Ի տարբերություն թեք զոնդավորման՝ ռադիոաստղագիտական եղանակով իոնոլորտի ուղղաձիգ զոնդավորումն ունի մի շարք առանձնահատկություններ.

- ընդգրկում է երկրաշարժին նախորդող որոշակի գոտին,
- երկրաշարժին նախորդող փուլում բնութագրում է իոնոլորտի բոլոր շերտերում տեղի ունեցող փոփոխությունները,
- բարձր է զգայուն ռադիոդիտակի միջոցով ստացվող տեղեկատվության աստիճանը:

Մարավանդի փորձադաշտում և ԼՂՀ-ի Շուշի քաղաքում նախագծվել, կառուցվել և տեղակայվել են  $\lambda=4,2$  Մալիքի երկարության տիրույթով ռադիոդիտակներ, որոնցով իրականացվում են գալակտիկական ֆոնի և մի շարք կետային կոսմիկական ռադիոաղբյուրների տևական դիտումներ:

Կատարվել են ռադիոաստղագիտական եղանակով «Կասիոպեա-Ա» և «Կարապ-Ա» դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների ռադիոալիքների հզորությունների գրանցումները ՀՀ տարածաշրջանում տեղի ունեցող երկրաշարժերից առաջ:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը.** Դիտումների նպատակով ընտրվել են երկնոլորտի պայծառ ռադիոաղբյուրների՝ «Կարապ-Ա»-ի (ռադիոգա-

լակտիկա) և «Կասիոպեա-Ա»-ի (գերնորի մնացորդ) հարակից տիրույթները: Նշված տիրույթների 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 գենիթին մոտ: Առավել մանրամասն դիտումների ծրագրի ու մեթոդների, ինչպես նաև դիտման տիրույթի ընտրության մասին ներկայացված է [5, 6]-ում: Գալակտիկական ֆոնի, «Կասիոպեա-Ա» և «Կարապ-Ա» դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների ռադիոճառագայթումների համատեղ գրանցումը (Կելվինի ջերմաստիճանային սանդղակով) կատարվում է թե՛ անալոգային տեսքով՝ КСІІ- 4 ավտոմատ ինքնագրի ժապավենի վրա, թե՛ չափված հզորությունների՝ ժամանակից կախված թվային շարքի տեսքով՝ համակարգչի հիշողության մեջ: Ռադիոագղանշանի հետ համատեղ գրանցվում են նաև ադմկային գեներատորից տրվող տրամաչափարկման չափանմուշային (էտալոնային) հզորությունն (Тк) ու տեղական ժամանակի պարբերական նշումները [5, 6]: 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 ֆոնին: Մեր դեպքում և՛ գալակտիկական ֆոնը, և՛ դիսկրետ աղբյուրի ճառագայթումը տարբեր հզորությամբ օգտակար ազդանշաններն են, որոնք պետք է գրանցել միաժամանակ:

**Հետազոտությունների արդյունքները և դրանց մեկնաբանությունը.** Մեյսամալոնոլորտային փոխազդեցությունների մեխանիզմների տեսական հիմնավորման և փորձարարական ուսումնասիրությունների վերաբերյալ աշխատանքներում շատ կարևորվում է երկրաբանական միջավայրի, այդ թվում և երկրակեղևի սեյսմակտիվ գոտիների կառուցվածքներում պինդ, հեղուկ և գազային ֆազերի առկայությունը: Հայտնի է, որ նման կառուցվածքի հարևան ֆազերի բաժանման տիրույթում ձևավորվում են էլեկտրական լիցքերի բաժանման տիրույթ (LFS) կամ, այլ կերպ, կրկնակի իոնային էլեկտրական շերտեր: Կախված կառուցվածքային առանձնահատկություններից՝ ամեն մի երկրաբանական միջավայրի LFS բնութագրվում է իր սեփական ունակությամբ (C), ինդուկտիվությամբ (L), դիմադրողականությամբ (R) և, հետևաբար, նաև էլեկտրամագնիսական ճառագայթման իր սեփական՝ ռեզոնանսային հաճախականությամբ ( $f_0$ ) և ալիքի երկարությամբ ( $\lambda_0$ ):

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{LC}) :$$

Երկրակեղևի սեյսմաակտիվ գոտիներում ուժեղ սեյսմիկ իրադարձության նախապատրաստման փուլից առաջ, ունենալով մեծ շարժունակություն և գտնվելով տեղային ու տարածաշրջանային ֆիզիկական տարբեր ուժերի ազդեցության դաշտերում, այդ LFS-ները կողմնորոշված են մնում տարբեր ուղղություններով: Ընդհանուր էլեկտրադինամիկական չեզոքության այս իրավիճակը սկսվում է խախտվել ուժեղ սեյսմիկ իրադարձության նախապատրաստման փուլում, երբ սեյսմաակտիվ գոտում սկսում է ձևավորվել գերակայող ֆիզիկական ազդեցությունը՝ առաձգական լարվածության ուժային դաշտը, ինչը ներգործում է տարբեր LFS-ների վրա որպես գլխավոր կողմնորոշող ազդեցություն՝ առաջացնելով միանման ուղղորդված LFS-ների էներգաակտիվ կազմավորումներ, որոնց տիրույթն աստիճանաբար աճում է առաձգական լարվածության դաշտի դեֆորմացնող ուժի աճին զուգընթաց:

Սեյսմաակտիվ օջախի զարգացման ընթացքում միանման կողմնորոշված LFS-ների տիրույթը հասնում է իր առավելագույն մեծությանը լեռնային ապարների տեկտոնական կառուցվածքի խզման՝ երկրաշարժի պահին:

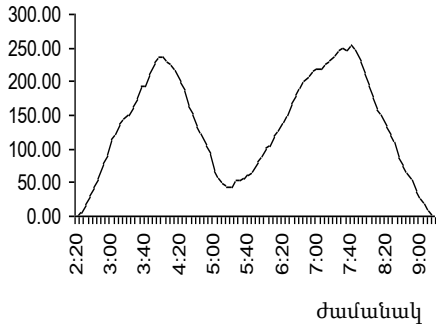
Միանման բևեռացված (կողմնորոշված) LFS-ների տիրույթի աճն ուղեկցվում է դրանց էլեկտրական L, C բնութագրերի աճով, ինչը համապատասխանում է ճառագայթման սեփական հաճախության նվազմանը կամ ալիքի երկարության մեծացմանը:

Երկրակեղևի էներգաակտիվ օջախներում սեյսմիկ ակտիվության պրոցեսի զարգացման ընթացքում առաձգական լարվածության աճող ուժային դաշտի ազդեցությամբ ձևավորվող ցածր հաճախականային էլեկտրամագնիսական ալիքների ճառագայթման մեխանիզմների, այդ ճառագայթման տարածման և նրա սեյսմախոնդրոտային կապերի հայտնաբերման ու բացատրության բազմաթիվ տեսական ու փորձնական ուսումնասիրություններ են իրականացված տարբեր հետազոտական խմբերի կողմից [1,7]: Իոնոլորտի դիտարկման արդյունքների մշակման գրաֆիկական պատկերները բերված են նկ. 1,2,3 -ում, որոնցում ներկայացված են «Կարապ-Ա» և «Կասիոպեա-Ա» դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների իոնոլորտային շերտերում կլանված հզորությունների արժեքների աստիճանական նվազումը և ժամանակային շարքի պատկերները: Ուժեղ երկրաշարժերին նախորդող փուլում սեյսմաակտիվ գոտիներում ձևավորվում է առաձգական լարվածության ուժային դաշտ, որը երկրաշարժին նախորդող գոտում տարբեր լիցքավորված, բաժանված տիրույթների (LFS) վրա թողնում է կողմնորոշիչ ազդեցություն: Ռադիոաստղագիտական եղանակով իոնոլորտային ուղղահայաց զոնավորումը հնարավորություն է ընձեռում բացահայտելու սպասվող երկրաշարժը:

23.06.06

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Կասիոպեա-Ա

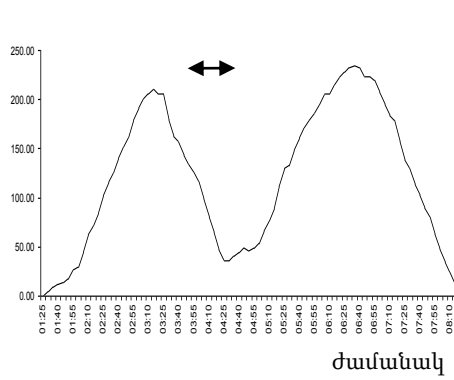


U)

07.07.2007

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Կասիոպեա-Ա

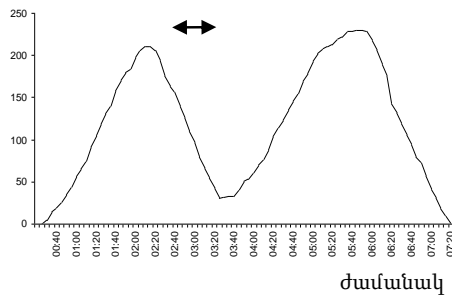


F)

23.07.2007

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Կասիոպեա-Ա

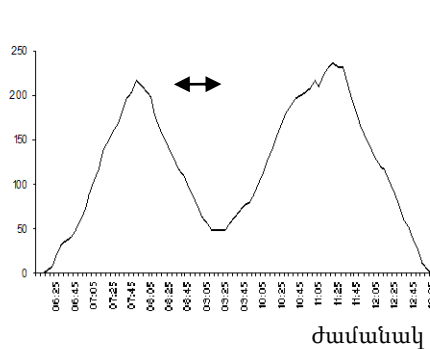


G)

26.04.2008

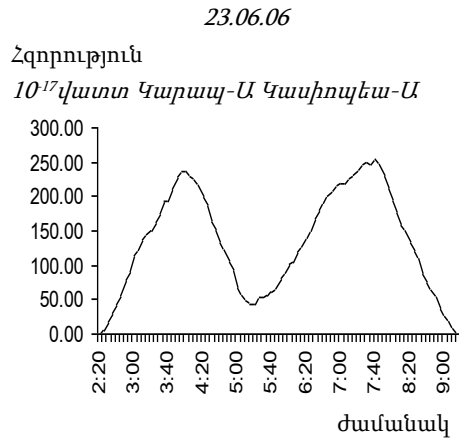
Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Կասիոպեա-Ա



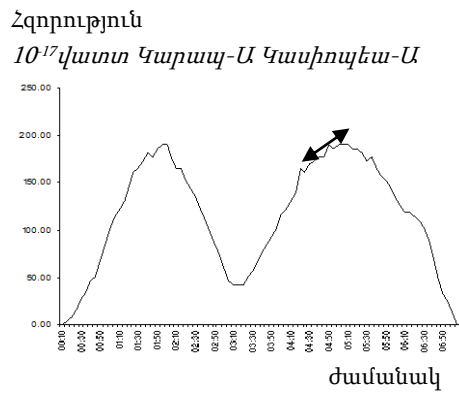
V)

Նկ.1. U) -ն Գարապ-Ա և Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների նորմալ տեսքն է, իսկ ՀՀ տարածքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում՝ F) Բավրա (Հայաստան, 09.07.2007, M=3.5), G) Բավրա (Հայաստան, 24.07.2007, M=4.0) և V), Վարդենիս Հայաստան, 29.04.2008, M=3.6), Գարապ- Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի արժեքները փոքր են Կասիոպեա – Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի արժեքներից

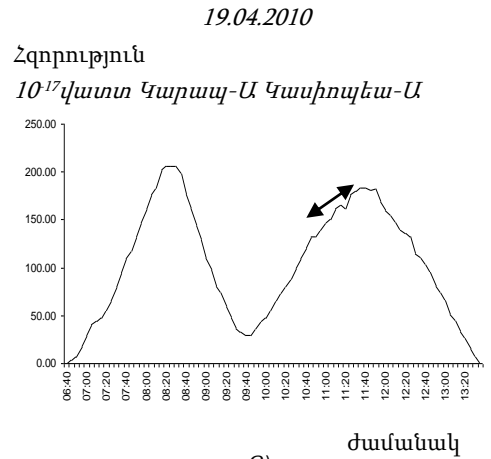


Ա)

27.07.2010

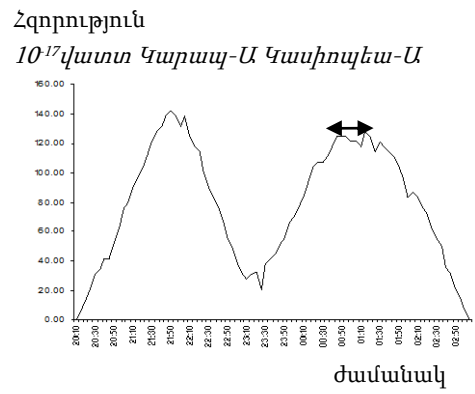


Գ)



Բ)

26.09.2011



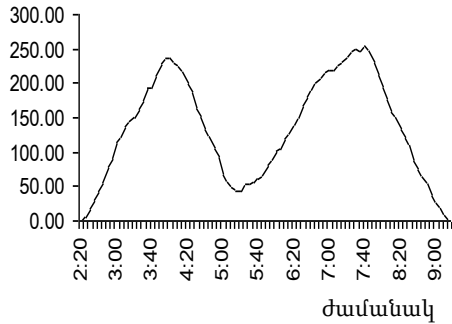
Դ)

Նկ.2. Ա) -ն Գարապ-Ա և Գասիոպեա -Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների նորմալ տեսքն է, Բ) Երբ  $M < 4$ . Գյանջա (Ադրբեջան, 23.04.2010,  $M=3.6$ ), Գ) Մինգեչաուր (Ադրբեջան, 28.07.2010,  $M=3.6$ ) և Դ) Վրաստանում (Վրաստան - Հայաստան սահմ. 27.09.2011,  $M=4.3$ ) տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում Գասիոպեա - Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի արժեքները փոքր են Գարապ- Ա - դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրի արժեքներից

23.06.06

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Գասիոպեա-Ա

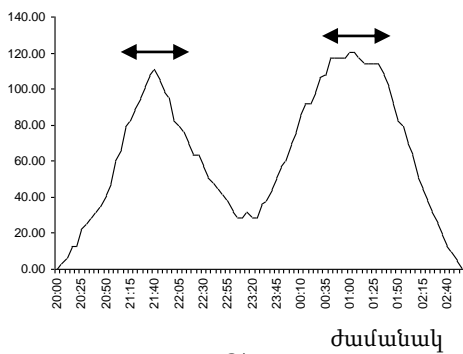


Ա)

17.09.2013

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Գասիոպեա-Ա

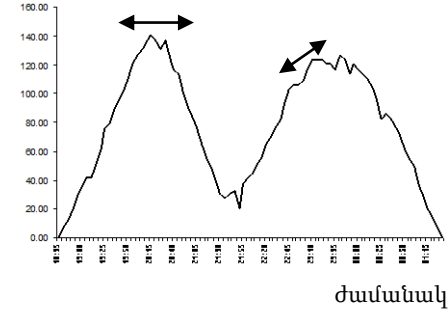


Գ)

20.10.2011

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Գասիոպեա-Ա

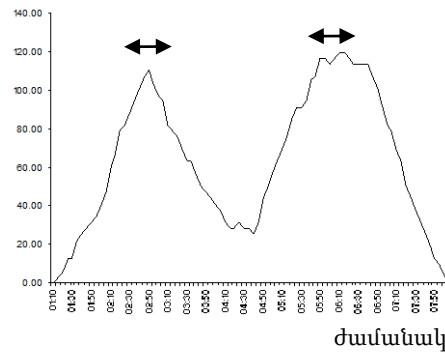


Բ)

29.06.2014

Հզորություն

$10^{17}$ վատտ Գարապ-Ա Գասիոպեա-Ա



Դ)

Նկ.3. Ա) -ն Գարապ-Ա և Գասիոպեա -Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների նորմալ տեսքն է, Բ) երբ  $M \geq 5$  Վանում (Թուրքիա, 23.10.2011,  $M=7.2$ ), Գ) Թելավիում (Վրաստան, 17.09.2013,  $M=5.1$ ) և Դ) Զաքաթալայում (Ադրբեջան, 29.06.2014,  $M=5.0$ ) տեղի ունեցած երկրաշարժերից առաջ Գարապ- Ա և Գասիոպեա – Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների արժեքները նվազում են

Տեղի ունեցած երկրաշարժերի անոմալիաների հնարավոր տեսակները տարանջատելու համար նպատակահարմար է համարվել աղյուսակավորել 9 երկրաշարժերի ամփոփ տվյալները (աղ. 1,2):

## Տարածաշրջանային և տեղական երկրաշարժերի պատկերը

N	Տարի	Ամիս	Օր	Ժամ/ րոպե	Հյուս լայն փ	Արև. Երկ լ	Մագ. M	Տարածք
1	2007	07	09	09:33	41,10	43,90	3.50	Բավրա
2	2007	07	24	19:31	41,20	43,73	4.00	Բավրա
3	2008	04	29	05:20	40,32	45,83	3.60	Վարդենիս
4	2010	04	23	12:37	40,47	46,53	3.6	Աղբբեջան-Գյանջա
5	2010	07	28	11:43	40,53	47,10	3.6	Աղբբեջան- Մինգեչաուր
6	2011	09	27	08:58	41,25	44,00	4.3	Վրաստան – Հայաստան սահ.
7	2011	10	23	10:41	38,68	43,22	7.2	Թուրքիա-Վան
8	2013	09	17	04:09	42,00	45,68	5.10	Վրաստան-Թելավի
9	2014	06	29	17:26	41,55	46,67	5.0	Աղբբեջան- Ջաքարթալա

Աղ. 1-ից երևում է, որ երբ  $M > 4.3$ -ից, աղյուսակի 6,7,8,9 տողերին համապատասխան երկրաշարժերի դեպքում Կարապ-Ա և Կասիոպեա –Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբյուրների արժեքները նվազում են:

Երբ  $M < 4.0$ , Աղբբեջանում տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում Կասիոպեա – Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբյուրի արժեքները մեծ են Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբյուրի արժեքներից:

ՀՀ տարածքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբյուրի արժեքները մեծ են Կասիոպեա –Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբյուրի արժեքներից:

Տարածաշրջանային և տեղական երկրաշարժերի պատկերը

№№	Տարի	Հեռ.Մա- րավանդ կայանից	Ամիս	Օր	Անոմալիա, Հզորություն (վատտ) *	Մագ. M	Տարածք
1	2007	66	07	09	200 240	3.50	Բավրա
2	2007	88	07	24	210 240	4.00	Բավրա
3	2008	202	04	29	220 240	3.60	Վարդենիս
4	2010	244	04	23	200 180	3.6	Աղբբեջան- Գյանջա
5	2010	188	07	28	200 200	3.6	Աղբբեջան- Մինգչաուր
6	2011	101	09	27	140 122	4.3	Վրաստան – Հայաստան սահ.
7	2011	206	10	23	140 130	7.2	Թուրքիա-Վան
8	2013	217	09	17	115 120	5.10	Վրաստան- Թելավի
9	2014	240	06	29	110 120	5.0	Աղբբեջան- Ջաբաթալա

\*Անոմալիա դաշտի առաջին թիվը Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի հզորության արժեքն է, երկրորդ թիվը՝ Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի հզորության արժեքը:

Ուսումնասիրելով աղ. 1,2-ում բերված երկրաշարժերի տվյալները՝ կարելի է ասել, որ անոմալիաները կարելի է բաժանել 3 խմբերի՝ հիմք ընդունելով տեղի ունեցած երկրաշարժերին անմիջականորեն նախորդած ուժեղ ցնցումները (նախանշանները): Բոլոր խմբերի համար բնական է, որ ընտրվի նույն՝ ոչ սեյսմա-ակտիվ ժամանակահատվածի որևէ պատկեր: Որպես այդպիսին մեր կողմից ընտրվել են 23.06.2006թ. Կարապ-Ա և Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրները, որոնց ակտիվության պատկերը բերված է նկ. 1Ա, 2Ա, 3Ա-ում՝ գրաֆիկական տեսքով:

Առաջին խմբի յուրահատկությունը կարելի է տեսնել նկ.1 Բ,Գ,Դ-ում: ՀՀ տարածքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում Կարապ- Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի արժեքները մեծ են Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի արժեքներից:

Երկրորդ խմբի յուրահատկությունը կարելի է տեսնել նկ. 2Բ,Գ,Դ-ում, երբ  $M < 4,0$ , Աղբբեջանում տեղի ունեցած երկրաշարժերի դեպքում Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի արժեքները մեծ են Կարապ-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբբուրի արժեքներից:



Երրորդ խմբի յուրահատկությունը կարելի է տեսնել նկ. 3Բ,Գ,Դ -ում, երբ  $M > 4,3$  –ից, աղյուսակի 6,7,8,9 տողերին համապատասխան երկրաշարժերի դեպքում Կարապ-Ա և Կասիոպեա-Ա դիսկրետ կետային ռադիոաղբյուրների արժեքները նվազում են:

**Եզրակացություն:** Նկարներում ներկայացված արդյունքները հաստատում են.

Ուժեղ՝  $M \geq 5,0$  և զգացված՝  $M \geq 3,5$  մագնիտոտոլով երկրաշարժերից առաջ իոնոլորտում տեղի են ունենում անոմալ փոփոխություններ, որոնք բացատրվում են գրգռված իոնոլորտի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ: Հաստատված կապը բացատրվում է գրգռված իոնոլորտի ռադիոթափանցելիության վատացմամբ, ինչը պայմանավորված է երկրաշարժի առաջացման գոտում դեֆորմացված լեռնային ապարների էլեկտրամագնիսական դաշտերով, ներառյալ ճառագայթայինով:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Սուրադյան Ա.Ժ., Պողոսյան Ա.Ա., Ադիբեկյան Մ.Վ.** Իոնոլորտի թեք զոնդավորման ընթացքում ԳԵՌԱ տարածման անոմալիաների անջատման մեթոդիկա// ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր Տեխն. գիտ. սերիա.- 2001.- Հատոր 54, N3.- էջ 434-444:
2. **Gokhberg M.B., Gufeld I.L. and Marchenko V.D.** Study of natural ang, aetificial electromagnetic field excitation by the sources of seismic // Izv. AN SSSR. Fizika Zemli. – 1987. - 2. – P. 17-24.
3. Эффе́кты в ионосфере и атмосфере перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988г. / **В.В. Воинов** и др. // Физика земли. – 1992. - N3. - С. 96-101.
4. Disturbance of radio wave field prioie to the Roudbar and Racha carthquakes / **I.L. Gufeld, A.A. Rozhnoi, S.N. Tiumentsev, S.T. Sherstiuk, et al** // Izv. AN SSSR. Fizika Zemli. – 1992. - N3.- P. 102-106.
5. Система вертикального зондирования ионосферы для оценки сейсмической опасности/ **Р.М. Мартиросян, А.Г. Гулян, В.А. Санамян и др.** // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер.ТН.-2006.- Т.LIX, N3.ISSN 0002-306X.- С. 609-614.
6. SYSTEM FOR VERTICAL IONOSPHERE SOUNDING SEISMIC HAZARD ASSESSMENT / **R. Martirosyan, A. Gulyan, G. Pirumyan, et al** // Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY (SES 2014), 12-14 November, 2014.- Sofia, Bulgaria, 2014.- P. 348-354.
7. **Баласаниян С.Ю.** Динамическая геоэлектрика.- Новосибирск: Наука, 1990.- 232 с.

ՀՀ ԱԲՆ «Մեյամիկ պաշտպանության արևմտյան ծառայություն» ՊՈԱԿ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 11.05.2017:

**М.В. АДИБЕКЯН**

**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 предвестников сейсмической опасности, а также программа радиоастрономических наблюдений и способ калибровки системы. Анализ результатов наблюдений подтвердил связь между сейсмическими явлениями и поглощением ионосферой радиоизлучения природных космических источников при землетрясении магнитудой  $M \geq 3,5$ .

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

**M.V. ADIBEKYAN**

**THE VERTICAL SENSING SYSTEM OF THE IONOSPHERE FOR ASSESSING  
THE SEISMIC HAZARD**

The structure and technical characteristics of the system of vertical sounding of the ionosphere on the wavelength of  $\lambda =4.2$ m for assessing the precursor of seismic hazard, as well as the program of the radio-astronomical observations and a method of calibration of the system have been considered. The analysis of results of observations has confirmed the relation between the seismic phenomena and absorption by the ionosphere of radio-astronomical space sources at the  $m \geq 3.5$  magnitude earthquakes.

**Keywords:** antenna, radiation, ionosphere, seismic hazard.