

## ՇՈՐՇԱՅԻ 05 ՓԵՏՐՎԱՐԻ 2021Թ. ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԸ

Կարապետյան Ջ.Կ.<sup>1</sup>, Գյոդակյան Է.Գ.<sup>1</sup>, Հովհաննիսյան Ս.Մ.<sup>1</sup>,  
Սահակյան Բ.Վ.<sup>1</sup>, Մկրտչյան Գ.Ա.<sup>1</sup>, Վինագրատով Յու.Ա.<sup>2</sup>,  
Գաբասատարովա Ի.Պ.<sup>2</sup>, Մարգարյան Ս.Ս.<sup>3</sup>, Մարգարյան Հ.Վ.<sup>3</sup>,  
Մկրտչյան Ս.Ա.<sup>1</sup>, Կարապետյան Ռ.Կ.

<sup>1</sup> ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ  
(ՀՀ, ք. Գյումրի 3115, Վ. Մարգարյան 5)

<sup>2</sup> ՌԳԱ ՂՀԿ Միասնական երկրաֆիզիկական ծառայություն  
(ՌԴ, ք. Օրենինսկ, 249035, Կալուգայի շրջ., Լենինի պող. 189)

<sup>3</sup> ՀՀ ԱԲՆ, Սեյսմիկ պաշտպանության տարածքային ծառայություն  
(ՀՀ, ք. Երևան, Ծիծեռնակաբերդի խճուղի, 8/1 շ.)  
Հանձնված է խմբագրություն 29.06.2021

Աշխատանքում կատարված է 05.02.2021թ. Սևանալճի ավազանի հյուսիս-արևելյան ափամերձ շրջանում՝ Շորժա բնակավայրի մերձակայքում տեղի ունեցած  $M_b=5.1$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժի գործիքային և մակրոսեյսմիկ տվյալների համալիր վերլուծություն:

Աշխարհի, տարածաշրջանային, հանրապետական հեղինակավոր սեյսմաբանական գործակալությունների թվով 140 սեյսմիկ կայանների թվային գրանցումների ալիքային պատկերների վերծանմամբ քանակապես գնահատվել են երկրաշարժի օջախի կինեմատիկ և դինամիկ պարամետրերը:

Օջախի ճառագայթման սպեկտրալ բնութագրիչների, խզումագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ առանձնահատկությունների հիման վրա որոշվել է, որ երկրաշարժի օջախը համապատասխանում է Բրունի շրջանաձև մոդելին՝ իրենից ներկայացնելով առանց թևերի անջատման հարթ սահքով միակտանի խզումագոյացման պրոցես:

Օջախի մեխանիզմի լուծումների, նրանում գործող լարումների գլխավոր առանցքների ուղղությունների, սեյսմիկ մոմենտի թենզորային վերլուծության և Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծության հիման վրա բացահայտվել է, որ օջախում տեղի է ունեցել միառանցք, մերձհորիզոնական, աջակողմյան սահքային տեղաշարժ:

Գործիքային տվյալների հիման վրա կատարված համալիր վերլուծությամբ կառուցվել է երկրաշարժի օջախի իրատեսական երկրադինամիկ մոդելը և ստացվել է օջախային գոտու սեյսմոգենեզի ճշգրտված պատկերները:

**Հանգուցային բառեր.** օջախ, մագնիտուդ, սեյսմիկ մոմենտ, անջատված լարում, երկրադինամիկ մոդել:

## Ներածություն

Սույն թվականի փետրվարի 5-ին տեղական ժամանակով 19:36:09 (15:36:09 ըստ Գրինվիչի ժամանակի) Սևանա լճի ավազանի հյուսիս-արևելյան հատվածում՝ Շորժա բնակավայրի մերձակայքում տեղի է

ունեցել  $M_b=5.1$  մագնիտուդով երկրաշարժ, որը զգացվել է Էպիկենտ-րոնին հարող տարածքում  $I_0=6-7$  բալ ուժգնությամբ:

Սևանա լճի ավազանը սեյսմիկության տեսանկյունից գտնվում է խիստ անբարենպաստ պայմաններում: Պատմական ժամանակահատվածից մինչև արդի ժամանակները տեղի ունեցած ուժեղ և կործանարար՝ Խոնարհասարի մ.թ.ա. 768թ., Գանձակի 1139թ., Գառնիի 1679թ., Ծաղկաձորի 1827թ., Ծովագյուղի 1853թ. և 1945թ. և այլ երկրաշարժերի ազդեցության գոտին պարփակում են Սևանա լճի ավազանի տարածքը: Այդ երկրաշարժերի օջախները տեղաբաշխված են տարբեր հիեարխիկ մասշտաբներով սեյսմածին բեկվածքային գոտիներում, որոնք ինչպես ուրվագծում, այնպես էլ հատում են հետազոտվող տարածքը: Դրանք են հանդիսանում Փամբակ-Սևան-Սյունիք (PSSF), Գեղամի (GEGF), Գավառագետի (GAVF), Գառնիի (GF) (Կարահանյան, 1995, Karakhanian et al. 2004), Խոնարհասարի (KHF), որը ըստ (Karakhanian et al. 2004), հանդիսանում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք բեկվածքային համակարգի 5-րդ սեգմենտը, Արարատ-Սևանի (ASF) (Պիրուզյան, 1969; Ասլանյան և ըր., 1981, 1986; Սարգսյան, Շախբեկյան, 2015) բեկվածքային գոտիները (նկ.1):



Նկ.1. Մ.թ.ա.-ից մինչև 10.05.2021թ. տեղի ունեցած  $M>4.5$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժերի տարածական բաշխվածությունը:

Սևանա լճի ավազանում երկրաբանական (սեյսմածին գոտիների լրիվ ձգվածության- $L$ , նրանց սեգմենտների- $LS$  մեծության, միմյանց հետ փոխազդող երկրաբաշխվածության / $GB$ / միջին չափերի- $\delta$ , սեյսմալինիա-մենտների միջև եղած առավելագույն հեռավորությունների- $L_{max}$ ) և սեյսմաբանական (պլեյստոսեյստային գոտիների մակրոսեյսմիկ տվյալների- $I_0$ , դիտարկված ուժեղագույն երկրաշարժերի մագնիտուդ-

ների սահմանային արժեքների- $M$  և սեյսմիկ ռեժիմի քանակական պարամետր հանդիսացող  $K_{max}$ -ի) չափորոշիչների կիրառմամբ գնահատվել են բեկվածքային գոտիների  $M_{max}$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքները:

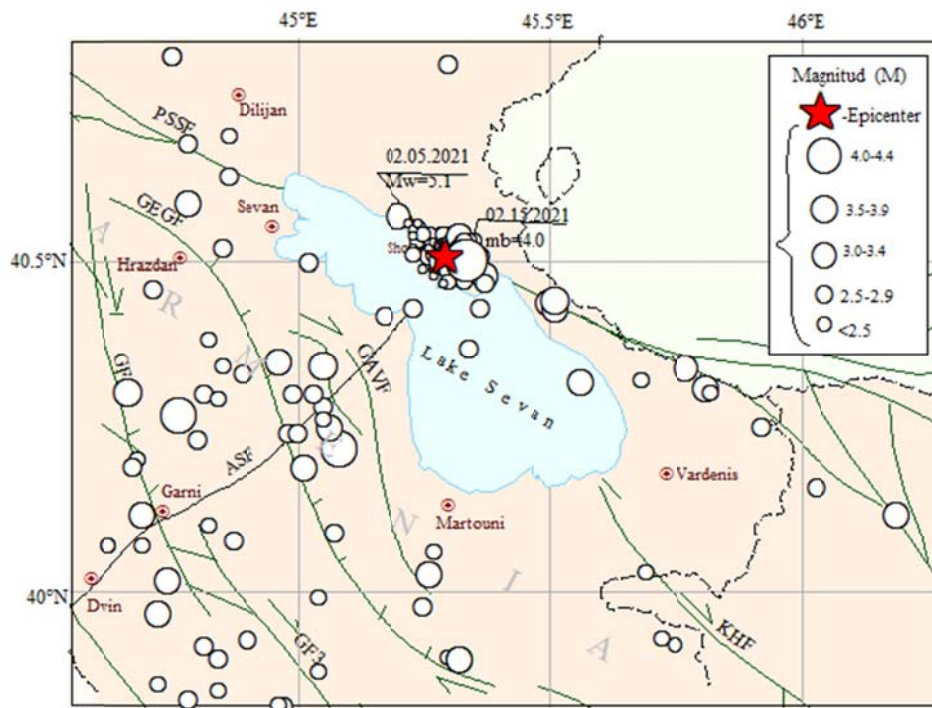
Սեյսմիկ պոտենցիալի  $M_{max}= 7.1-7.5$  արժեքով առաջնահերթ տարանջատվում է Հայաստանի տարածքով ձգվող և երկրակեղևի վերին թիկնոցը հատող, առաջին կարգի Փամբակ-Սևան խորքային բեկվածքը, որի երկայնքով տեղի է ունենում երկրակեղևի խոշոր բլոկների ակտիվ տեղաշարժեր, որոնք և դրսևորվում են ուժեղ և կործանարար երկրաշարժերով:

Երկրորդ կատեգորիայի խզվածքները, որոնք կապված են երկրակեղևի վերին կառուցվածքային շերտերի հետ, հիմնականում սահմանազատվում են սեյսմածին շերտի ստորին հատվածներով և ուրվագծում են երկրակեղևի կառուցվածքային մասնատվածությունը, դրանց թվին են դասվում Խոնարհասարի և Գառնիի  $M_{max}= 6.6-7.0$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքներ ունեցող խզվածքային գոտիները:

Երրորդ կարգի խզվածքների դասին են վերագրվում արդի ժամանակահատվածում թույլ և միջին սեյսմիկությամբ ակտիվություն ցուցաբերած Գավառագետի, Գեղամի և Կովկասյան ուղղության հակուղղված Փամբակ-Սևանի բեկվածքային գոտու դիզյունկտիվ հանգույցից մինչև Իգդիր բնակավայրը հետագծող Արարատ-Սևանի  $M_{max}= 6.1-6.5$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքներով ներկեղևային խզվածքային խախտումները (Оганесян и др., 2004) (նկ.2):

Ժամանակակից սեյսմիկության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Սևանա լճի ավազանի արևմտյան և հարավ-արևմտյան տիրույթներում  $M=3-4$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժերով դրսևորված սեյսմիկ ակտիվությունը զգալիորեն գերազանցում է հետազոտվող տարածքի հյուսիս-արևելյան հատվածի սեյսմիկությանը: Սակայն հարկ է նշել, որ 2021թ. փետրվարի 5-ին տեղի ունեցած  $M_s=5.1$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժը՝ 1988թ. դեկտեմբերի 7-ի Սպիտակի  $M_s=7$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժից ի վեր, Փամբակ-Սևան բեկվածքային գոտում հանդիսանում է մինչև օրս տեղի ունեցած առավել ուժեղ երկրաշարժը:

Այս երկրաշարժի գործիքային և մակրոսեյսմիկ դիտարկումների տվյալների վերլուծությունը իրենից ներկայացնում է հույժ կարևոր գիտակիրառական խնդիր՝ ուղղված ինչպես ուժեղ երկրաշարժերի օջախներում ընթացող ֆիզիկական պրոցեսների հիմնական օրինաչափությունների և բնութագրական առանձնահատկությունների բացահայտմանը, այնպես էլ հետազոտվող տարածքի սեյսմիկ վտանգի առավել ադեկվատ գնահատման աշխատանքներին:



Նկ.2. 2005թ.-ից մինչև 10.05.2021թ. տեղի ունեցած թույլ և միջին ուժգնությամբ սեյսմիկ իրադարձությունների տարածական բաշխվածությունը:

**Երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրեր:** Շորժայի երկրաշարժը գրանցվել է և նրա հիմնական պարամետրերը տեղայնացվել են աշխարհի, տարածաշրջանային, հանրապետական թվով 14 գործակալությունների և սեյսմաբանական ծառայությունների կողմից, որոնք ներառում են ավելի քան 140 սեյսմիկ կայաններ: Երկրաշարժը գրանցված կայանների էպիկենտրոնային հեռավորությունները օջախից կազմում են  $R_{dis} = 54 - 7500$  կմ:

Հարկ է նշել, որ երկրաշարժի օջախի տարածական կոորդինատների որոշման ճշտությունը էականորեն կախված է օջախի նկատմամբ երկրաշարժը գրանցված սեյսմիկ կայանների ազիմուտալ տեղաբաշխվածությունից, էպիկենտրոնային հեռավորությունից,  $P$  երկայնական ալիքի մուտքի հստակությունից և նրանց կինեմատիկ անհամաձայնեցվածությունից: Հետագա ուսումնասիրությունների համար, վերոնշյալ 14 գործակալություններից ընտրվել են 7 հեղինակավոր սեյսմաբանական ծառայություններ որոնց կողմից և որոշվել է ուսումնասիրվող երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը (աղ.1):

Աղյուսակ 1

Երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը ըստ սեյսմաբանական  
ծառայությունների

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Գործակալ.<br>անվանումը* | Երկրաշարժի<br>տեղի ունենալու<br>ժամանակը |     |     | Հիպ. կոորդինատ |       |      | Մագնիտուդ      |                |                | Ինտենս.<br>I <sub>0</sub><br>բալ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----|-----|----------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | ժամ                                      | րոպ | վրկ | φ°N            | λ°E   | Իկմ  | M <sub>s</sub> | M <sub>b</sub> | M <sub>w</sub> |                                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | NEIC                    | 15                                       | 36  | 11  | 40.50          | 45.34 | 12.8 | 5.2            | -              | 5.1            | -                                |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | EMSC                    | 15                                       | 36  | 10  | 40.51          | 45.29 | 10   | 5.1            | -              | 5.1            | -                                |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GSRS                    | 15                                       | 36  | 11  | 40.38          | 45.25 | 10   | -              | 5.0            | -              | -                                |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | NSSP                    | 15                                       | 36  | 05  | 40.53          | 45.32 | 10   | -              | 4.9            | -              | 6-7                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GFZ                     | 15                                       | 36  | 13  | 40.54          | 45.40 | 10   | -              | 5              | -              |                                  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | KAN                     | 15                                       | 36  | 12  | 40.57          | 45.21 | 11.4 | 5.1            | -              | -              | -                                |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | TIF                     | 15                                       | 36  | 09  | 40.54          | 45.23 | 7.3  | -              | 5              | -              | 5.5-6                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                          |     |     |                |       |      |                |                |                |                                  |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | IGES                    | 15                                       | 36  | 09  | 40.51          | 45.30 | ≈10  | -              | 5.1            | -              | 6-7                              |
| * NEIC - National Earthquake Information Centre,<br>EMSC- European Mediterranean Seismological Centre,<br>GSRS Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,<br>NSSP- National Survey of Seismic Protection,<br>GFZ- Geoforschungs Zentrum,<br>KAN- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute,<br>TIF- Seismic Monitoring Centre of Georgia,<br>IGES- Institute of Geophysics and Engineering Seismology |                         |                                          |     |     |                |       |      |                |                |                |                                  |

Աղյուսակ 1-ում բերված պարամետրերի մանրամասն վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ընդհանուր առմամբ տարբեր սեյսմաբանական գործակալությունների կողմից որոշված երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերի քանակական արժեքները հիմնականում համընկնում են: Այնուամենայնիվ երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերի միջև գոյություն ունեցող տարբերությունները տատանվում են պարամետրերի որոշման ճշգրտության սահմաններում և հիմնականում կապված են այդ ծառայությունների կողմից ընդգրկված սեյսմիկ կայանների քանակից, դրանց միակողմանի անհամաչափ ազիմուտալ բաշխվածությունից և երկրակեղևի տարանջատված շերտերում ըստ խորության արագությունների դաշտի փոփոխությունների փորձարարական հոդոգրաֆների ընտրությունից:

Առանձնահատուկ ուշադրության է արժանի երկրաշարժի էներգետիկ բնութագրիչի՝ տարբեր սանդղակներով մագնիստուդի արժեքների գնահատումը: NSSP, TIF, GFZ և GSRS գործակալությունների կողմից երկրաշարժի մագնիստուդը գնահատվել է Ռիխտերի ծավալային ալիքներով որոշված  $m_b$  մագնիստուդի սանդղակի միջոցով, իսկ EMSC, NEIC և KAN ծառայությունների կողմից երկրաշարժի մագնիստուդը գնահատվել է Գուտենբերգի մակերևութային ալիքներով արտահայտված  $M_s$  մագնիստուդի սանդղակի միջոցով, ընդ որում EMSC և NEIC գործակալությունների կողմից, ի լրումն  $M_s$  մագնիստուդի, որոշվել է նաև երկրաշարժի ձգված օջախում լարվածադեֆորմացիոն վիճակը և խզումնագոյացման պրոցեսը ադեկվատ նկարագրող  $M_w$  մոմենտային մագնիստուդը:

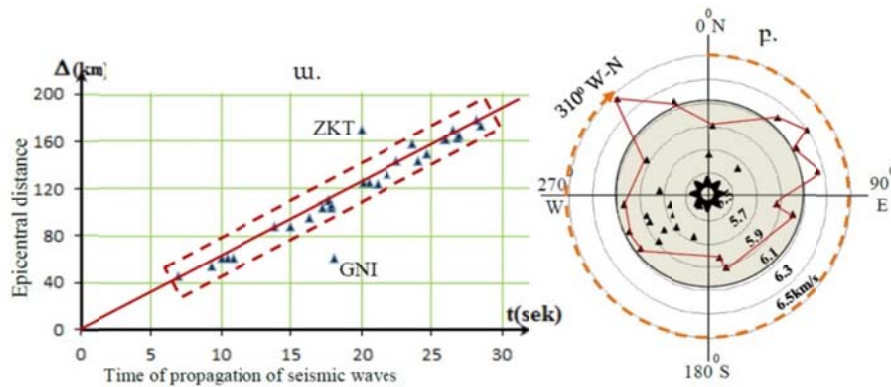
Հիպոկենտրոնի որոշման համար գոյություն ունեցող բոլոր գործիքային գնահատումները ցույց են տալիս, որ երկրաշարժի օջախի խորությունը տատանվում է 7-13կմ խորության սահմաններում: Սյս խորությունները էպիկենտրոնային գոտում համընկնում է բյուրեղային հիմքի վերին շերտի տեղադիրքի հետ: Գործիքային տվյալների ամփոփիչ վերլուծության արդյունքում, մեր կողմից գնահատվել է երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը (աղ.1):

Օջախային և կառուցվածքային սեյսմաբանության զարգացման արդի փուլում, ժամանակակից թվային սեյսմիկ գրանցումների սպեկտրալ վերլուծությունների և դրանց մեկնաբանման մաթ-մոդելավորման տեսության առանձին բաժինների ներդրմամբ, հատուկ հետազոտություններ են իրականացվում երկրաշարժի օջախում տեղի ունեցող ֆիզիկական պրոցեսների պատճառահետևանքային կապերի բացահայտման, խզումնագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ բնութագրիչների քանակական գնահատման ուղղություններով:

***Կինեմատիկ սպեկտրալ բնութագրիչներ և խզումնագոյացման մոդել:***  
Երկրաշարժի օջախի խզումնագոյացման կինեմատիկ պարամետրերի որոշման նպատակով, կիրառվել է ազիմուտալ հոդոգրաֆի կառուցման մեթոդական մոտեցումները (Горбунова, 1984): Համաձայն այդ մեթոդաբանության, գործիքային տվյալների բազայից ներգրավել ենք օջախը ազիմուտալ ուղղությամբ շրջապատած  $R_{dis}=180$ կմ շառավղով ավելի քան 46 սեյսմիկ կայանների P երկայնական ուղիղ ալիքների մուտքերի ժամանակները: Առաջին փուլում Վադատիի գրաֆիկի կիրառմամբ իրականացվել է ելակետային տվյալների ճշգրտության վերլուծություն (նկ.3ա):

Սեյսմիկ ալիքների տարածման հոդոգրաֆի (նկ.3ա) վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ P ուղիղ ալիքների մուտքերի ժամանակների և օջախից կայան էպիկենտրոնային հեռավորությունների միջև գոյություն ունի ընդհանուր օրինաչափություն, որը լավագույնս ապրոկսիմացվում է գծային կախվածությամբ և իրենից ներկայացնում է ոչ մեծ հեռավորությունների վրա սեյսմիկ ալիքների տարածման արագությունների հոդոգրաֆ՝  $v_p = 6.1$ կմ/վ տեսական արագությամբ: Ժա-

մանակների մուտքերի անճշտություններով պայմանավորված, հետագա հետազոտություններից դուրս են մնացել ընդհանուր օրինաչափությունից շեղված երկու կայանների (GNI, ZKT) ելակետային տվյալները:



Նկ.3. Սեյսմիկ ալիքների տարածման (ա) և արագությունների ազիմուտալ ուղղվածության (բ) հոդոգրաֆները (4 - սեյսմիկ կայան):

Երկրաշարժի օջախն ամբողջությամբ ազիմուտալ շրջափակող սեյսմիկ կայանների ճշգրիտ թվային գրանցումների ալիքային պատկերների վերծանմամբ կառուցվել է երկայնական P ուղիղ ալիքի առավելագույն ( $\tau_{max}$ ) և նվազագույն ( $\tau_{min}$ ) փուլերին համապատասխանող ժամանակների տարբերության և սեյսմիկ կայանների ազիմուտալ տեղադիրքի միջև կախվածությունը պատկերող՝ սեյսմիկ ալիքների տարածման ազիմուտալ հոդոգրաֆը (նկ.3բ):

Այդ հոդոգրաֆի քանակական արժեքների տվյալների

$$l = \frac{v_p}{2} \cdot (\tau_{max} - \tau_{min}) \quad (1)$$

$$c = v_p \cdot \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{\tau_{max} + \tau_{min}} \quad (2)$$

և (1) - (2) հայտնի բանաձևերի կիրառմամբ, որոշվել են խզումագոյացման կինեմատիկ պարամետրերը, որոնց թվային մեծությունները բերված են աղյուսակում (աղ.2):

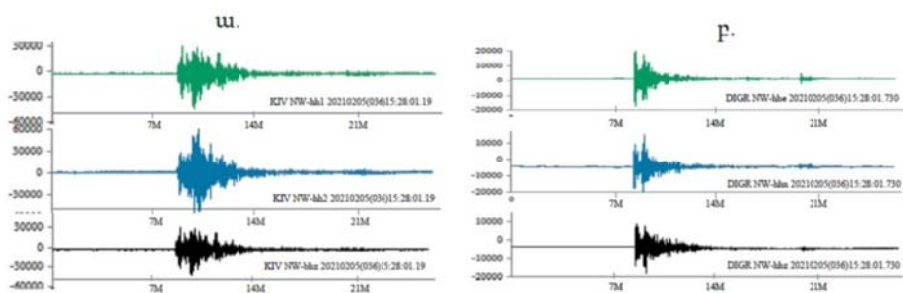
Աղյուսակ 2

Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման կինեմատիկ պարամետրերը

|                                                               |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| $v_p$ - երկայնական ալիքի տարածման արագության միջակայք         | $6.1 \pm 0.5$ կմ/վ |
| $\Phi_s$ - խզումագոյացման ազիմուտալ կողմնորոշում              | $\sim 310^\circ$   |
| $\tau = \tau_{max} - \tau_{min}$ - խզումագոյացման տևողություն | $\sim 1.25$ վ      |
| $c$ - խզումագոյացման արագություն                              | $\sim 4.2$ կմ/վ    |
| $l$ - օջախի խզումագոյացման երկարություն                       | $\sim 5$ կմ        |

Ազիմուտալ հոդոգրաֆի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Շորժայի երկրաշարժի օջախում խզումագոյացման պրոցեսը իրենից ներկայացնում է հարավ-արևելքից դեպի հյուսիս-արևմուտք լաթերալ ուղղված միակտանի խզման պրոցես:

**Երկրաշարժի օջախի դինամիկ պարամետրեր:** Ստացված որակական և քանակական արդյունքների վերլուծությունը թույլ է տալիս մոդելավորել, խզումագոյացման պրոցեսը, որպես առանց թևերի անջատման, հարթ սահքով՝ հոծ միջավայրի մեկուսացված խզվածք: Այդ մոդելը իրենից ներկայացնում է օջախից  $P$  և  $S$  կանոնավոր բաղադրիչներով առաքված ալիքների աղբյուր, որը լավագույնս ապրոկսիմացվում է Բրունի մեկ  $0$ -ական  $\omega^2$  անկյունային հաճախականությամբ սպեկտրալ-էներգետիկ մոդելով (Brune, 1970; Аки, Ричардс, 1983): Շորժայի երկրաշարժի օջախի սպեկտրալ բնութագրիչները և դինամիկ պարամետրերը որոշվել են Կիսլովոդսկի և Դիգորի կայանների թվային գրանցումների  $P$  ալիքային պատկերների վերծանման միջոցով (նկ.4):

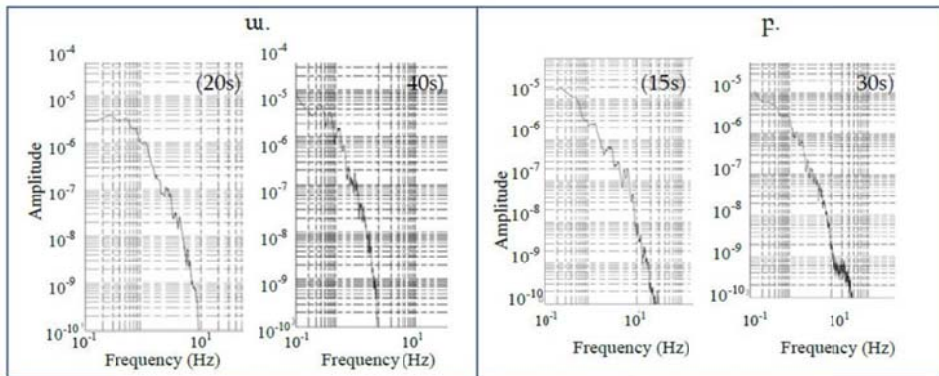


Նկ. 4. 02.05.2021թ. Շորժայի երկրաշարժի թվային գրանցումները ըստ կայանների՝ ա.-Կիսլովոդսկի (KIV), բ.-Դիգորի (DIGOR):

SAC ծրագրային փաթեթի առանձին բաժին հանդիսացող Ֆուրյեի արագ ձևափոխության (ՖԱՁ) լայնույթի սպեկտրի մշակման մեթոդի կիրառմամբ, թվային գրանցումը վերծանվել է բարձր և ցածր հաճախականության տիրույթները՝  $f_0$  – անկյունային հաճախականության ճկման կետով տարանջատած  $lg\Omega$  – սպեկտրալ խտության քառակուսային օրենքով մարման դիագրամի (նկ.5):

Սպեկտրալ վերլուծության գրաֆիկից (նկ.5) դուրս են բերվել  $P$  երկայնական ալիքի՝  $T=20(40)$ վ (ըստ Կիսլովոդսկի կայանի) և  $T=15(30)$ վ (ըստ Դիգորի կայանի) տևողություններին համապատասխանող  $f_0$  և  $lg\Omega$  քանակական արժեքները, որոնց հիման վրա ուղիղ հաշվարկային եղանակով որոշվել է երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման դինամիկ պարամետրերի թվային մեծությունները (Костров, 1976; Аптектман и др., 1989) (աղ.3):





Նկ. 5. Գրանցումների  $z$  բաղադրիչների Ֆուրյեի սպեկտրները՝  
ա- KIV կայանի 20վրկ և 40վրկ, բ.- DIGOR կայանի 15վրկ և 30վրկ տևողությունների համար:

### Աղյուսակ 3 Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման դինամիկ պարամետրերը

| $f_0$ (Հց) – զրո անկումային հաճախականություն | $\Omega_0$ (սմ <sup>4</sup> )-լայնության սպեկտրալ խտություն | $M_0$ (Նմ)-սկայլար սեյսմիկ մոմենտ | $L(l_0)$ -խզումագոյացման երկարություն | $r_0$ (կմ) -ռեֆերենտ շառավիղ | $\Delta\sigma$ (բար)-անջատված լարում | դժ (բար)-թվացյալ լարում | $\bar{u}$ (սմ)-սեյսմատեկտոնական տեղաշարժ | $M_w$ – մոմենտային մագնիտուդ |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| 1,2                                          | $0,5 \cdot 10^{-6}$                                         | $6,85 \cdot 10^{16}$              | 5,001                                 | 2,5                          | 2,15                                 | 0,87                    | 36                                       | 5,2                          |

Սպեկտրալ-էներգետիկ մեթոդներով որոշված սկայլար սեյսմիկ մոմենտի և անջատված լարումների թվային արժեքները համապատասխանում են, մայրցամաքային կոլիզիոն գոտիներում բեկվածքային բարդ համակարգով մասնատված տիրույթներում տեղի ունեցած  $M=5$  մագնիտուդի խմբին բնորոշ երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման տվյալ պարամետրերի գնահատված մեծություններին:

**Երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի հիմնական պարամետրեր և լարվածադեֆորմացիոն վիճակ:** Սեյսմատեկտոնական տեղաշարժի, թվացյալ լարումների և խզումագոյացման արագության համեմատաբար մեծ արժեքները բնորոշ են Բրունի հարաբերական հարթ սահքով մեկ ակտանի խզումագոյացման մոդելին: Օջախում գործող սեղմման և

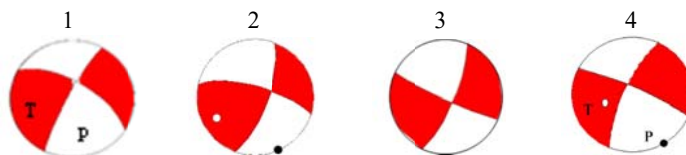
ձգման լարումների ազիմուտալ կողմնորոշումների, խզումագոյացման պրոցեսի իրական հարթության և դրանում սեյսմատեկտոնական տեղաշարժի տեսակը բացահայտելու նպատակով մեր կողմից իրականացվել է ֆոկալ մեխանիզմի պարամետրերի որոշում և ստերեոգրաֆիկ պրոեկցիաների կառուցում (Введенская, 1969):

Ստացված արդյունքները համադրվել են տարբեր սեյսմաբանական գործակալությունների կողմից որոշված օջախի մեխանիզմի պարամետրերի (աղ.4) և ստերեոգրաֆիկ պրոեկցիաների (նկ.6) հետ:

Աղյուսակ 4

Երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի հիմնական պարամետրերը

| Գործակալություն | Լարումների առանցքներ (°) |    |            |    |         |    | Նոդալ հարթություններ (°) |      |       |       |      |       |
|-----------------|--------------------------|----|------------|----|---------|----|--------------------------|------|-------|-------|------|-------|
|                 | Սեղմում P                |    | Ջրոյական N |    | Ձգում T |    | NP1                      |      |       | NP2   |      |       |
|                 | AZM                      | PL | AZM        | PL | AZM     | PL | STR K                    | DI P | SLI P | STR K | DI P | SLI P |
| GSRS            | 154                      | 0  | 64         | 64 | 244     | 64 | 22                       | 72   | 19    | 286   | 72   | 161   |
| EMSC            | 157                      | 9  | 65         | 67 | 250     | 22 | 203                      | 65   | 15    | 300   | 85   | 165   |
| NEIC            | 162                      | 22 | 12         | 65 | 257     | 11 | 208                      | 66   | -24   | 301   | 83   | -172  |
| GFZ             | -                        | -  | -          | -  | -       | -  | 23                       | 77   | -4    | 114   | 85   | -167  |
| IGES            | 160                      | 10 | 50         | 65 | 250     | 35 | 205                      | 70   | 15    | 295   | 80   | 165   |



Նկ. 6. Շորժայի երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի ստերեոգրամները ըստ գործակալությունների՝ 1.- NEIC, 2.- GFZ , 3.- EMS, 4.- IGES (աղ.4):

Ֆոկալ մեխանիզմի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ տարբեր սեյսմաբանական ծառայությունների կողմից որոշված նոդալ հարթությունների ազիմուտալ կողմնորոշումները, ինչպես նաև սեղմման և ձգման լարումների գլխավոր առանցքների ուղղվածությունները ընդհանուր առմամբ համընկնում են, իսկ նրանց անկյունների աստիճանային չափերի տարբերությունները գտնվում են ֆոկալ մեխանիզմի որոշման ճշտության սահմաններում ( $\pm 15^\circ$ ):

Շորժայի երկրաշարժի օջախում տարանջատված նոդալ հարթությունները համընկնում են հետազոտվող տարածքում առկա Փամբակ-

Սևանի և Արարատ-Սևանի բեկվածքային սեզմենտների տարածման ուղղությունների հետ: Առանձնահատուկ ուշադրություն է արժանի երկրորդ նոդալ հարթության ազիմուտալ կողմնորոշումը, որը համընկնում է ինչպես սեյսմիկ ալիքների արագությունների ազիմուտալ դաշտի տարածման, այնպես էլ Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի աշխարհագրական դիրքավորման հետ: Բերված փաստերը մեզ հիմք են տալիս այդ հարթությունը համարել խզումնագոյացման պրոցեսի ձևավորման և տարածման իրական հարթություն: Արարատ-Սևանի բեկվածքային սեզմենտի տարածման ուղղությունն ունեցող առաջին նոդալ հարթությունը, մեր կողմից ընդունվել է որպես իրական խզման հարթությանն օրտոգոնալ դիրքավորում ունեցող՝ օժանդակ հարթություն: Այս երկու նոդալ հարթություններն էլ երկրակեղում դիրքավորված են զառիթափ անկման անկյամբ: Նոդալ հարթություններով տարանջատված ձգման և սեղմման տիրույթներում տեկտոնական լարումների գլխավոր առանցքներն ունեն համապատասխանաբար մերձգուգահեռական և մերձմիջօրեկան ազիմուտ ուղղվածություն, իսկ նրանց անկման անկյուններն երկրակեղում դիրքավորված են մերձհորիզոնական ուղղությամբ: Տեկտոնական լարումների այդպիսի աստիճանային կողմնորոշումներն և խզման հարթության մեջ աղ.4-ում բերված սահքի վեկտորի  $\lambda=165^\circ$  մերձհորիզոնական ուղղվածությունը բնութագրում են երկրաշարժի օջախում տեղի ունեցող աջակողմյան սահք տեսակի սեյսմատեկտոնական տեղաշարժը:

Թենզորային վերլուծությամբ իրականացվել է սեյսմիկ մոմենտի  $M_{i,j,k}$  գլխավոր և դեվիատորային բաղադրիչների քանակական գնահատում, բերված (3) մատրիցի տեսքով (Ризниченко, 1985; Юнга, 1990; Воронина, 2004):

$$M_{i,j,k} = M_0 \cdot \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = 6,85 \cdot 10^{16} \cdot \begin{pmatrix} 8,064 & 0,241 & -0,862 \\ 0,241 & -0,088 & 0,477 \\ -0,862 & 0,477 & -7,976 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Օջախային գոտու լարվածային վիճակի բնույթը բացահայտելու նպատակով, (4) բանաձևի կիրառմամբ որոշվել է տեսական մեխանիկայից հայտնի Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծությունը՝

$$\mu_M = 2 \cdot \frac{M_2 - M_3}{M_1 - M_3} - 1 = 0,15 \quad (4)$$

Երբ  $M_1 \geq M_2 \geq M_3$

Սեյսմիկ մոմենտի թենզորային բաղադրիչների և Լոդե-Նոդայի գործակցի համադրական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ երկրաշարժի օջախն ընդգրկող երկրաբանական միջավայրում տեղի է ունեցել հիմնականում միառանցք սեղմման-ձգման պարզագույն սահքային լարումներ:

Ինչպես գիտենք օջախի խզումնագոյացման պրոցեսի ընթացքում, տեղի է ունենում կուտակված լարումների ոչ լրիվ անջատում (Костров, 1975): Օջախում առկա, մնացորդային լարումների մի մասը անհավա-



ճանային օրենքի (LPL) մոդիֆիկացված տարբերակով՝ (5), (Narteau et al., 2003):

Կառուցվել է միավոր ժամանակահատվածում հետցնցումային քանակի ըստ ժամանակահատվածի բաշխվածության գրաֆիկը (նկ.7.բ.):

$$\lambda(t) = \frac{K}{(c + t)^p} \quad (5)$$

որտեղ  $\lambda$  - տրված սահմաններում հետցնցումային հաճախականությունն է,  $t$  - հիմնական ցնցման պահն է,  $K$  - հետցնցումային հաջորդականության արդյունավետությունը,  $p$  - մարման գործակիցն է,  $c$  - ժամանակային ուշացումը:

Հետցնցումների բնութագրական պարամետրերը որոշելու նպատակով, աստիճանային կախվածությունը կրկնակի լոգարիթմական սանդղակով բաղդատվել է երեք գծային, հիպերբոլական և էքսպոնենցիալ տեսքերով կախվածությունների.

- առաջին փուլը, որը համապատասխանում է հետցնցումների առաջին ժամերին և հիմնականում բնութագրում է խզվածքի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, ապրոկսիմացվում է գծային կախվածությամբ,
- երկրորդ փուլը ներկայացվում է հիպերբոլիկ կախվածությամբ և արտացոլում է օջախային գոտին ընդգրկող լեռնային ապարների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները,
- երրորդ փուլը օջախային գոտու ռելաքսացիոն փուլն է և լավագույնս ապրոկսիմացվում է էքսպոնենցիալ օրենքով (Баранов, Шебалин, 2014):

Գնահատվել են հետցնցումային պրոցեսի բնութագրիչների քանակական արժեքները՝  $c=17$  րոպե,  $p=1.15$ ,  $K=42$ : Առանձնահատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում  $\lambda_a=0.175$  օր<sup>-1</sup> և  $\lambda_b=10249$  օր<sup>-1</sup> հետցնցումային հաճախականություններին համապատասխանող  $t_1$  և  $t_2$  ժամանակային միջակայքերը: Այդ միջակայքերի հարաբերակցությունը հիմնականում բնութագրում է երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման տեսակը (հարթ, միջին ատամնավոր և խիստ ատամնավոր) (Баранов, Шебалин, 2014): Շորժայի հետցնցումային պրոցեսի համար ստացված  $t_1=0.011$  օր և  $t_2=40$  օր ժամանակային տևողությունների հարաբերակցությունը, ցույց է տալիս, որ օջախում տեղի է ունեցել հարթ տեսակի խզումագոյացում: Երկրորդ փուլը բնութագրող  $p=1.15$  մարման գործակցի արժեքը, ըստ Շոլցի դասակարգման համապատասխանում է երկրաբանական միջավայրի մածուցիկա-առաձգական ռելաքսացիոն մոդելին (Scholz, 1968):

**Մակրոսեյսմիկ դիտարկումներ:** Մակրոսեյսմիկ ազդեցության վերլուծությունն իրականացվել է NSSP-ի կողմից անմիջապես Հայաստանի տարածքի տարբեր բնակավայրերից հավաքագրված հարցումների, հանրապետական մամուլում լուսաբանված շենք-շինություն-

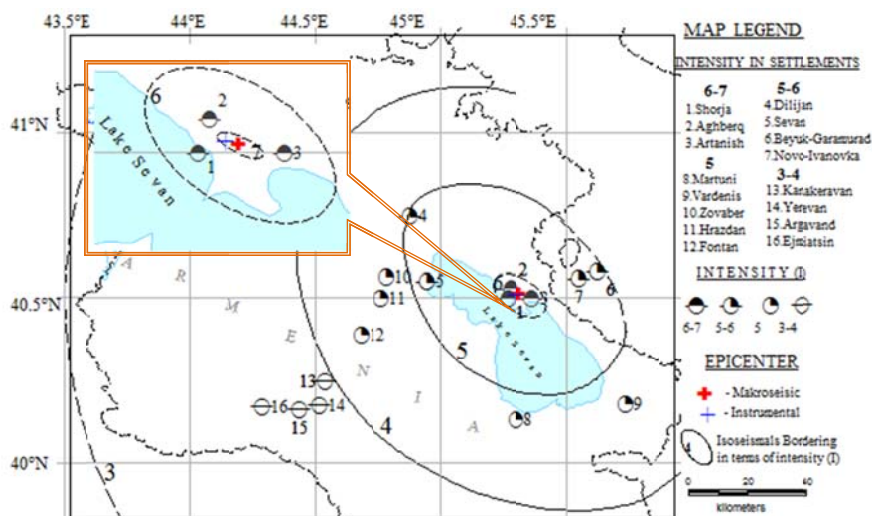
ների, մարդկային զգացողությունների, ինչպես նաև EMSC-ի բազայից հավաքագրված հարևան երկրների որոշ քաղաքների վրա թողած ազդեցություններով: Այդ բնակավայրերում սեյսմիկ ազդեցությունների բալականության գնահատումը իրականացվել է մակրոսեյսմիկ MSK-64 սանդղակի օգնությամբ:

Առավել 6-7 բալ ուժեղ ինտենսիվությամբ Շորժա, Աղբերք և Արտանիշ բնակավայրերն ընդգրկող տիրույթը, ընդունվել է որպես պլեյստոսենյաստային գոտի, որի երկրաչափական կենտրոնը համարվել է մակրոսեյսմիկ էպիկենտրոն: Կիրառելով Անդրկովկասի համար Ն. Վ. Շեքալինի կողմից առաջադրված մակրոսեյսմիկ դաշտի հավասարումը

$$I_i = 1.4 \cdot M - 3.5 \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + 4.2 \quad (6)$$

կառուցվել է Շորժայի երկրաշարժի մակրոսեյսմիկ ազդեցության իզոսեյստերի քարտեզը (նկ.8.) (Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР, 1977):

Հայտնի է, որ ոչ խորը ( $H=10$  կմ) կեղևային երկրաշարժերի ժամանակ ուժեղագույն իզոսեյստը իրենից ներկայացնում է խզումը պարփակող պլեյստոսենյաստային գոտի, որն արտացոլում է օջախային գոտու կառուցվածքային և երկրաբանական կազմության առանձնահատկությունները:



Նկ. 8. Շորժայի երկրաշարժի իզոսեյստերի քարտեզ:

Քարտեզի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Շորժայի երկրաշարժի առավել ուժեղ առաջին-երկրորդ իզոսեյստերը ունեն էլիպսաձև ձգվածություն և համընկնում են Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի երկրաբանական դիրքավորման հետ: Ավելի ցածր մինչև 4 բալականության իզոսեյստերը ունեն կենտրոնահամաչափ շրջանագծերի տեսք և ընդգրկում են Հայաստանի հյուսիսային և հյուսիս-արևելյան

տարածքների զգալի մասը: Մակրոսեյսմիկ դիտարկումների իզոսեյստալ քարտեզները սեյսմիկ վտանգի ադեկվատ գնահատման գործընթացում հանդիսանում են լրացուցիչ չափանիշներ:

### **Եզրակացություններ**

Աշխատանքում իրականացված օջախային ճառագայթման սպեկտրալ բնութագրիչների, ինչպես նաև օջախի դինամիկ և կինեմատիկ առանձնահատկությունների հետազոտությունների արդյունքներից գալիս ենք այն եզրակացության, որ Շորժայի երկրաշարժի օջախը համապատասխանում է Բրունի շրջանաձև դիսլոկացիոն մոդելին՝ իրենից ներկայացնելով առանց թևերի անջատման հարթ սահեքով միակտանի խզումագոյացման պրոցես:

Օջախի մեխանիզմի լուծումների հիման վրա բացահայտվել է, որ խզման հարթությունը համընկնում է Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի ազիմուտալ կողմնորոշման հետ: Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ պարամետրերի քանակական արժեքների, սեյսմիկ մոմենտի թենզորային վերլուծության, օջախում գործող լարումների գլխավոր առանցքների ուղղությունների և Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծության հիման վրա բացահայտվել է, որ օջախում տեղի է ունեցել միառանցք, մերձհորիզոնական, աջակողմյան սահեքային տեղաշարժ:

Օմորիի-Ուստուիի օրենքով գնահատված հետցնցումային պրոցեսի ժամանակաէներգետիկ բնութագրիչների հիման վրա բացահայտվել է մնացորդային տեկտոնական լարումների ռելաքսացիոն բնույթը, իսկ Շուլցի դասակարգմամբ որոշվել է օջախային տիրույթն ընդգրկող երկրաբանական միջավայրի մածուցիկաառաձգական մոդելը:

Հայտնի է, որ յուրաքանչյուր  $M > 5$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժ իրենից ներկայացնում է երկրակեղևում անընդհատ ընթացող բարդ երկրադինամիկ պրոցեսների դիսկրետ արտացոլում: Այս տեսանկյունից, գործիքային տվյալների հիման վրա կատարված համալիր վերլուծությունը, հնարավորություն է տալիս կառուցել երկրաշարժի օջախի իրատեսական երկրադինամիկ մոդելը և ստանալ օջախային զոտու սեյսմոգենեզի ճշգրտված պատկերները:

Աշխատանքը կատարվել է ՀՀ Գիտության կոմիտեի դրամաշնորհային ծրագրի շրջանակում N ACH-01/21):

### **Գրականություն**

- Սարգսյան Հ.Հ., Շախբեկյան Տ.Ն. 2015. Հայաստանի առաջին խոշորամասշտաբ (1:200 000) տեկտոնական քարտեզը: ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր: Երկրաբանություն և աշխարհագրություն, № 3, էջ 10–19:
- Аки К., Ричардс П. 1983. Количественная сейсмология Теория и методы. М., "Мир", Том 1, 2. 880с.
- Асланиян А.Т., Ананян Э.В., Агамалян К.А., Караханян А.С., Микаелян А.С. 1981. Карты разломов Центральной части Армянской ССР. М 1:200000. Научно-технический

- отчет по проблеме “Прогноз землетрясений”. ИГН АН АрмССР, Ереван, 63с. (Фонды ИГИС).
- Аслабян А.Т., Караханян А.С., Минасян А.О., Акопян С.Ц.** 1986. Некоторые особенности глубинного строения Тавро-Кавказского региона по данным дистанционного зондирования и сейсмологических исследований. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XXXIX, №3. с.11-19.
- Аптекман Ж.Я., Белакина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Полиарпова Л.А., Чепкунас Л.С.** 1989. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от станционного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очагов. Вулканология и сейсмология. № 2. М., Наука, с.66-79,
- Баранов С.В., Шебалин П.Н.** 2014. Методика краткосрочного прогноза афтершоковой активности. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы Республика Армения. Обнинск: ГС РАН с.64-68,
- Введенская А.В.** 1969. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций-М., Наука, 136с.
- Воронина Е.В.** 2004. Механика очага землетрясения. Спецкурс. Москва. 92с.
- Горбунова И.В.** 1984. Методика и некоторые результаты определения длины, скорости и направления распространения разрыва по волновой картине на сейсмограмме, АН СССР ИФЗ М. 98с.-Деп, в ВИНТИ 25.05.84 №3440-84.
- Караханян А.С.** 1995. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийско-Малокавказского орогена Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. М., 45с.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР 1977. Москва., 503с.
- Костров Б.В.** 1975. Механика очага тектонического землетрясения. М., Наука, 176с.
- Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Мкртчян М.Б.** 2004. Сейсмическая опасность бассейна оз. Севан. Сб. научных трудов конференции посвященной 60-летию основания НАН РА. Изд-во "Титутион" НАН РА, Гюмри, с.208-210.
- Пирузян С.А.** 1969. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван, “Айастан”, 92с.
- Ризниченко Ю.В.** 1985. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. М., Наука, 405с.
- Юнга С.Л.** 1990. Методы и результаты изучения сеймотектонических деформаций. М., Наук, 193с.
- Båth M.** 1965. Lateral in homogeneities in the upper mantle Tectonophysics. v. 2. p.483–514.
- Brune J.N.** 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. JGR, vol. 75, Is. 26, p.4997-5009.
- Gardner J.K., Knopoff L.** 1974. Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bull. Seismol. Soc. Am. Vol. 64, №5. p.1363-1367.
- Karakhanian A.S., Vladimir G., Trifonov, Herve Philip, Ara Avagyan et al.** 2004. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. Tectonophysics 380, p.189–219,
- Narteau C., Shebalin P., Hainzl S., Zöller G., Holschneider M.** 2003. Emergence of a band limited power law in the aftershock decay rate of a sliderblock model. Geophys. Res. Lett. V. 30. No. 11. P. 22-1–22-4. Doi: 10.1029/2003GL017110.
- Scholz C.H.** 1968. Microfractures, aftershocks and seismicity. Bull. Seismol. Soc. Am. V. 58, p.1117–1130.



## **ШОРЖИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 05 ФЕВРАЛЯ 2021Г.**

**Карапетян Дж.К., Геодакян Э.Г., Оганесян С.М., Саакян Б.В.,  
Мкртчян Г.А., Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П., Маргарян С.С.,  
Саргсян Г.В., Мкртчян М.А., Карапетян Р.К.**

### **Резюме**

В работе проведен комплексный анализ инструментальных и макросейсмических данных землетрясения 05 февраля 2021г. с магнитудой  $M_b=5.1$ , произошедшего на СВ побережье оз. Севан вблизи населенного пункта Шоржа. На основе анализа волновых картин цифровых регистраций более 140 сейсмических станций различных авторитетных мировых, региональных и республиканских сейсмических агентств осуществлена количественная оценка динамических и кинематических параметров очага землетрясения.

По данным спектральных характеристик очагового излучения, кинематических особенностей процесса разрывообразования установлено, что очаг землетрясения соответствует круговой дислокационной модели Брюна, представляющей собой одноактный процесс разрывообразования без отрыва берегов разрыва с гладким сдвиговым скольжением; рассчитаны его динамические параметры.

По решению фокального механизма действующих ориентаций главных осей напряжений, тензорного анализа сейсмического момента и значения коэффициента Лодэ-Нодай выявлено, что в очаге имели место одноосные, близ горизонтальные, правосторонние сдвиговые подвижки.

Результаты количественного анализа инструментальных данных позволяют построить наиболее реалистичную геодинамическую модель очага землетрясения и получить новую уточненную картину сейсмогенеза района землетрясения.

## **SHORZHA EARTHQUAKE OF FEBRUARY 05. 2021**

**Karapetyan J.K., Geodakyan E.G., Hovhannisyan S.M., Sahakyan B.V.,  
Mkrтчyan G.A., Vinogradov Y.A., Gabsatarova I.P., Margaryan S.S.,  
Sargsyan H.V., Mkrтчyan M.A., Karapetyan R.K.**

### **Abstract**

The work presents a comprehensive analysis of instrumental macro-seismic data of the earthquake with a magnitude of  $M_b = 5.1$  near the Shorzha settlement in the north-eastern coastal area of Lake Sevan on 05.02.2021. The kinematic and dynamic parameters of the epicenter were assessed by the digital images of seismic records of 140 seismic stations in the world provided by regional and republican authoritative seismological agencies.

Based on the spectral characteristics of the epicenter radiation and on the kinematic-dynamic features of the refraction, it was determined that the epicenter of the

earthquake corresponds to the Bruni circular model, representing the process of single-sided fragmentation with smooth sliding without separation.

Based on the solutions of the focal mechanism, the directions of the main axes of the stress, the tensor analysis of the seismic moment, and the Lodge-Noda coefficient revealed a single axis, near-horizontal, right-sliding movement in the source.

From this point of view, a comprehensive analysis based on instrumental data allows to build a realistic geodynamic model of the earthquake and to obtain accurate images of the epicenter's seismogenesis.