

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ  
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

**ՍԱՀԱԿՅԱՆ ԷԼՅԱ ԷՄԻԼԻ**

**ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ  
ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ԴԱՇՏԻ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ**

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԻԴ.01.08 «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման երկրաֆիզիկական մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Երևան – 2019

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

**Саакян Эля Эмилевна**

**СЕЙСМИЧНОСТЬ ДЖАВАХЕТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ И  
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.01.08 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Ереван – 2019

**Ատենախոսության թեման** հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների  
Ինստիտուտում

**Գիտական ղեկավար՝**

Ե.-հ. գ. դ., Կարախանյան Ա.Ս.

**Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝** ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկ., պրոֆ. Ավետիսյան Ա.Մ., ՀՀ  
ԳԱԱ, Ա.Նազարովի անվան Երկրաֆիզիկայի և  
ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ ՊՈԱԿ  
ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկ. Բալասանյան Վ.Ս., ԵՊՀ

**Առաջատար կազմակերպություն՝** Սեյսմիկ պաշտպանության տարածքային  
ծառայություն ՊՈԱԿ (ՍՊՏԾ)

Պաշտպանությունը կայանալու է 2019 թ. փետրվարի 26-ին, ժամը 13:00, ՀՀ ԳԱԱ  
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում գործող թ. 054 «Երկրաբանություն»  
Մասնագիտական խորհրդում:

Հասցեն՝ 0019, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24ա:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 12.01.2019թ.:

Թիվ 054 մասնագիտական խորհրդի գիտքարտուղար,  
Երկր.-հանք. գիտ. թեկնածու



Շախինյան Հ.Վ.

---

**Тема диссертации** утверждена в Институте геологических наук НАН РА

**Научный руководитель:** доктор геол.-мин наук Караханян А.С.

**Официальные оппоненты:** доктор физ.-мат. наук, профессор Аветисян А.М.,  
Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени  
А.Назарова ГНКО, НАН РА  
кандидат физ.-мат. наук Баласанян В.С., ЕГУ

**Ведущая организация:** «Территориальная служба сейсмической защиты» ГНКО (ТССЗ)

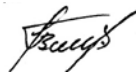
Защита диссертации состоится 26-ого февраля, 2019г., в 13:00, на заседании  
Специализированного совета 054 “Геология” при Институте геологических наук НАН  
РА.

Адресс: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.

Автореферат разослан 12.01.2019г.

Ученый секретарь Специализированного совета 054,  
кандидат геол.-мин. наук



Шагинян Г. В.

## ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Արաբական և Եվրասիական սալերի բախման (կոլիզիայի) գոտու կառուցվածքային միավորների շարքում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը հատուկ տեղ է զբաղեցնում՝ պայմանավորված իր երկրաբանական կառուցվածքի, հրաբխականության և տեկտոնական ակտիվության առանձնահատկություններով:

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացրել ենք Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որի մեջ են մտնում Ջավախքի, Սամսարի, Եղնախաղի հրաբխային լեռնաշղթաները և դրանց հարող Ախալքալաքի, Ծալկայի, Աշոցքի, Լոռվա սարահարթերը: Այս գոտին, որը կառուցվածքային դիրքի տեսակետից առանձնանում է տեկտոնական, հրաբխային և սեյսմիկ ակտիվությամբ, գիտական կարևորություն է ներկայացնում ամբողջ Կովկասում: Չնայած ուսումնասիրվող գոտում բազմիցս իրականացված գիտահետազոտական լայնածավալ աշխատանքներին, այն դեռևս շարունակում է մնալ ուսումնասիրությունների համար մեծ հետաքրքրություն և կարևորություն ներկայացնող գոտի:

### **Թեմայի արդիականությունը**

Արաբական և Եվրասիական սալերի բախումը և երկրակեղևի բլոկային կառուցվածքը պատճառ են հանդիսանում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների լարվածադեֆորմացիոն դաշտի անընդհատ փոփոխություններին: Վերջիններս խիստ կերպով ազդում են ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմիկ ակտիվության վրա: Տարածաշրջանում երկրաշարժերի էպիկենտրոնների խիտ կուտակումներով առանձնացող Ջավախքի բարձրավանդակի սեյսմիկ ռեժիմի գնահատումը, ինչպես նաև երկրակեղևի ժամանակակից լարվածադեֆորմացիոն դաշտի ուսումնասիրումը, կարևոր գիտակիրառական հիմնահարցեր են:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որոնք կառուցվածքային դիրքի տեսակետից առանձնանում են տեկտոնական, հրաբխային և սեյսմիկ ակտիվությամբ, գիտական կարևորություն են ներկայացնում ամբողջ Կովկասում: Չնայած ուսումնասիրվող գոտում բազմիցս իրականացված գիտահետազոտական լայնածավալ աշխատանքների, այն դեռևս շարունակում է մնալ ուսումնասիրությունների համար մեծ հետաքրքրություն և կարևորություն ներկայացնող գոտի:

### **Աշխատանքի նպատակը և լուծված խնդիրները**

Աշխատանքի հիմնական նպատակը Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկության և երկրակեղևի ժամանակակից լարվածադեֆորմացիոն դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծությունն է:

Աշխատանքի ընթացքում լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- Հետազոտվող տարածքի սեյսմիկության ուսումնասիրում, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերի համասեռ կատալոգի կազմում 2005-2017 թթ. ժամանակահատվածի համար:
- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում (2005-2017 թթ.)  $M_{\geq 3.0}$  մագնիտուդով 58 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների պարամետրերի որոշում և ֆոկալ մեխանիզմների կատալոգի կազմում:
- Կինեմատիկ գլխավոր առանցքների (P, T) և հորիզոնական սեղմման լարվածության ( $S_H$ ) ուղղությունների որոշում, բաշխման համապատասխան քարտեզների կազմում:
- Լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունների ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$ ) որոշում:
- Լարվածության թենզորների կառուցում ուսումնասիրվող տարածքի տարբեր տեղամասերի համար (Դելվաուբսի և Սպիրների մեթոդով):
- Երկրակեղևի լարվածային ռեժիմների գնահատում, սեղմման և ընդարձակման դեֆորմացիաների ուղղությունների որոշում:

### **Պաշտպանվող դրույթները**

- Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում սեյսմիկ ակտիվությունը հաստատում է այս գոտում ակտիվ խզվածքավորումը, և դրանց գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան բնութագրվում է կողաշարժային (SS) լարվածային ռեժիմով: Այն ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմմանը և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակմանը:
- Ջավախքի խզվածքային գոտին բնութագրվում է վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, և ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտքն է:
- Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող գոտու լարվածային ռեժիմը գնահատվել է վերնետքային (TF): Այս գոտին ևս ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը. այստեղ լարվածային դաշտի սեղմման առավելագույն ուղղությունը հյուսիս-արևմուտք – հարավ-արևելքն է:

### **Հետազոտությունների գիտական նորույթը**

- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար նոր համալրված տվյալներով հաշվարկվել են միջին երկրաշարժերի ( $M_{\geq 3.0}$ ) ֆոկալ մեխանիզմները, և կազմվել է ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգ (2005-2017 թթ.): Վերջինս հիմք է հանդիսանում երկրակեղևի

լարվածադեֆորմացիոն դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծական աշխատանքների համար:

- Հիմնավորվել է Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում ակտիվ խզվածքավորումը, ինչպես նաև գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Որոշվել են երկրաշարժերի օջախներում կինեմատիկ սեղմման (P) և ընդարձակման (T) դեֆորմացիաների ուղղությունները, կազմվել են սեղմման և ընդարձակման առանցքների բաշխման քարտեզները:
- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների երկրակեղևի լարվածության դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծության հիման վրա որոշվել են լարվածության առանցքների տարածա-ժամանակային փոփոխությունները:
- Ուսումնասիրվող տարածքի երկրակեղևի առանձին հատվածների համար կառուցվել են լարվածության թենզորներ և բացահայտվել են լարվածության տարբեր ռեժիմներ:

#### **Ուսումնասիրման մեթոդները**

- Երկրաշարժերի ալիքային պատկերների վերծանում, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկում, ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգի կազմում, լարվածության թենզորների կառուցում և լարվածային ռեժիմների որոշում:
- Ժամանակակից համակարգչային ծրագրային փաթեթների կիրառում՝ DIMAS, MATLAB, ZMAP, GIS, FA (Focal Mechanism Solution), TENSOR (Stress Tensor, Stress Regime)՝ տվյալների բազա ստեղծելու, վերլուծելու և մեկնաբանելու նպատակով:

#### **Գործնական նշանակությունը**

- Ատենախոսությունում ներկայացված աշխատանքների արդյունքները հնարավորություն են ընձեռնում ճշտել հետազոտվող տարածքի սեյսմատեկտոնական մոդելը, կոգտագործեն սեյսմալոգիական, տեկտոնական վերլուծություններում:
- Երկրաշարժերի սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի (ներկայացուցչական մագնիտուդ (Mc); երկրաշարժերի կրկնելիության անկյունային գործակից (b value) և այլն) արժեքները կկիրառվեն հետազոտվող տարածքի սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատման համար:
- Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը, լարվածության թենզորների կառուցումը և լարվածային ռեժիմների գնահատումը հնարավորություն են ընձեռնում վերանայել հետազոտվող տարածքում ժամանակակից լարվածային դաշտի, գործող տեկտոնական ուժերի, սեղմման և ընդարձակման

դեֆորմացիաների, ինչպես նաև երկրակեղևի գեոդինամիկայի առանձնահատկությունները և բլոկների փոխազդեցությունը:

### **Փորձահավաստիությունը և հրապարակումները**

Աշխատանքի հիմնական դրույթները ներկայացվել և զեկուցվել են Վիեննայի «Երկրի մասին գիտությունների Եվրոպական Միության» (EGU) միջազգային գիտաժողովին (Վիեննա, 2018); Սպիտակի երկրաշարժի 30-րդ տարելիցին նվիրված «30 տարի անց փորձ և հեռանկարներ» միջազգային գիտաժողովին (Երևան, 2018); Գերմանիայի Դաշնային Հանրապետության GFZ գիտահետազոտական կենտրոնում կազմակերպված միջազգային վերապատրաստման սեմինարներին (Պոտսդամ, 2017); Թբիլիսիի Պետական Համալսարանի և Վրաստանի Իլյայի Պետական Համալսարանի կողմից կազմակերպված Առաջին Լեռնային Կովկասի Միջազգային Ֆորումում (Թբիլիսի, 2016); Վրաստանի Իլյա Պետական Համալսարանի կողմից Աբասթումանում կազմակերպված միջազգային խորհրդաժողովում (Աբասթուման, 2015); ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գիտական սեմինարներում, ԵՊՀ աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետում տեղի ունեցած գիտաժողովներում՝ Հայ գրատպության 500-ամյակին և ԵՊՀ ՌԻԳԸ հիմնադրման 65-ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովում (Երևան, 2013), Երևանի Պետական Համալսարանի հիմնադրման 95-ամյակին նվիրված հորեյանական գիտաժողովում (Երևան, 2015): Հրատարակվել են թեմայի վերաբերյալ 3 գիտական հոդվածներ գրախոսվող ամսագրերում:

### **Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացությունից և առաջարկություններից, գրականության ցանկից՝ 151 անուն գրականությամբ, շարադրված է 126 էջի վրա:

### **Աշխատանքի կատարման վայրը և շնորհակալությունները**

Ատենախոսությունը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտում՝ Ե.գ.դ. **Ա.Ս. Կարախանյանի** ղեկավարությամբ: Հեղինակը հայտնում է իր խորին երախտագիտությունը գիտական ղեկավարին՝ ցուցաբերած մշտական ուշադրության և աջակցության, արժեքավոր խորհուրդների և դիտողությունների համար:

Հատուկ շնորհակալություն եմ հայտնում ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի տնօրինությանը և աշխատակիցներին՝ կազմակերպած քննարկումների և օբյեկտիվ գնահատականների համար:

Աշխատանքներին աջակցելու և դրանց ընթացքը խթանելու, ինչպես նաև բազմաթիվ խորհուրդների համար շնորհակալություն եմ հայտնում ԵԳԻ տնօրեն Ե.գ.դ. Ի.Մելիքսեթյանին, մ.գ.թ. Հ.Բաբայանին, Ե.գ.դ., պրոֆ. Ռ.Մինասյանին, Ե.գ.թ. Լ.Սարգսյանին, Ե.գ.թ. Ռ.Դուրգարյանին, Ե.գ.թ. Մ.Ավանեսյանին, Ե.գ.թ. Մ.Գևորգյանին, Ե.գ.թ. Հ.Իգիթյանին, Ե.գ.դ. Ա. Ավագյանին, Ե.-հ.գ.դ.

Ս.Նազարեթյանին, Ֆիզ.-մաթ.գ.թ. Ա.Առաքելյանին, Ա.Լևոնյանին, Ս.Առաքելյանին, Ե.գ.թ. Ռ.Միրիջանյանին, Ե.գ.թ. Ղ.Գալոյանին:

## **ԳԼՈՒԿ 1. ԶԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆՊԱԿԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ**

### **1.1 Ներածություն**

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը գտնվում է Արաբական և Եվրասիական սալերի բախման գոտում: Այն ծալքավոր և հրաբխային լեռների, լեռնազանգվածների, սարավանդների ու գոգավորությունների համալիր է:

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացրել ենք Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որտեղ գտնվում են Զավախքի, Սամսարի, Եղնախաղի հրաբխային լեռնաշղթաները և դրանց հարող Ախալքալաքի, Ծալկայի, Աշոցքի, Լոռվա սարահարթերը: Այստեղ լայն տարածում ունեն տարբեր կազմի, հասակի և հզորության հրաբխային գոյացումները: Ամենաերիտասարդ ապարները (400 Ka – մինչև հոլոցեն) գտնվել են Զավախքի բարձրավանդակի կենտրոնական մասում, Սամսարի լեռնաշղթայում (Lebedev V. et al., 2004): Այստեղ հրաբխային ակտիվության հավանական ավարտ է համարվում պլեյստոցենը (մոտ 30 Ka) – հոլոցենը (Avanessian A., et al., 2000; Pasquare F., et al., 2011):

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները հատում են մի շարք ակտիվ խզվածքներ (Զավախքի խզվածքը, Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտը, Գառնիի խզվածքի հյուսիսային սեգմենտը) և խզվածքային խախտումներ, որոնք ունեն շարժման տարբեր կինեմատիկաներ, սահքի արագություններ, և որոնց հետ են կապված ինչպես պատմական, այնպես էլ գործիքային ժամանակաշրջանի բազմաթիվ երկրաշարժեր (Karakhian A., et al., 2016):

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակն ամբողջ Կովկասում առանձնանում է իր բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ: Այս սեյսմածին գոտին բոլոր ժամանակներում աչքի է ընկնում երկրաշարժերի էպիկենտրոնների կուտակումներով:

### **1.2 Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում նախկինում իրականացված աշխատանքները**

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում երկրաբանական, տեկտոնական, շերտագրական, գեոմորֆոլոգիական ուսումնասիրություններ, ինչպես նաև երկրակեղևի առանձնահատկությունների բացահայտմանը, խորքային կառուցվածքի ուսումնասիրությանն ուղղված բազմաթիվ հետազոտություններ են իրականացվել դեռևս սկսած անցյալ դարի սկզբներից:

Հրաբխածին և հրաբխանստվածքային կազմավորումների հասակի գնահատման վերաբերյալ աշխատանքներ են իրականացվել տարբեր հեղինակների կողմից

(Lebedev, V. et al., 2004, 2008; Avanesian, A. et al., 2000; Pasquarè, F. Et al., 2011; Меликсетян Х. Б., 2018; Hetu Sh. et al., 2015): Հասակի գնահատման Ar-Ar մեթոդով ստացված արդյունքների համաձայն, Ջավախքի բարձրավանդակում ամենաերիտասարդ հրաբխականությամբ առանձնանում է Սամսարի հրաբխային լեռնաշղթան (Лебедев В. и др., 2003; Pasquarè, F. et al., 2011):

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում երկրակեղևի գեոդինամիկ իրավիճակի հետազոտություններ և լարվածային դաշտի ուսումնասիրություններ իրականացվել են բազմաթիվ հեղինակների կողմից (Гоцадзе О., 1969; Цхакая А., 1961; Карапетян Н., 1977; 1990; Кириллова И., 1960; Назаретян С., 1989; Авагян А., 1997; Геодакян Э. и др., 2011; Թովմայան Ա., 2016; Tai-Lin T et al., 2016; Tsereteli N., et al., 2016; Սահակյան Բ., և ուր., 2017):

ՀՀ և հարակից տարածքներում տեկտոնական լարվածային դաշտի ուսումնասիրությանը և վերլուծությանն ուղղված բազմաթիվ լայնամասշտաբ հետազոտություններ են իրականացվել Կարախանյան, Ավազյան և ուրիշների կողմից (Karakhanyan, A., et al., 2004,2011,2013,2016; Avagyan, A.,2009; Avagyan, A. et al., 2010):

### **1.3. Ամփոփում**

- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որոնք կառուցվածքային դիրքի տեսակետից առանձնանում են տեկտոնական, հրաբխային և սեյսմիկ ակտիվությամբ, գիտական կարևորություն են ներկայացնում ամբողջ Կովկասում: Չնայած ուսումնասիրվող գոտում բազմիցս իրականացված գիտահետազոտական լայնածավալ աշխատանքներին, այն դեռևս շարունակում է մնալ ուսումնասիրությունների համար մեծ հետաքրքրություն և կարևորություն ներկայացնող գոտի:
- Հաշվի առնելով վերոնշյալը, մեր կողմից իրականացվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման, սեյսմիկության ուսումնասիրության, և վերջին տարիներին գոտում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկման, երկրակեղևի լարվածության դաշտի առանձնահատկությունների ուսումնասիրման, լարվածության թենզորների կառուցման, լարվածային ռեժիմների գնահատման, լարվածության սեղմման և ընդարձակման գոտիների առանձնացման աշխատանքներ:

## **ԳԼՈՒԽ 2. ԶԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ, ՍԵՅՍՄԻԿ ՌԵՋԻՄԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ (2005-2017թթ.)**

### **2.1 Օգտագործված տվյալներ. սեյսմիկ ցանցը և տվյալների մշակումը**



Սեյսմիկ հետազոտություններ իրականացնելու համար օգտագործվել են ինչպես Հայաստանի, այնպես էլ Վրաստանի, Թուրքիայի, Ադրբեջանի սեյսմիկ կայանների գրանցումների տվյալները:

2012թ. սկսած Թայվանի ակադեմիայի հետ համագործացության շրջանակներում Ջավախքի գոտին ընտրվել է որպես Փոքր Կովկասում ուսումնասիրությունների թեստային գոտի: ՀՀ տարածքում տեղադրվել են ժամանակակից (Guralp-6TD) թվային 14 սեյսմիկ կայաններ, որոնց տվյալներն օգտագործվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից գոտու երկրաշարժերի մշակման համար:

## **2.2 Սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրեր: Տվյալների վերլուծություն**

Ուսումնասիրվող գոտու սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման և վերլուծության համար աշխատանքում օգտագործվել է մեր կողմից կազմված, նոր համալրված կատալոգը՝ 2005-2017 թթ. տվյալներով: Այս ընթացքում ուսումնասիրվող շրջանում գրանցվել է ավելի քան 2000 սեյսմիկ իրադարձություն, որոնցից միայն 65 երկրաշարժ է գրանցվել 3.0 և ավել մագնիտուդով ( $M_L \geq 3.0$ ):

2005-2017թթ. ժամանակահատվածի համար երկրաշարժերի կատալոգի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում գերակշռող մեծամասնությամբ գրանցվում են թույլ երկրաշարժեր, որոնց մագնիտուդը չի գերազանցում 2.0-ը, իսկ այդ երկրաշարժերի հիպոկենտրոններն ընկած են մինչև 20 կմ խորություններում: Եթե հաշվի առնենք այն դիտարկումը, որ ուսումնասիրվող գոտին բնութագրվում է երիտասարդ հրաբխականությամբ, իսկ գրանցված սեյսմիկ իրադարձությունների գերակշռող մեծամասնությունն ունի մինչև 2.0-ի հասնող մագնիտուդ, և այն, որ դրանք դրսևորվում են էպիկենտրոնների որոշակի լոկալ կուտակումներով, ապա գոտու թույլ երկրաշարժերով պայմանավորված սեյսմիկությունը հնարավոր է բացատրվի Ջավախքում գոյություն ունեցող մագմատիկ օջախների առկայությամբ:

Ուսումնասիրվող սեյսմիկ գոտու համար կառուցվել է Գուտենբերգ-Ռիխտերի մագնիտուդ-հաճախականային կապն արտահայտող երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկը, համաձայն որի ուսումնասիրվող գոտու 2005-2017 թթ. ժամանակահատվածի համար b-ի (երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկի անկյունային գործակից) արժեքը ստացվել է 0.8: Սա նշանակում է, որ այս գոտու սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հիմնականում թույլ երկրաշարժերով:

2005-2017թթ. ժամանակահատվածի ընթացքում գրանցված երկրաշարժերի գերակշռող մեծամասնության օջախներն հիմնականում բաշխված են եղել մինչև 20 կմ խորություններում: Այն համընկնում է ընդհանուր տարածաշրջանում գրանցվող երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների խորությունների հետ: Փոքր քանակությամբ երկրաշարժերի հիպոկենտրոններ գտնվում են 20 և ավելի կմ խորություններում:

### 2.3 Ամփոփում

- Զավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների բարձր սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հատկապես թույլ երկրաշարժերի տեսքով (երկրաշարժերի կրկնելիության գործակիցը՝  $b$ -ն հավասար է 0.8-ի): 2005-2017 թթ. ընթացքում գրանցված ավելի քան 2000 երկրաշարժից միայն 65-ի մագնիտուդն է գերազանցում  $M \geq 3.0$  սահմանը, որոնց էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են խզվածքներին մոտ կամ հարող տարածքներում:
- Ուսումնասիրվող գոտում գրանցված երկրաշարժերի գերակշռող մեծամասնությունն ունի  $M \leq 2.0$  մագնիտուդ, որոնց հիպոկենտրոններն ընկած են մինչև 20 կմ խորությունները: Եթե հաշվի առնենք այն դիտարկումը, որ ուսումնասիրվող գոտին բնութագրվում է երիտասարդ հրաբխականությամբ, իսկ նշված թույլ երկրաշարժերի էպիկենտրոնները դրսևորվում են որոշակի լոկալ կուտակումներով, ապա գոտու թույլ երկրաշարժերով պայմանավորված սեյսմիկությունը հնարավոր է բացատրվի Զավախքում գոյություն ունեցող մագմատիկ օջախների առկայությամբ:

### **ԳԼՈՒԽ 3. ԶԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲՒԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿՈՒՄ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ԳՐԱՆՑՎԱԾ ԵՐԿՐԱՇԱՐՄԵՐԻ ՖՈԿԱԼ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ**

#### 3.1 Ֆոկալ մեխանիզմների որոշման մեթոդաբանությունը

Երկրաշարժի ֆոկալ մեխանիզմը հանդիսանում է երկրաշարժի օջախը բնութագրող ամենակարևոր պարամետրերից մեկը: Այն նկարագրում է երկրաշարժի օջախում առաջացած խզվածքի բնույթը, խզվածքի կինեմատիկան, օջախում առաջացած դեֆորմացիաները, օջախում հարուցված լարվածության գլխավոր առանցքների կողմնորոշումը (սեղմում, ընդարձակում) և այլն:

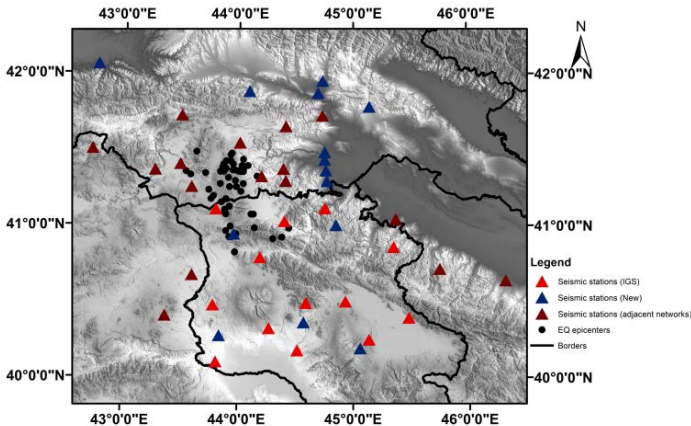
Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմի որոշման համար մեր կողմից կիրառվել է P ալիքի առաջին մուտքի նշանով որոշվող մեթոդը: Նշված մեթոդի հիմքում ընկած է այն մոտեցումը, որ P ալիքի բևեռացումը երկրաշարժի հիպոկենտրոնից ունի տարբեր ուղղություններ և հետևաբար տեղադրման տարբեր անկման ազիմուտներ ունեցող սեյսմիկ կայանների նկատմամբ այն կլինի տարբեր: Վերջինս պայմանավորված է նրանով, որ ալիքի ժամանման առաջին մուտքը ցույց է տալիս տվյալ միջավայրի սեղմումը (միջավայրը կազմող զանգվածը շարժվում է դեպի կայանը) կամ ընդարձակումը (միջավայրը կազմող զանգվածը տեղաշարժվում է կայանից հեռու):

#### 3.2 Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակում տեղի ունեցած երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում հաշվարկվել են 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված շուրջ 58 երկրաշարժերի ( $M \geq 3.0$ ) ֆոկալ մեխանիզմները, որոնք բավարարել են հետևյալ պայմաններին. էպիկենտրոնի

նկատմամբ սեյսմիկ կայանների ազիմուտային անկյունը (GAP) եղել է փոքր ( $<100^\circ$ ), P ալիքի առաջին մուտքի նշանների քանակը նվազագույնը կազմել է 12:

Հաշվարկների համար օգտագործվել են ԳԱԱ ԵԳԻ սեյսմիկ ցանցի (ՀՀ տարածքում տեղադրված 14 սեյսմիկ կայանների), ինչպես նաև հարևան պետությունների սեյսմիկ կայանների տվյալները, որոնք հասանելի են միջազգային տվյալների փոխանակման տիրույթում՝ IRIS (<http://ds.iris.edu/ds/>) կայքում: 2017թ. սկսած Հայաստանի և Վրաստանի տարածքներում (TRANSECT, Caucasus Project) տեղադրվել են նաև Guralp-3TD լայնաշերտ տվիչներով նոր սեյսմիկ կայաններ, որոնց գրանցումները ևս ներառվել են 2017թ. երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի ժամանակ (նկ. 3.1): Քարտեզի վրա բերված են այն երկրաշարժերի էպիկենտրոնները, որոնց համար հաշվարկվել են ֆոկալ մեխանիզմները: Բոլոր երկրաշարժերի համար նշված սեյսմիկ կայանների գրանցած սեյսմոգրամները վերծանվել են և որոշվել են ալիքային մուտքերի նշանները:



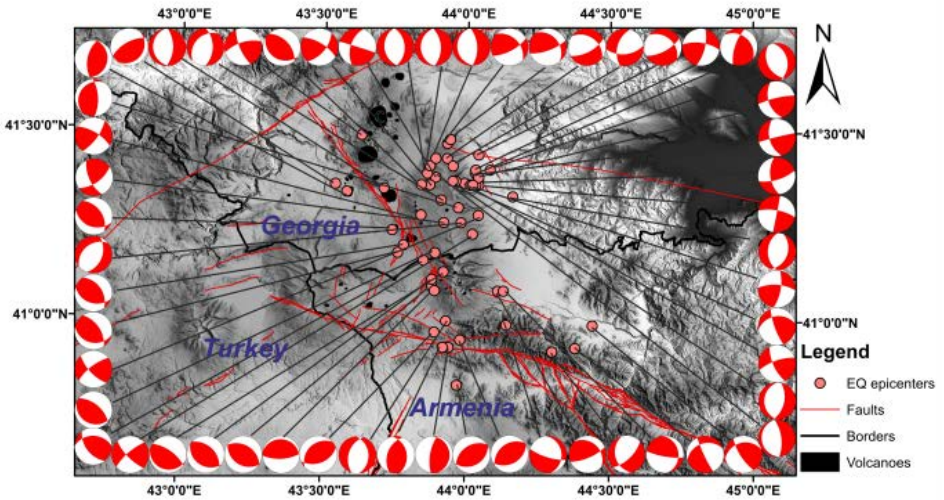
**Նկար 3.1.** Սեյսմիկ կայանների տեղադիրքերը ՀՀ և հարակից տարածքների համար, որոնց գրանցումները օգտագործվել են ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի ժամանակ և 58 ընտրված երկրաշարժերի էպիկենտրոնների տեղադիրքը

Մեխանիզմների լուծումները հաշվարկվել են FA համակարգչային փաթեթի կիրառմամբ: Ծրագրի հիմքում մշակված ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս ելքային պարամետրերի արդյունքների համար ապահովել սխալանքի (misfit) մինչև  $\pm 5$  ճշտություն:

### 3.3 Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված  $M \geq 3.0$  մագնիտուդով 58 երկրաշարժերի համար կատարվել է ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ և կազմվել է մեխանիզմների

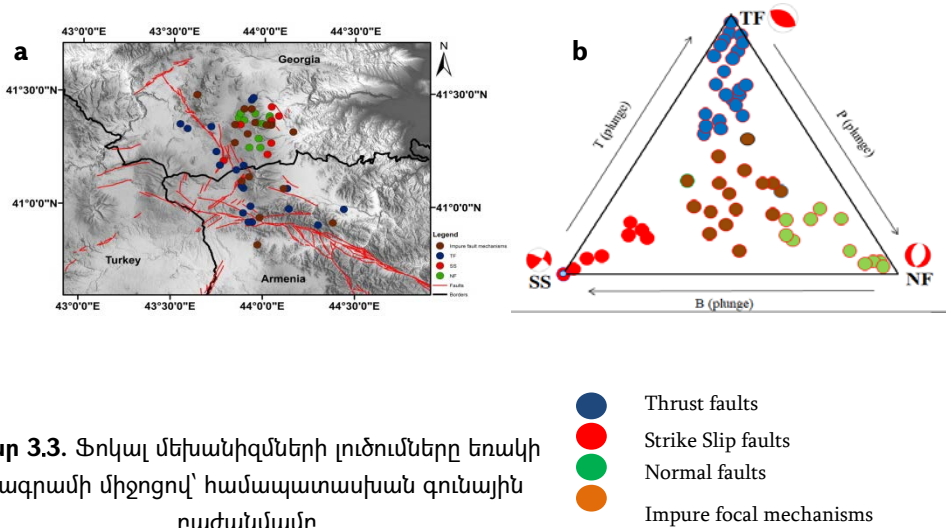
պարամետրերի կատալոգ: Ստացված արդյունքների գնդակների (beach balls) տեսքով պատկերները բերված են նկ. 3.2-ում:



**Նկար 3.2.** 2005-2017թթ. երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները ( $M \geq 3.0$ )

Ինչպես երևում է քարտեզից, Ջավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF: thrust fault), իսկ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS: strike-slip) և վարնետքային (NF: normal fault) տիպերով (նկ. 3.2):

Ֆոկալ մեխանիզմների շարժման տիպերի բաշխումը ավելի պատկերավոր դարձնելու համար այն կարելի է ներկայացնել այսպես կոչված եռակի դիագրամի (ternary diagram) միջոցով (նկ. 3.3), ինչը թույլ է տալիս ավելի հստակ պատկերացնել շարժման որևէ տիպով բնութագրվող երկրաշարժի էպիկենտրոնի տեղադիրքը քարտեզի վրա: Ինչպես երևում է նկ. 3.3 a-ից, վերնետքային կինեմատիկայով բնութագրվող երկրաշարժերը հիմնականում գրանցվել են խզվածքներին հարող տարածքներում, իսկ վարնետքային և կողաշարժային շարժմամբ բնութագրվողները՝ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում:



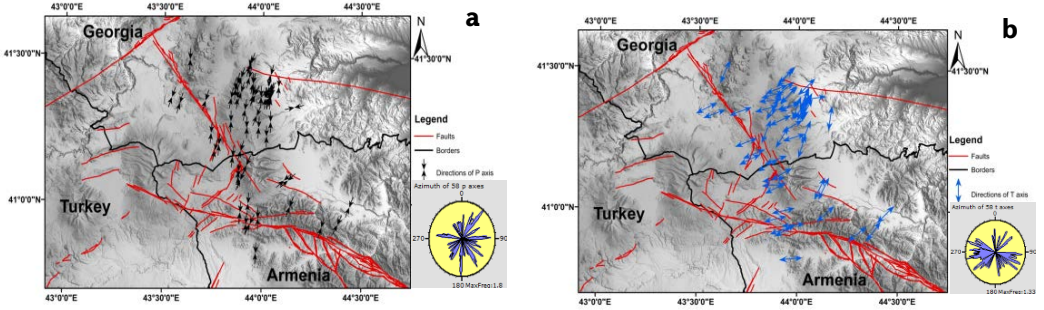
**Նկար 3.3.** Ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները եռակի դիագրամի միջոցով՝ համապատասխան գունային քաժանմամբ

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում գրանցված երկրաշարժերի համար ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները ցույց տվեցին, որ այստեղ հիմնականում օջախները բնութագրվում են վարնետքային և կողաշարժային կինեմատիկաներով: Ընդ որում, կողաշարժային կինեմատիկայով երկրաշարժերի էպիկենտրոնները դասավորված են լեռնաշղթայի երկու կողմերից հատող «ենթադրյալ» խզվածքների երկայնքով: Վարնետքային տիպի շարժմամբ բնութագրվող երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են լեռնաշղթայի տարածքում: Ստացված տվյալները վկայում են, որ լեռնաշղթայի տարածքում սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է խզվածքավորման գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթով:

Ջավախքի ակտիվ խզվածքը բնութագրվում է վերնետքային կինեմատիկայով, որոշ հատվածներում այն զուգորդվում է կողաշարժերով: Այստեղ գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ երկրաշարժերի օջախներում խզման շարժման տիպերը համապատասխանում են Ջավախքի խզվածքի վերնետքային կինեմատիկային: Նույն պատկերն է դիտվում նաև Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի տարածքում գրանցված երկրաշարժերի դեպքում: Այստեղ ևս երկրաշարժերը բնութագրվում են վերնետքային շարժման տիպով, ինչն էլ համապատասխանում է խզվածքային կինեմատիկային:

Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի օջախում գործող սեղման (P) և ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքներն ունեն նկ. 3.4-ում պատկերված

ուղղությունները: Ինչպես երևում է քարտեզից, սեղմման առանցքները հիմնականում տարածվում են հյուսիս-արևելք դեպի հարավ-արևմուտք ուղղությամբ, այսինքն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման առանցքները՝ արևելք-արևմուտք ուղղությամբ տարածում, այսինքն՝ մերձ-հորիզոնական գերակշռող ուղղություն:



**Նկար 3.4.** Ուսումնասիրության շրջանի սեղմման P (a) և ընդարձակման T (b) առանցքների ուղղությունների քարտեզ

### 3.4 Ամփոփում

- Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներն ու վերլուծությունը վկայում են այդտեղ ներկայիս տեկտոնական ակտիվության մասին: Զավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF), իսկ Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS) և վարնետքային (NF) տիպերով:
- Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի հարակից տարածքում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները ցույց են տալիս «ենթադրյալ» խզվածքների ակտիվությունը և գոտում խզվածքավորման գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Խզման հարթությունների սեղմման (P) կինեմատիկ առանցքներն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքները՝ մերձ-լայնական: Համաձայն սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների՝ ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման ազդեցությունների:

## ԳԼՈՒԽ 4. ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

#### **4.1 Լարվածության թենզորի որոշման ինվերսիոն մեթոդ**

Ըստ Ջոբակի հետազոտությունների (Zoback M., et al., 1980), երկրակեղևի լարվածային դաշտի պարամետրերի և դրանց փոփոխությունների իմացությունը թույլ է տալիս պատկերացում կազմել տվյալ տարածքի տեկտոնական և լարվածային ռեժիմների առանձնահատկությունների մասին:

Երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու համար կիրառվում են լարվածության թենզորի (stress tensor) որոշման մի շարք մեթոդներ, որոնցից են Գեպարտի և Ֆորսույի (Gephart J. et al., 1984), Մայքլի (Michael A., 1987), Ռիվերա և Կիստերնասի (Rivera L., et al., 1990), Դելվաուքսի և Սպիրների մեթոդները (Delvaux D., et al., 2003), որոնց հիմքում ընկած են տարբեր ալգորիթմներ:

Վերոնշյալ մեթոդների կիրառման արդյունքում ստացվում է լարվածության թենզորը, որը ներառում է 4 հիմնական պարամետրեր՝ լարվածության երեք՝ սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքները (ներկայացված PL, AZ ազիմուտով) և լարվածության գլխավոր առանցքների հարաբերակցության մեծությունը  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ , որտեղ  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  համապատասխանաբար լարվածության սեղմման, միջանկյալ, և ընդարձակման առանցքներն են, ընդ որում՝  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ :

Այս աշխատանքում լարվածության թենզորի որոշման համար մեր կողմից կիրառվել է Դելվաուքսի և Սպիրների մեթոդը (Delvaux D., et al., 2003): Ուսումնասիրվող գոտում լարվածության թենզորների կառուցման, լարվածային ռեժիմների գնահատման համար կիրառվել է վերոնշյալ TENSOR համակարգչային ծրագիրը:

#### **4.2 Լարվածության թենզորի կառուցումը**

Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով մեր կողմից իրականացվել է առանձնացված գոտում լարվածության թենզորի հաշվարկ:

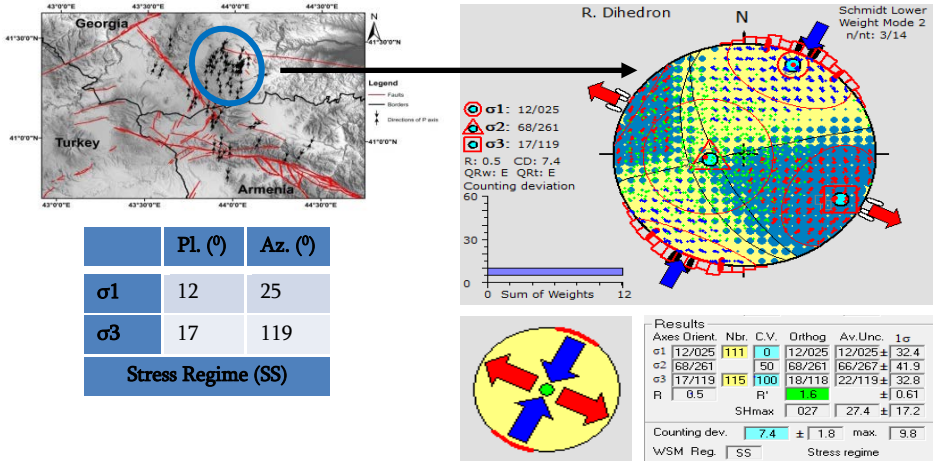
Գոտու երկրակեղևի լարվածային ռեժիմները գնահատելու և թենզորներ կառուցելու նպատակով դիտարկվել են կինեմատիկ սեղմման P առանցքների տարածման ուղղությունները, համաձայն որոնց ուսումնասիրվող գոտում առանձնացվել են երեք տեղամասեր՝ ըստ սեղմման առանցքների օրինաչափ կուտակումների:

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում լարվածության թենզորը կառուցելու համար օգտագործվել են 32 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները:

Ջավախքի խզվածքային գոտու լարվածության թենզորը կառուցվել է օգտագործելով 13, իսկ Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեզմենտին հարող տարածքում՝ 9 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները:

#### **4.3 Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը**

**Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի գոյրու համար** հաշվարկված լարվածային ռեժիմը մաքուր կողաշարժային (SS) է՝  $R = 0.5$  (նկ. 4.1): Սեղմման լարվածության  $\sigma_1$  մերձհորիզոնական ( $pl.=12^\circ$ ) առանցքն ուղղված է հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք ( $Az.=25^\circ$ ): Ընդարձակման  $\sigma_3$  մերձհորիզոնական ( $pl.=17^\circ$ ) առանցքն ունի հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք տարածման ուղղություն ( $Az.=119^\circ$ ), այսինքն՝ գրեթե մերձլայնական կողմնորոշում (նկ. 4.1):

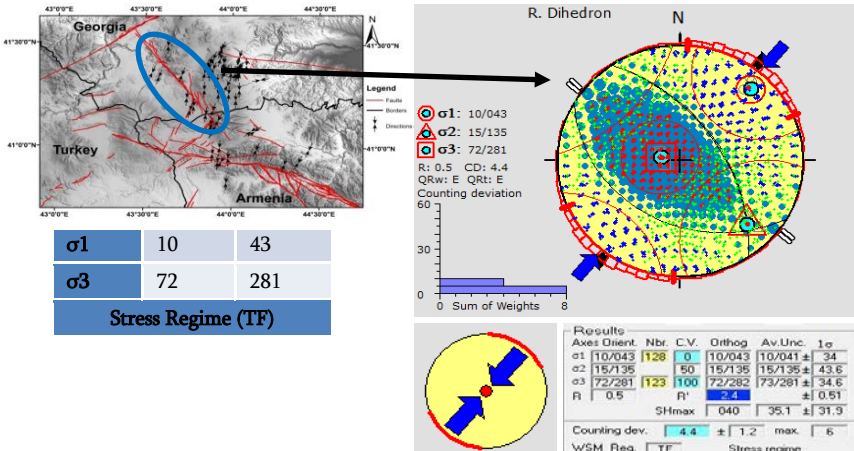


**Նկար 4.1.** Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքի համար կառուցված լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքի համար հաշվարկված լարվածության թենզորի համաձայն այստեղ գործում են հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմման և հյուսիս-արևմուտք – հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակման լարվածային դաշտեր:

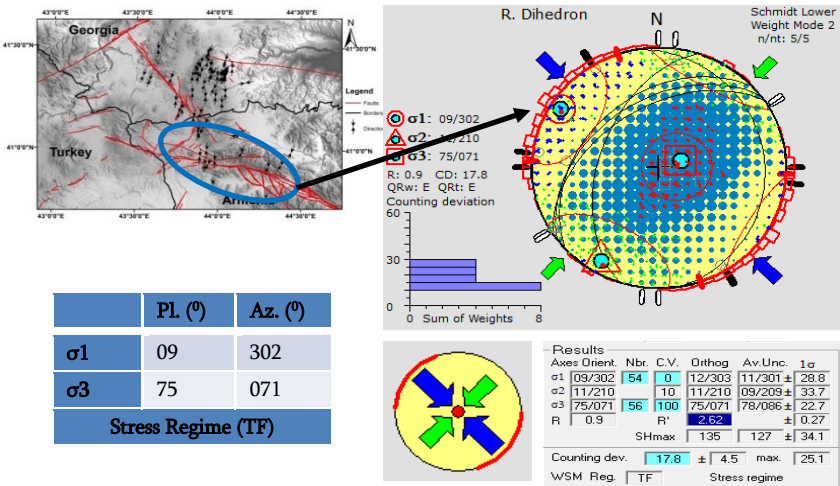
**Ջավախքի խզվածքային գոյրում** լարվածային ռեժիմը վերնետքային (TF) է՝ կողաշարժային (SS) բաղադրիչով (նկ. 4.2): Սեղմման լարվածության  $\sigma_1$  մերձհորիզոնական ( $pl.=10^\circ$ ) առանցքն ուղղված է հյուսիս-արևելքից – հարավ-արևմուտք ( $Az.=43^\circ$ ): Ընդարձակման  $\sigma_3$  մերձուղղաձիգ ( $pl.=72^\circ$ ) առանցքն ունի հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք տարածման ուղղություն ( $Az.=281^\circ$ ): Այս գոտու համար լարվածության R գործակցի արժեքը գնահատվել է 0.5, իսկ լարվածային ինդեքսի R՝ արժեքը՝ 2.4 (նկ. 4.2): Ջավախքի ակտիվ խզվածքին հարող տարածքի համար հաշվարկված լարվածության թենզորի համաձայն այստեղ գործում են հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմման լարվածային դաշտեր (նկ. 4.2):





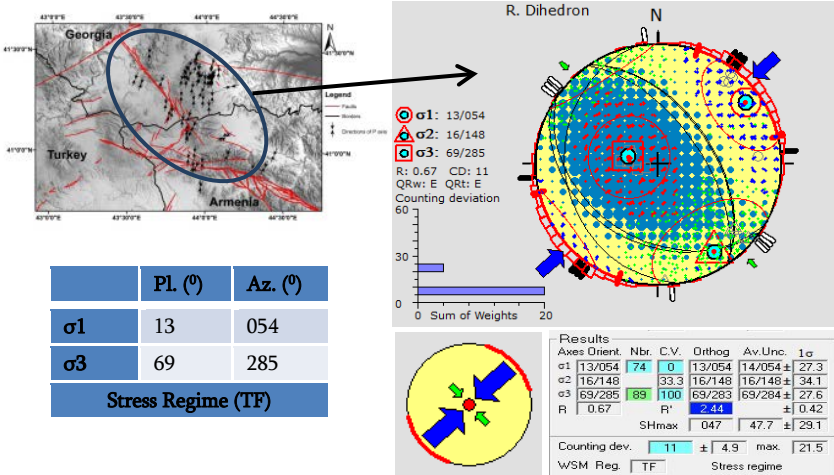
**Նկար 4.2.** Զավախքի ակտիվ խզվածքի տարածքի համար կառուցված լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

**Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի գոտու** լարվածային ռեժիմը վերնետրային (TF) է (նկ. 4.3): Սեղմման լարվածության  $\sigma_1$  մերձհորիզոնական ( $\rho_1=09^\circ$ ) առանցքն ուղղված է հյուսիս-արևմուտքից – հարավ-արևելք ( $Az.=302^\circ$ ): Ընդարձակման  $\sigma_3$  մերձուղղահիգ ( $\rho_1=75^\circ$ ) առանցքն ունի հյուսիս-արևելքից հարավ-արևմուտք տարածման ուղղություն ( $Az.=71^\circ$ ) (նկ. 4.3): Գոտին բնութագրվում է ռադիալ սեղմման լարվածային դաշտով:



**Նկար 4.3.** Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի տարածքում լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

**Ջավախքի բարձրավանդակի ամբողջ տարածքի համար** լարվածային ռեժիմը վերնետքային է (TF)՝ կողաշարժային (SS) բաղադրիչով (նկ. 4.4): Սեղմման լարվածության  $\sigma_1$  մերձհորիզոնական ( $pl.=13^\circ$ ) առանցքն ուղղված է հյուսիս-արևելքից – հարավ-արևմուտք ( $Az.=54^\circ$ ): Ընդարձակման  $\sigma_3$  մերձուղղաձիգ ( $pl.=69^\circ$ ) առանցքն ունի հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք տարածման ուղղություն ( $Az.=285^\circ$ ) (նկ. 4.4):



**Նկար 4.4.** Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

#### 4.4 Ամփոփում

- Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան բնութագրվում է կողաշարժային (SS) լարվածային ռեժիմով: Այն ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմմանը և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակմանը: Գոտու լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունները համընկնում են Կովկասյան ռեգիոնալ լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունների հետ:
- Ջավախքի խզվածքային գոտին բնութագրվում է վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, և ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտքն է: Ստացված արդյունքը համադրելով տեղանքի տեկտոնական ակտիվության հետ կարող ենք ասել, որ լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը՝ կողաշարժային բաղադրիչով, համընկնում է Ջավախքի խզվածքի կինեմատիկային:

- Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող գոտու լարվածային ռեժիմը գնահատվել է վերնետքային (TF): Այս գոտին ևս ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը. այստեղ լարվածային դաշտի սեղմման առավելագույն ուղղությունը հյուսիս-արևմուտք – հարավ-արևելքն է: Լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը համապատասխանում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի այդ սեգմենտի կինեմատիկային:
- Ջավախքի բարձրավանդակը և հարակից տարածքները բնութագրվում են վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտքն է:
- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և դրան հարակից տարածքների համար կառուցված լարվածության թենզորները և հաշվարկված լարվածային ռեժիմները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում առանձնանում են լարվածության տարբեր ռեժիմներ, իսկ գոտու տարբեր տեղամասերում լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ունեն տարբեր կողմնորոշումներ: Սա ուսումնասիրվող գոտու երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատուկ դրսևորումներից է:

#### **ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

Աշխատանքի գիտակիրառական արդյունքների ընդհանրացման հիման վրա արված են հետևյալ եզրակացություններն ու առաջարկությունները.

#### **Եզրակացություններ.**

1. Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկ ռեժիմի վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտու բարձր սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հատկապես թույլ երկրաշարժերի գրանցմամբ ( $M_L \leq 2.0$ ):
2. Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներն ու վերլուծությունը վկայում են այդ գոտում ներկայիս տեկտոնական ակտիվության մասին: Ջավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF), իսկ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS) և վարնետքային (NF) տիպերով:
3. Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի հարակից տարածքում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները մատնանշում են այս գոտու խզվածքավորման գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:

4. Ուսումնասիրվող գոտում խզման հարթությունների սեղմման (P) կինեմատիկ առանցքներն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքները՝ մերձ-հորիզոնական: Համաձայն սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների՝ ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման ազդեցությունների:
5. Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և դրան հարակից տարածքների համար կառուցված լարվածության թենզորները և հաշվարկված լարվածային ռեժիմները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում առանձնանում են լարվածության տարբեր ռեժիմներ, իսկ գոտու տարբեր տեղամասերում լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ունեն տարբեր կողմնորոշումներ: Սա ուսումնասիրվող գոտու երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատուկ դրսևորումներից է:

#### **Առաջարկություններ.**

- Ատենախոսությունում ներկայացված աշխատանքի արդյունքներն առաջարկվում է կիրառել ինստիտուտների և գիտահետազոտական կազմակերպությունների կողմից իրականացվող մի շարք գիտակիրառական աշխատանքներում, ինչպիսիք են սեյսմատեկտոնական մոդելի կառուցումը, սեյսմիկ վտանգի գնահատումը, ակտիվ տեկտոնիկայի ուսումնասիրման աշխատանքները, սեյսմոլոգիական և տեկտոնական վերլուծությունները:
- Երկրաշարժերի օջախներում տեկտոնական ռեժիմների արդյունքներն օգտագործել ուսումնասիրվող տարածքում խզվածքային տեկտոնիկայի վարքագծի վերլուծական հետազոտություններում, ինչը շատ կարևոր է հատկապես երկրաշարժերի հնարավոր սցենարների մշակման համար:
- Երկրակեղևի լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքների կողմնորոշման ուղղությունները ներառել երկրակեղևի գեոդինամիկ վերլուծությունների, նաև բլոկների դեֆորմացիոն փոփոխությունների ուսումնասիրությունների մեջ:

#### **Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրված են հետևյալ գիտական հոդվածներում**

- Է. Սահակյան «ԶԱՎԱԽՔԻ ՍԵՅՍՄԱԾԻՆ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ՝ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՍՊԻՏԱԿԻ 1988 Թ.

ԵՐԿՐԱՇԱՐԺՈՎ» ԵՊՀ ՈՒԳԸ գիտական հոդվածների ժողովածու: Երևան, ԵՊՀ հրատարակչություն, բնական գիտություններ, N1.1(11), 2016, էջ 41-47:

- **Է.Սահակյան**, Սարգսյան Լ.Ս., Գևորգյան Մ.Ռ., Իգիթյան Հ.Ա. «ՋԱՎԱԽԵՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԻԿ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ (1995-2015թթ.)» ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N2, 2017, էջ 3-12:
- **Sahakyan E.**, “THE FEATURES OF STRESS FIELD IN THE JAVAKHETI VOLCANIC HIGHLAND DETERMINED BY THE EARTHQUAKE FOCAL MECHANISMS FOR THE TIME PERIOD 2005-2017”, Earth Sciences, NAS RA, N2, 2018, pp. 38-51:

**Саакян Эля Эмилевна**

## **СЕЙСМИЧНОСТЬ ДЖАВАХЕТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ И АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ**

### **Аннотация**

Коллизия Аравийской и Евразийской плит и блоковое строение земной коры являются причиной непрерывных изменений напряженно-деформированного поля вулканического нагорья Джавахка и сопредельных территорий. Эти изменения имеют большое влияние на сейсмическую активность исследуемой территории. Оценка сейсмического режима на Джавахкском нагорье, выделяющемся наличием густых скоплений эпицентров землетрясений, а также изучение его современного напряженно-деформированного поля, являются важными научно-прикладными проблемами.

Сеть новых цифровых сейсмических станций, установленная в последние годы, дала возможность провести расчет фокальных механизмов не только сильных, но и средней силы ( $M_L \geq 3.0$ ) землетрясений в этой зоне, а также составить новый каталог фокальных механизмов этих землетрясений. Полученные результаты являются важной основой для построения сеймотектонической модели, оценки сейсмической опасности, работ по исследованию активной тектоники, а также для сейсмологических и тектонических анализов. Данные нового каталога фокальных механизмов землетрясений были применены для изучения особенностей поля напряжений земной коры этой области, а по данным решений были построены тензоры напряжений, посредством которых были определены региональный и локальный режимы напряжений и выделены зоны сжатия и растяжения.

Основная цель работы – анализ сейсмичности и особенностей современного напряженно-деформированного поля земной коры на вулканическом Джавахкском нагорье и сопредельных территориях.

### **Защищаемые положения**

- Сейсмическая активность на территории вулканического Джавахского хребта подтверждает преобладающий сдвиговый и сбросовый характер разломообразования.
- Вулканический хребет Джавахка характеризуется сдвиговым (SS) режимом напряжений. Он испытывает сжатие в северо-восток-юго-западном и растяжение в северо-запад-юго-восточном направлении.
- Зона смежная с Джавахкским разломом характеризуется режимом взбросовых напряжений с компонентой сдвига и подвержена радиальному сжатию, в котором преобладающее направление сил сжатия ориентировано на северо-восток-юго-запад.
- Режим напряжений в зоне смежной с северо-западным сегментом Памбак-Севан-Сюникского разлома оценен как взбросовый (TF). Эта зона также подвергается радиальному сжатию – здесь преобладающим направлением сжатия в поле напряжений является северо-запад-юго-восток.

## **ВЫВОДЫ**

1. Анализы сейсмического режима вулканического нагорья Джавахка и примыкающих к нему территорий показывают, что сейсмическая активность исследуемой зоны выражается особенно в виде регистрации слабых землетрясений ( $M_L \leq 2.0$ ).
2. Расчеты и анализ фокальных механизмов землетрясений в исследуемой зоне свидетельствуют о текущей тектонической активности данной зоны. На территориях, примыкающих к Джавахкскому разлому и северо-западному сегменту Памбак-Севан-Сюникского разлома, землетрясения главным образом характеризуются надвиговым/взбросовым типом подвижек (TF), а на территории вулканического хребта Джавахка – сдвиговым (SS) и сбросовым (NF) типами.
3. Расчеты фокальных механизмов землетрясений, зарегистрированных на территории, примыкающей к вулканическому хребту Джавахка, указывают на преобладание сдвигового и сбросового характера разломообразования в этой зоне.
4. В исследуемой зоне кинематические оси сжатия плоскостей разрыва (P) имеют преобладающее близ-меридианальное направление, а кинематические оси растяжения (T) – близ-горизонтальное. Судя по направлениям простираения кинематических осей сжатия и растяжения, исследуемая зона испытывает сжатие в направлении северо-восток-юго-запад (СВ-ЮЗ) и растяжение в направлении северо-запад-юго-восток (СЗ-ЮВ).

5. Тензоры напряжений, построенные для вулканического нагорья Джавахка и смежных с ним территорий, а также рассчитанные режимы напряжений, показывают, что в исследуемой зоне выделяются различные режимы напряжений, а на ее отдельных участках оси сжатия и растяжения в поле напряжений имеют различные ориентации. Это относится к числу особых проявлений поля напряжений земной коры в исследуемой зоне.

**Sahakyan Elya**

## **SEISMICITY OF THE VOLCANIC HIGHLAND OF JAVAKHETI AND ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE RECENT STRAIN FIELD OF THE EARTH CRUST**

### **Annotation**

The collision of the Arabian and Eurasian plates and block structure of the Earth crust have caused continuous changes of the strain field in the volcanic Javakheti Highland and the adjacent areas. The changes have crucial contribution in the seismic activity of the study area. Assessment of the seismic regime in the Javakheti Highland that is distinguished by the presence of dense regional clusters of earthquake epicenters, as well as study of the recent strain field are important problems of applied science.

The network of new digital stations installed during the last years has enabled focal mechanism computations for not only strong, but also medium-size ( $M_L \geq 3.0$ ) earthquakes in the zone, and compilation of a new catalogue of focal plane solutions for these events. The produced results form an important basis for the development of seismotectonic model, seismic hazard assessment, and active tectonics studies, as well as seismological and tectonic analyses. The data of the new catalogue of focal mechanisms were applied to study features of stress-field within the Earth crust of the terrain: stress tensors were plotted by the data of these solutions and applied to determine both the regional and local stress regimes and to identify zones of compression and extension.

The main purpose of the study is analysis of features of the seismicity and recent strain field of the Earth crust within the volcanic Javakheti Highland and adjacent areas.

### **Statements Defended**

- Seismic activity in the area of the volcanic Javakheti Highland confirms the pattern of prevalingly strike-slip and normal-faulting kinematics.
- The volcanic Javakheti Ridge is characterized by strike-slip (SS) stress regime. It is exposed to compression and extension in the northeastern-southwestern and northwestern-southeastern directions, respectively.

- The area adjoining the Javakhq Fault is characterized by the stress regime of thrusting with a strike-slip fault component and is exposed to radial compression, where compressive forces are predominantly NE-SW-oriented.
- The stress regime of the zone adjacent to the northwestern segment of the Pambak-Sevan-Syunik Fault was assessed as thrusting (TF). This zone is also subject to radial compression with the stress-field compression component oriented primarily to the NW-SE.

## CONCLUSIONS

1. The analyses of seismic regime in the volcanic Javakheti Highland and adjacent areas demonstrated that seismic activity of the studied zone is reflected specifically in the record of weak ( $M_L \leq 2.0$ ) earthquakes.
2. The computations and analysis of focal mechanisms in the studied zone bear evidence of the current tectonic activity of the zone. Earthquakes located in areas adjoining the Javakhq Fault and the north-western segment of the Pambak-Sevan-Syunik Fault are mainly characterized by thrusting motions (TF), but in the area of the volcanic Javakheti Ridge earthquakes display strike-slip (SS) and normal (NF) faulting types.
3. The computations of focal mechanisms for the earthquakes recorded in the area adjacent to the volcanic Javakheti Ridge indicate that strike-slip and normal faulting is predominant in this zone.
4. The kinematic axes of compression (P) and extension (T) for the fault planes in the studied zone are predominantly oriented in the near-meridian and near-horizontal directions, respectively. The directions of strike for the kinematic axes of compression and extension suggest that the studied zone is exposed to impacts of the northeastern-southwestern (NE-SW) compression and northwestern-southeastern (NW-SE) extension.
5. The stress tensors plotted for the volcanic Javakheti Highland and adjacent areas and the calculated stress regimes demonstrate that diverse stress regimes are identified within the studied zone, while compression and extension axes within individual sites of the zone are oriented differently. This is a distinct manifestation of the stress field in the Earth crust of the considered zone.