

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
Ա.ՆԱԶԱՐՈՎԻ ԱՆՎԱՆ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱՅԻ ԵՎ ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՍՄԱՐԱՆՈՒԹՅԱՆ
ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՄԿՐՏՉՅԱՆ ԳՈՀԱՐԻԿ ԱՐՏԱՎԱԶԴԻ

**ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍԻ ՀԱՐԱՎԱՐԵՎԵԼՅԱՆ ՄԱՍԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՍԵՅՍՄԻԿ ՎՏԱՆԳԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ**

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԳՅՈՒՄՐԻ- 2023

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ ИМЕНИ А. НАЗАРОВА

ՄԿՐՏՉԻԱՆ ԳՕԱՐԻԿ ԱՐՏԱՎԱԶԴՈՎՆԱ

**ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КAVKAZA**

ԱՎՏՈՐԵՓԵՐԱՏ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук по
специальности 24.01.08 «Геофизика, методы поисков полезных ископаемых»

ԳՅՈՒՄՐԻ – 2023

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ա.Նազարովի անվան
Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու

Էդուարդ Գրիգորի Գյոդակյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

երկրաբ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու

Սարգիս Հրաչիկի Հայրոյան

Վանանդ Գուրգենի Գրիգորյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

«Սեյսմիկ պաշտպանության տարածքային ծառայություն» ՊՈԱԿ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ.սեպտեմբերի 18-ին, ժամը 14:00.-ին ՀՀ ԳԱԱ Ա.Նազարովի անվան Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտում գործող «Երկրաֆիզիկա» 040 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցեն՝ 3115, ք. Գյումրի, Վ.Սարգսյան 5:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2023թ. օգոստոսի 04-ին:

Մասնագիտական խորհրդի

գիտական քարտուղար, Ե.Գ.Թ.



Զ.Կ. Կարապետյան

Тема диссертации утверждена в Институте геофизики и инженерной сейсмологии имени А. Назарова НАН РА.

Научный руководитель:

кандидат физ.-мат. наук

Эдуард Григорьевич Геодакян

Официальные оппоненты:

доктор геологических наук, профессор

кандидат физ.-мат. наук

Саргис Грачикович Айроян

Вананд Гургенович Григорян

Ведущая организация:

«Территориальная служба сейсмической защиты» ГНКО

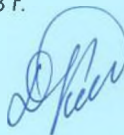
Защита диссертации состоится 18 сентября 2023г., в 14:00 часов на заседании Специализированного совета 040 «Геофизика» при Институте геофизики и инженерной сейсмологии имени А.Назарова НАН РА по адресу: 3115, г. Гюмри, ул. В.Саргсяна 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГИС НАН РА.

Автореферат разослан 04 августа 2023 г.

Ученый секретарь

Специализированного совета, к.г.н.



Дж.К. Карапетян

Թեմայի արդիականությունը

ՀՀ և հարակից տարածքների սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատումը հանդիսանում է հույժ կարևոր գիտա-կիրառական խնդիր, քանի որ ունի կարևոր սոցիալական և տնտեսական նշանակություն, առնչվում է հազարավոր մարդկանց կյանքի և նյութական արժեքների պահպանության հետ: Սեյսմիկ վտանգի գնահատումը բազմագործոն և բազմափուլ հիմնախնդիր է, որի իրականացումը պահանջում է սեյսմավիճակագրական տվյալների օգտագործում, ժամանակակից մաթեմատիկական մեթոդների կիրառում: Ներկայումս տարբեր հեղինակների կողմից ՀՀ տարածքի առանձին հատվածների համար իրականացվել են տարբեր տեսակի և մանրամասնության սեյսմաբանական աշխատանքներ, սակայն Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի համար սեյսմիկության, սեյսմիկ ռեժիմի և սեյսմիկ ազդեցությունների գնահատման ուղղությամբ իրականացված հետազոտությունները լիարժեք չեն և ամբողջ տարածքին բնորոշ սեյսմիկության, սպասվող սեյսմիկ ազդեցությունների իրական պատկերը չեն արտացոլում: Ուստի հետազոտվող տարածքի համար սեյսմիկության մանրամասն հետազոտությունները և դրանց արդյունքների վրա հիմնված սեյսմիկ վտանգի գնահատումն ու քարտեզագրումը հանդիսանում են արդիական հիմնախնդիրներ:

Աշխատանքի նպատակը

Սեյսմավիճակագրական տվյալների վերլուծության հիման վրա ուսումնասիրել Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի սեյսմիկությունը, նոր ուսումնասիրությունների, ստացված արդյունքների և ժամանակակից մեթոդաբանական մոտեցումների հիման վրա նորովի գնահատել այդ տարածքի սեյսմիկ վտանգը:

Դրված նպատակին հասնելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները՝

- Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի երկրաշարժերի տվյալների հավաքագրում, համակարգում, դասակարգում և ընդհանրացված կատալոգի կազմում:
- Սեյսմիկության տարածա-ժամանակա-էներգետիկ բաշխվածությունների ուսումնասիրություններ և վերլուծություններ:
- Գործիքային տվյալների հիման վրա սեյսմիկ ռեժիմի երկարաժամկետ քանակական պարամետրերի որոշում և գոտիավորում:
- Հետազոտվող տարածքի համար երկրաշարժերի օջախների առաջացման հնարավոր գոտիների (ԵՕԱՀԳ) տարանջատում, դրանց սեյսմիկ պոտենցիալների (M_{max}) գնահատում:
- Սեյսմիկ ազդեցությունների մարման մոդելների համադրելի վերլուծության հիման վրա հետազոտվող տարածքի համար աղեկվատ մոդելի ընտրություն, սեյսմիկ վտանգի գնահատում և քարտեզագրում (1:200000 մասշտաբի):

Պաշտպանվող հիմնական դրույթները

- Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի և հարակից շրջանների համար մ.թ.ա. մինչև 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի ընդհանրացված կատալոգի կազմում, դիտարկման տարբեր ժամանակաշրջանների համար ներկայացուցչական մագնիտուդի շեմային արժեքների գնահատում:

- Սեյսմիկության տարածա-ժամանակա-էներգետիկ մանրամասն վերլուծություն, սեյսմիկության դրսևորման հիմնական օրինաչափությունների և բնութագրական առանձնահատկությունների բացահայտում:
- Ուժեղ երկրաշարժերի ($I \geq 6.0$ բալ) մակրոսեյսմիկ հետազոտությունների միջոցով (ըստ MSK-64 սանդղակի) կազմված իզոսեյստերի քարտեզների հիման վրա առավելագույն ինտենսիվությամբ տիրույթների տարանջատում:
- Սեյսմիկ ռեժիմի երկրաբաժանվետ քանակական պարամետրերի՝ երկրաշարժերի կրկնողության թեքման անկյան (γ), սեյսմիկ ակտիվության (A_{10}), առավելագույն էներգետիկ դասով երկրաշարժերի (K_{max}), սեյսմիկ ֆոնի խտության դաշտի (N^*) արժեքների գնահատում:
- Երկրաշարժերի օջախների առաջացման հնարավոր գոտիների ($\epsilon OUL < \zeta$) տարանջատում, դրանց սեյսմիկ պոտենցիալների (M_{max}) գնահատում՝ սեյսմաբանական և երկրաբանական համալիր մեթոդների կիրառմամբ:
- Սեյսմիկ ազդեցությունների մարման $PGA=f(M,R)$ դիտարկված մոդելների համադրելի վերլուծություն, ուսումնասիրվող տարածքի համար օպտիմալ մարման մոդելի ընտրություն, սեյսմիկ վտանգի դետերմինիստական և հավանականային գնահատմամբ $1:200\ 000$ մասշտաբի քարտեզների կազմում:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

- Կազմվել է Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի և հարակից շրջանների համար մ.թ.ա.-ից մինչ 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի ընդհանրացված կատալոգ: Առանձնացվել են դիտարկումների տարբեր ժամանակաշրջաններ և գնահատվել ներկայացուցչական մագնիտուդի շեմային արժեքները,
- սեյսմիկության տարածա-ժամանակա-էներգետիկ մանրամասն վերլուծությունների արդյունքում բացահայտվել են սեյսմիկության դրսևորման հիմնական օրինաչափությունները և բնութագրական առանձնահատկությունները,
- ուժեղ երկրաշարժերի մակրոսեյսմիկ տվյալների հիման վրա տարանջատվել են առավելագույն ինտենսիվությամբ տիրույթները՝ արտահայտված բալերով,
- գործիքային տվյալների հիման վրա գնահատվել և գոտիավորվել են սեյսմիկ ռեժիմի երկրաբաժանվետ քանակական պարամետրերը՝ կրկնողությունը (γ), սեյսմիկ ակտիվությունը (A_{10}), առավելագույն էներգետիկ դասով հնարավոր երկրաշարժերը (K_{max}) և թույլ երկրաշարժերի խտությունը (N^*),
- տարանջատվել են երկրաշարժերի օջախների առաջացման հնարավոր գոտիները ($\epsilon OUL < \zeta$), գնահատվել են $\epsilon OUL < \zeta$ գոտիների առավելագույն սեյսմիկ պոտենցիալները (M_{max}) բոլոր հնարավոր սեյսմաբանական, երկրաբանական մեթոդների կիրառմամբ,
- գնահատվել է Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասում սպասվող սեյսմիկ վտանգը դետերմինիստական և հավանականային մեթոդներով, կառուցվել են համապատասխան քարտեզները ($1:200\ 000$ մասշտաբ):

Գործնական նշանակությունը

Ստացված արդյունքները կարող են կիրառվել Հայաստանի Հանրապետության և հարակից տարածքների սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատման, սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքներում:

Սեյսմիկության բացահայտված անոմալ դրսևորումները կարող են օգտագործվել երկրաշարժերի երկարաժամկետ և միջնաժամկետ սեյսմաբանական նախանշանների բացահայտման ուղղությամբ տարվող աշխատանքներում:

Կազմված կատալոգը կարող է օգտագործվել մասնավորապես Հայաստանի Հանրապետությունում կառուցված շենքերի և շինությունների անձնագրայնացման, պատմամշակութային կառույցների տեխնիկական վիճակի հետազննություններ կատարելու ժամանակ:

Փորձահավաստիությունը և հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել և ներկայացվել են միջազգային և հանրապետական գիտաժողովներում՝ «Սեյսմաբանության, հիդրոերկրաբանության և ինժեներային երկրաբանության ժամանակակից հիմնախնդիրները» 7-րդ միջազգային գիտաժողով (Տաշքենդ, 2010թ.), «Սեյսմիկ վտանգ, սեյսմիկ ռիսկի կառավարում Կովկասում» Երիտասարդ գիտնականների 4-րդ, 5-րդ Կովկասյան միջազգային գիտաժողովներ (Վլադիկովկաս 2011թ., 2013թ.), XX համառուսական միջազգային գիտաժողով «Արևելա- եվրոպական պլատֆորմի և հարակից շրջանների խորքային կառուցվածք, հանքայնացում, ժամանակակից գեոդինամիկա և սեյսմիկություն» (Վորոնեժ 2016թ.), «Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության արդի խնդիրները» գիտաժողովներ (Գյումրի 2002թ., 2004թ., 2008թ., 2011թ.), «Երկրաֆիզիկայի, ինժեներային սեյսմաբանության և սեյսմակայուն շինարարության արդի խնդիրները» երիտասարդ գիտնականների I և II միջազգային գիտաժողովներ (Գյումրի 2013թ., 2015թ.), «Երկրաբանություն, բնապահպանություն և Ուրալի ու հարակից տարածքների ռեսուրսների ներուժ» համառուսական II-X երիտասարդական գիտաժողովներ, (Ուֆա, 2014÷2022թ.թ.), «Ամբարտակներ և երկրաշարժեր» միջազգային սիմպոզիում- EWG (Եվրոպական աշխատանքային խմբի 3-րդ հանդիպում, Լիսաբոն, 2019թ.):

Գրախոսվող ամսագրերում հրապարակված են թեմային վերաբերվող 18 գիտական հոդվածներ:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացություններից, առաջարկություններից, գրականության ցանկից՝ 133 գրական աղբյուր, հավելվածից: Ընդհանուր ծավալը 113 էջ, բերված են 45 գծանկար, 10 աղյուսակ:

Երախտագիտություն

Խորին երախտագիտությունս եմ հայտնում իմ գիտական ղեկավար՝ ֆ.մ.գ. թ. Է.Գ. Գյոդակյանին խնդրի դրվածքի, օգտակար խորհուրդների, քննարկումների և աշխատանքի նկատմամբ ցուցաբերած մշտական ուշադրության համար:

Հատուկ շնորհակալություն եմ հայտնում ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ տնօրեն Ե.գ.թ. Զ.Կ. Կարապետյանին աշխատանքի կատարման ընթացքում ցույց տված բազմակողմանի աջակցության, առանձին հարցերի քննարկման և արժեքավոր խորհուրդների համար:

Երախտագիտությունս եմ հայտնում ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ, ֆ.մ.գ.դ. Ս.Ս. Հովհաննիսյանին, Ե.-հ.գ.թ. Հ.Հ. Հովհաննիսյանին, ֆ.մ.գ. թ. Կ.Ա. Կարապետյանին խորհրդատվության և աշխատանքի կատարման ընթացքում ցուցաբերած արժեքավոր դիտողությունների համար, գիտաաշխատող Բ.Վ. Սահակյանին աշխատանքի ընթացքում ցույց տված աջակցության համար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՈՒՑ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված են թեմայի արդիականությունը, շարադրված են աշխատանքի նպատակն ու խնդիրները, բերված են պաշտպանվող հիմնական դրույթները, աշխատանքի գիտական նորույթը և գործնական նշանակությունը:

Աշխատանքի առաջին գլխում ներկայացված է տարածաշրջանում սեյսմիկության, սեյսմիկ վտանգի գնահատմանն ուղղված հետազոտությունների մանրամասն ուսումնասիրությունները, դրանց մեթոդական մոտեցումները, արդի վիճակը և հետազոտվող տարածքի աշխարհագրական շրջանակի ընտրությունը: Ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմիկության և սեյսմիկ ազդեցությունների գնահատման նպատակով ընտրվել է հավանականային գնահատման մեթոդաբանությունը, որի կոնցեպցիան համարվում է դետերմինիստա-հավանականային: Համաձայն այդ կոնցեպցիայի ամբողջ հետազոտվող տարածքի համար հաջորդաբար ստեղծվում է համասեռ սեյսմաբանական և երկրաբանա-երկրաֆիզիկական տվյալների բազա, որի հիման վրա կազմվում է երկրաշարժերի օջախների առաջացման գոտիների միասնական մոդելը, գնահատվում են մոդելի առանձին էլեմենտների սեյսմիկ պոտենցիալները (առաջին փուլ), հնարավոր ամենաուժեղ երկրաշարժից առաջացած սեյսմիկ ազդեցության մոդելը (երկրորդ փուլ), որոնց հիման վրա կատարվում է սեյսմիկ վտանգի գնահատումը (երրորդ փուլ):

Որպես հետազոտության տարածք ընտրվել է Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասն ընդգրկող հյուսիսային լայնության $\varphi=39.0^{\circ}\text{N}\div 40.5^{\circ}\text{N}$ և արևելյան երկայնության $\lambda=44.35^{\circ}\text{E}\div 47.10^{\circ}\text{E}$ աշխարհագրական կոորդինատներով սահմանափակված տարածքը, որտեղ տեղաբաշխված են բնակավայրեր, խոշոր լեռնարդյունաբերական ձեռնարկություններ, շահագործվող ու նախատեսվող ջրամբարներ:

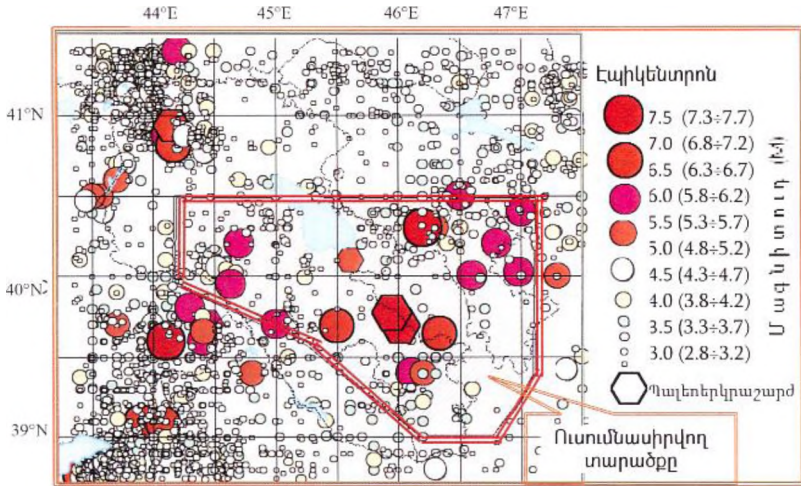
Աշխատանքի երկրորդ գլխում դիտարկված են ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմաբանական, տեկտոնական և սեյսմատեկտոնական պայմանները:

Լուծվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները՝

• Կազմվել է ուսումնասիրվող տարածքի և հարակից շրջանների համար երկրաշարժերի ընդհանրացված կարտալոգ:

Ուսումնասիրվող տարածքում սեյսմաբանական հետազոտություններ կատարելու համար անհրաժեշտ պայման է հանդիսանում տվյալ տարածքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի տվյալների բազայի առկայությունը: Սեյսմիկության և սեյսմիկ ռեժիմը բնութագրող արդյունքների հավաստիությունը ապահովելու նպատակով, հետազոտվող տարածքի համար դիտարկվել է $R\approx 150$ կմ շառավղով տիրույթն ընդգրկող $\varphi=38.7^{\circ}\text{N}\div 41.7^{\circ}\text{N}$ և $\lambda=43,35^{\circ}\text{E}\div 47,5^{\circ}\text{E}$ աշխարհագրական կոորդինատներով սահմանափակված տարածքի ընդհանուր սեյսմիկ դաշտը: Հավաքագրելով, համակարգելով, դասակարգելով, ճշգրտելով տարածաշրջանում տեղի ունեցած երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերի վերաբերյալ տարածաշրջանային, ազգային և հեղինակային կատալոգներից վերցված մեծ ծավալի տեղեկատվությունը, կազմվել է երկրաշարժերի ընդհանրացված կատալոգ, որն իր մեջ ներառում է մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ. տեղի ունեցած 22690 երկրաշարժերի տվյալներ:

Նկ,1-ում ներկայացված է մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ տարածաշրջանում տեղի ունեցած $M\geq 3,0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի տարածական բաշխվածությունը և առանձին շրջանակով նշված է ուսումնասիրվող տարածքը:



Նկ.1. Մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ. տարածաշրջանում տեղի ունեցած $M \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի տարածական բաշխվածությունը:

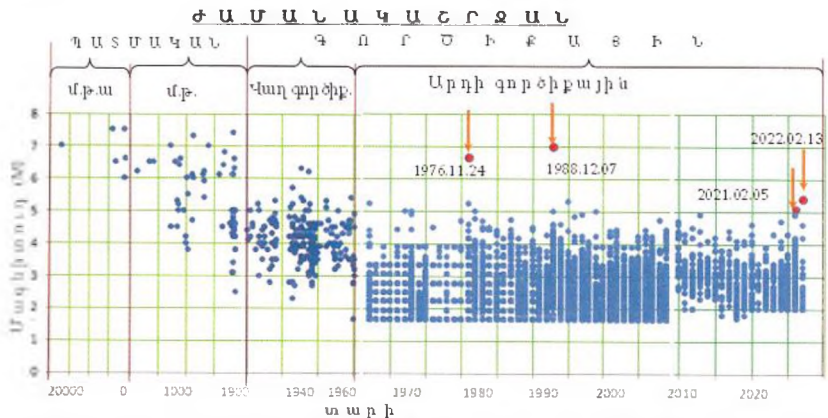
Մեյնսմալիճակագրական տվյալների կիրառման համար մշակվել է կատալոգի տվյալների ներկայացման ընդհանուր ձևաչափ՝ յուրաքանչյուր խնդրի լուծման համար մշակվել է անհրաժեշտ ալգորիթմ, տարբեր տիպի և մասշտաբայնության քարտեզների կազմման համար ընտրվել և կիրառվել են ժամանակակից աշխարհատեղեկատվական համակարգի ծրագրային GIS փաթեթներ (MapInfo, Surfer և այլն):

Ըստ ընդհանրացված կատալոգի տվյալների տարածաշրջանի երկրաշարժերի ուսումնասիրման ժամանակագրությունը կարելի է բաժանել երկու հիմնական փուլերի՝

- **պատմական** (մինչգործիքային), որն իր մեջ ընդգրկում է մեր թվարկությունից առաջ (մ.թ.ա.) մինչև 1900թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերը,
- **գործիքային**, որն իր հերթին բաժանվել է երկու ժամանակաշրջանների՝
 - **վաղ գործիքային**՝ 1901 թ.-ից մինչև 1961թ.,
 - **արդի գործիքային**՝ 1962թ.-ից մինչև արդի ժամանակները:

Նկ.2.-ում ներկայացված է մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի բաշխվածության գրաֆիկը ըստ մագնիտուդի, որի վրա առանձնացված են վերոնշյալ ժամանակաշրջանները: Կատալոգի ժամանակային վերլուծության հիման վրա իրականացվել է երկրաշարժերի ներկայացուցչական մագնիտուդների շեմային արժեքների գնահատում: Արդյունքները ցույց են տվել, որ պատմական ժամանակաշրջանի համար ներկայացուցչական է $M \geq 6.5$ մագնիտուդը, վաղ գործիքային ժամանակաշրջանի համար՝ $M \geq 4.0$, արդի գործիքային ժամանակաշրջանի համար՝ $M \geq 2.2$: Տարածաշրջանում ավերիչ երկրաշարժերը ($M > 7.3$) տեղի են ունեցել պատմական ժամանակաշրջանում, ուժեղագույն երկրաշարժերը՝ 1976.11.24 Վան-Չալդիրանի ($M=7.1$) և 1988.12.07 Սպիտակի ($M=7.0$), արդի գործիքային ժամանակաշրջանում, իսկ Սպիտակի երկրաշարժից հետո մինչև մեր օրերը տեղի ունեցած առավել ուժեղ երկրաշարժեր գրանցվել են 2021թ.-ին Հայաստանի կենտրոնական մասում փետրվարի 5-ին Շորժա գյուղից 5կմ հյուսիս-արևելք և փետրվարի

13-ին Երևան քաղաքից 8կմ հարավ-արևելք, համապատասխանաբար $M=5,1$ և $M=4,9$ մագնիտուդ ուժգնությամբ (նկ.2-ում նշված են սլաքներով):



Նկ.2. Ուսումնասիրված և հարակից տարածքներում մ.թ.ա. -ից մինչև 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի բաշխվածությունը ըստ ժամանակաշրջանի և մագնիտուդի:

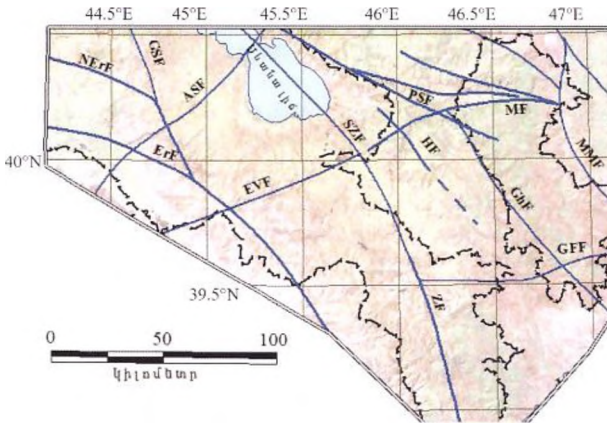
• **Տարածաշրջանի ակտիվ խորքային բեկվածքները:**

Դիտարկվել են տարածաշրջանի ավելի քան տասը հայտնի խորքային երկրաբանատեկտոնական մոդելներ՝ Գաբրիելյան Ա.Ա. Ասլանյան Ա.Տ., Պաֆֆենհոյց Կ.Ն., Կարախանյան Ա.Ս., Հակոբյան Յ.Գ., Հովհաննիսյան Շ.Ս., Հաջմամուղով Է.Բ., Նազարեթյան Ա.Ն., Սարգսյան Հ.Հ.: Կատարվել է ՀՀ տարածքի երկրակեղևի սեյսմակտիվ շերտի խզվածքա-բլոկային կառուցվածքային մոդելի (Հովհաննիսյան Հ.Հ., Հովհաննիսյան Ս.Մ. Գասպարյան Հ.Ս. և ուր.) և վերոնշյալ խորքային երկրաբանատեկտոնական մոդելների համադրական վերլուծություն: Արդյունքում կազմվել է Հայաստանի Հանրապետության տարածքի համար 1:200000 մասշտաբի տեկտոնական նոր մոդել (ԵԻՍԻ-ի ֆոնդեր, կատարվել է հայ-չինական ծրագրի սահմաններում):

Ուսումնասիրվող տարածքի համար կազմվել է տեկտոնական քարտեզ՝ հիմք ընդունելով ՀՀ տարածքի վերոնշյալ նոր մոդելը և ԼՂ տարածքի տեկտոնական մոդելը (Գյոդակյան Է, Բաբայան Թ.) (նկ.3.).

• **Դիտարկվել են ցարածաշրջանի ուժեղագույն երկրաշարժերը, վերլուծվել է դրանց ցարածա-ժամանակային բաշխվածությունը:**

Ընդհանրացված կատալոգից առանձնացվել են $I_0 \geq 6$ ինտենսիվությամբ թվով 38 երկրաշարժեր, որոնց էպիկենտրոնները գտնվում են հետազոտվող տարածքում և հարակից շրջաններում: Հիմք ընդունելով այդ երկրաշարժերի մակրոսեյսմիկ դիտարկումներով (ըստ MSK-64 սանդղակի) կառուցված իզոսեյստերի քարտեզները, կատարվել է նույն ինտենսիվությամբ իզոգծերի համադրական վերլուծություն, որի արդյունքում ուսումնասիրվող տարածքում առանձնացվել են $I_0=6, 7, 8$ և 9 բալ ինտենսիվությամբ գոտիները: Կազմվել է դիտարկված ինտենսիվությամբ գոտիների համադրված քարտեզը:



Խորքային բեկվածքների հաշվառումները և անվանումները

- PSF - Փամբակ-Սևանի
- ErF - Երևանյան
- ZF - Ջանգեզուրի
- SGF - Սպիտակ-Գառնիի
- SZF - Սևան-Ջանգեզուրյան
- NErF - Մերձերևանյան
- EVF - Եյփին-Վարդենիսյան
- ASF - Արարատ-Սևանի
- MF - Մոսվի
- HrF - Հաքարի
- GFF - Գորիս-Ֆիզուլիի
- MMF - Մարտակերտ Սարտունիի

Նկ.3. Ուսումնասիրվող տարածքի խորքային բեկվածքների քարտեզը:

Վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել, որ տարածքը տարբեր երկրաշարժերից ամբողջովին ենթարկվել է $I_0=8$ բալ ինտենսիվությամբ սեյսմիկ ազդեցությունների: Հյուսիսից և արևմուտքից տարանջատվում են $I_0=9$ բալ առավելագույն սեյսմիկ ինտենսիվությամբ տիրույթներ:

Աշխատանքի երրորդ գլխում դիտարկվել են ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմիկությունը, սեյսմիկ ռեժիմը և երկրաշարժերի օջախների առաջացման հնարավոր գոտիները:

Լուծվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները՝

- Դիտարկված է սեյսմիկության հիերարխիկ բաշխվածությունը՝

տարածական, ժամանակային, էներգետիկ

- ա.) Տարածական բաշխվածությունը ըստ ժամանակաշրջանների՝

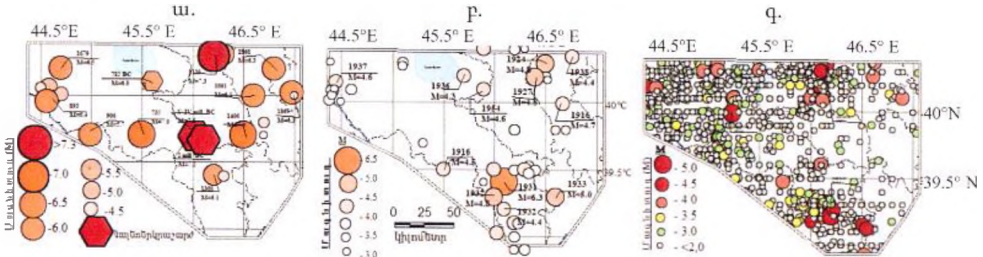
պատմական, վաղ գործիքային և արդի գործիքային

Պարզական ժամանակաշրջանում դիտարկվել են ուսումնասիրվող տարածքում տեղի ունեցած կործանարար և ուժեղ երկրաշարժերը (թվով՝ 24), որոնց մագնիտուդների արժեքները գտնվում են $M=4,3-7,5$ միջակայքում: Դրանց տարածական բաշխվածության արդյունքները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող տարածքում էպիկենտրոնները բաշխված են անհամաչափ՝ հյուսիսային շրջանում տեղաբաշխված են $M=7,3$ մագնիտուդով 1139թ. Գանձակի ավերիչ երկրաշարժի օջախային գոտին, արևմտյան շրջանում $M=6,4$ մագնիտուդով 1679թ. Գառնիի և Դվինի երկրաշարժերի օջախային խմբավորումները, կենտրոնական մասում $M=7,0$ մագնիտուդով 735թ. Վայոց ձորի, $M \geq 7,5$ մագնիտուդով մ.թ.ա. V-IV և մ.թ.ա. I հազարամյակներում տեղի ունեցած Ծղուկի երկու պալեոերկրաշարժերի օջախները, հարավում՝ $M=6,6$ մագնիտուդով 1308թ. Տաթևի երկրաշարժի օջախային գոտին (Նկ.4.ա.):

Վաղ գործիքային ժամանակաշրջանում դիտարկվել են ավելի քան 50 երկրաշարժերի տվյալներ, որոնց մագնիտուդների արժեքները գտնվում են $M=3,0-6,3$ միջակայքում, էպիկենտրոնները տարածքում տեղաբաշխված են ոչ հավասարաչափ: Առավելագույն մագնիտուդով երկրաշարժեր դիտվել են հարավային մասում՝ 1931թ. թվականին

Չանգեզուրի ($M=6,3$). հյուսիսային մասում 1927թ. Զուռնաբադի ($M=4,8$), 1938թ. Հաջիբենդի, ($M=4,4$) և արևմտյան շրջանում 1937թ. Երևանի ($M=4,6$), իսկ կենտրոնական մասում գրեթե բացակայում են երկրաշարժերը (նկ.4.բ.):

Արդի գործիքային ժամանակաշրջանում ներգրավված են $M \geq 2,0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի տվյալներ, որոնց էպիկենտրոնների տարածական բաշխվածության արդյունքները ցույց են տալիս, որ ամբողջ տարածքում առկա է էպիկենտրոնների ցրված դաշտ, սակայն առավել խտացում նկատվում է հյուսիսային, հարավային և արևմտյան շրջաններում: Առավելագույն մագնիտուդով երկրաշարժերը գրանցվել են այդ շրջաններում՝ 1994.09.24՝ $M=5,0$, 1968.06.09 Չանգեզուրի $M=4,9$ և 2021.02.13 Երևանի՝ $M=4,9$ (նկ.4.գ.):



Նկ. 4. Ուսումնասիրված տարածքում տարբեր ժամանակաշրջաններում տեղի ունեցած երկրաշարժերի տարածական բաշխվածության քարտեզները՝ ա. պատմական, բ. վաղ գործիքային, գ. արդի գործիքային:

բ) Սեյսմիկության ժամանակա-էներգետիկ բաշխվածության վերլուծություն:

Իմբավորվել են մ.թ.ա. մինչև 2022թ. տեղի ունեցած $M \geq 4.9$ մագնիտուդով երկրաշարժերը և պալեոերկրաշարժերը ըստ մագնիտուդների արժեքների խմբերի, ինչպես նաև գնահատվել են նույն խմբի երկրաշարժերի կրկնողության միջին պարբերությունները: Վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել, որ կործանարար $M \geq 7,3$ մագնիտուդով երկրաշարժերի կրկնողության միջին պարբերությունը մոտավոր հաշվարկներով կազմում է $T \approx 3000$ տարի, իսկ $M=6,5-6,7$ մագնիտուդով երկրաշարժերի կրկնողության միջին պարբերությունը՝ $T \approx 450-500$ տարի:

Արդի գործիքային ժամանակաշրջանի համար էներգետիկ բաշխվածության վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ դիտարկման 53 տարիների ընթացքում (1962÷2021թթ.) արձակված գումարային սեյսմիկ էներգիան կազմել է $6,3 \times 10^{13}$ ջոուլ, որի 67%-ը ($4,2 \times 10^{13}$ ջոուլ) պայմանավորված է չորս ուժեղագույն երկրաշարժերի արձակված էներգիայով:

• **Գնահատվել և գոտիավորվել են սեյսմիկ ռեժիմի երկարաժամկետ քանակական պարամետրերը գործիքային ժամանակահատվածի համար՝ սեյսմիկ ակտիվությունը (A_{10}), առավելագույն էներգետիկ դասով հնարավոր երկրաշարժերը (K_{max}) և թույլ երկրաշարժերի խտությունը (N^*):** Դրանց տարածական բաշխվածության գոտիավորման քարտեզների վերլուծությունները ցույց են տալիս՝

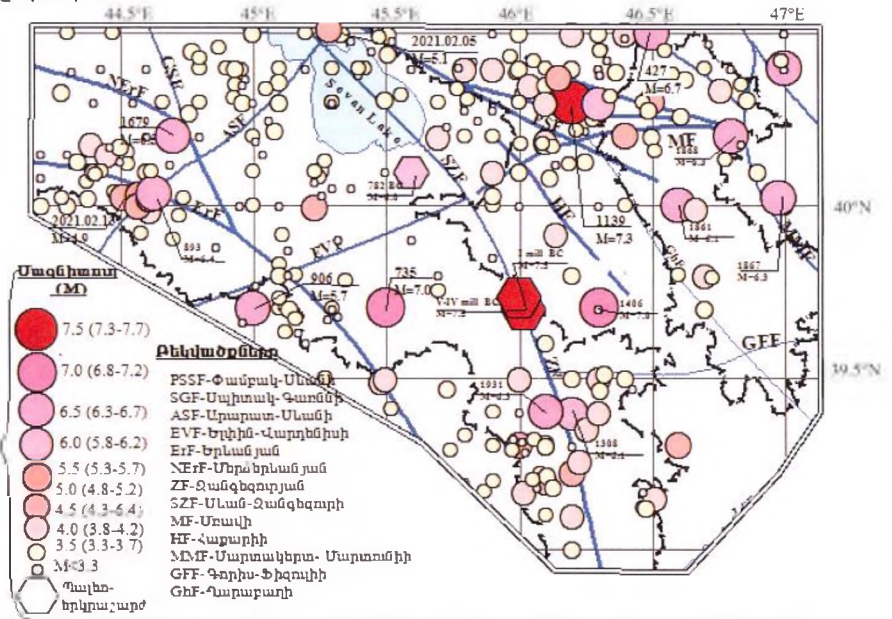
- սեյսմիկ ակտիվությունը՝ A_{10} -ը, անհամասեռ է և բնութագրվում է չորս մակարդակով՝ բարձր $A_{10} \geq 0,5$, միջին $0,2 < A_{10} < 0,5$, չափավոր $0,1 < A_{10} < 0,2$ և թույլ $0,05 < A_{10} < 0,1$,
- հնարավոր երկրաշարժերի առավելագույն K_{max} էներգետիկ դասով առանձնացված են 4 տիրույթներ, որոնք բնութագրվում են $K_{max}=14, 15, 15,5$ և 16 արժեքներով,

- $K=7\div 10$ էներգետիկ դասով թույլ երկրաշարժերի բաշխվածության խտության դաշտի N^* պարամետրի արժեքներով տարանջատվել են երեք տիրույթներ, որոնք բնութագրվում են թույլ՝ $N^* < 0,0011$, չափավոր՝ $0,0011 \leq N^* \leq 0,0072$, բարձր $N^* > 0,0072$ մակարդակներով և այդ տիրույթների սահմանային գոտիներում տեղաբաշխված են ուժեղ երկրաշարժերի գոտիները:

- երկրաշարժերի կրկնողության տարբեր մեթոդներով հաշվված γ -ի արժեքը ստացվել է $\gamma=0,479\div 0,512$ միջակայքում, որը համահունչ է տվյալ տարածաշրջանի համար տարբեր հետազոտողների կողմից գնահատված $\gamma=0,5$ միջին արժեքին:

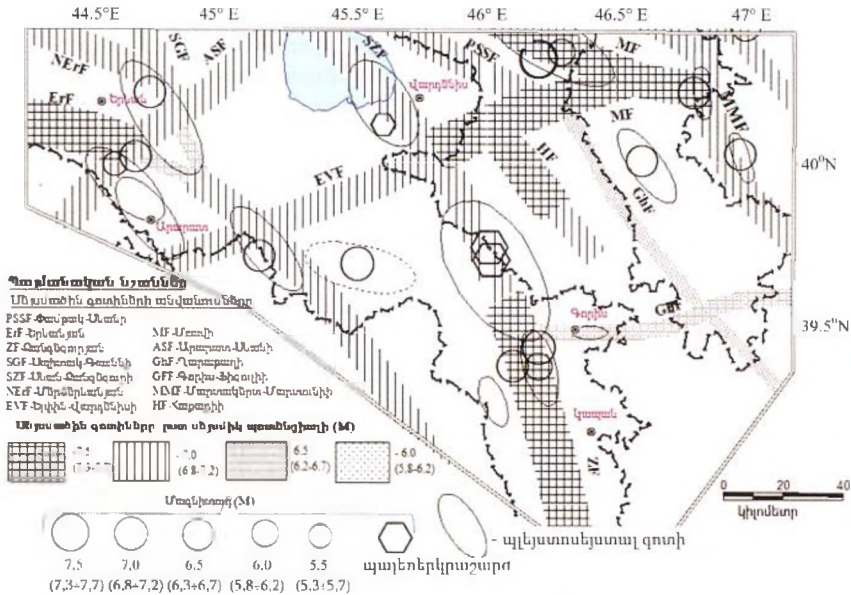
Ստացված սեյսմիկ ռեժիմի երկրաբաժանկեր քանակական γ և A_{10} պարամետրերը կիրառվել են սեյսմիկ վրանգի, K_{max} -ը սեյսմածին զոդիների սեյսմիկ M_{max} պոպուլյացիաների գնահատման ժամանակ, իսկ N^* պարամետրով բնութագրվել է ֆոնային սեյսմիկությունը՝ ցրված սեյսմիկ տիրույթները (դոմենները):

• **Տարանջատվել են երկրաշարժերի օջախների առաջացման հնարավոր գոտիները (եՕԱՀԳ)** սեյսմոլիսիամենտների տեսքով՝ հստակ արտահայտված երկրաշարժերի օջախների սեյսմաակտիվ կառուցվածքների երկայնքով համապատասխան մագնիտուդի խմբերի տարածական բաշխման պերկույացրոն վերլուծության մեթոդով: Դրանց նույնականացումը և պարամետրացումը կատարվել է ուսումնասիրվող տարածքի ակտիվ բեկվածքների համակարգի և սեյսմիկության կոմպլեքս վերլուծության հիման վրա (նկ.5): Լիսիամենտների հատման հանգույցներում դիտարկված երկրաշարժերի օջախների առկայությունը թույլ է տալիս նույնականացնել այդ դիզոյնկտիվ հանգույցները որպես երկրաշարժերի պոտենցիալ օջախներ:



Նկ. 5. Ուսումնասիրված տարածքի բեկվածքային գոտիների և մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի տարածական բաշխվածության համադրված քարտեզ:

Կազմվել է ուսումնասիրվող տարածքի համար սեյսմաձին գոտիների քարտեզը (սեյսմատեկտոնական մոդել), կիրառելով ԵՕԱՀԳ դետերմինիստա-հավանականային մոդելների ստացման նոր մեթոդիկան: Վերջինիս հիմքում ընկած է երկրաբանական և սեյսմաձին ստրուկտուրաների հիերարխիկ կանոնավոր ներկայացման ֆրակտալ-վանդակային մոդելը, համաձայն որի դիտարկված և կանխատեսվող սեյսմիկությունը դիտարկվում է չորս մասշտաբային մակարդակներում՝ սեյսմակտիվ շրջանը և նրա հիմնական երեք տարրերը՝ սեյսմիկ լինիամենտներ, պոտենցիալ օջախներ և դոմեններ (տարածքներ, որոնք բնութագրվում են ցրված սեյսմիկությամբ) (նկ.6.):



Նկ.6. Ուսումնասիրված տարածքի սեյսմաձին գոտիների քարտեզը:

Գնահատվել է յուրաքանչյուր սեյսմաձին գոտու առավելագույն սեյսմիկ պոտենցիալը (M_{max}) բոլոր հնարավոր սեյսմաբանական, երկրաբանական համալիր մեթոդների կիրառմամբ:

- **Սեյսմաբանական** - կիրառվել են՝ պլեյստոսեյստային գոտիները (ըստ մակրոսեյսմիկ տվյալների), դիտարկված ուժեղագույն երկրաշարժերի մագնիտուդների սահմանային արժեքները, սեյսմիկ ռեժիմի քանակական պարամետր հանդիսացող K_{max} -ի արժեքները և երկրաշարժի օջախի խզման երկարության ու մագնիտուդի միջև կորելյացիոն կապերը:

- **Երկրաբանական** - կիրառվել են սեյսմաձին գոտիների լրիվ ձգվածության (L), նրանց սեզմենտների (LS) մեծության, միմյանց հետ փոխազդող երկրաբալոկների (GB) միջին չափերի (δ), սեյսմալինիամենտների միջև եղած առավելագույն հեռավորությունների (L_{max}) կորելյացիոն կապերը: Կիրառության համար օգտագործվել են բոլոր եղանակներով գնահատված M_{max} միջին կշռային արժեքները՝ $M_{միջ}$, որոնց հիման վրա հաշվարկվել են յուրաքանչյուր գոտու դինամիկ ազդեցության լայնությունները (RD) (աղ.1.):

Երկրաչափների օջախների առաջացման գոտիների (ԵՕԱԳ) սեյսմիկ պոտենցիալը M_{max}

N	Երկրաչափների օջախների առաջացման գոտիները	Սեյսմիկ պոտենցիալ (M_{max})										Գոտ ու ղին. ազդ լայն.	
		L	L	LS	L_{max}	L_{min}	RD	GB	M ղիւռ.	M A_{10}	M M_{21}		RD (կմ)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
1.	Փամբակ-Սևանի սեզմոնտ (PSF)	7.0	6.8	7.8	7.3	7.3	7.2	6.4	6.6	6.3	7.0	10	
2.	Սպիտակ-Գանդի (SGF)	7.3	7.2	7.2	7.3	7.3	7.2	6.4	7.2	6.7	7.3	10	
3.	Արարատ-Սևանյան (ASF)	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.0	6.4	6.9	6.5	7.0	10	
4.	Ելփին-Վարդենիսյան (EVF)	7.2	7.1	7.2	7.2	7.2	7.1	6.4	7.1	6.6	7.2	10	
5.	Երևանյան (ErF I)	7.6	7.6	7.9	7.9	7.9	7.7	6.6	7.8	7.1	7.7	15	
	ErF II	6.7	6.5	7.9	7.1	7.1	7.0	6.6	6.1	6.0	6.5	5	
	ErF III	6.8	6.6	7.9	7.2	7.2	7.1	6.4	6.2	6.1	6.6	10	
6.	Մեծերևանյան (NErF)	6.7	6.6	7.9	7.1	7.1	7.0	6.2	6.2	6.1	6.5	10	
7.	Չանգեզույան (ZF)	7.3	7.2	7.5	7.5	7.4	7.2	6.7	7.3	6.7	7.3	15	
8.	Սևան-Չանգեզույան (SZF)	7.2	7.1	7.5	7.4	7.3	7.1	6.6	7.2	6.6	7.2	10	
9.	Մոսկի (MF)	7.1	7.46	7.6	7.3	7.5	7.56	7.3	7.2	7.0	7.3	30	
10.	Հաքարի (HF)	7.15	7.5	7.6	7.4	7.6	7.56	7.4	7.2	7.0	7.4	30	
11.	Մարտակերտ-Մարտունիի (MMF)	6.9	7.2	7.0	6.7	6.9	6.8	6.5	6.3	6.2	6.7	14	
12.	Գորիս-Տիգուլի (GFF)	-	-	6.7	6.0	6.5	6.4	5.9	6.2	6.2	6.3	8	
13.	Ղարաբաղյան (GhF)	-	-	-	5.5	6.2	6.0	6.0	4.6	5.6	5.7	4	
14.	Արագած-Գեղամա դոմեն (AGD)	-	-	-	-	-	-	5.7	6.3	6.1	6.0	-	
15.	Երևան-Եղեգիս դոմեն (EED)	-	-	-	-	-	-	5.8	6.5	6.3	6.2	-	
16.	Արևմտա-Ղարաբաղյան դոմեն (WGhD)	-	-	-	6.0	-	-	6.0	4.6	5.5	5.4	-	
17.	Արևելա-Ղարաբաղյան դոմեն (EGhD)	-	-	-	5.9	-	-	5.9	4.6	5.5	5.3	-	

Աշխատանքի չորրորդ գլխում դիտարկված են հետևյալ խնդիրները՝

• Սեյսմիկ ազդեցությունների մարման մոդելի ընտրություն:

Ուսումնասիրված տարածքի համար սպասվող առավելագույն սեյսմիկ ազդեցությունները հաշվարկելու նպատակով գոյություն ունեցող բազմաթիվ $PGA=f(M,R)$ էմպիրիկ կապերից (Ջոյներ, Բուր, Պորցելա, Էստևա, Ռոզենբլյուտ, Դոնովան, Տրիֆունակ, Կեմպբել, Բոզորջիա, Կավաշիմա, Սադիխ, Ակի, Ռիչարդս, ՖրեկուշիՄա, Տանական, Սմիթ, Շտեյնբերգ, Ապտիկան, Միխայլովա, Չերնով, Գրիգորյան, Արզումանյան և ուրիշներ) դիտարկվել և հետագա վերլուծության են ենթարկվել 5 մոդելներ՝ Բուր-Ջոյների, Կ.Սադիխի, Կ.Կեմպբել-Ա.Բոզորջիայի, Ֆ.Ապտիկանի և Վ.Շտեյնբերգի, որոնք լայն կիրառություն ունեն սեյսմիկ վտանգի տարբեր մասշտաբների քարտեզների կազմման պրակտիկայում:

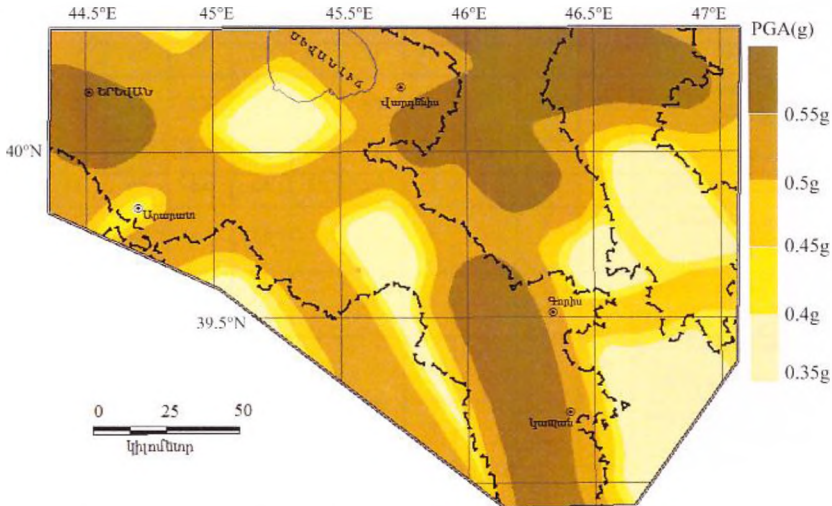
Ուսումնասիրությունների և վերլուծության արդյունքում որպես սեյսմիկ ազդեցության մարման օպտիմալ մոդել ընտրվել է ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմատեկտոնական պայմաններն աղեկվատ արտացոլող Կ.Կեմպբել-Ա.Բոզորջիայի՝ կոլիզիոն գոտու համար հաշվարկված (I) հարաբերակցությունը՝

$$\ln(PGA) = a + bMw + d \ln \{ R^2 + [h_1 \exp(h_2 \cdot Mw)]^2 \}^{0.5} + (h_3 - h_4 \cdot \ln r) \cdot F + (c_1 - c_2 \cdot \ln r) S_{sr} + (c_3 - c_4 \cdot \ln r) \cdot Shr \quad (I)$$

որտեղ a, b, d, h, F, c, S- ը գործակիցներ են, որոնք հաշվի են առնում ինչպես օջախում տեղի ունեցած կինեմատիկական տեղաշարժերի տիպերը (վերնետ, վարնետ, սահք), այնպես էլ հետազոտվող տարածքի գրունտային պայմանները: PGA-ն գրունտի տատանման արագացման արժեքն է արտահայտված g-ի մասերով:

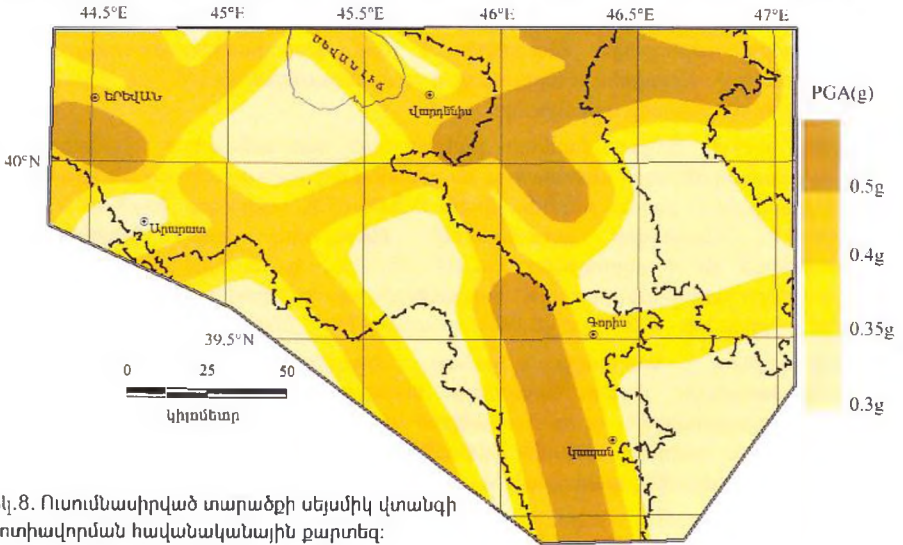
• Տարածքի սեյսմիկ վրանգի գնահատում և գոգիհավորում դեբերմինիստական և հավանականային մեթոդներով:

Հիմք ընդունելով Փոքր Կովկասի հարավարևելյան մասի համար կառուցված սեյսմատեկտոնական մոդելը (նկ.6) և սեյսմիկ ազդեցությունների մարման ընտրված



Նկ.7. Ուսումնասիրված տարածքի սեյսմիկ վտանգի գոտիավորման դետերմինիստական քարտեզ:

Կ.Կեմսպեյ-Ա.Քոզորջիայի մոդելը, կառուցվել են տարածքի սեյսմիկ գոտիավորման դետերմինիստական և հավանականային 1:200000 մասշտաբի քարտեզները: Սեյսմիկ ազդեցությունների գնահատված և գոտիավորված քանակական արժեքները անհամասեռ են՝ դետերմինիստական քարտեզի վրա անջատվել են հինգ տարբեր սեյսմիկ վտանգավորությամբ գոտիներ $PGA=0.35g, 0.4g, 0.45g, 0.5g$ և $0.55g$ արագացման արժեքներով (նկ.7.), իսկ օբյեկտների շահագործման 50 տարի ժամանակահատվածի համար 90%-ը չգերազանցող 500 տարի կրկնողության պարբերություն ունեցող երկրաշարժերից սպասվող արագացումների հավանականային քարտեզի վրա չորս գոտիներ՝ $PGA=0.3g, 0.35g, 0.4g$ և $0.5g$ արժեքներով (նկ.8.):



Նկ.8. Ուսումնասիրված տարածքի սեյսմիկ վտանգի գոտիավորման հավանականային քարտեզ:

Սեյսմիկ վտանգի գոտիավորման դետերմինիստական և հավանականային քարտեզների վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ սպասվող արագացման առավելագույն $PGA=0.55g$ և $PGA=0.5g$ արժեքները պետք է սպասել հյուսիսային մասում Մոսավի (MF), արևմտյան մասում Երևանյան (ԷրԲԻ սեզմենտ) և հարավային մասում Զանգեզուրի (ZF) սեյսմածին գոտիներից, որոնց սեյսմիկ պոտենցիալը գնահատվել է $M_{max}=7.5$ (նկ.7., նկ.8.):

Եզրակացություններ

Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի սեյսմիկ վտանգի գնահատման նպատակով ստացված արդյունքների հիման վրա արված են հետևյալ եզրակացությունները.

– Կազմվել է Փոքր Կովկասի հարավ արևելյան մասի և հարակից շրջանների համար մ.թ.ա.-ից մինչև 2022թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի տվյալների ընդհանրացված կատալոգ (եյնելով դրված խնդիրների լուծման անհրաժեշտությունից): Կատալոգի վերլուծության արդյունքում առանձնացվել են դիտարկումների տարբեր ժամանակաշրջաններ՝ պատմական (մ.թ.ա. մինչև 1900թ.), վաղ գործիքային (1901թ մինչև 1961թ). և արդի գործիքային (1962թ.-ից մինչև 2022թ.): Որոշվել են երկրաշարժերի ներկայացուցչական մագնիտուդների շենային արժեքները՝ $M \geq 6,5, M \geq 4,0$ և $M \geq 2,2$:

– Ուսումնասիրվող տարածքի համար իրականացված սեյսմիկության տարածա-ժամանա-էներգիական բաշխվածության արդյունքում բացահայտվել է, որ տարածական անհամասեռ սեյսմիկ դաշտը ծանկված է $M \geq 2.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի էպիկենտրոններով, որոնք էներգետիկ K դասի մեծացմանը զուգընթաց, ենթարկվում են տարածական ձևափոխությունների և $M \geq 4.5$ մագնիտուդից սկսած տարանջատվում են, ինչպես տարածական խմբավորումների տիրույթների, այնպես էլ գծային շղթայաձև ձգված կառուցվածքների:

– Ուժեղ երկրաշարժերի մակրոսեյսմիկ դիտարկումների (ըստ MSK-64 սանդղակի) իզոսեյստերի քարտեզների համադրական վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ տարածքը ամբողջովին ենթարկվել է $I_0=8$ բալ ինտենսիվությամբ սեյսմիկ ազդեցությունների: Հյուսիսից և արևմուտքից տարանջատվում են $I_0=9$ բալ առավելագույն սեյսմիկ ինտենսիվությամբ տիրույթներ:

– Սեյսմիկ ռեժիմի երկարաժամկետ քանակական պարամետրերի գնահատված և գոտիավորված արժեքները անհամասեռ են. սեյսմիկ ակտիվությունը (A_{10}) բնութագրվում է չորս մակարդակով՝ բարձր $A_{10} \geq 0.5$, միջին $0.2 \leq A_{10} < 0.5$, չափավոր $0.1 \leq A_{10} < 0.2$ և թույլ $0.05 \leq A_{10} < 0.1$: Հնարավոր առավելագույն էներգետիկ դասի երկրաշարժերով առանձնացված են 4 տիրույթներ $K_{max}=14, 15, 15.5$ և 16 արժեքներով, իսկ թույլ երկրաշարժերի խտության դաշտի N^* պարամետրի արժեքներով երեք տիրույթներ՝ թույլ - $N^* < 0,0011$, չափավոր - $0,0011 \leq N^* \leq 0,0072$ և բարձր - $N^* > 0,0072$ մակարդակներով:

– Ուսումնասիրվող տարածքի համար կազմված $1:200000$ մասշտաբի սեյսմատեկտոնական մոդելի տարրերի նույնականացման և պարամետրացման արդյունքում բացահայտվել է, որ տարածքում առկա են ֆրակտալ-վանդակային մոդելի բոլոր կազմային տարրերը՝ սեյսմիկ լինիամենտներ, պոտենցիալ օջախային գոտիներ, դոմեններ, որոնց սեյսմիկ պոտենցիալի M_{max} արժեքները գտնվում են $5.8 \div 7.5$ միջակայքում:

– Դիտարկված սեյսմիկ ազդեցությունների ժամանակակից մարման մոդելների համադրական վերլուծության արդյունքներով պարզվել է, որ ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմատեկտոնական պայմաններն աղեկվատ արտացոլում է Կ.Կեմպել- Ա.Բոզորջիայի մոդելը, որը կոլիզիոն գոտու համար մոտակա երկրաշարժերի ($R \cong 50$ կմ) $M_w=5 \div 8$ մագնիտուդի սահմաններում լավ է արտահայտում մոտակա դաշտի գրունտների արագացման գործակիցը, յուրաքանչյուր սեյսմածին լինիամենտին բնորոշ կինեմատիկական տեղաշարժերի տեսակները և գրունտային պայմանները:

– Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ սեյսմիկ ազդեցությունների գնահատված և գոտիավորված քանակական արժեքները անհամասեռ են: Դետերմինիստական քարտեզի վրա անջատվել են հինգ տարբեր սեյսմիկ վտանգավորությամբ գոտիներ $PGA=0.55g, 0.5g, 0.45g, 0.4g$ և $0.35g$ արագացման արժեքներով, իսկ օբյեկտների շահագործման 50 տարի ժամանակահատվածի համար 90%-ը չգերազանցող 500 տարի կրկնողության պարբերություն ունեցող երկրաշարժերից սպասվող արագացումների հավանականային քարտեզի վրա չորս գոտիներ՝ $PGA=0.5g, 0.4g, 0.35g,$ և $0.3g$ արժեքներով: Առավելագույն վտանգը պետք է սպասել ուսումնասիրվող տարածքի հյուսիսային մասում՝ Մոավի (MF), արևմտյան՝ Երևանյան (ErFI սեգմենտ) և հարավային՝ Զանգեզուրի (ZF) սեյսմածին գոտիներից, որոնց սեյսմիկ պոտենցիալը գնահատվել է $M_{max}=7.5$:

ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Առաջարկված ընդհանրացված կատալոգը կարող է հիմք հանդիսանալ Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասում և հարակից շրջաններում իրականացվող տարբեր մանրամասնությամբ սեյսմաբանական հետազոտությունների համար:

Կատարված սեյսմիկության տարածա-ժամանակա-էներգետիկ բաշխվածության 1:200000 մասշտաբի ուսումնասիրությունները կարող են կիրառվել երկրաշարժերի երկարաժամկետ և միջնաժամկետ սեյսմաբանական նախանշանների բացահայտման նպատակով:

Ստացված քարտեզները կարող են օգտագործվել Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասի բնակավայրերի, պատասխանատու կառույցների սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքներում:

Կիրառություններ- Ստացված արդյունքները մասնակիորեն կիրառվել են Փոքր Կովկասի հարավ-արևելյան մասում նախատեսվող թվով 18 ջրամբարների սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքների ժամանակ (<< ԳԱԱ ԵԻՍԻ ֆոնդեր), պատմամշակութային «Բարձրաքաշ Սուրբ Գրիգոր վանական համալիր» կառույցի տեխնիկական վիճակի գնահատման համար (ունենք ներդրման ակտ), հայ-չինական համագործակցության շրջանակներում << տարածքում ներկայումս իրագործվող հետազոտություններում:

Առենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են հետևյալ գիտական հոդվածներում

1. Геодакян Э.Г., Мкртчян Г.А. Оценка сейсмической опасности территории Нагорно-Карабахской республики, Сб. научных трудов конференции, посвященной 100 – летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА акад. А.Г. Назарова. Изд-во “Гитутюн” НАН РА, 2008, с. 293-302. 2008, с. 293-302.
2. Мкртчян Г.А., Геодакян Э.Г. Оценка сейсмической опасности юго-восточной части Малого Кавказа, Проблемы сейсмологии в Узбекистане, N7, Ташкент 2010, с. 43-48.
3. Մկրտչյան Գ.Ա. ԼՂՀ տարածքի սեյսմիկ ռեժիմի վերլուծությունը: Գիտ. աշխ. ժողովածու նվիրված << ԳԱԱ ԵԻՍԻ հիմնադրման 50-ամյակին, «Գիտություն», 2011, էջ 118-127:
4. Геодакян Э.Г., Мкртчян Г.А. Вероятностная оценка сейсмической опасности территории юго-восточной части Малого Кавказа, Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых, Владикавказ, 2011, с. 15-20.
5. Мкртчян Г.А. Временное и энергетическое распределение сейсмичности территории Юго-Восточной части Малого Кавказа. Труды V Кавказской международной школы-семинара молодых ученых, Владикавказ, 2013, с. 88-93.
6. Мкртчян Г.А. Пространственно-временное и энергетическое распределение сейсмичности территории НКР. Сб. научных трудов 1-ой международной научной конференции молодых ученых, посвященной 70-летию основания НАН РА. Изд. “Гитутюн”, 2013, с. 239-246.
7. Мкртчян Г.А. Структура слабой сейсмичности территории юго-восточной части Малого Кавказа. Сб. материалов III Всероссийской молодежной геологической конференции, Уфа, 2015, с. 35-38.
8. Мкртчян Г.А., Овсепян Н.В. Результаты исследований макросейсмических наблюдений сильнейших землетрясений юго-восточной части малого Кавказа. Сб. материалов III Всероссийской молодежной геологической конференции, Уфа, 2015, с.39-43.

9. Мкртчян Г.А. Исследование сильнейших землетрясений и макросейсмических наблюдений на территории НКР. Сб. науч. трудов II-ой межд. научной конф. молодых ученых. Изд. "Гитутюн", 2016, с.212-218.
10. Мкртчян Г.А., Овсепян Н.В. Сейсмический фон и карта плотностей сейсмического фона территории Нагорно-Карабахской республики. Изд. "Гитутюн", 2016, с. 218-221.
11. Мкртчян Г.А. Картирование сейсмической активности территории юго-восточной части Малого Кавказа. Материалы IV Всероссийской молодежной геологической конференции. Уфа, 2016, с. 304-308.
12. Мкртчян Г.А. Сейсмичность территории юго-восточной части Малого Кавказа за период 2005-2015гг. Материалы XX Всероссийской конференции с международным участием "Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов". Воронеж. Изд."Научная книга", 2016, с.248-252.
13. Мкртчян Г.А., Геодакян Э.Г. Определение значений максимально возможных землетрясений территории Юго-Восточной части Малого Кавказа Сб. статей V Всероссийской молодежной геологической конференции, Уфа, 2017, с.356-361.
14. Мкртчян Г.А., Геодакян Э.Г. Анализ пространственного распределения сейсмичности территории юго-восточной части Малого Кавказа Сб. статей VI Всероссийской молодежной геологической конференции, Уфа, 2018, с. 224-229.
15. Мкртчян Г.А., Геодакян Э.Г. Пространственно-временное развитие сейсмической активизации на территории Арцаха. Сб. статей VII Всероссийской молодежной конференции, Уфа, 2019, с.183-186.
16. Karapetyan S.S., Mkrtychyan G.A., Karapetyan J.K. Seismic Hazard on the Territory of Yeghvard Reservoir Dam. EWG2019 – 3rd Meeting of EWG Dams and Earthquakes. An International Symposium, Lisbon, LNEC, 2019, p. 45-57.
17. Կարապետյան Ջ.Կ., Գրիգորյան Ե.Գ., Հովհաննիսյան Ա.Ա., Ասիսյան Բ.Վ., Մկրտչյան Գ.Ա. և ուր.: Շրժայի 05 փետրվարի 2021թ, երկրաշարժը: ՀՀ ՄԱ Տեղեկագիր: Գիտություններ երկրի մասին, 2021, հ. 74, N 2, էջ 33-50:
18. Карапетян Дж.К., Мкртчян Г.А. Макросейсмическое проявление Ереванского землетрясения 13-го февраля 2021 г. Сб. статей IX Всероссийской молодежной конференции «Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий». 2021, М: Изд. "Перо", 2021, с. 22-26.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА

РЕЗЮМЕ

Оценка сейсмической опасности и риска территории юго-восточной части Малого Кавказа, охватывающая так же южную часть территории Армении, является важной научно-прикладной задачей. Целью диссертационной работы является изучение сейсмичности и оценка ожидаемой сейсмической опасности территории юго-восточной части Малого Кавказа. На основе применения современных методических подходов и технологий решены следующие основные задачи:

- Сбор, обобщение и создание каталога землетрясений для исследуемой территории;
- Детальное изучение пространственно-временного-энергетического распределения сейсмичности и определение долговременных количественных параметров сейсмического режима;
- На основе комплексного анализа системы активных разломов и сейсмичности исследуемой территории выделены зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), построена сеймотектоническая модель в масштабе 1:200000, оценены сейсмические потенциалы M_{\max} основных элементов этой модели по комплексу сейсмологических и геолого-тектонических методов;
- Проведен сравнительный анализ существующих современных моделей затухания сейсмического воздействия. В качестве наиболее оптимального и адекватно отражающего сеймотектонические условия исследуемой территории выбрана модель К.Кемпбелла -А.Бозорджини;
- На основе разработанной сеймотектонической модели и по выбранной модели затухания сейсмического воздействия проведены детерминистические и вероятностные оценки и картирование сейсмической опасности в масштабе 1:200000.

В результате проведенных исследований сделаны следующие основные выводы:

- Создан обобщенный каталог землетрясений с доисторических по 2022г., включающих более 22690 сейсмостатических данных землетрясений магнитудой $M=2,0\div 7,5$.
- Выявлено, что оцененные и картированные значения долгосрочных количественных параметров сейсмического режима неоднородны: сейсмическая активность (A_{10}) характеризуется четырьмя уровнями - высокий $A_{10}>0,5$, средний $0,2<A_{10}<0,5$, умеренный $0,1<A_{10}<0,2$ и слабый $0,05<A_{10}<0,1$.
- Выделены четыре зоны землетрясений с максимально возможными энергетическими классами величиной $K_{\max}=14, 15, 15,5$ и 16 и три зоны поля плотностей сейсмического фона N^* : слабый - $N^*<0,0011$, умеренный- $0,0011<N^*<0,0072$ и высокий - $N^*> 0,0072$.

- В результате идентификации и параметризации элементов сеймотектонической модели выявлено, что на исследуемой территории имеются все составные элементы фрактально-решетчатой модели: сейсмические линияменты, потенциально очаговые зоны, домены, расчетные значения сейсмического потенциала которых находятся в диапазоне $M_{\max} = 5,8 \div 7,5$.
- Детерминистические и вероятностные оценочные значения сейсмической опасности неоднородны и находятся в диапазонах $0,35g \div 0,55g$ и $0,3g \div 0,5g$.
- Анализ карты сейсмической опасности показал, что наибольшие детерминистические $PGA=0,55g$ и вероятностные $PGA=0,5g$ значения изучаемой территории следует ожидать в северной части от Мравской (MF), в западной части от Ереванской (участок ЕрF1) и в южной части от Зангезурской (ЗФ) сейсмогенных зон, сейсмический потенциал которых оценен $M_{\max}=7,5$.

Полученные новые результаты прикладных исследований могут быть использованы при оценке сейсмической опасности и риска Республики Армения и сопредельных территорий, а также в работах по сейсмическому микрорайонированию. Выявленные аномальные проявления сейсмичности могут быть использованы при поиске долговременных и среднесрочных сейсмологических признаков землетрясений. Предложенный каталог может быть использован для обследования технического состояния различных зданий и сооружений на территории Республики Армения, в том числе для историко-культурных сооружений.

A STUDY OF SEISMICITY AND THE ASSESSMENT OF SEISMIC HAZARD IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE LESSER CAUCASUS

SUMMARY

The assessment of seismic hazard and risk in the territory of the south-eastern part of the Lesser Caucasus covering also the southern part of the territory of Armenia is an important scientific and applied task. The aim of the dissertation is to study the seismicity and assess the expected seismic hazard of the territory of the south-eastern part of the Lesser Caucasus. Based on the application of modern methodological approaches and technologies, the following key objectives have been solved:

- Collection, summarization and development of a catalog of earthquakes for the study area;
- Detailed study of the spatial-temporal-energy distribution of seismicity and determination of long-term quantitative parameters of the seismic regime;
- On the basis of a comprehensive analysis of the system of active faults and the seismicity of the study area, the zones of the origin of earthquake focus (OEF) were identified, a seismotectonic model was developed at a scale of 1:200000, the seismic potentials M_{\max} of the main elements of this model were assessed applying a complex of seismological and geological-tectonic methods;
- A comparative analysis of the existing modern models of attenuation of seismic impact has been carried out. The model of K. Campbell - A. Bozorgnia was selected as the most optimal and adequately reflecting the seismotectonic conditions of the study area;
- Based on the developed seismotectonic model as well as selected seismic impact attenuation model, deterministic and probabilistic assessments and seismic hazard mapping were carried out at a scale of 1:200,000.

The main findings of the study are as follows:

- A generalized, representative electronic catalog of earthquakes from prehistoric times to the present days has been developed, including more than 22690 seismo-statistical data of earthquakes with a magnitude of $M=2.0\div 7.5$.
 - It was revealed that the assessed and mapped values of the long-term quantitative parameters of the seismic regime are heterogeneous: seismic activity (A_{10}) is characterized by four levels - high $A_{10}>0,5$, medium $0,2<A_{10}<0,5$, moderate $0,1<A_{10}<0,2$ and weak $0,05<A_{10}<0,1$.
 - Four zones of earthquakes with the maximum possible energy classes of $K_{\max}=14, 15, 15,5$ and 16 values and three zones of the seismic density field N^* : weak - $N^*<0.0011$, moderate - $0.0011<N^*<0.0072$ and high - $N^*>0.0072$ have been identified.
- As a result of the identification and parameterization of the elements of the seismotectonic models, it was revealed that the study area has all the constituent elements

- of the fractal-lattice model: seismic lineaments, potentially focal zones, domains, the calculated values of the seismic potential which are in the range of $M_{\max}=5,8\div7,5$.
- Deterministic and probabilistic (with a probability not exceeding 90% level from the earthquake with a return period of 500 years for the interval of time $t = 50$ years) estimated values of seismic hazard are heterogeneous and are in the ranges between $0.35g\div0.55g$ and $0.3g\div0.5g$. The analysis of the seismic hazard map revealed that the largest deterministic $PGA_d=0.55g$ and probabilistic $PGA_p=0.5g$ values of the study area should be expected in the northern part of Mrav (MF), in the western part of Yerevan (section EpF1) and in the southern part of Zangezur (3F) seismogenic zones, the seismic potential of which is estimated as $M_{\max}=7,5$.

The received new results of applied research can be applied in assessing the seismic hazard and risk of the Republic of Armenia and adjacent territories, as well as during seismic microzoning activities. The revealed anomalous manifestations of seismicity can be used in the search for long-term and medium-term seismological signs of earthquakes. The proposed catalog can be used to study the technical condition of various buildings and structures in the Republic of Armenia, including historical and cultural structures.