ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
Ա.ՆԱԶԱՐՈՎԻ ԱՆՎԱՆ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱՅԻ ԵՎ ԻՆԺԵՆԵՐԱՅԻՆ
ՍԵՅՍՄԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՂԱԶԱՐՅԱՆ ԿԱՐԼԵՆ ՍՈՒՐԵՆԻ

ՍԵՅՍՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ (ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԳՅՈՒՄՐԻ – 2018

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

КАЗАРЯН КАРЛЕН СУРЕНОВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 24.01.08 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

ГЮМРИ – 2018

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

Գիտական ղեկավար՝
ֆ.-մ. գ. դ, պրոֆեսոր **Ա.Մ. Ավետիսյան**

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
ֆ.-մ. գ. դ. **Ա.Հ. Սիմոնյան**
ֆ.-մ. գ. թ. **Ա.Գ. Մանուկյան**

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է **2018թ. մարտի 6-ին, ժամը 13^{00}-ին,** ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ-ում գործող «Երկրաֆիզիկա» 040 մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցեն՝ 3115, ք. Գյումրի, Վ. Սարգսյան փող. 5:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ-ի գրադարանում: Սեղմագիրն առաքված է 2018 թ. փետրվարի 5-ին:

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար, ե. գ. թ. **Ջ.Կ. Կարապետյան**

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

Научный руководитель:
д. ф.-м. н., профессор **А.М. Аветисян**

Официальные оппоненты:
д. ф.-м. н. **А.О. Симонян**
к. ф.-м. н. **А.Г. Манукян**

Ведущая организация: Институт геологических наук НАН РА

Защита диссертации состоится **6 марта 2018г., в 13^{00}** на заседании Специализированного совета 040 "Геофизика" при Институте геофизики и инженерной сейсмологии по адресу: 3115, г. Гюмри, ул. В. Саргсяна 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГИС НАН РА.
Автореферат разослан 5 февраля 2018 г.
Ученый секретарь
Специализированного совета, к. г. н. **Дж.К. Карапетян**

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը: Հայաստանի տարածքը գտնվում է Կովկասի տեկտոնական ակտիվ և սեյսմավտանգ գոտում: Այստեղ երկրադինամիկական ակտիվությունն արտահայտվում է մակերևույթի, երկրակեղևի բեկվածքների և բլոկների ժամանակակից դանդաղ շարժումով, ինչպես նաև բեկվածքների ուղղություններով և դրանց հատման հանգույցներում սեյսմածին արագ տեղաշարժերով:

Տարբեր սեյսմաբանական խնդիրներ լուծելիս կարևոր են ոչ միայն հիմնական պարամետրերի որոշումը, այլ նաև ստացված արդյունքների ճշտության գնահատականը: Երկրաշարժերի պարամետրերի որոշման ճշտության գնահատականը սեյսմաբանության հիմնական և ակտուալ խնդիրներից է, քանի որ դրանք օգտագործվում են որպես ելակետային տվյալներ սեյսմաբանության տեսական և կիրառական մի շարք խնդիրներ լուծելիս: Հայտնի է նաև, որ Հայաստանի տարածքում տեղի են ունեցել մինչև 7 մագնիտուդով երկրաշարժեր, որոնք պատկանում են ավերիչ երկրաշարժերի դասին, հետևաբար սեյսմիկության ուսումնասիրությունը և դիտարկումների համակարգի արդյունավետության գնահատումը հանդիսանում է կարևորագույն և արդիական խնդիրներից մեկը:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները

Ատենախոսության նպատակն է սեյսմաբանական տեղեկատվության մշակման արդյունքների վերլուծությունը, առանձնահատկությունների բացահայտումը և դիտարկումների համակարգի արդյունավետության գնահատումը Հայաստանի տարածքի օրինակով:

Նպատակին հասնելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- Գնահատել գոյություն ունեցող սեյսմաբանական ինֆորմացիայի (կատալոգների) ճշտությունը և իրականացնել ելակետային տվյալների մշակման արդյունքների վերլուծություն:
- Մշակել սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մեկնաբանման և դիտարկման համակարգի գնահատման մեթոդաբանությունը Հայաստանի տարածքի օրինակով:
- Ստեղծել Հայաստանի տարածքում 1962-2014թթ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի տվյալների ունիֆիկացված կատալոգ:
- Ստանալ երկրաշարժերի էներգետիկ դասի և մագնիտուդի միջև կապի հավասարումը Կովկասի տարածքի համար:
- Ուսումնասիրել կրկնողության գրաֆիկի տարեցտարի փոփոխությունը և երկրաշարժերի քանակական բաշխվածության առանձնահատկությունները:
- Գնահատել սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մշակման ալգորիթմների արդյունավետությունը մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով:

Կիրառված մեթոդները: Ատենախոսության շրջանակներում առաջադրված խնդիրների լուծումը պահանջում է սեյսմաբանական տվյալների վերլուծության ժամանակակից մեթոդների կիրառություն: Սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մեկնաբանման և դիտարկման համակարգի վերլուծության նպատակով կիրառվել են մաթեմատիկական վիճակագրության, մաթեմատիկական մոդելավորման և Վադատիի մեթոդները: Մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով գնահատվել է տարբեր մեթոդների և ալգորիթմների արդյունավետությունը: Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների

և հիպոկենտրոնների որոշման համար կիրառվել են Hypo_71 և Hypo_Bur ծրագրերը: Գրաֆիկական կառուցումներն իրականացվել են Advanced grapher ծրագրով:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

1. Գնահատվել է գոյություն ունեցող սեյսմաբանական ինֆորմացիայի (կատալոգների) ճշտությունը և իրականացվել է ելակետային տվյալների մշակման արդյունքների վերլուծություն:
2. Մշակվել է սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մեկնաբանման և դիտարկման համակարգի գնահատման մեթոդաբանությունը Հայաստանի տարածքի օրինակով:
3. Ստեղծվել է Հայաստանի տարածքում 1962-2014թթ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի ունիֆիկացված կատալոգը:
4. Տարբեր մագնիտուդի սանդղակները բերվել են միասնական էներգետիկ դասակարգման, Կովկասի տարածքի համար ստացված էներգետիկ դասի և մագնիտուդի միջև հավասարումների օգնությամբ:
5. Ուսումնասիրվել է սեյսմիկության մակարդակն ըստ տարիների և բացահայտվել է երկրաշարժերի քանակական բաշխվածության առանձնահատկությունները:
6. Գնահատվել է տեղեկատվության մշակման գոյություն ունեցող ալգորիթմների ստացված լուծումների հուսալիությունը մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով, օգտագործելով ծավալային ալիքների մուտքի ժամանակների տարբեր խորությունների համար հաշվարկված մոդելային տվյալները:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը: Ստեղծված երկրաշարժերի ունիֆիկացված կատալոգը կարող է օգտագործվել ՀՀ տարածքում իրականացվող երկրաֆիզիկական հետազոտությունների արդյունավետ իրականացման, սեյսմիկ վտանգի գնահատման քարտեզների կազմման ժամանակ: Երկրաշարժերի քանակական բաշխվածության և կրկնողության գրաֆիկի տարեցտարի փոփոխության բացահայտված առանձնահատկությունները ունեն էական նշանակություն սեյսմիկ ակտիվության առավելագույն արժեքներ պարունակող ժամանակահատվածների առանձնացման դեպքում: Հայաստանի տարածքի սեյսմաբանական տվյալների մշակման և դիտարկման արդյունքների վերլուծության առաջարկված մեթոդաբանությունը կարող է կիրառվել ելակետային տվյալների ճշտության գնահատման ժամանակ, որի արդյունքում ցածր ճշտություն ունեցող արժեքները չեն ներառվում երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման պրոցեսում: Մշակված ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով համադրել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման մեթոդները, գնահատել դրանց հուսալիության աստիճանը տարբեր ելակետային տվյալների առկայության դեպքում, ինչպես նաև գնահատել գոյություն ունեցող ցանցի և առանձին կայանների արդյունավետությունը:

Պաշտպանվող հիմնական դրույթները

- Իրականացված է ելակետային տվյալների մշակման արդյունքների վերլուծություն գոյություն ունեցող սեյսմաբանական ինֆորմացիայի (կատալոգների) ճշտության գնահատման նպատակով:
- Մշակված և կատարված է Հայաստանի տարածքի սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մեկնաբանման և դիտարկման համակարգի գնահատման մեթոդաբանությունը:

- Սեյսմաբանական տեղեկատվության մշակման և ճշտության գնահատման արդյունքում կազմված է Հայաստանի տարածքի 1962-2014թթ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի ունիֆիկացված կատալոգը:
- Հաստատված և կիրառված է երկրաշարժերի էներգետիկ դասի և մագնիտուդի միջև կապի հավասարումը Կովկասի տարածքի համար:
- Ուսումնասիրված են կրկնողության գրաֆիկի տարեցտարի փոփոխությունը և երկրաշարժերի քանակական բաշխվածության առանձնահատկությունները ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմիկության մակարդակը բնութագրելու նպատակով:
- Մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով գնահատված է սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մշակման ալգորիթմների արդյունավետությունը և բացահայտված է երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման մեթոդների լավագույն կիրառման պայմանները:

Աշխատանքի փորձահավաստիությունը և տպագրված աշխատանքները Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել և տպագրվել են 8-րդ, 9-րդ և 11-րդ միջազգային սեյսմոլոգիական դպրոցներում (Գելենջիկ 2013թ., Աղվերան 2014թ., Չոլպոն-Ատա 2016թ.), Երիտասարդ գիտնականների 1-ին, 2-րդ և 3-րդ միջազգային գիտաժողովներում (Ծաղկաձոր 2013թ., 2015թ., 2017թ.), ՀՊՏՀ XXV և XXVI գիտաժողովի նյութերում (Երևան 2015թ., 2016թ.), 4-րդ տեկտոնոֆիզիկական գիտաժողովում (Մոսկվա 2016թ.), ներկայացվել են ՀՀ ԳԱԱ Ա.Նազարովի անվ. Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտի սեմինարներում: Ատենախոսության ստացված արդյունքները տպագրվել են տեղական և միջազգային գրախոսվող ամսագրերում: Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել են թվով 18 գիտական աշխատանքներ:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Աշխատանքը կատարված է ՀՀ ԳԱԱ Ա.Նազարովի անվան Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտում:

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրակացությունից և օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքի ծավալը կազմում է 118 էջ, առկա են թվով 10 նկար, 37 գրաֆիկ, 8 աղյուսակ, գրականության ցանկում ներկայացված է 122 գրական աղբյուր:

Երախտագիտություն

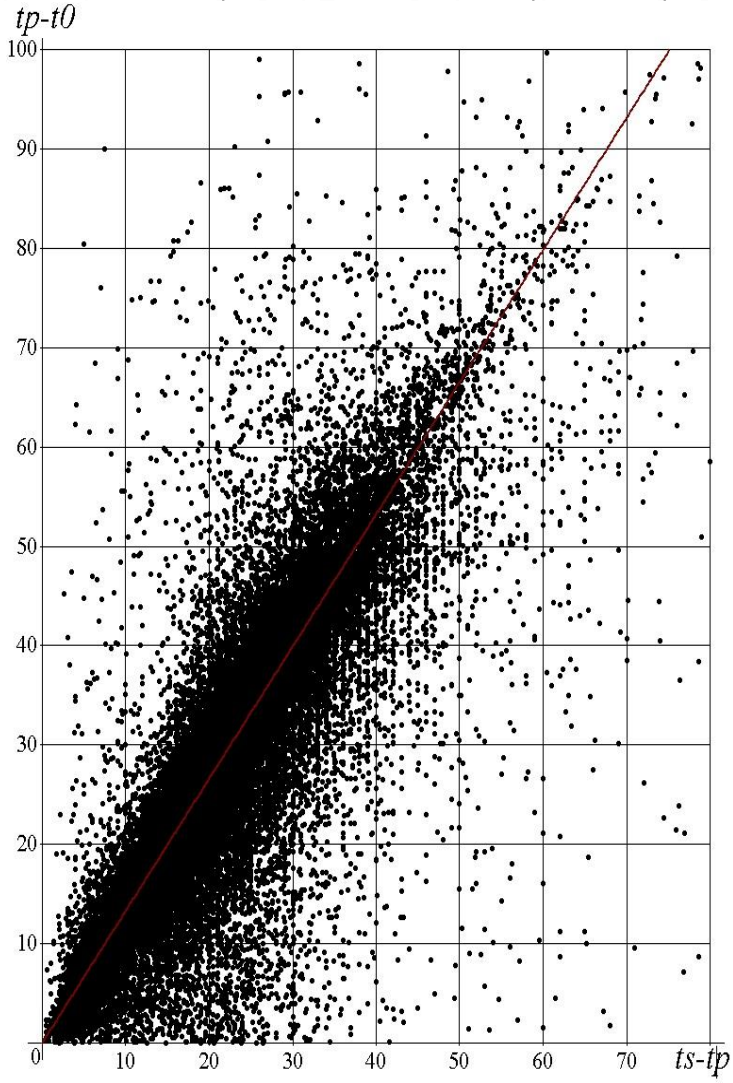
Հեղինակը խորին երախտագիտությունն է հայտնում իր գիտական ղեկավար՝ ֆիզ.-մաթ. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Մ. Ավետիսյանին և ֆիզ.-մաթ. գիտությունների դոկտոր Վ.Յու.Բուրմինին խնդրի դրվածքի, բազմակողմանի աջակցության և արժեքավոր խորհուրդների համար: Հեղինակն իր խորին շնորհակալական խոսքն է հայտնում ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ տնօրեն երկրաբ. գիտությունների թեկնածու Ջ.Կ.Կարապետյանին բազմակողմանի գիտա-գործնական աջակցության համար: Հեղինակն իր երախտագիտությունն է հայտնում երկրաբ.-հանք. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ռ.Ս.Մինասյանին ատենախոսության նկատմամբ ցուցաբերած ուշադրության և արժեքավոր խորհուրդների համար: Հեղինակն իր շնորհակալությունն է հայտնում ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ ֆիզ.-մաթ. գիտությունների դոկտոր Ս.Մ. Հովհաննիսյանին, երկրաբ. գիտությունների թեկնածու Մ.Բ.Մկրտչյանին, սեյսմաբանության և երկրաշարժերի կանխագուշակման բաժնի վարիչ ֆիզ.-մաթ. գիտությունների թեկնածու Է.Գ. Գյոդակյանին խորհուրդների և դիտողությունների համար, Հ.Վ.Սարգսյանին ելակետային տվյալները սիրով տրամադրելու համար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

ԳԼՈՒԽ 1. ՍԵՅՍՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԵՎ ՕՊՏԻՄԻԶԱՑԻԱՅԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

1.1. Սեյսմաբանական տեղեկատվության մշակման խնդիրները և մաթեմատիկական մոդելավորման դերը ելակետային տվյալները մեկնաբանման ժամանակ

Մանրամասն վերլուծվել է ՀՀ տարածքի սեյսմաբանական ինֆորմացիայի առկա գիտական տվյալները: Ելակետային տվյալների և մշակված արդյունքների վերլուծությունը թույլ է տալիս հանգելու այն եզրակացությանը, որ դրանք համասեռ չեն, քանի որ մինչև 80-ական թվականները մշակվել են գրաֆոանալիտիկ եղանակով, որոշվել են տարբեր դիտարկումների համակարգերով, մշակման մեթոդներով և ունեն ճշտության տարբեր աստիճաններ:



Դիտարկվել է Կովկասի երկրաշարժերի բյուլետենների տվյալներով ստացված P ալիքի անցման ժամանակի և S-P ֆիկտիվ ալիքի կախվածության գրաֆիկը նկ.1: Ստացված է ցրվածության մեծ աստիճան, որով հիմնավորվում է տվյալների հուսալի մշակման կարևորությունը:

Նկ.1. Կովկասի երկրաշարժերի բյուլետենների տվյալներով ստացված Վադատիի գրաֆիկը

Ցույց է տրվել նաև սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մշակման ժամանակ մաթեմատիկական մոդելավորման մեթոդի կարևոր նշանակությունը, որի հիմքում ընկած է սեյսմաբանական պրոցեսների նկարագրությունը:

1.2. Երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման մեթոդների վերլուծությունը

Մանրամասն վերլուծության են ենթարկվել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման ալգորիթմներին և հնարավոր սխալների մեծությունների գնահատման մեթոդներին նվիրված աշխատանքները՝ Ա.Մ. Ավետիսյան (1980, 1982, 1989, 1996), Վ.Յու. Բուրմին (1992, 2012), Ն.Վ. Կոնդորսկայա (1971), Ն.Ա. Վվեդենսկայա (1974), Մ.Բ. Մկրտչյան (1998), Մ.Բ. Վերտլիբ (1978, 1981, 1985), Յու.Վ. Ռիզնիչենկո (1958):

1.3. Սեյսմաբանական դիտարկումների համակարգի օպտիմիզացիայի առանձնահատկությունները

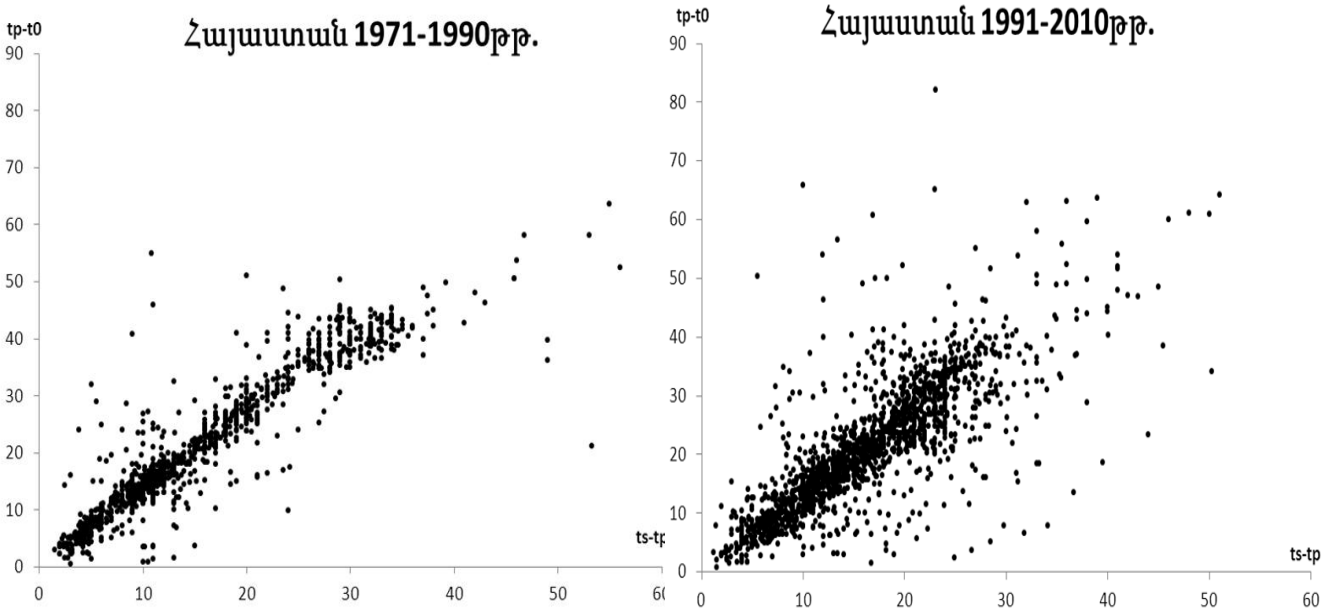
Դիտարկված են սեյսմաբանական դիտարկումների համակարգի օպտիմիզացիայի առանձնահատկությունները և սեյսմաբանական դիտարկումների հիմնական կարևոր գործոնները: Բերված են օպտիմիզացիոն մեթոդների կիրառման համար անհրաժեշտ հիմնական դրույթները՝ ըստ որոնց անհրաժեշտ է որոշել դիտարկման համակարգի սահմանները, ընտրել բնութագրական չափանիշներն ու անկախ փոփոխականները, կառուցել դիտարկվող սեյսմաբանական դաշտի մաթեմատիկական մոդելը և կիրառել համապատասխան օպտիմիզացիայի մեթոդներ:

ԳԼՈՒԽ 2. ՍԵՅՍՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ԻՆՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ, ԵԼԱԿԵՏԱՅԻՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

2.1. Հայաստանի տարածքի սեյսմաբանական ինֆորմացիայի մշակման և դիտարկման արդյունքների վերլուծությունը

Երկրաշարժերի պարամետրերի որոշման ճշտության գնահատականը սեյսմաբանության կարևոր խնդիրներից է, քանի որ դրանք օգտագործվում են որպես ելակետային տվյալներ սեյսմաբանության տեսական և կիրառական մի շարք խնդիրներ լուծելիս: Այդ նպատակով ստեղծվել է 1971-2014թթ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի տվյալների բազա, որտեղ բացի երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերից ընդգրկված են նաև երկայնական և լայնական ալիքների մուտքի ժամանակները (*tp, ts*) գրանցած սեյսմիկ կայանների տվյալները: Նշենք, որ Կովկասի սեյսմաբանական բյուլետենները տպագրվել են սկսած 1971 թվականից:

Սեյսմաբանական ինֆորմացիայի ճշտության վերլուծության համար ուսումնասիրվող ժամանակահատվածը բաժանվել է 2 փուլի:



Նկ.2. Հայաստանի տարածքի 1971-1990թթ. և 1991-2010թթ. ժամանակահատվածների երկրաշարժերի բյուլետենների տվյալներով կառուցված Վադատիի գրաֆիկը

Առաջին փուլում օգտագործվել են 1971-1990թթ. ժամանակահատվածում տեղի ունեցած սեյսմիկ իրադարձությունների տվյալները: Նշված ժամանակահատվածում

Հայաստանի սեյսմիկ ցանցը ներառում էր 13 սեյսմիկ կայաններ: Երկրորդ փուլում օգտագործվել են 1991-2010թթ. ժամանակահատվածի ելակետային տվյալները, երբ սեյսմիկ ցանցը ներառում էր 34 կայան: Ինչպես երևում է նկար 2-ից, չնայած կայանների քանակի ավելացմանը, 1991-2010թթ. ժամանակահատվածում կետերի բաշխվածությունը ունի մեծ ցրվածություն՝ համեմատած 1971-1990թթ. ելակետային տվյալների հետ:

Ելակետային տվյալների ճշգրտումն ու ճշտության գնահատումն իրականացվել է երկայնական և լայնական ալիքների արագությունների հարաբերության միջոցով:

1971-1990թթ. ժամանակահատվածում հավաքագրված բոլոր երկրաշարժերի համար հաշվարկվել է Vp/Vs հարաբերությունը և սահմանվել են միջակայքեր, ըստ որի Vp/Vs-[1.5-2] պայմանին բավարարում են 89.7% տվյալները: Vp/Vs-[1.7-2] պայմանի դեպքում տվյալների 72.6% ներառվում են տվյալ միջակայքի մեջ:

1991-2010թթ. ժամանակահատվածում հավաքագրված տվյալներից միայն 77.5% բավարարում են Vp/Vs-[1.5-2] պայմանին: Առավել վատ արդյունք է ստացված Vp/Vs-[1.7-2] պայմանի դեպքում. տվյալների 58.3% պատկանում է սահմանված միջակայքին: Ուսումնասիրությունների արդյունքները, որոնք բավարարում են վերը նշված պայմաններին, ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:

Աղյուսակ 1

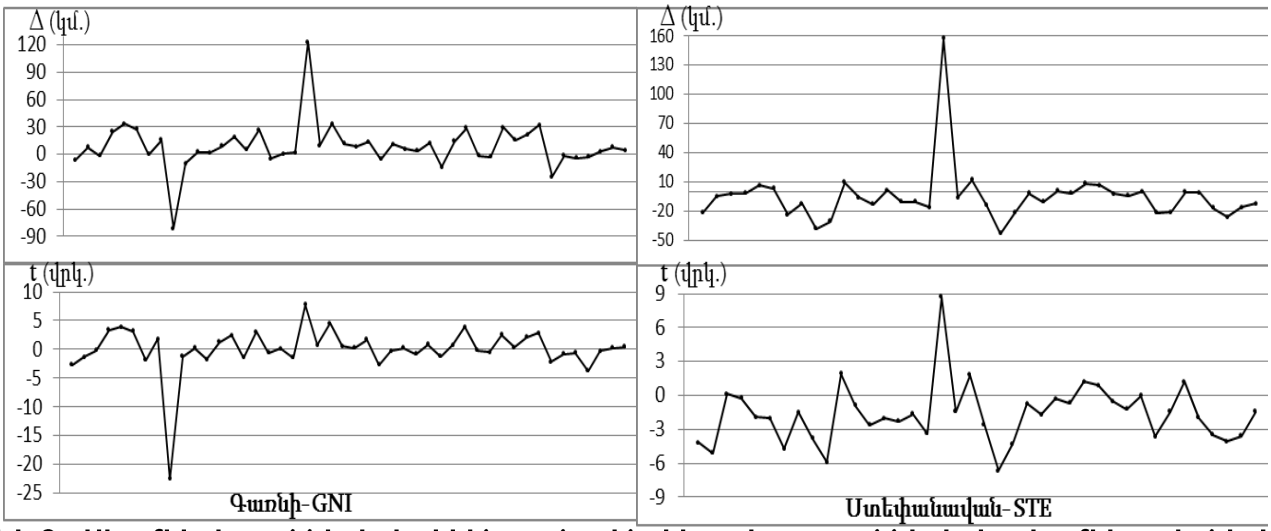
Ժամանակաշրջան	**Երկրաշարժերի քանակ**	**Կայանների քանակ**	**Vp/Vs [1.5-2]**	**Vp/Vs [1.7-2]**
1971-1990 թթ.	263	13	89.7 %	72.6%
1991-2010 թթ.	235	34	77.4%	58.3%

Իրականացվել է սեյսմաբանական ինֆորմացիայի վերլուծություն նաև Ջավախքի բարձրավանդակում և ստացված արդյունքները համեմատվել է Հայաստանի տարածքի ելակետային տվյալների հետ: Նկար 2-ում ներկայացված Հայաստանի սեյսմաբանական ինֆորմացիայի և Ջավախքի բարձրավանդակի Վադատիի գրաֆիկի կետերի համար ստուգվել է ռեգրեսիայի հավասարման ընդհանուր հատկությունները՝ որքան լավ է ռեգրեսիայի էմպիրիկ հավասարումը համապատասխանեցվում վիճակագրական տվյալների հետ (աղյուսակ 2): Ցույց է տրվել, որ Ջավախքի բարձրավանդակի ելակետային տվյալների ճշտությունը ավելի բարձր է:

Աղյուսակ 2

Ժամանակահատված		**Ռեգրեսիայի հավասարում**	**Դետերմինացիայի գործակից**	**Միջին շեղում**	**Vp/Vs**
Հայաստան	**1971-1990**	y=1.212x+2.209	R^2=0.878	4.25	1.88
	1991-2010	y=1.079x+3.364	R^2=0.615	6.44	1.926
Ջավախքի բարձրավ.	**1971-1990**	y=1.284x+1.828	R^2=0.940	3.24	1.77
	1991-2010	y=1.296x+0.918	R^2=0.932	3.09	1.77

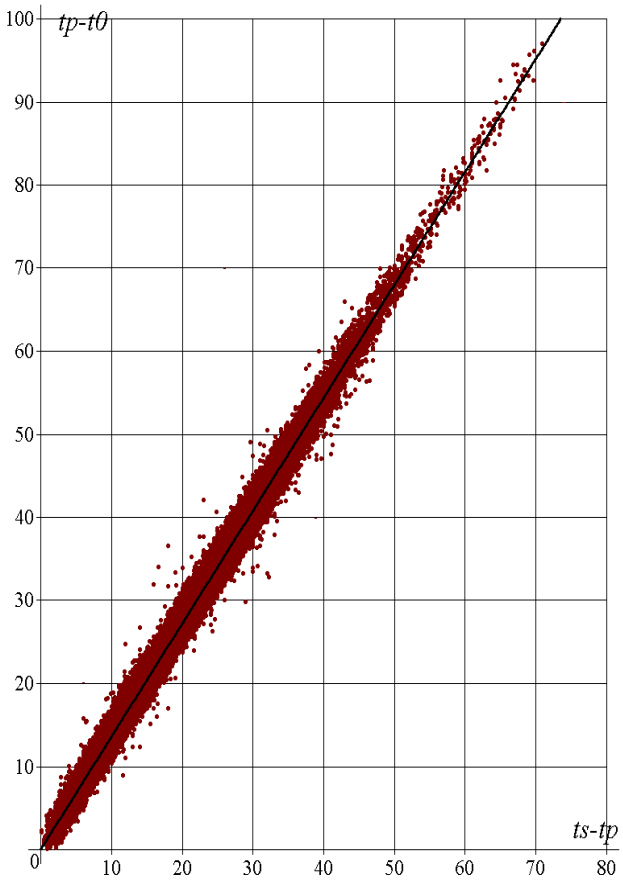
Ըստ մեր կողմից առաջարկվող մեթոդաբանության առաջին չափանիշի, որի համաձայն կիրառելով Վադատիի մեթոդը և սահմանելով երկայնական և լայնական ալիքների հարաբերության միջակայքեր անհրաժեշտ է ընտրել այն տվյալները, որոնց սխալանքը չի գերազանցում սահմանված [1.5-2] և [1.7-2] մեծությունները:



Նկ.3. Սեյսմիկ կայանների էպիկենտրոնային հեռավորությունների և սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների անճշտությունների գրաֆիկները 2015թ. տվյալների համաձայն

Ըստ երկրորդ չափանիշի որոշվել են երկրաշարժերը գրանցած յուրաքանչյուր կայանի էպիկենտրոնային հեռավորությունների և սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների անճշտությունները ու մեծ շեղումների առկայության դեպքում (Δ~±10կմ., t~±3վրկ.) այդ կայանի տվյալները չեն ներառվել երկրաշարժի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման ժամանակ:

Նկար 3-ում ցույց են տրված ըստ «Միջազգային սեյսմաբանական կենտրոնի» տվյալների ՀՀ և հարակից շրջաններում 2015թ. տեղի ունեցած երկրաշարժերը գրանցած Գառնի և Ստեփանավան կայանների էպիկենտրոնային հեռավորությունների և սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների անճշտությունները: Կիրառելով առաջարկվող մեթոդաբանությունը ճշգրտվել են Կովկասի 1971-2014թթ. երկրաշարժերի երկայնական և լայնական ալիքների մուտքի ժամանակների տվյալները, որոնց արդյունքը ներկայացված է նկար 4-ում:



Նկ.4. t_p–t_0 երկայնական ալիքների և t_s–t_p ֆիկտիվ ալիքների կախվածության գրաֆիկը 1971-2014թթ. Կովկասի երկրաշարժերի բյուլետենների տվյալներով (բյուլետենների ճշգրտված տվյալները).

Ճշգրտված տվյալներով իրականացվել է Կովկասի երկրաշարժերի էպիկենտրոնների և հիպոկենտրոնների վերահաշվարկ:

2.2. Կովկասի ժամանակակից սեյսմիկության որոշ դրույթներ

Գնահատելով գոյություն ունեցող սեյսմաբանական ինֆորմացիայի (կատալոգների) արդյունավետությունը և առաջարկվող մեթոդաբանությամբ ճշգրտելով ելակետային

տվյալները, դիտարկվել է Կովկասի սեյսմիկության արտահայտման որոշ դրույթներ: Ցույց է տրվել, որ տարբեր տարիներում Կովկասի երկրաշարժերի մագնիտուդները որոշվել են տարբեր եղանակներով, ինչն արտահայտվել է երկրաշարժերի էներգետիկ դասի և մագնիտուդի միջև տարբեր կախվածություններով: Իրականացվել է k-ի և m_b-ի միջև էմպիրիկ կապի որոշումն անկախ մեր կողմից կազմված կատալոգի տվյալների: Վերցվել են NEIC կատալոգի 1973-2011թթ. սեյսմիկ իրադարձությունների տվյալները և նույն իրադարձությունները մեր կողմից ստեղծված կատալոգից ու կառուցվել է k-ից m_b-ի կախվածությունը:

Կետերի բաշխվածությունն ապրոկսիմացվում է հետևյալ հավասարմամբ.

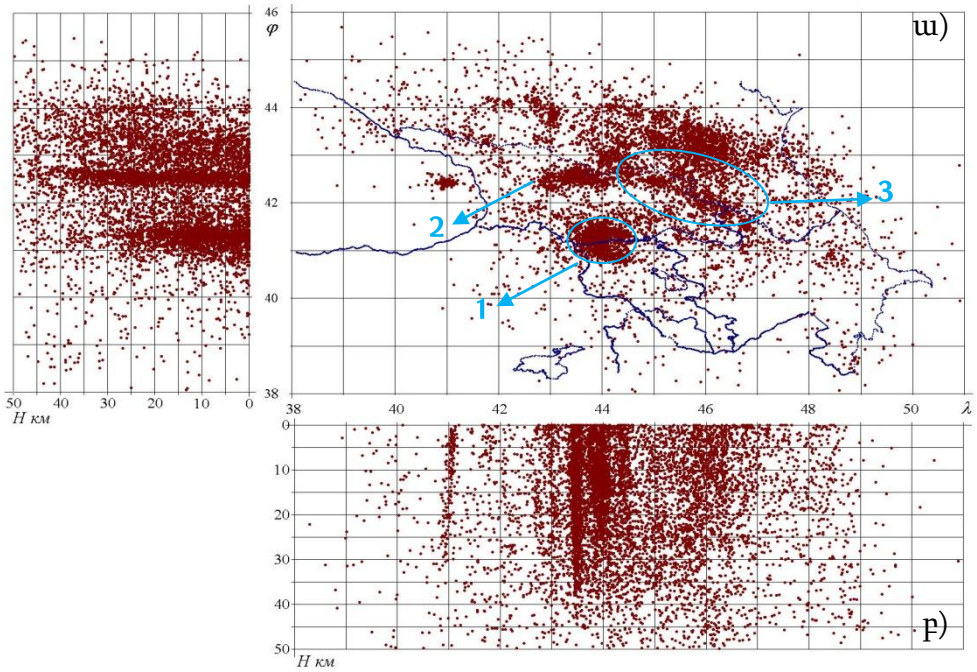
$$k=5.23+1.35m_b.$$

Իսկ հակադարձ կախվածությունն ունի հետևյալ տեսքը

$$m_b=(k-5.23)/1.35.$$

Գոյություն ունեցող կախվածությունները և մեր կողմից ստացված էներգետիկ դասի և m_b մագնիտուդի Կովկասի տարածքի համար ստացված կապը հնարավորություն տվեց տարբեր մագնիտուդների սանդղակները բերել միասնական էներգետիկ դասակարգման և կատալոգը դարձնել համասեռ: Կառուցվել է երկրաշարժերի կրկնողության գրաֆիկը, ըստ որի Կովկասի տարածքի համար ստացվել է հետևյալ **Lg(N)= 8.58 - 0.49k** տեսքը, ներկայացուցչական են k=9÷17 էներգետիկ դասի միջակայքում գտնվող երկրաշարժերը: Կրկնողության գրաֆիկի թեքության գործակիցը՝ γ=0.49, իսկ ազատ անդամը՝ a=8.58: Առանձնացվել են երկրաշարժերի էներգիայի բաշխվածության ինտենսիվ ամիսները, ըստ որի առավելագույն ինտենսիվությունը դիտվում է հոկտեմբեր ամսին: Ամռան ամիսներին դիտարկվում է ցածր սեյսմիկություն՝ օգոստոս ամսին հասնում մինիմում արժեքի:

Նկար 5-ում ներկայացված է Կովկասի 1971-2014թթ. երկրաշարժերի ճշգրտված տվյալներով հիպոկենտրոնների կոորդինատների վերահաշվարկված արժեքները: Ընդհանուր հավաքագրված 14400 իրադարձություններից նկար 5-ում ցույց է տրված 10150 սեյսմիկ իրադարձություն, որոնք գրանցվել են 3 և ավելի կայաններով և որոնց տվյալներր ներկայացված են Կովկասի բյուլետեններում:

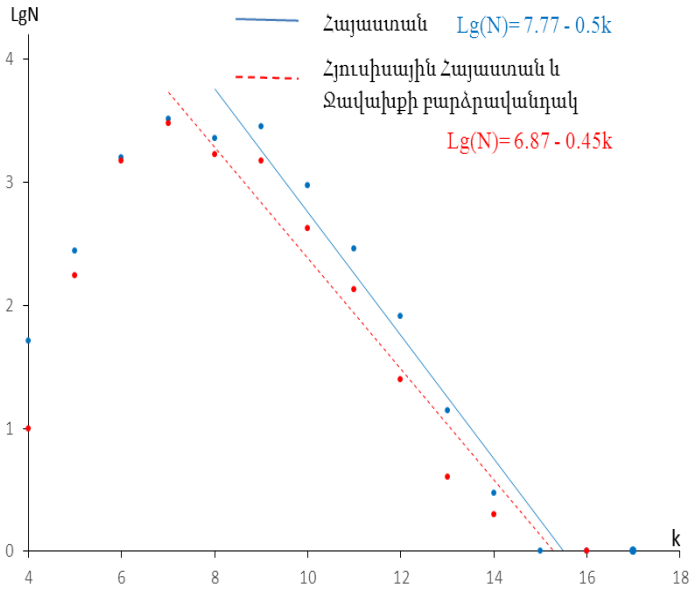


Նկ.5. Կովկասի 1971-2014թթ. երկրաշարժերի էպիկենտրոնների (ա) և հիպոկենտրոնների (բ) բաշխվածությունը վերահաշվարկից հետո

Ստացված արդյունքներից երևում է, որ երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում բաշխված են առանձին մասերով և չի արտահայտվել առանձին հատվածների հավասարաչափ բաշխվածություն: Նկար 5-ում պայմանականորեն առանձնացնվել են նաև հիմնական էպիկենտրոնային գոտիները: Առաջին գոտին վերագրվում է Ջավախքի բարձրավանդակին, որին հենվում է Փոքր Կովկասի արևմտյան եզրը: Երկրորդ գոտին ձգվում է դեպի Ռաչայի շրջան: Երրորդ գոտին իրենից ներկայացնում է օջախային գոտիների շղթա, որոնք ձգվում են Մեծ Կովկասի հարավային լանջի երկայնքով: Ընդ որում երկրաշարժերի հիպոկենտրոնները վերագրվում են տարբեր էպիկենտրոնային գոտիներին, գոյություն չունեն դիսկրետ արժեքներ ու բաշխված են անհավասարաչափ:

2.3. Հայաստանի ժամանակակից սեյսմիկությունը

Դիտարկված է Հայաստանի և մասնավորապես բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ արտահայտված տարածքների՝ Հյուսիսային Հայաստանի և դրան հարակից Ջավախքի բարձրավանդակի սեյսմիկության արտահայտման որոշ դրույթներ: Կառուցվել է երկրաշարժերի կրկնողության գրաֆիկը, ըստ որի ներկայացուցչական են համարվում k=8.0÷16.0 էներգետիկ դասի երկրաշարժերը: Հայաստանի համար ստացված էմպիրիկ **Lg(N)= 7.77 - 0.5k** կապի գործակիցները բավականին մոտ են Կովկասի համար ստացված համապատասխան գործակիցներին: Հյուսիսային Հայաստանի և Ջավախքի բարձրավանդակի երկրաշարժերի կրկնողության գրաֆիկի գծային տեսքը ստացվել է **Lg(N)= 6.87 - 0.45k,** ներկայացուցչական են k ≥7 էներգետիկ դասի երկրաշարժերը, կրկնողության գրաֆիկի թեքությունը γ = 0.45 է, իսկ ազատ անդամը՝ a = 6.87: Հայաստանի տարածքի համար բացահայտվել են երկրաշարժից արձակված էներգիայի սեզոնային ցիկլայնության և քանակական բաշխվածության առանձնահատկությունները, որի արդյունքում դիտարկվել է ակտիվության աճի որոշակի ցիկլայնություն 1971-1994թթ. և 1995-2011թթ.:



Նկ.6. Հայաստանի և Ջավախքի բարձրավանդակի երկրաշարժերի կրկնողության գրաֆիկները 1962-2014թթ. ժամանակահատվածում:

Իսկ Հյուսիսային Հայաստանում և Ջավախքի բարձրավանդակում դիտարկվել է ակտիվության աճի ցիկլայնություն 1964-1973թթ., 1974-1995թթ., 1996-2003թթ., և 2004-2014թթ. ժամանակահատվածներում: Բացահայտվել են նաև երկրաշարժերի էներգիայի և քանակական բաշխվածությունների առանձնահատկություններն ըստ ամիսների: Առավելագույն ինտենսիվություն դիտարկվել է դեկտեմբեր ամսին, որը կապված է Սպիտակի 07.12.88թ. երկրաշարժի հետ: Մաքսիմումներ են դիտարկվում նաև հունվար, ապրիլ, հունիս և սեպտեմբեր ամիսներին: Հյուսիսային Հայաստանում և Ջավախքի բարձրավանդակում մաքսիմումներ են դիտարկվել նաև հունվար, մայիս և հոկտեմբեր ամիսներին:

ԳԼՈՒԽ 3. ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԼԵՌՆԱՇԽԱՐՀԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՕՋԱԽՆԵՐԻ ԽՈՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ

3.1. Հայկական լեռնաշխարհի երկրաշարժերի օջախների խորությունների որոշման բարդությունները

Վերլուծության են ենթարկվել երկրաշարժերի օջախների խորության որոշման հայտնի մեթոդները, Հայաստանի տարբեր հեղինակների կողմից ստացված և տարբեր մեթոդների կիրառմամբ երկրակեղևի արագության բաշխման մոդելները, որոնցից են Ա.Ավետիսյանի, Վ.Բուրմինի, Ն.Կարապետյանի և Ա.Սահակյանի տվյալները, Զանգեզուրի շրջանի խորքային սեյսմիկ զոնդավորման (ԽՍԶ) տվյալները, հարավ-արևմտյան Հայաստանի «Երկիր» կայանի տվյալները, Երևանի շրջանի ԽՍԶ տվյալները, հյուսիսային Հայաստանի և Ջավախքի բարձրավանդակի ԽՍԶ տվյալները:

Կովկասի տարածքի համար ստացվել է արագությունների ճշգրտված նոր կորը (Բուրմին, Ավետիսյան, Գևորկյան 2006), որի կիրառմամբ հնարավոր է ապահովել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման բարձր ճշտություն:

3.2. Կետային օջախով երկրաշարժերի տեսական մոդելների կառուցումը

Օգտվելով Ավետիսյանի և Դոբրովոլսկու կողմից առաջարկված երկրաշարժերի կետային օջախի մաթեմատիկական մոդելից ուսումնասիրվել է սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների փոփոխությունը ճառագայթային մոտարկմամբ՝ կախված երկրաչափական և մեխանիկական բնութագրերից: Նշված մեթոդիկան հնարավորություն է տալիս օգտագործելով երկրաշարժերի տարածության մեջ տեղաբաշխման մաթեմատիկական մոդելը, սեյսմիկ կայանների որոշակի դասավորության և արագությունների ցանկացած ձևով բաշխման դեպքում գոյություն ունեցող եղանակներից կամ ալգորիթմներից ընտրել այն, որը կապահովի կոորդինատների ավելի մեծ ճշտություն համեմատած սեյսմիկ ինֆորմացիայի մշակման մյուս եղանակների հետ:

Ավետիսյանի կողմից ստացվել է հեռավորության և ժամանակի միջև ֆունկցիոնալ կախվածությունը, այսինքն՝ հոդոգրաֆի հավասարումը:

$$\Delta(t,h) = \frac{b}{a}\sqrt{2\left(1+\frac{a}{b}chat-(1+\left(1+\frac{a}{b}h\right)^2\right)}$$

Ստացվել է նաև ճառագայթի Երկրի մակերևույթ ելքի ժամանակի բանաձևը, որն ունի հետևյալ տեսքը.

$$P_{1,2} = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - b^2(1-sin^2\varphi_0)}}{b(1-sin\varphi_0)}$$

Այն դեպքում, երբ V_0 արագությունը գծային ֆունկցիա չէ, դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգը չունի անալիտիկ լուծում, և ճառագայթների ու հոդոգրաֆի կառուցումը իրականացվում է որևէ մոտարկվող մեթոդով: Մեր կողմից կատարվել է նշված մեթոդի իրականացման ծրագրային ապահովումը: Ծրագրային ապահովման միջոցով գնահատվել է սեյսմիկ ինֆորմացիայի մշակման կիրառություն ստացած ալգորիթմների հուսալիությունը տարբեր ելակետային տվյալների առկայության պայմաններում:

3.3. Մաթեմատիկական մոդելների հիման վրա երկրաշարժերի կոորդինատների որոշման մեթոդների ճշտության վերլուծությունը

Ներկայացված մեթոդիկայի էությունը կայանում է նրանում, որ ընտրելով էպիկենտրոնի մոդելային տվյալներ և գոյություն ունեցող սեյսմիկ կայանների ցանկացած քանակ և ազիմուտային շրջափակում, տարբեր խորությունների դեպքում հաշվարկվում են յուրաքանչյուր կայանի համար երկայնական և լայնական ալիքների մուտքերի ժամանակները:

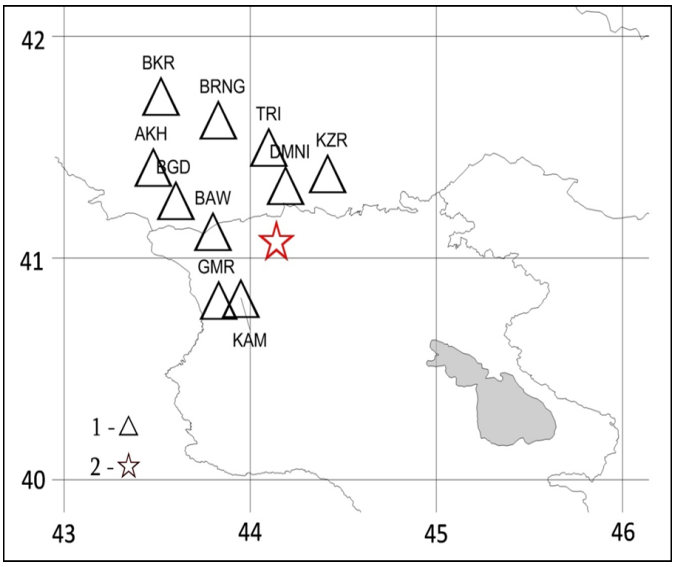
Ստացված տվյալներով, տարբեր մեթոդներով որոշվում են երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատները և գնահատվում է այդ մեթոդների ճշտությունը տվյալ պայմանների դեպքում: Ճշտության գնահատումն իրականացվում է մոդելային տվյալների հետ համեմատության միջոցով: Առաջարկվող մեթոդը հնարավորություն է տալիս ընտրել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման արդյունավետ եղանակը և գնահատել գոյություն ունեցող ցանցի և առանձին կայանների օպտիմալությունը օջախի կոորդինատների որոշման խնդրի լուծման դեպքում:

Վերլուծվել են հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման կիրառություն ստացած $\tilde{t}_i$ ալգորիթմները: Մասնավորապես Hypo-71 ծրագրի հիմքում ընկած է տեսական t_i և դիտարկվող սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների անհամապատասխանությունների ֆունկցիոնալի մինիմիզացումը՝ Գեյգերի մեթոդը

$$S_t = \sum_{i=1}^{n} (t_i - \tilde{t}_i)^2$$

Բուրմինի կողմից առաջարկված երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման մեկ այլ մոտեցման դեպքում (Hypo_Bur) մինիմիզացվում է հիպոկենտրոնային հեռավորությունների անհամապատասխանությունների ֆունկցիոնալը

$$S = \sum_{i=1}^{n} \rho_i (D_i - d_i)^2 + \Upsilon (H - h)^2$$



որտեղ D_i, H և d_i, h – սեյսմիկ ալիքների տարածման տեսական և դիտարկվող ժամանակներին համապատասխանող էպիկենտրոնային հեռավորություններն են և խորությունները, $\rho_i = v_i^{-2}$ և $\Upsilon = \sum_{i=1}^{n} \rho_i$ քաշային արտադրիչներն են, որոնք բնութագրում են միջավայրի անհամասեռությունները:

Նկ.7. Երկրաշարժի թեստային էպիկենտրոնը և գրանցած սեյսմիկ կայանները *1-սեյսմիկ կայանները, 2-երկրաշարժի էպիկենտրոնը*

Հաշվարկվել են 0, 20, 50 և 100 կմ խորություններով երկրաշարժերի մաթեմատիկական մոդելները, որոնց միջոցով պարզվել է, թե հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման տարբեր ծրագրերը և մոտեցումները ինչպիսի արդյունքներ են տալիս: Քանի որ էպիկենտրոնի կոորդինատները հայտնի են, ապա գեոդեզիական հակադարձ խնդրի միջոցով հաշվվել է էպիկենտրոնային հեռավորությունները

այդ կայաններից յուրաքանչյուրի համար: Այնուհետև սեյսմիկայի միաչափ ուղիղ խնդրի միջոցով, յուրաքանչյուր կայանի համար որոշվել է *P*- և *S*- ալիքների մուտքի ժամանակների տվյալները մեր կողմից ընտրված 0, 20, 50 և 100 կմ խորությունների համար:

Աղյուսակ 3-ում ներկայացված են յուրաքանչյուր կայան երկայնական և լայնական ալիքների մուտքերի հաշվարկված ժամանակները:

Աղյուսակ 3

Սեյսմիկ ալիքների մուտքի ժամանակների տվյալները 0,20,50 և 100կմ խորությունների համար

	0 կմ		**20կմ**		**50կմ**		**100կմ**	
Սեյսմ. կայան	**tp**	**ts**	**tp**	**ts**	**tp**	**ts**	**tp**	**ts**
DMNI	0006.28	0010.86	0006.19	0010.72	0008.77	0015.17	0014.46	0025.01
BAW	0006.28	0010.87	0006.20	0010.72	0008.77	0015.18	0014.46	0025.01
KAM	0006.83	0011.8	0006.6	0011.42	0008.99	0015.56	0014.57	0025.21
GMR	0008.09	0013.99	0007.57	0013.09	0009.57	0016.55	0014.88	0025.74
KZR	0008.57	0014.83	0007.94	0013.74	0009.81	0016.97	0015.01	0025.97
TRI	0009.71	0016.80	0008.83	0015.28	0010.41	0018.00	0015.35	0026.56
BGD	0010.10	0017.46	0009.13	0015.8	0010.62	0018.37	0015.47	0026.77
BRNG	0013.09	0022.62	0011.52	0019.93	0012.41	0021.47	0016.60	0028.71
AKH	0013.12	0022.69	0011.55	0019.98	0012.44	0021.51	0016.61	0028.74
BKR	0017.03	0029.46	0014.79	0025.59	0015.08	0026.08	0018.47	0031.95

Ստացված արդյունքների ճշտությունը գնահատելու նպատակով, կառուցվել է նաև 0, 20, 50, 100կմ խորությունների տեսական հոդոգրաֆները:

Յուրաքանչյուր կայանի համար ստացված *P*- և *S*- ալիքների ժամանակների տվյալների վերջնական արդյունքները ներմուծվել են Hypo-71 և Hypo_Bur ծրագրերի մեջ: Բացի այդ նշված տվյալները տրամադրվել են երկրաֆիզիկական տարբեր հայտնի միջազգային կազմակերպություններում աշխատող մասնագետների հաշվարկներ իրականացնելու նպատակով: Աղյուսակ 4-ում բերված են թեստային երկրաշարժի էպիկենտրոնի տվյալները 0, 20, 50 և 100 կմ խորությունների համար, և յուրաքանչյուր տարբերակի համար առանձին հաշվարկվել են էպիկենտրոնները և խորությունները:

Ինչպես երևում է աղյուսակ 4-ից Hypo_Bur ծրագրով ստացված արդյունքները տալիս են համեմատաբար առավել բարձր ճշտություն երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների պարամետրերը որոշելիս՝ ինչպես մակերևութային, այնպես էլ մեծ խորություններով երկրաշարժերի դեպքում:

Աղյուսակ 4-ից երևում է, որ Hypo-71 ծրագրով տարբեր կազմակերպությունների կողմից հաշվարկելով նույն տվյալները, ստացվել են միմյանցից տարբեր արդյունքներ: Բավականին մանրամասն ուսումնասիրելով Hypo-71 ծրագրի աշխատանքային սկզբունքները, պարզվեց կարևոր հանգամանք խորությունների որոշման հետ կապված՝ ծրագրի համապատասխան տիրույթում մուտքագրելով նախնական մոտարկման փոքր արժեքներ հնարավոր չի լինի ճշգրիտ հաշվարկել ավելի մեծ խորություն ունեցող երկրաշարժերը:

Աղյուսակ 4

Մոդելային տվյալներով հիպոկենտրոնների որոշման արդյունքները.

Թեստավորվող ծրագրերը	**Երկրաշարժի էպիկենտրոն**		**Օջախում ժամանակը**	**Խորությունները (կմ)**			
	φ	λ					
	41.07	**44.14**	**(րոպե:վրկ)**	**0**	**20**	**50**	**100**
Hypo71 Ереван	41.069	44.134	-0:00:01	9.61			
Hypo71 ИГИС НАН РА	41.2685	44.1745	0:01.33	5.00			
Hypo71 ГС РАН	41.061	44.156	0:00.50	8.29			
Hypo NAS	41.07811	44.12704	-0:00.30	4-13			
Hypo_Bur	41.07458	44.13903	0:00.01	0.00			
dbloc2_DataScope	**P)** 41.0425 **P+S)**40.989	44.1577 44.2688		0 1.75			
Hypo71 Ереван	41.081	44.131	-0:01.04		18.96		
Hypo71 ИГИС НАН РА	41.1007	44.0925	-0:01.08		17.14		
Hypo71 ГС РАН	41.043	44.083	-0:00.40		19.80		
Hypo NAS	41.09012	44.11015	-0:00.1		18-25		
Hypo_Bur	41.07553	44.13429	0:00.00		20.27		
dbloc2_DataScope	**P)** 41.0507 **P+S)** 41.064	44.1459 44,1268			18.93 12.29		
Hypo71 Ереван	41.11	44.091	0:01.21			21.25	
Hypo71 ИГИС НАН РА	41.1178	44.0658	0:00.63			31.58	
Hypo71 ГС РАН	41.046	44.078	-0:00.10			48.06	
Hypo NAS	41.10099	44.09883	-0:00.1			40-49	
Hypo_Bur	41.07536	44.13008	0:00.00			50.00	
dbloc2_DataScope	**P)** 41.0527 **P+S)**41.088	44.1427 44.0958				44.92 34.64	
Hypo71 Ереван	41.049	44.206	0:06.99				16.12
Hypo71 ИГИС НАН РА	41.1178	44.0658	0:00.63				34.84
Hypo71 ГС РАН	41.046	44.078	0:00.00				97.98
Hypo NAS	41.09607	44.10222	0:00.6				85-95
Hypo_Bur	41.07668	44.12657	0:00.00				100.11
dbloc2_DataScope	**P)** 41.0571 **P+S)**41.0771	44.1335 44.1067					90.94 80.27

Երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների որոշման ծրագրերի թեստավորման աշխատանքներին իրենց ակտիվ մասնակցությունն են ունեցել Վ.Յու. Բուրմինը - Երկրի ֆիզիկայի ինստիտուտ, Ի.Պ. Գապսատարովան – ՌԴ ԳԱ Երկրաֆիզիկական ծառայություն, Ն.Ն.Նոսկովան – ՌԴ ԳԱ Ուրալի բաժանմունքի գիտական կենտրոն, Վ.Է. Ասմինգը – ՌԴ ԳԱ Միասնական երկրաֆիզիկական ծառայության Կոլսկու մասնաճյուղ, Ն.Ն.Միխայլովան – Ղազախստանի երկրաֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտ, Արա Լևոնյանը – ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ, Հեղինե Սարգսյանը – ՀՀ Սեյսմիկ Պաշտպանության ազգային ծառայության հյուսիսային բաժանմունք:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

- Ձևակերպվել են սեյսմաբանական ինֆորմացիայի հավաքագրման և մշակման խնդիրները, որոնք կարևոր փուլ են հանդիսանում արդյունավետ հաշվողական ալգորիթմների մշակման և հուսալի արդյունքներ ստանալու համար: Ներկայացված մեթոդները և խնդրի ձևակերպումները ցույց են տալիս, որ սեյսմաբանական տվյալների ճշգրիտ մշակումը բազմաքայլ պրոցես է:
- Տարբեր ժամանակահատվածներում և տարածքներում իրականացված սեյսմաբանական տեղեկատվության վերլուծությունն ու ստացված արդյունքների համեմատումը ցույց են տվել, որ Հայաստանի Հանրապետության դիտարկման համակարգի կայանների քանակի մեծացմանը զուգընթաց ելակետային տվյալներն ունեն ցրվածության մեծ աստիճան, ընդ որում Ջավախքի բարձրավանդակի ելակետային տվյալների ճշտության աստիճանը ավելի բարձր է: Ելակետային տվյալների հետագա մեկնաբանման համար ընտրվել են միայն այն իրադարձությունները, որոնց անճշտությունները չեն գերազանցում նախապես տրված Vp/Vs մեծությանը: Այնուհետև ընտրված իրադարձություններից յուրաքանչյուր կայանի համար որոշվել են երկրաշարժերի էպիկենտրոնային հեռավորությունների և սեյսմիկ ալիքների տարածման ժամանակների անճշտությունները և ընտրվել փոքր մեծությամբ արժեքները: Մեթոդաբանության կիրառման արդյունքում կազմվել է Հայաստանի տարածքի 1962-2014թթ. տեղի ունեցած երկրաշարժերի ունիֆիկացված կատալոգը:
- Կովկասի տարածքի համար ստացված էներգետիկ դասի և m_b մագնիտուդի միջև կապի և գոյություն ունեցող կախվածությունների միջոցով տարբեր մագնիտուդների սանդղակները կատալոգում բերվել են միասնական էներգետիկ դասակարգման:
- Ըստ գոյություն ունեցող տվյալների Կովկասի սեյսմիկության վերլուծությունից հետևում է, որ վերջին հիսուն տարիներին տարածքի սեյսմիկ ակտիվությունը տարեցտարի փոփոխվում է, ընդ որում 1962-1984թթ. սեյսմիկ ակտիվությունը բավականին մեծանում է: 2006-2011թթ. Կովկասի սեյսմիկ ակտիվությունը կտրուկ տատանվում է, հնարավոր է, որ դա կատալոգում ոչ բոլոր տվյալների ներառման հետևանքն է: Հայաստանի և Ջավախքի բարձրավանդակի սեյսմիկության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ սեյսմիկ ակտիվությունը ըստ տարիների անհավասարաչափ է բաշխված և դիտարկվում է ակտիվության աճի որոշակի ցիկլայնություն 1971-1994թթ. և 1995-2011թթ. ժամանակահատվածներում: Կրկնողության գրաֆիկի վերլուծությունը ցույց է տալիս որ ներկայացուցչական են $k \geq 7$ էներգետիկ դասի երկրաշարժերը:
- Մաթեմատիկական մոդելավորման հիման վրա երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման ճշտության գնահատումը առաջարկված մեթոդիկայով հնարավորություն է տալիս բացահայտել երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերի որոշման մեթոդների լավագույն կիրառման պայմանները: Այն հնարավորություն է տալիս ընտրել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների որոշման հուսալի ալգորիթմը և գնահատել գոյություն ունեցող դիտարկման ցանցի և առանձին կայանների արդյունավետությունը երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերի որոշման դեպքում:

Առաջարկություններ

Հայաստանի տարածքի սեյսմաբանական տվյալների մշակման և դիտարկման համակարգի վերլուծության մեթոդաբանությունը առաջարկում ենք կիրառել ելակետային տվյալների ճշտության գնահատման ժամանակ, որի արդյունքում ցածր ճշտություն ունեցող արժեքները չեն ներառվում երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման պրոցեսում և արդյունքում կստացվեն ավելի հուսալի տվյալներ: Բացի այդ, էներգետիկ դասի և մագնիտուդի միջև ստացված կապը կիրառել mb մագնիտուդի սանդղակից k էներգետիկ դասակարգման ժամանակ:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքներ

1. Ավետիսյան Ա.Մ., Պետրոսյան Գ.Ռ., Ղազարյան Կ.Ս. ՀՀ սեյսմիկ ռեժիմի ուսումնասիրման առանձնահատկությունները 1991-2014թթ.: Գործարար միջավայրի բարելավման և միջազգային տնտեսական համագործակցության ընդլայնման արդի հիմնախնդիրները ՀՀ-ում, ՀՊՏՀ 26-րդ գիտաժողով, Երևան, 15-18 Նոյեմբեր, 2016, էջ 361-366:
2. Ավետիսյան Ա.Մ., Պետրոսյան Գ.Ռ., Ղազարյան Կ.Ս. Սեյսմաբանական դիտարկումների համակարգի և տվյալների մշակման արդյունավետության գնահատումը ՀՀ-ում: Գիտելիք, նորաստեղծություն և զարգացում, ՀՊՏՀ XXV գիտաժողովի նյութեր, 2015, Երևան, էջ 50-55:
3. Аветисян А.М., Казарян К.С. Сопоставление различных подходов к определению координат гипоцентров землетрясений на основе математического моделирования. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2017, N3, стр. 38-45.
4. Бурмин В.Ю., Шемелева И.Б., Флейфель Л.Д., Аветисян А.М., Казарян К.С. Результаты обработки сейсмологических данных для территории Армении. Вопросы инженерной сейсмологии Том 43, номер 1, 2016, стр. 29-39.
5. Казарян К.С. Современная сейсмичность Северной Армении и Джавахетского нагорья. Ширакский государственный университет им. М.Налбандяна, Ученые записки, N1,2016, стр. 79-85.
6. Бурмин В.Ю., Шемелева И.Б., Флейфель Л.Д., Аветисян А.М., Казарян К.С. Предварительные результаты пересмотра сейсмологических данных Кавказа. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Четвертая тектонофизическая конференция. 3-8 октября, 2016, Москва, Т1, стр. 365-368.
7. Бурмин В.Ю., Шемелева И.Б., Флейфель Л.Д., Аветисян А.М., Казарян К.С. Результаты обработки сейсмологических данных на территории Армении. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XI Международной сейсмологической школы. Чолпон-Ата, Кыргызстан, 12-16 сентября, 2016, стр. 65-70.
8. Мкртчян М.Б., Казарян К.С. Обзор и анализ скоростных моделей земной коры Армении. Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II международной научной конф. молодых ученых, Изд."Гитутюн" НАН РА, Цахкадзор, 2016, стр. 229-234.

9. Аветисян А.М., Бурмин В.Ю., Оганесян А.О., Казарян К.С. Сравнительный анализ оценки точностей результатов обработки сейсмологической информации территории Армении и Джавахетского нагорья. Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II международной научной конф. Молодых ученых, Изд."Гитутюн" НАН РА, Цахкадзор, 2016, стр.115-120.

10. Аветисян А.М., Бурмин В.Ю., Оганесян А.О., Казарян К.С. Анализ исходных данных и результатов обработки сейсмологической информации на территории Армении. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2015, 68, N2, стр. 31-43.

11.Бурмин В.Ю., Аветисян А.М., Казарян К.С., Товмасян А.К. Проявление современной сейсмичности на территории Армении. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы девятой международной сейсмологической школы. Агверан, 8-12 сентября, 2014, стр. 79-82.

12. Бурмин В.Ю., Аветисян А.М., Сергеева Н.А., Казарян К.С. Некоторые закономерности проявления современной сейсмичности Кавказа. Сейсмические приборы. т.49, 2013, стр. 11-17.

13. Бурмин В.Ю., Аветисян А.М., Сергеева Н.А., Казарян К.С. Общее представление о сейсмическом режиме Кавказа и его главные характеристики. Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. Науч. трудов I международной научной конф. молодых ученых, Изд."Гитутюн" НАН РА, Цахкадзор, 2013, стр. 183-187.

14. Бурмин В.Ю., Аветисян А.М., Сергеева Н.А., Казарян К.С. Некоторые закономерности проявления современной сейсмичности Кавказа. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы восьмой международной сейсмологической школы. Геленджик 2013, стр. 73-76.

15. Burmin V. Yu., Shemeleva I. B., Fleyfel L. D., Avetisyan A. M., Ghazaryan K. S. Results of Seismological Data Processing for the Territory of Armenia. Seismic Instruments, 2017, Vol. 53, No. 2, pp. 103–110.

16. Avetisyan A.M., Burmin V.Yu., Hovhannisyan H.H., Ghazaryan K.S. Comparative analysis on the estimation of the results processing accuracy of seismic information in Armenia and Javakheti plateau. National Academy of Sciences of RA Electronic Journal of NATURAL SCIENCES 1(28), 2017, pp. 94-98.

17. Burmin V.Yu., Avetisyan A.M., Kazaryan K.S. Manifestation of the present-day seismicity in the territory of Armenia. NAS RA, Electronic journal of Natural sciences, 2015, p.68-71.

18. Burmin V.Yu., Avetisyan A.M., Sergeeva N.A., Kazaryan K.S. Some seismicity regularities of the Caucasus. Seismic Instruments. v.50, 2014, p.192-195.

КАЗАРЯН КАРЛЕН СУРЕНОВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ)

Резюме

Диссертационная работа посвящена исследованию важных проблем сейсмологии: разработке методологии для анализа сейсмологической информации, оценки системы наблюдений и изучению сейсмичности.

Цель и задачи диссертационной работы. Целью работы является анализ, выявление особенностей результатов обработки сейсмологической информации и оценка эффективности наблюдательной системы на примере Республики Армения.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- Оценена надежность существующей сейсмологической информации (каталогов) и проведен анализ результатов обработки исходных данных.
- Разработана методология для анализа сейсмологической информации и оценки системы наблюдений на примере территории Армении.
- Создан унифицированный каталог землетрясений произошедших на территории Армении за период 1962-2014гг.
- Получена связь энергетического класса и магнитуды землетрясений для территории Кавказа.
- Исследованы поведение графика повторяемости от года к году и особенности количественного распределения землетрясений.
- Оценена эффективность алгоритмов обработки сейсмологической информации с помощью математического моделирования.

Основные защищаемые положения.

- Проведен анализ результатов обработки исходных данных для оценки надежности существующей сейсмологической информации (каталогов).
- Обоснована методология для анализа сейсмологической информации и оценки системы наблюдений на территории Армении.
- Создан унифицированный каталог землетрясений произошедших на территории Армении за период 1962-2014гг.
- Установлена и получена связь энергетического класса и магнитуды землетрясений для территории Кавказа.
- Исследованы поведение графика повторяемости от года к году и особенности количественного распределения землетрясений для описания уровня сейсмичности на исследуемой территории.
- С помощью математического моделирования оценена эффективность алгоритмов обработки сейсмологической информации и выявлено наилучшее условие применения методов определения координат гипоцентров землетрясений.

Апробация работы. Основные результаты работы опубликованы в международных конференциях, а также доложены на семинарах, проведенных в ИГИС НАН РА. Все полученные в работе результаты, опубликованы в международных рецензируемых журналах. Всего по теме диссертации опубликовано 18 научных статей.

Выводы.

- Сформулированы задачи сбора и обработки сейсмологической информации, которые являются необходимыми этапами для разработки эффективных вычислительных алгоритмов и, следовательно, получению устойчивых результатов в процессе обработки. Приведенные методы и постановка задач показывают, что качественная обработка сейсмологических данных не является одношаговым процессом.
- Проведенный анализ сейсмологической информации и сравнение полученных результатов показывают, что, несмотря на увеличения чисел сейсмических станций, исходные данные имеют широкий разброс, при этом степень точности исходных данных Джавахетского нагорья более высокая. Для последующей интерпретации отбираются только те события, которые ложатся на график Вадати с погрешностями, не превышающими заданной величины Vp/Vs. После этого, для каждой станции определяются погрешности эпицентральных расстояний и времен распространения сейсмических волн и выбираются те из них, для которых погрешности малы. В результате применения методологии составлен унифицированный каталог землетрясений произошедших на территории Армении за период 1962-2014гг.
- По полученной связи энергетического класса и магнитуды m_b, и с помощью других существующих зависимостей, разные шкалы магнитуд в каталоге приведены в единую энергетическую классификацию.
- Из анализа сейсмичности Кавказа получено, что за последние пятьдесят лет сейсмическая активность региона менялась от года к году, причем, с 1962 по 1984 гг. сейсмическая активность заметно увеличивалась, с 2006 по 2011гг. сейсмическая активность Кавказа испытывала резкие колебания. Возможно, это следствие того, что не все данные заносились в первичные каталоги. Из анализа сейсмичности Армении и Джавахетского нагорья следует, что сейсмическая активность по годам распределена неравномерно, причем, несмотря на резкие колебания с 1974 по 1994гг. и с 1995 по 2011 гг. наблюдается постепенное увеличение сейсмичности. Анализ графика повторяемости показывает, что представительны землетрясения с энергетическим классом $k \geq 7$.
- На основе математического моделирования оценка точности определения координат гипоцентров землетрясений дает возможность выявить наилучшие условия применения методов определения основных параметров землетрясений и выбрать из различных алгоритмов оптимальную, оценить эффективность существующей сейсмической сети и отдельных станций.

Предложения.

Разработанная методология для анализа сейсмологической информации и оценки системы наблюдений на примере территории Армении предлагаем применить при оценке точности исходных данных, и в результате получить более надежные результаты. Кроме этого, полученная связь между энергетическим классом и магнитудой применить при переходе из магнитудной шкалы (m_b) к единой энергетической (k) классификации.

GHAZARYAN KARLEN SUREN

FEATURES PROCESSING OF SEISMOLOGICAL INFORMATION
AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE NETWORK SEISMIC SYSTEM
(THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF ARMENIA)

Resume

The thesis is devoted to the study of important problems of seismology: the development of a methodology for analyzing seismological information, estimating the network seismic system and studying seismicity.

Aim and tasks. The aim of the work is the analysis, identification of the features of the results processing of seismological information and evaluation of the effectiveness of the monitoring system on the example of the Republic of Armenia.

To achieve the aim the following tasks are solved:

- Assess the reliability of existing seismological information (catalogs) and analyze the results of processing the initial data.
- Develop a methodology for analyzing seismological information and assessing the observing system in Armenia.
- Create a unified catalog of earthquakes in the territory of Armenia for the period 1962-2014.
- Obtain the relationship between energy classes and magnitudes for earthquakes of the Caucasus region.
- To study variations in the parametr values of the recurrence graph from year to year and features of the quantitative distribution of earthquakes.
- Using mathematical modeling to assess the effectiveness algorithms for processing seismological information.

Scientific novelty:

- The reliability of existing seismological information (catalogs) and an analysis of the results of processing the initial data.
- A methodology has been developed for analyzing seismological information and assessing the observing system in Armenia.
- A unified catalog of earthquakes created in the territory of Armenia for the period 1962-2014.
- Using the obtained relationships energy class and magnitude for the territory of the Caucasus different magnitudes scales are given in a unified energy classification.
- Studied variations in the parametr values of the recurrence graph from year to year and features of the quantitative distribution of earthquakes.
- Using mathematical modeling based on the calculated for different depths arrival times model data of body waves, at a certain location of seismic stations, the reliability of the solutions obtained existing algorithms.

Testing of research. The main results of dissertation have been published in international conferences and presented at seminaries at IGES NAS RA. All the results obtained in the work are published in international peer reviewed journals. 18 scientific articles are published on the theme of dissertation.

Conclusions.

- The tasks of collecting and processing sesmological information are formulated, which are necessary steps for the development of effective algorithms and obtaining stable results during processing. The resulted methods and statement of problems shows, that qualitative processing of the seismological data is not a one-step process and consequently works in this direction are actual.
- The analysis of seismological information and comparison of the obtained results show that, despite the increase in the number of seismic stations, the accuracy of determining the earthquake parameters has not increased with the processing of seismological information, the degree of accuracy of the initial data of the Javakheti highland is higher. According to the proposed methodology, correction and estimation of the accuracy of the initial data is realized by determining of the velocities the Primary and Secondary waves relations. For the subsequent interpretation, only those events that fall on the Vadati schedule with errors not exceeding a given value will be selected. The second criterion, small errors in the epicentral distances of earthquakes and arrival times of seismic wave for each seismic station. As a result of applying the methodology, a unified catalog of earthquakes occurred in the territory of Armenia for the period 1962-2014.
- According to the obtained connection of the energy class and the magnitude mb, and with the using of other existing dependencies, the different scales of magnitudes in the catalog are given in a unified energy classification.
- Analysis of the seismicity of the Caucasus region allows us to conclude that the seismic activity of the region changed from year to year during the last 50 years. It increased significantly in the period of 1962-1984, in 2006-2011, the seismicity of the Caucasus region demonstrated sharp oscillations, probably the result of incomplete data in the initial catalog. Based on the analysis of seismicity in Armenia and Javakheti highland can be inferred, that for the seismic activity is distributed unevenly over the years. Moreover, despite rather strong vibrations over the time period from 1971- to 1994 and from 1995 to 2011 gradual increase in seismicity is observed. Analyzing the repeatability graph it can be seen that earthquakes with an energy class of $K \geq 7$ are representative.
- On the basis of mathematical modeling, the estimation of the accuracy of the determination of the coordinates of earthquake hypocenters makes it possible to identify the best conditions for the application of methods for determining the basic parameters of earthquakes and to select from the optimal algorithms the optimal one, to evaluate the existing seismic network and separate stations.

Suggestions.

The developed methodology for the analysis of seismological information and estimation of the observing system for the example of the territory of Armenia is proposed to be applied in assessing the accuracy of the initial data, and as a result, to obtain more reliable results. In addition, the resulting relationship between the energy class and magnitude is applied when passing from the magnitude scale (mb) to a single energy (k) qualification.