ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ԱԿԱԴԵՄԻԱ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԻԳԻԹՅԱՆ ՀԱՅԿ ԱԼԲԵՐՏԻ

ԱԿՏԻՎ ԽԶՎԱԾՔՆԵՐԻ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ԼԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ (ՓԱՄԲԱԿ-ՍԵՎԱՆ-ՍՅՈՒՆԻՔ ԱԿՏԻՎ ԽԶՎԱԾՔԻ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԻԴ.01.01- «Ընդհանուր երկրաբանություն» մասնագիտությամբ երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Երևան – 2016

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ИГИТЯН АЙК АЛЬБЕРТОВИЧ

ОЦЕНКА ЗОНЫ ШИРИНЫ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОРАДАРНЫХ ИССЛЕДОВАННЫЙ (НА ПРИМЕРЕ ПАМБАК-СЕВАН-СЮНИКСКОГО АКТИВНОГО РАЗЛОМА)

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности:
24.01.01. Общая геология

Ереван – 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ երկրաբ. գիտ. դոկտոր Կարախանյան Ա.Ս.

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ երկրաբ.- հանք. գիտ. դոկտոր Նազարեթյան Ս.Ն., ՀՀ «ՍՊՀԾ»ՊՈԱԿ

ֆիզմաթ. գիտ. թեկնածու. Առաքելյան Ա.Ռ., ՀՍԵՖԱ

Առաջատար կազմակերպություն՝ ԵՊՀ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2016 թ. հունիսի 22-ին, ժամը 13:00 , ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում գործող թ. 054 «Երկրաբանություն» Մասնագիտական խորհրդում:

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

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 21.05.2016թ.

Թիվ 054 մասնագիտական խորհրդի գիտքարտուղար,
երկր.-հանք. գիտ. թեկնածու Շահինյան Հ.Վ.

Тема диссертации утверждена в Институте геологических наук НАН РА

Научный руководитель: доктор геол наук Караханян А.С.

Официальные оппоненты: доктор геол.-мин.наук Назаретян С.Н., ГНТО"СССЗ" РА

кандидат физ.-мат. наук Аракелян А.Р. ААСФЗ

Ведущая организация: ЕГУ

Защита диссертации состоится 22-ого июня 2016г., в 13:00, на заседании Специализированного совета 054 "Геология'' при Институте геологических наук НАН РА.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.

Автореферат разослан 21.05.2016г.

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

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության գնահատումը հնարավորություն է տալիս պատկերացում կազմել խզվածքի մերձմակերեսային և մակերեսային կառուցվածքի մասին: Ուսումնասիրելով ակտիվ խզվածքների կառուցվածքը պարզ է դառնում դրանց լայնությունը և երկրաչափությունը, որի օգնությամբ կարելի է մեծ ճշտությամբ կազմել տվյալ տեղամասի սեյսմոտեկտոնական մոդելը և մեծացնել սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատման ճշտությունը:

Այն ունի կարևոր նշանակություն բնակավայրերի անվտանգ կայուն զարգացման գործընթացում: Ակտիվ խզվածքները մեծ վտանգ են ներկայացնում շրջակա բնակավայրերի, պետական կարևոր նշանակություն ունեցող օբյեկտների, գյուղատնտեսական մշակաոողերի և այլնի համար:

Ուստի ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության գնահատումը ունի կարևոր գիտական և կիրառական նշանակություն:

Թեմայի արդիականությունը

ՀՀ տարածքը գտնվում է Արաբական և Եվրասիական սալերի կոլիզիայի՝ բախման գոտու կենտրոնական մասում, որտեղ և գտնվում է Փամբակ-Սևան-Սյունիքի բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ խզվածքը: Դրա ակտիվության մասին են վկայում բազմաթիվ երկրաբանական, երկրաձևաբանական, գեոդեզիական ու երկրաֆիզիկական տվյալներ, այդ թվում ուժեղ երկրաշարժեր: Հաշվի առնելով հանրապետության տարածքի սեյսմիկ վտանգի գնահատման ու քարտեզագրման կարևորությունը, որի թերագնահատման հետևանքով նաև օրինակ Սպիտակի 1988թ. երկրաշարժը ունեցավ շատ ծանր հետևանքներ, կարևոր նշանակություն է ստանում ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության գնահատումը, քանի որ սա շատ կարևոր պարամետր է սեյսմստեկտոնական հուսալի մոդելների կազմման ու սեյսմիկ գոտիների չափերի ու վտանգի մակարդակի գնահատման համար:

Այսպիսով խզվածքների գոտիների լայնության որոշումը ի վերջո էական նշանակություն ունի սեյսմիկ վտանգի տարբեր մակարդակների (միկրոշրջանացման, մանրամասն ու ընդհանուր սեյսմիկ շրջանացման), հետևաբար նաև սեյսմիկ ռիսկի գնահատման գործում:

ՀՀ տարածքում առաջին անգամ ակտիվ խզվածքների մակերեսային և մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերի հայտնաբերման և ուսումնասիրման աշխատանքներում կիրառվել է գեոռադարային հանույթ: Գեոռադարային հանույթը աշխարհում համարվում է նմանատիպ խնդիրների լուծման ընթացքում օգտագործվող ժամանակակից տեխնոլոգիա և արդյունավետ է նմանատիպ խնդիրների լուծման ժամանակ:

Աշխատանքի նպատակը և լուծված խնդիրները

Աշխատանքի նպատակն է երկրաբանական և գեոռադարային տվյալներով ուսումնասիրել և գնահատել ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը: Ուսումնասիրությունները իրականացվել են Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի

2050

առանձին սեգմենտներում՝ մասնավորապես Քարքարի, Սև լճի, Վանաձորի և Ֆիոլետովոյի տեղամասերում: Առանձնացված տեղամասերում ուսումնասիրվել են խզվածքի կառուցվածքը, մակերեսային պատռվածքները և դրանց առանձնահատկությունները: Հայտնաբերվել են նախկինում հայտնի խզվածքների նոր սեգմենտներ, որոնք հաստատել և լրացրել են տեղամասերի տեկտոնական կառուցվածքի մասին եղած փաստերն ու ենթադրությունները: Դաշտային դիտարկումների և համալիր ուսումնասիրությունների արդյունքում լուծվել են հետևյալ նպատակային խնդիրները.

Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձին սեգմենտների երկրաբանական և երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություն:

- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձին սեգմենտների տեկտոնական կառուցվածքի պարզաբանում:
- Ակտիվ խզվածքի առանձին սեգմենտների տեկտոնական կառուցվածքի վերաբերյալ առկա ենթադրությունների ճշգրտում և նոր տարրերի բացահայտում:
- Ակտիվ խզվածքների գոտում առկա մակերեսային և մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերում և ուսումնասիրում:
- Գեոռադարային հանույթի կիրառման արդյունավետության գնահատում ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնությունների որոշման նպատակով:
- Ուսումնասիրվող տեղամասերում տեկտոնական երկչափ կամ եռաչափ (2D կամ 3D) մոդելների կառուցում:
- Ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնությունների որոշում:

Պաշտպանության ներկայացված դրույթները

- Որոշված է Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը, որը տատանվում է մի քանի հարյուր մետրից մինչև 6000 մետր:
- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության չափերը պայմանավորված են ստրուկտուրային և գեոդինամիկական առանձնահատկություններով, որոնք առաջացնում են փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան:
- Հաստատված է, որ Քարքարի, Սև լճի և Ֆիոլետովոյի փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազանների և՛ մերձմակերեսային, և՛ խորքային խզվածքները կազմում են <<ծաղկի ստրուկտուրա>>:
- Որոշված է, որ Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Ֆիոլետովոյի և *Վանաձորի հատվածի լայնությունները, որոնք համապատասխանաբար* կազմում են մոտ 1000 և 6000 մետր, իսկ Քարքար և Սև լիճ տեղամասերի ակտիվ խզվածքի գոտու ընդհանուր լայնությունը կազմում է մոտ 5000 մետր:
- ՀՀ տարածքում առաջին անգամ ժամանակակից գեոռադարային երկչափ և *եռաչափ (2D և 3D) հանույթների կիրառումը արդյունավետ է մակերեսային և* մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերի հայտնաբերման և մանրամասն ուսումնասիրման աշխատանքներում:

Հետազոտությունների գիտական նորույթը

- ՀՀ տարածքում մակերեսային և մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերի հայտնաբերման և ուսումնասիրման նպատակով առաջին անգամ կիրառվել է գեոռադարային հանույթ:
- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի *Սև լիճ տեղամասի արևմտյան* հատվածում հայտնաբերվել է խզվածքային գոտու նոր սեգմենտ, պարզվել է արևելյան գլխավոր խզվածքի հյուսիսային ուղղությամբ տարածումը:
- *Ուսումնասիրված ակտիվ խզվածքի Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայի հարավ-*արևմտյան լանջին հայտնաբերվել է ակտիվ խզվածքի նոր սեգմենտ, որի առկայությունը հաստատել է դեպրեսիայի փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան *լինելու ենթադրությունը*
- Առաջին անգամ կազմվել են ուսումնասիրվող տեղամասերի երկչափ կամ եռաչափ (2D կամ 3D) կառուցվածքային տարրերի մոդելները:
- Համայիր տվյալների հիման վրա գնահատվել են ուսումնասիրվող տեղամասերում ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնությունները:

Ուսումնասիրության մեթոդները

Աշխատանքի իրականացման ընթացքում կիրառվել են երկրաբանական և գեոռադարային տվյալների համակարգված վերլուծություններ: Դրանք իրենց մեջ ներառում են դաշտային աշխատանքների կատարում Քարքարի, Սև լճի, Ֆիոլետովոյի և Վանաձորի տեղամասերում. գեոմորֆոլոգիական հանույթ, գեոռադարային 2D և 3D հանույթներ, ստացված տվյալների *ժամանակակից համակարգչային ծրագրերի* (Radan 6.5, AutoCAD, Surfer, CorelDRAW և այլն) կիրառմամբ երկրաբանաերկրաֆիզիկական մեկնաբանում՝ կտրվածքների և մոդելների կազմում:

Գործնական նշանակությունը

- Ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության գնահատման արդյունքները կարելի է կիրառել սեյսմոտեկտոնական մոդելի կազմման ժամանակ՝ մեծացնելով սեյսմիկ վտանգի գնահատման ճշտությունը, որը հնարավորություն կտա նվազեցնել սեյսմիկ ռիսկը:
- Այն ունի կարևոր նշանակություն բնակավայրերի տարածքների կայուն զարգացման գործընթացում, պետական կարևոր նշանակություն ունեցող օբյեկտների պլանավորման և կառուցապատման համար:
- Պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղիների տվյալներով հաստատվել է ակտիվ խզվածքների գոտու ուսումնասիրություններում գեոռադարի կիրառման արդյունավետությունը, որը հնարավորություն է տալիս հայտնաբերել և մանրամասն ուսումնասիրել մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերը:

Փորձահավաստիությունը և հրապարակումները

Աշխատանքի առանձին դրույթները զեկուցվել *են Գերմանիայի Դաշնային* Հանրապետության Կարլսռոյեի Տեխնոլոգիաների Ինստիտուտում (Սեպտեմբեր, 2015), Վրաստանի Իլիա Պետական Համալսարանի կողմից Աբասթումանում և Կազբեկում *կազմակերպված միջազգային խորհրդաժողովներում* (օգոստոս, 2015, մարտ, 2014), ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գեոարխեոլոգիայի և գեոմոնիթորինգի լաբորատորիայի գիտական սեմինարներում, ԵՊՀ աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետում և

կոնֆերանսներում՝ Հայ գրատպության 500-ամյակին և ԵՊՀ ՈՒԳԸ հիմնադրման 65-ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովում (Երևան, 2013), Երևանի Պետական Համալսարանի հիմնադրման 95-ամյակին նվիրված հոբելյանական գիտաժողովում (Երևան, 2015):

Հրատարակվել են թեմայի վերաբերյալ 3 գիտական հոդվածներ գրախոսվող ամսագրերում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացությունից և առաջարկություններից, գրականության ցանկից՝ 80 անուն գրականությամբ: Այն շարադրված է 116 էջերում, պարունակում է 97 նկար:

Աշխատանքի կատարման վայրը և շնորհակալությունները

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

Աշխատանքներին աջակցելու և դրանց ընթացքը խթանելու, ինչպես նաև բազմաթիվ խորհուրդների համար շնորհակալություն եմ հայտնում մ.գ.թ. Հ.Բաբայանին, ե.գ.թ. Ռ.Միրիջանյանին, ե.գ.թ. Ր.Դուրգարյանին, ե.գ.թ. Մ.Ավանեսյանին, Մ.Գևորգյանին, ե.գ.դ. Ա. Ավագյանին, Ս. Բաբայանին, Ս.Առաքելյանին, Գ.Ալավերդյանին:

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

Շնորհակալություն եմ հայտնում «Գեոռիսկ» ՓԲԸ-ի ողջ կոլեկտիվին, աշխատանքին օժանդակելու, ցուցաբերած օբյեկտիվ վերաբերմունքի և անհրաժեշտ օգնության համար:

ԳԼՈՒԽ 1. ՀԱՐՑԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՎԻՃԱԿԸ

1.1 ՀՀ նախկինում կատարված նմանատիպ աշխատանքները և միջազգային փորձը

Առաջին ենթագլուխում ներկայացված են նախկինում ՀՀ-ում ակտիվ խզվածքների հայտնաբերման և քարտեզագրման ուղղությամբ կատարված աշխատանքները, ինչպես նաև ժամանակակից մեթոդներով ակտիվ խզվածքների գոտու լայնության որոշման միջազգային փորձը: ՀՀ-ում իրականացվել են ակտիվ խզվածքների հայտնաբերման և քարտեզագրման բազմաթիվ ուսումնասիրություններ, որոնցից հատկանշական են Կ.Ն. Պաֆենհոլցի [1948], Ա.Ա. Գաբրիելյանի և ուրիշների [1956,1981], Ե.Ե. Միլանովսկու [1968],Վ.Գ. Տրիֆոնովի [1990], Ա.Ս. Կարախանյանի [1997,2004], Ս.Ն. Նազարեթյանի [1979,1987], Հ.Հ. Սարգիսյանի [1989], Է.Խ. Խարազյանի [2012] և ուրիշների աշխատանքները:

Վերջին շրջանի աշխատանքներում ավելի հստակեցվել են խզվածքները՝ առանձնացվել են նրանց բաղադրիչ մասերը: Այդպիսի ուսումնասիրություններ

իրականացվել են Ա.Ս. Կարախանյանի [2009,2011], Ա.Վ. Ավագյանի [2001], Ս.Ն. Նազարեթյանի [2015] և ուրիշների աշխատանքներում: Նրանց աշխատանքները ունեն կիրառական մեծ նշանակություն և ընկած են նոր հետազոտությունների հիմքում:

Ակտիվ խզվածքների մակերեսային և մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերի *հայտնաբերման և մանրամասն ուսումնասիրման նպատակով գեոռադարային* հանույթ են կիրառել Բոնսիոն և ուր. [2004], Լեհմանը և ուր. [1999,2000], Ռիչարդ Սիբսոնը [2003], Գրասմուեքը և Վիջիանոն [2007], Յանգ և Լորդը [2002] և այլոք:

ՀՀ-ում իրականցված աշխատանքներում, հիմնականում խզվածքների մանրամասն ուսումնասիրություններ և դրանց գոտու որոշմանն ուղղված աշխատանքներ չեն իրականացվել: Կարելի է նշել մեր կողմից Վեդիի վրաշարժի գոտում իրականացված ուսումնասիրությունը, որի միջոցով արդյունավետ լուծվել է ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության որոշման խնդիրը [2015]:

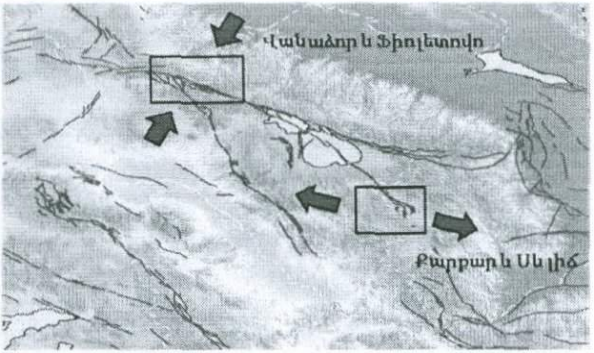
1.2 Գեոռադարային հանույթի մեթոդը

Այս ենթագլխում բացատրվում է գեոռադարի աշխատանքի ֆիզիկական սկզբունքը, այնուհետև ներկայացվում է գեոռադարային հանույթի մեթոդիկան և ուսումնասիրությունների հնարավոր տիրույթը: Հանույթի ուսումնասիրման *խորությունը* կախված է կիրառվող ալեհավաքի հաճախականությունից: Մեր աշխատանքների ընթացքում կիրառվել են 100MHz, 200MHz և 400MHz հզորություն ունեցող ալեհավաքներ, որոնք հնարավորություն են տալիս ուսումնասիրել համապատասխանաբար երկրակեղևի մինչև 30, 10 և 5 մետր խորությունները: Գեոռադարային հանույթի արդյունքում ստացվում են ռադարագրամմաներ, որոնք Radan 6.5 ծրագրային փաթեթով ենթարկվում են մշակման:

1.3 Ուսումնասիրվող տեղամասեր

Տվյալ բաժնում ներկայացված է ՀՀ-ի տարածքում գտնվող սեյսմածին Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքը, որի առանձնացված սեգմենտներում՝ Քարքար, Սև լիճ, Ֆիոլետովոյի և Վանաձորի տեղամասերում իրականացվել են մեր ուսումնասիրությունները (նկ. 1.), որոնց նպատակն է ակտիվ խզվածքային գոտիների մանրամասն ուսումնասիրությունը հետևյալ խնդիրների լուծման համար.

- Երկրաբանական և երկրաֆիզիկական մեթոդներով ուսումնասիրել Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի մակերեսային և մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերը:
- Կազմել ակտիվ խզվածքի եռաչափ կամ երկչափ մոդելը (3D կամ 2D modeling):
- Որոշել Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը:



Նկար 1. ՀՀ-ում ակտիվ խզվածքները (կարմիրով) և ուսումնասիրված Քարքար, Սև լիճ, Ֆիոլետովոյի և Վանաձորի տեղամասերը (սևով), սլաքները ցույց են տալիս տարածաշրջանային սեղմման և ընդարձակման ուժերի ուղղությունը:

ԳԼՈՒԽ 2. ՓԱՄԲԱԿ-ՍԵՎԱՆ-ՍՅՈՒՆԻՔ ԱԿՏԻՎ ԽԶՎԱԾՔԻ ՔԱՐՔԱՐ ՏԵՂԱՄԱՍ

2.1. Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերի ուսումնասիրվածությունն ու առանձնահատկությունները

Ներկայացված է *Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձնացված Քարքար* տեղամասը (նկ. 1.): Անդրադարձ է արվում նախկինում տեղամասում իրականացված աշխատանքներին: Ռելիեֆի պայմաններից ելնելով ուսումնասիրվող տեղամասը բաժանվել է երկու մասի: Քարքար տեղամասի ուսումնասիրությունների ընթացքում կիրառվել են գեոռադարային 2D և 3D հանույթներ, որոնց տվյալները հաստատվել են պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղիների կիրառմամբ:

2.2. Քարքար տեղամասի ակտիվ խզվածքների գոտու գնահատումը գեոռադարային հետազոտություններով

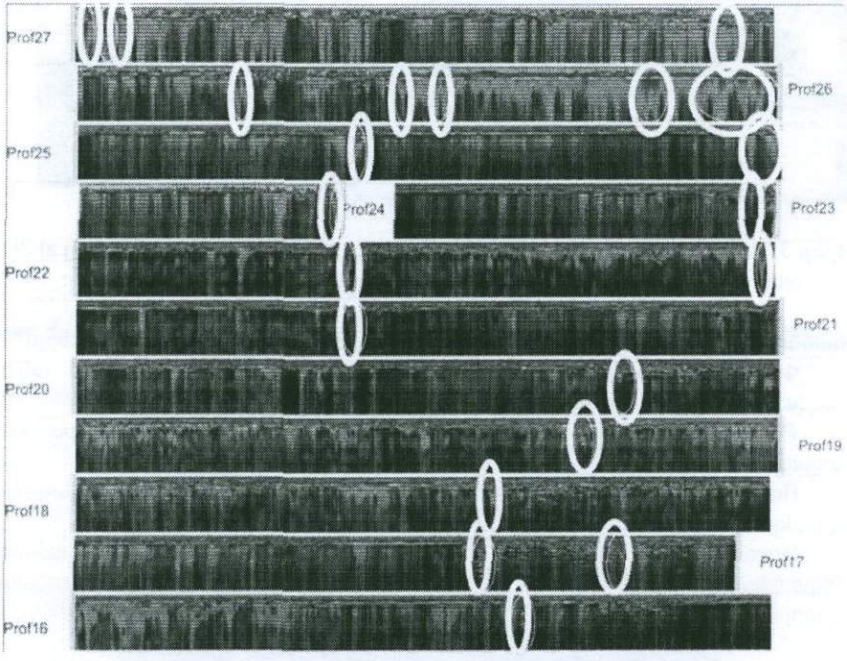
Առաջին տեղամաս.

Առաջին տեղամասում իրականացված 2D հանույթի արդյունքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են մերձմակերեսային ստրուկտուրաները: Հանույթի պրոֆիլներում առկա անոմալիաները հիմնականում նույնատիպ են: Գեոռադարային 2D հանույթի տվյալների հիման վրա կազմվել է անոմալիաների գրաֆիկ: Պրոֆիլների անոմալիաների գրաֆիկում առանձնացված խզվածքային գոտիներում իրականացվել է գեոռադարային 3D հանույթ, որի արդյունքները ամբողջությամբ հաստատել են գեոռադարային 2D հանույթի տվյալները:

Երկրորդ տեղամաս

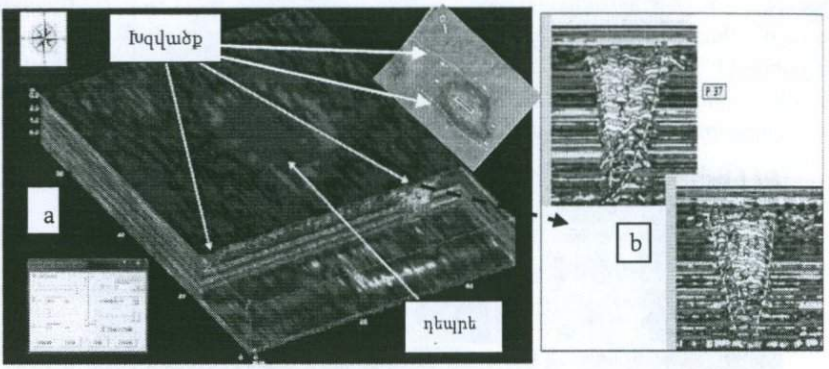
Երկրորդ տեղամասում գեոռադարային 2D հանույթը հնարավորություն տվեց մինչև 30 մետր խորություններում մանրամասն ուսումնասիրություններ իրականացնել, որի *արդյունքում հայտնաբերվեցին մի շարք մերձմակերեսային տեկտոնական տարրեր:* Ստացված արդյունքներով երկրորդ տեղամասի համար կազմվել է ռադարագրամմաների անոմալիաների գրաֆիկ (նկ. 2.), որի վրա առանձնացված

խզվածքային գոտիների տեղամասում առկա է բնական դեպրեսիա: Բնական դեպրեսիայի հատվածում իրականացված գեոռադարային 3D հանույթը հնարավորություն տվեց ուսումնասիրել մինչև 10 մետր խորության տեկտոնական տարրերը և կազմել դրանց եռաչափ պատկերները (նկ.3.), ինչպես նաև պարզել առկա բնական դեպրեսիայի տեկտոնական ծագման մասին եղած ենթադրությունը:



Նկար 2. երկրորդ տեղամասի գեոռադարային 2D հանույթի պրոֆիլների անոմալիաների գրաֆիկ (անոմալիաները նշված են օղակաձև):

Այս ռադարագրամմայի երկրաբանաերկրաֆիզիկական մեկնաբանման արդյունքում առանձնացվում են երկու գրեթե միմյանց զուգահեռ խզվածքներ: Այս խզվածքների առկայությունը ամբողջովին բացատրում է տվյալ տեղամասի մորֆոլոգիան:
Նկար 3-ի a մասում պատկերված է ռադարագրամմայի մեկնաբանումը՝ նրանում առկա խզվածքները և դեպրեսիան: Նույն պատկերում ստացված երկրաֆիզիկական անոմալիաները պրոյեկտվում են մորֆոլոգիայի վրա, արդյունքում հստակ երևում է դեպրեսիան և դրա եզրերի խզվածքները: Նկար 3-ի b մասում ռադարագրամմայի խզվածքների մանրամասն տեսքն է և բացատրությունը: Պատկերից հստակ երևում է, որ տեկտոնական տարրերը կազմում են ծաղկային ստրուկտուրա: Գեոռադարային 3D և 2D հանույթների տվյալների համադրմամբ ապացուցվեց, որ բնական դեպրեսիան ունի տեկտոնական ծագում ու կազմում է փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան:



Նկար 3. Երկրորդ տեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մեկնաբանումը a) 3D հանույթի մշակումը b) 3D և 2D հանույթների տվյալների համադրումը:

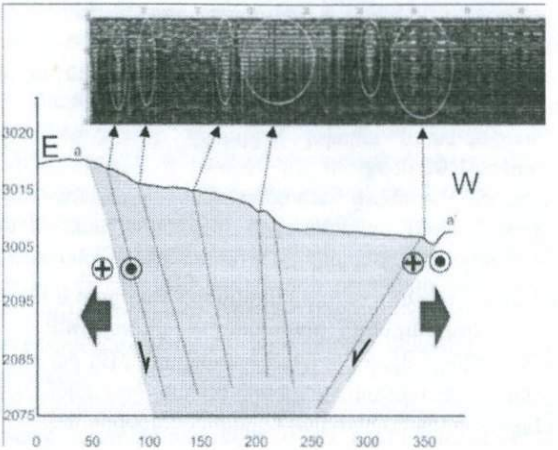
ՈՒսումնասիրությունների արդյունքում ստացվել են հետևյալ եզրակացությունները.

- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Քարքար տեղամասում ակտիվ խզվածքները ունեն ծաղկային ստրուկտուրաներ:
- Քարքարի երկրորդ տեղամասի դեպրեսիան փոքր փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան է, որի համար կազմվել է եռաչափ մոդել:
- Ուսումնասիրված Քարքար տեղամասի ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը կազմում է մոտավորապես 800 մետր:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ (2D և 3D) հանույթների համատեղ կիրառմամբ պարզաբանված է մակերեսային և մերձմակերեսային տեկտոնական տարրերի բնութագրերը:

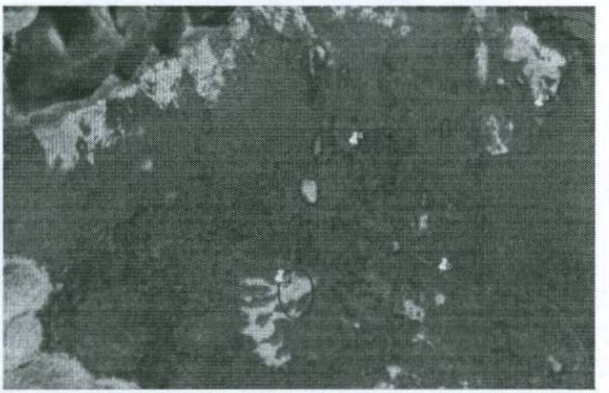
ԳԼՈՒԽ 3. ՓԱՄԲԱԿ-ՍԵՎԱՆ-ՍՅՈՒՆԻՔ ԱԿՏԻՎ ԽԶՎԱԾՔԻ ՍԼ ԼՃԻ ՏԵՂԱՄԱՍ

3.1. Տեղամասի ընդհանուր բնութագիրը և կատարված ուսումնասիրությունները

Ուսումնասիրված է Փամբակ –Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձնացված Սև լիճ տեղամասը (նկ. 1.): Այդ ուսումնասիրությունների ընթացքում իրականացվել են գեոմորֆոլոգիական և գեոռադարային՝ մինչև 10 և 30 մետր թափանցելիություն ունեցող ալեհավաքներով, 2D հանույթներ: Գեոռադարային հանույթների տվյալները ենթարկվել են մշակման և համադրվել են գեոմորֆոլոգիական պրոֆիլների հետ (նկ. 4.): Գեոմորֆոլոգիական պրոֆիլների վրա հայտնաբերվել են բնական դեպրեսիաներ, որոնք նկատվել են ամբողջ ուսումնասիրված տեղամասում: Դեպրեսիաները մանրամասն ուսումնասիրվել են և քարտեզագրվել (նկ. 5.):



Նկար 4. aa' գեոմորֆոլոգիական պրոֆիլի խախտումները և գեոռադարային հանույթի անոմալիաները:



Նկար 5. Դաշտային աշխատանքների ընթացքում հայտնաբերված դեպրեսիաների (կարմիրով) տեղադիրքը:

Ռադարագրամմայի վրա հայտնաբերված անոմալիաները համապատասխանում են գեոմորֆոլոգիական aa' պրոֆիլում առկա խզվածքների հետ (նկ. 4.): Խզվածքները իրենց անկման անկյուններով շարունակվել են և կազմվել է դրանց հնարավոր խորքային կտրվածքը:

Համալիր ուսումնասիրությունների տվյալների արդյունքում հանգել ենք հետևյալ եզրակացություններին.

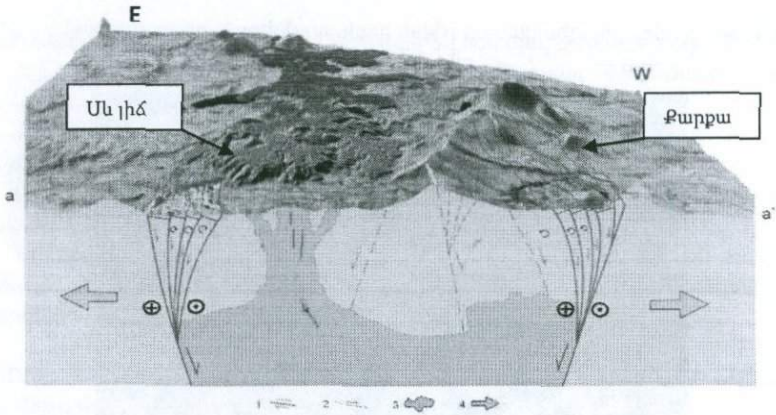
- Որոշվել է, որ Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Սև լիճ տեղամասի արևելյան հատվածում խզվածքի գլխավոր պատռվածքը հյուսիսային

ուղղությամբ շարունակվում է մինչև հրաբխային ապարներ և ծածկվում է դրանցով:

- Սև լիճ տեղամասում հայտնաբերվել և չափագրվել են ակտիվ տեկտոնական ծագման դեպրեսիաներ:
- Սև լիճ տեղամասում ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը կազմում է մոտավորապես 1100 մետր
- Գեոռադարային հանույթը արդյունավետ է նմանատիպ տեղամասերում ակտիվ խզվածքների սեգմենտների հայտնաբերման և այդ սեգմենտների ներքին կառուցվածքի մանրակրկիտ ուսումնասիրման համար:

3.3. Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Քարքար և Սև լիճ տեղամասերի արդյունքների համատեղ վերլուծություն

Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի *Քարքար և Սև լիճ տեղամասերի համար* նախկինում և մեր կատարած աշխատանքների հիման վրա կազմվել է միասնական 3D մոդել, որի արդյունքում արվել են հետևյալ եզրահանգումները (նկ. 6.).



Նկար 6. Փամբակ-Սևան –Սյունիք ակտիվ խզվածքի Քարքար և Սև լիճ տեղամասերի 3D տեկտոնական մոդել 1. Ակտիվ խզվածքներ 2.ենթադրյալ ակտիվ խզվածքներ 3.մագմատիկ օջախ 4.տարածաշրջանային ընդարձակման ուղղությունը:

- Քարքար և Սև լիճ տեղամասերից յուրաքանչյուրը կազմում է ծաղկային ստրուկտուրա, որոնք միասին կազմում են մեծ փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան:
- հայտնաբերված ծաղկային ստրուկտուրաները առկա են խզվածքների *մերձմակերեսային հատվածներում*:
- Քարքար և Սև լիճ տեղամասերի ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը կազմում է մոտ 5000 մետր և պայմանավորված է տարածաշրջանային ընդարձակման ուժերի, ինչպես նաև փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազանի առկայությամբ:

ԳԼՈՒԽ 4. ՓԱՄԲԱԿ-ՍԵՎԱՆ-ՍՅՈՒՆԻՔ ԱԿՏԻՎ ԽԶՎԱԾՔԻ ՖԻՈԼԵՏՈՎՈ-ՎԱՆԱՁՈՐ ՍԵԳՄԵՆՏԻ ԼԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ և ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐՈՎ

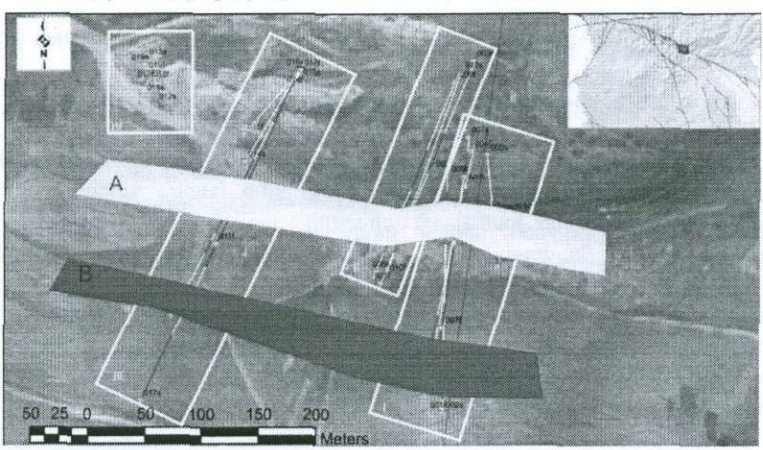
4.1 Ֆիոլետովո-Վանաձոր սեգմենտի ընդհանուր բնութագիրը

Այս գլխում ներկայացված են Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձնացված Ֆիոլետովոյի և Վանաձորի դեպրեսիաները (նկ. 1.): Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայում ուսումնասիրությունների ընթացքում իրականացվել են գեոռադարային 2D 5, 10 և 30 մետր խորությամբ հանույթներ, որոնց տվյալները համընկել են նախկինում փորված պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղիների տվյալների հետ: Վանաձորի դեպրեսիայի 1:10 000 մասշտաբի քարտեզը թվայնացվել է և կազմվել է բարձրությունների թվային մոդել (DEM): Բարձրությունների թվային մոդելի և կոսմիկական նկարների վերլուծության արդյունքում կազմվել է խզումների խորքային կառուցվածքի կտրվածքը:

4.2. Ֆիոլետովոյի տեղամասում կատարված ուսումնասիրությունները

Ֆիոլետովոյի դեպրեսիան ունի *10 կմ* երկարություն և *1,5 կմ* լայնություն: Ուսումնասիրվող տեղամասը ներկայացված է էոցենի, ուշ պլեյստոցենի, վաղ և միջին հոլոցենի, ուշ հոլոցենի, ուշ չորորդական սառցադաշտային և չորրորդական ապարներով:

4.3. Ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության որոշումը գեոռադարային հետազոտության տվյալներով



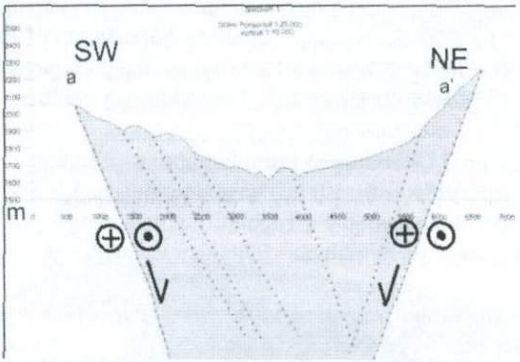
Նկար 7. Փաստացի նյութերի սխեմա, որի վրա տեղադրված են: A) նշված է նախկինում կատարված և մեր աշխատանքի համընկած տվյալներով առանձնացրած խզվածքային գոտին (Տրիֆոնով և ուր., 1990, Ֆիլիպ և ուր., 2001): B) հայտնաբերված խզվածքային գոտու տեղադիրքը:

Գեոռադարային հանույթի արդյունքներով Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայի հարավային լանջին հայտնաբերվել է խզվածքի նոր սեգմենտ (նկ. 7.), որով հաստատվում է, որ այն

փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան է: Ստացված բոլոր տվյալները տեղադրվել են փաստացի նյութերի քարտեզի վրա (նկ. 7.):

4.4. Վանաձորի տեղամասում իրականացված աշխատանքներ

Վանաձորի դեպրեսիայի բարձրությունների թվային մոդելի և կոսմիկական նկարների *վերլուծության արդյունքում կազմվել է խզումների մակերեսների խորքային* կառուցվածքի կտրվածքը, որի արդյունքում հնարավոր է դարձել Վանաձորի դեպրեսիայում գնահատել ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը (նկ. 8.):



Նկար 8. *Վանաձորի դեպրեսիայի 1:10.000 aa' պրոֆիլը և դրա մեկնաբանությունը:*

Այս գլխում կատարված են հետևյալ եզրահանգումները.

- Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայի ուսումնասիրված տեղամասի հարավային հատվածում հայտնաբերվել է խզվածք, որն ունի ծաղկի ստրուկտուրա և կազմում է փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան:
- Գնահատված է Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Ֆիոլետովոյի *հատվածի լայնությունը, որը կազմում է մոտ 1կմ:*
- Վանաձորի դեպրեսիան փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազան է, որտեղ ակտիվ խզվածքային գոտու լայնությունը կազմում է մոտավորապես 6000 մետր:
- Գեոռադարային 2D հանույթը հնարավորություն է ընձեռում երկրաբանական ստրուկտուրաների մանրամասն ուսումնասիրության:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Աշխատանքի ուսումնասիրությունների և գիտական արդյունքների ընդհանրացման հիման վրա արվում են հետևյալ եզրակացություններն ու առաջարկությունները.

Եզրակացություններ

- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի առանձնացված տեղամասերում առկա ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության գնահատման ուսումնասիրություններն իրականացվել են երկրաբանական և երկրաֆիզիկական դաշտային աշխատանքների համալիրով: Ստացված տվյալները համեմատվել և հաստատվել են գեոմորֆոլոգիական պրոֆիլներով արտահայտված ռելիեֆի անհարթություններով: Տեղամասերում գեոռադարային հանույթի միջոցով առանձնացվել են մերձմակերեսային խզվածքներ, որոնք մերկացել են պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղիներում:
- Ուսումնասիրված տեղամասերում առանձնացվել են մերձմակերեսային և խորքային ակտիվ տեկտոնիկայի տարրեր, որոնք կազմում են ծաղկային ստրուկտուրաներ փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազանների տեսքով: Դրանց ներքին կառուցվածքները, կախված տարածաշրջանային ընդարձակման կամ սեղմման ուժերի ազդեցությունից, ակտիվ խզվածքի ուղղությունից, ակտիվ խզվածքը շրջափակող ապարներից և այլ հանգամանքներից, տարբեր են. Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայում նկատվում են օվալաձև բարձրացումներ, իսկ Քարքարում և Սև լճում՝ օվալաձև դեպրեսիաներ:
- Կատարված ուսումնասիրությունների տվյալների հիման վրա կազմվել են եռաչափ տեկտոնական մոդելներ, որոնք ներառում են մերձմակերեսային և խորքային կառուցվածքային տարրեր:
- Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի գոտու լայնությունը տատանվում է մի քանի հարյուր մետրից մինչև 6 կիլոմետր, որի չափերը պայմանավորված են տեղամասի կառուցվածքային և գեոդինամիկական առանձնահատկություններով ու առաջացրած փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազաններով:
- Հայտնաբերված փուլ-ապարտ (pull-apart) ավազանների և՛ մերձմակերեսային, և՛ խորքային խզումները կազմում են ծաղկի ստրուկտուրա:

Առաջարկություններ

- ՀՀ. տարածքի ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության որոշման համար մեր կողմից մշակված ուսումնասիրությունների փորձը կարելի կիրառել այլ տարածաշրջաններում նմանատիպ հետազոտությունների համար:
- Սեյսմոտեկտոնական մոդելների կառուցման աշխատանքներում կիրառել ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության մանրամասն ուսումնասիրումը և գնահատումը: Այն հնարավորություն կտա մեծացնել սեյսմոտեկտոնական մոդելի, սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատման ճշտությունը:

- Բնակավայրերի տարածքների, պետական կարևոր նշանակություն ունեցող օբյեկտների կայուն զարգացման գործընթացում հաշվի առնել ակտիվ խզվածքների գոտիների լայնության մանրամասն ուսումնասիրումը և գնահատումը:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրված են հետևյալ գիտական հոդվածներում

1. **Հ. Իգիթյան,** Մ. Գևորգյան, Ռ. Դուրգարյան, Հ. Բաբայան "Ակտիվ խզվածքների գոտում մերձմակերեսային ճեղքվածքների հայտնաբերումը գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ (ՍՅՈՒՆԻՔ, ՀԱՅԱՍՏԱՆ)" ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N2, 2015, էջ 61-70:
2. Մ.Ռ. Գևորգյան, **Հ.Ա. Իգիթյան**, Է.Է.Սահակյան, Հ.Ե. Բաբայան "Ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության որոշումը երկրաբանա-գեոռադարային ուսումնասիրությունների արդյունքում (Ֆիոլետովոյի դեպրեսիայի օրինակով, Հայաստան)"Գիտություններ Երկրի մասին, N3, 2015, էջ 82-89:
3. **Հ. Իգիթյան,** «Ակտիվ խզվածքի լայնության գոտու գնահատումը Վեդիի վրաշարժի օրինակով» ԵՊՀ, հրատարակչություն, բնական գիտություններ, N1.2(5), 2015, էջ 63-67:

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Армения находится в центральной части зоны Аравийской коллизии, где находится также активный сейсмогенный разлом Армении - Памбак-Севан-Сюникский разлом. Об его активности свидетельствуют многочисленные землетрясения, в том числе известное Спитакское землетрясение 1988 года. Учитывая высокий уровень сейсмической опасности в РА, а также обусловленный этим сейсмический риск, оценка ширины зон воздействия активных разломов приобретает важное значение. Последнее дает возможность составить представление о близповерхностных и поверхностных структурах разлома. При изучении этих структур становятся ясными ширина активного разлома и его геометрия, с помощью чего можно с большой точностью составить сейсмотектоническую модель данного участка, повысить точность оценки сейсмической опасности и снизить сейсмический риск.

Цель работы и решенные задачи

Целью работы является использование геологических и геофизических методов для изучения ширины зоны воздействия активного разлома и оценки методики ее определения, что было проделано на отдельных сегментах Памбак-Севан-Сюникского активного разлома, в частности на участках Каркар и Севлич, а также в депрессиях Ванадзора и Фиолетово. На выделенных участках были изучены структура разлома, поверхностные разрывы и их особенности. Были выявлены новые сегменты ранее известных разломов, которые подтвердили и дополнили имеющиеся факты и предположения касательно тектонического строения участков. Были подробно изучены поверхностные и близповерхностные структуры разломов. Были осуществлены следующие целевые исследования:

- Геологическое и геофизическое исследование отдельных сегментов Памбак-Севан-Сюникского активного разлома;
- Проверка имеющихся предположений о тектоническом строении отдельных сегментов активного разлома;
- Выявление и изучение поверхностных и близповерхностных структур имеющихся в зоне активных разломов;
- Эффективность применения георадарной с'емки в работах по оценке ширины зон активных разломов;
- Построение двухмерных или трехмерных тектонических моделей исследованных участков;
- Определение ширины зоны воздействия активных разломов.

Научная новизна исследований

1. Была выявлена трехмерная картина приповерхностных структур на юго-восточном Каркарском участке активного Памбак-Севан-Сюникского разлома;
2. На западном отрезке исследованного юго-восточного участка Севлич активного Памбак-Севан-Сюникского разлома выявлен новый сегмент разломной зоны, выяснено простирание главного восточного разлома в северном направлении;

2050

3. На южном склоне депрессии Фиолетово исследованного активного разлома выявлен новый сегмент активного разлома, наличие которого подтвердило предположение о том. что депрессия является бассейном типа "пул-апарт";
4. Были построены двухмерные и трехмерные структурные модели исследованных участков;
5. Были оценены величины ширины зон воздействия активных разломов на исследованных участках.

Практичское значение

Посредством оценки ширины зон воздействия активных разломов можно с большой точностью составить сейсмотектоническую модель данного участка и повысить точность оценки сейсмической опасности, тем самым снижая сейсмический риск.

Это имеет важное значение для безопасного расширения территорий населенных пунктов, обектов важного государственного значения, возделываемых сельскохозяйственных земель и др.

Защищаемые положения

- Определена ширина зоны воздействия активного Памбак-Севан-Сюникского разлома, которая варьирует от нескольких сот метров до 6 километров.
- Размеры ширины зоны воздействия активного Памбак-Севан-Сюникского разлома обусловлены структурными и геодинамическими особенностями, которые образуют бассейн типа "пул-апарт";
- Подтвержденные бассейны типа "пул-апарт", а также близповерхностные и глубинные разломы образуют "цветковую" структуру.
- Ширина активного Памбак-Севан-Сюникского разлома на отрезках Фиолетово и Ванадзор составляет около 1000 и 6000 м, соответственно, а общая ширина зоны разлома на участках Каркар и Севлич составляет около 5000 м.
- В Армении первое применение современной двухмерной и трехмерной (2D и 3D) георадарной с'емки оказалось эффективно в работах по выявлению и детальному изучению поверхностных и близповерхностных тектонических элементов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основе обобщения исследований и результатов работы сделаны следующие выводы и рекомендации.

1. Исследования по оценке ширины зон воздействия активных разломов, имеющихся на выделенных участках активного Памбак-Севан-Сюникского разлома, осуществлены посредством полевых геологических и геофизических работ. Полученные данные были сопоставлены и подтверждены также неровностями рельефа, выраженными на геоморфологических профилях. На первом участке георадарная с'емка выделила приповерхностные разломы, которые были вскрыты в палеосейсмологической траншее.

2. На исследованных участках были выделены близповерхностные и глубинные элементы активной тектоники, которые образуют "цветковые" структуры в виде бассейнов типа "пул-апарт". Их внутреннее строение различно и зависит от воздействий региональных сил расширения или сжатия, направления активного разлома, пород, окружающих активный разлом, и других обстоятельств. В депрессии Фиолетово наблюдаются оваловидные поднятия, а на участках Каркар и Севлич – оваловидные понижения.
3. На основе данных выполненных исследований составлены 3D тектонические модели, которые включают в себя близповерхностные и глубинные структурные элементы.
4. Ширина зоны активного Памбак-Севан-Сюникского разлома варьирует от нескольких сот метров до 6 километров, и ее размер обусловлен структурными и геодинамическими особенностями участков и образованными бассейнами типа "пул-апарт".
5. Выявленные разрывы бассейнов "пул-апарт", а также близповерхностные и глубинные разрывы образуют "цветковую" структуру.

INTRODUCTION

Currency of the Study

Armenia is situated in the central part of the Arabian collision and accommodates the seismogenic Pambak-Sevan-Sunik Fault, the most active fault in the country. Many earthquakes attest to the activity of this fault, including the 1988 Spitak earthquake. Considering the high rate of seismic hazard in the RA, as well as the high seismic risk it has determined, assessment of the width of active fault impact zones attains great importance. Such an assessment enables understanding surface and near-subsurface structures of the fault. Studying these structures, it is possible to clarify the width and the geometry of the active fault, develop highly accurate seismotectonic model of the considered site, upgrade the accuracy of seismic hazard assessment, and reduce seismic risk.

The Goal of the Study and the Tasks Resolved

The goal of the study was to apply geological and geophysical methods to study and evaluate the technique of assessment of the width of active fault impact zone. The task was realized within individual segments of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault, in particular, within the sites of Karkar and Sev-Lich in Syunik, as well as in the depressions of Vanadzor and Fioletovo. The structure of the fault, surface ruptures and their features were studied at individual sites. New segments of faults known earlier were identified, which supported and supplemented the facts and assumptions made concerning the tectonic structure of the sites. The surface and near-subsurface structures of the faults were investigated in detail. The following targeted studies were realized:

- Geological and geophysical study of individual segments of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault;
- Verification of the current assumptions on the tectonic structure of individual segments of the active fault;
- Identification and study of surface and near-subsurface structures in the active fault zone;
- Efficiency of geo-radar surveys in the activities aimed at evaluation of the width of active fault zones;
- Development of 2D or 3D models of the studied sites;
- Estimation of the width of active fault impact zone.

Scientific Novelty of the Studies

- The 3D pattern of near-subsurface structures was identified at the southeastern Karkar Site of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault;
- A new segment of the fault zone was revealed at the western section of the studied southeastern Sev-Lich Site of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault; northward extension of the main eastern fault was identified;
- A new active fault segment was revealed on the southern slope of the Fioletovo depression of the studied active fault; the presence of the segment confirmed the assumed "pull-apart" nature of the depression;
- 2D and 3D structural models of the studied sites were plotted;
- The width of active fault impact zones was estimated for the considered sites.

Practical Importance

By evaluating the width of active fault impact zones it is possible to produce a highly-precise seismotectonic model of the considered site and improve accuracy of seismic hazard assessment, thus reducing the seismic risk.

This is of great importance for safe extensive development of settlement areas, important national-rank facilities, agricultural cultivated lands and other.

Statements Presented to Defense

- The width of the impact zone of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault is estimated in the range from a few hundreds of meters to up to 6 kilometers;
- The dimensions of width of the active Pambak-Sevan-Syunik fault impact zone are determined by the structural and geodynamic features producing the *pull-apart*-type basin;
- The confirmed *pull-apart*-type basins, and both the near-subsurface and deep faults, have developed a "flower"-type structure;
- The widths of the Fioletovo and Vanadzor sections of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault correspond to about 1000 and 6000 m, respectively, and the general width of the active faults zone at the Karkar and Sev-Lich sites is about 5000 m.
- In Armenia, the first application of the advanced two-dimensional and three-dimensional (2D and 3D) geo-radar surveys has appeared effective in the activities aimed at identifying and studying in detail the surface and near-subsurface tectonic elements.

GENERAL CONCLUSIONS

The following conclusions and recommendations are formulated based on the summary of surveys realized for the Study and of its results:

- The investigations aimed at estimating the width of impact zones of the active faults present within the selected sites of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault were realized through a complex of field geological and geophysical works. The collected data were correlated and confirmed also by the irregularities of relief manifested along geo-morphological profiles. Near-subsurface faults were identified by the geo-radar survey at the first site and then exposed by the paleoseismological trench.
- Near-subsurface and deep elements of active tectonics were identified within the studied sites: they developed "flower"-shaped structures in the form of *pull-apart* basins. Their inner structures can be different and depend on the regional extension or compression force effects, active fault direction, rocks encompassing the active fault, and other factors; thus, oval-shaped uplifts and oval-shaped depressions are observed in the Fioletovo depression, and within the Karkar and Sev-Lich areas, respectively;

- Based on the data of the completed studies, 3D tectonic models were developed, which included both the near-subsurface and deep structural elements;
- The width of the zone of the active Pambak-Sevan-Syunik Fault varies in the range from a few hundred meters up to 6 kilometers, the dimensions that are determined by the structural and geodynamic features of the site, and by the developed "pull-apart"-type basins;
- The identified near-subsurface and deep ruptures in the *pull-apart* basins shape a "flower"-type structure.

2050