

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

ISSN 0515-961X

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES



3/2022

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

ISSN 0515-961X

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES

3/2022

ԵՐԵՎԱՆ. ЕРЕВАН. YEREVAN

2022

Հանդեսը հիմնադրվել է 1948 թվականին, լույս է տեսնում տարին երեք անգամ
հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն լեզուներով

Գլխավոր խմբագիր՝
Ռ.Լ.ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

Խմբագրական կոլեգիա՝
**Ա.Հ.ԱՂԻՆՅԱՆ, Ա.Վ.ԱՎԱԳՅԱՆ (գլխ.խմբ.տեղակալ), Ա.Ա.ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ,
Հ.Ռ.ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, Գ.Ա.ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆՑ, Ղ.Լ.ԳԱԼՈՅԱՆ, Շ.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ,
Տ.ԴԱՆԵԼԻԱՆ (Ֆրանսիա), Լ.Զ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ,
Է.Ե.ԽԱՉԻՅԱՆ, Զ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ռ.Ս.ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ
(պատասխանատու քարտուղար), Ս.Ն.ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Ռ.Տ.ՋՐԲԱՇՅԱՆ,
Ս.Ա.ՓԱԼԱՆՅԱՆ (Ռուսաստան)**

Главный редактор
Р.Л.МЕЛКОНЯН

Редакционная коллегия
**А.В.АВАКЯН (зам.глав.ред.), А.О.АГИНЯН, А.А.АРАКЕЛЯН, А.Р.БАГДАСАРЯН,
Г.А.ГАБРИЭЛЯНЦ, К.Л.ГАЛОЯН, Ш.А.ГЮЛНАЗАРЯН, Т.ДАНЕЛИАН (Франция),
Р.Т.ДЖРБАШЯН, Дж. К. КАРАПЕТЯН, Х.Б.МЕЛИКСЕТАН, Р.С.МОВСЕСЯН
(ответ.секретарь), С.Н.НАЗАРЕТЯН, Л.З.ОГАНЕСЯН, С.М.ОГАНЕСЯН,
С.А.ПАЛАНДЖЯН (Россия), Э.Е.ХАЧИАН**

Editor in Chief
R.L.MELKONYAN

Editorial Board
**A.H.AGHINYAN, A.V.AVAGYAN (Deputy Editor in Chief), A.A.ARAKELYAN,
H.R.BAGHDASARYAN, T.DANELIAN (France), G.A.GABRIELYANTS, G.L.GALOYAN,
SH.A.GULNAZARYAN, L.Z.HOVHANNISYAN, S.M.HOVHANNISYAN, R.T.JRBASHYAN,
Dj. K. KARAPETYAN, E.Y.KHACHIYAN, KH.B.MELIKSETYAN, R.S.MOVSESYAN
(Executive Secretary), S.N.NAZARETYAN, S.A.PALANJYAN (Russia)**

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան-19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24ա
Адрес редакции: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а
Editorial address: 24a, Marshal Baghramyan ave., Yerevan, 0019, Republic of Armenia

E-mail: geoscience @ geology. am
© Издательство “Гитутюн” НАН РА
Типография НАН РА
Известия НАН РА, Науки о Земле, 2022

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՕԳՏԱԿԱՐ ՀԱՆԱԾՈՆԵՐ

Թամրազյան Ա.Ա. Պղնձի ռենտգենառադիոլուցական անալիզը նմուշում մկնդեղի առկայության դեպքում	5
--	---

ԵՐԿՐԱՏՖԻԶԻԿԱ

Մաթևոսյան Ա.Գ. Երկրակեղտրասկանավորում օգտագործելով մոտակա երկնային կայծակները	12
Սարգսյան Լ., Սահակյան Է., Լևոնյան Ա., Դեմիրճյան Հ., Թողրամաջյան Ն., Գևորգյան Մ., Բայրակչության Ս. Տեղեկատվություն 2021 թ. Երևանի երկրաշարժը (ml=4.9) երեվանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական համատեքստում	28

ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆ

Խոմիզուրի Գ.Պ. Բռնաճնշումներ ընդդեմ հայ երկրաբանների եվ հանքագործների ԽՍՀՄ-ում	42
ԳԻՏԱԿԱՆ ԽՐՈՆԻԿԱ	57

ՀԻՇԱՐԺԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

Ստեփանյան Հովհաննես Ստեփանի (ծննդյան 120-ամյակին)	60
Աղամալյան Վիլեն Արշավիրի (ծննդյան 85-ամյակին)	63

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тамразян А.А. Рентгенорадиометрический анализ меди при присутствии мышьяка в пробе	5
---	---

ГЕОФИЗИКА

Матевосян А.К. Геоэлектросканирование с использованием ближних наземных молний	12
Саргсян Л., Саакян Э., Левонян А., Демирчян О., Тограмаджян Н., Геворгян М., Байрактутан С. Недавнее ереванское землетрясение 2021 года (ml=4.9) в сейсмотектоническом контексте ереванского разлома	28

ИСТОРИЯ

Хомизури Г.П. Репрессии против армянских геологов и горняков в СССР	42
НАУЧНАЯ ХРОНИКА	57

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ	
Степанян Оганнес Степанович (к 120-летию со дня рождения)	60
Агамалян Вилен Аршавирович (к 85-летию со дня рождения)	63

TABLE OF CONTENT

ORE MINERALS	
Tamrazyan A.A. Radioisotope x-ray analysis (rxra) of copper in the presence of arsenic in the sample	5
GEOPHYSICS	
Matevosyan A.K. Geoelectroscanning with using on-ground lightnings	12
Sargsyan L., Sahakyan E., Levonyan A., Demirchyan H., Toghramadjian N., Gevorgyan M. and Bayraktutan M.S. The recent 2021 yerevan earthquake (ml=4.9) in the seismotectonic context of the yerevan fault	28
HISTORY	
Khomizuri G.P. Repression against armenian geologists and miners in the USSR ..	42
SCIENTIFIC CHRONOLOGY	57
LOSSES OF SCIENCE	
Stepanyan Hovhannes Stepan (on the 120 th anniversary)	60
Aghamalyan Vilen Arshavir (on the 85 th anniversary)	63

**ՊՂՆՁԻ ՌԵՆՏԳԵՆԱՌԱԴԻՈԶԱՓԱԿԱՆ ԱՆԱԼԻԶԸ ՆՄՈՒՇՈՒՄ
ՄԿՆԴԵՂԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-5

ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ Ա.Ա.

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ
3115, ՀՀ ք. Գյումրի, Վ. Սարգսյան փ. 5
e-mail: artush.tamrazyan@mail.ru
Հանձնվել է խմբագրություն 15.03.2022*

Հոդվածում ներկայացվում է պղնձի ռենտգենառադիոչափական անալիզի ժամանակ նմուշում որպես խանգարիչ էլեմենտի՝ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնելու և համապատասխան ուղղում կատարելու մեթոդական նոր մոտեցում, որի էությունը կայանում է նրանում, որ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնող գործակիցները որոշվում են ոչ թե տեսական-անալիտիկ էտալոնային նմուշների, այլ ուսումնասիրվող հանքավայրի ռեալ հանքանմուշների վրա չափման միջոցով: Իսկ, ի տարբերություն նախկինում ընդունված մոտեցումների, երբ ուղղումները կատարվում էին որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ռենտգենյան ճառագայթների ինտենսիվության մեջ, առաջարկվում է այն մտցնել սպեկտրալ հարաբերության դ պարամետրում: Նման եղանակով իրականացվող անալիզի ճշտությունը բարձրանում է 1,5-2,0 անգամ:

Հանգուցային բառեր - ռենտգենառադիոչափական մեթոդ, սպեկտր, բնութագրիչ ճառագայթներ, ցրման ճառագայթներ, սպեկտրալ հարաբերություն, ինտենսիվություն, ռադիոակտիվ աղբյուր:

Հանքավայրերի որոնման, հետախուզման և արդյունահանման բոլոր էտապներում օգտակար էլեմենտների նմուշարկման և անալիզի ժամանակ ռենտգենառադիոչափական մեթոդը (ՌՌՄ) լրացնում, իսկ որոշ դեպքերում՝ մասամբ, փոխարինում է ավանդական քիմիական անալիզի մեթոդին:

Համապատասխան ճշտություն և հուսալիություն ապահովելու համար ռենտգենառադիոչափական մեթոդը զարգանում է հիմնականում չափող սարքավորումների, ինչպես նաև չափման մեթոդների ու եղանակների կատարելագործման ուղղությամբ (Руденко 1968; Фатхутдинов 1969; Թամրազյան, 2016, 2019):

ՌՌՄ-ի ճշտության վրա ազդող հիմնական գործոններից են ուսումնասիրվող միջավայրի տարակազմությունն ու երկրորդական սպեկտրում խանգարիչ էլեմենտի ռենտգենյան բնութագրիչ ճառա-

գայթման լրիվ չառանձնացվող անալիտիկ գծի առկայությունը (Леман, 1978, Тамразян, 1986):

Ներկա աշխատանքում, որպես ՌՌՄ-ի ճշտության բարձրացման մեթոդական նոր եղանակ, բերված է նմուշում մկնդեղի առկայությամբ պղնձի պարունակության որոշման փորձը:

Չափումներն իրականացվել են Ֆեստիվալնոյե (ՌԴ) հանքավայրի փոշու նմուշների վրա Միներալ-4 սարքի օգնությամբ, որտեղ որպես առաջնային ռադիոակտիվ աղբյուր օգտագործվել է Cd-109 իզոտոպը 10 մկյուրի ակտիվությամբ, իսկ գրանցումները կատարվել են ПСТ-100 համեմատական հաշվիչով:

Նշենք պղնձի պարունակության որոշման ժամանակ նմուշում մկնդեղի առկայությամբ պայմանավորված մի քանի խանգարիչ գործոններ: Այսպես, պղնձի և մկնդեղի երկրորդական գործիքային սպեկտրներում նրանց անալիտիկ գծերը լրիվ չեն անջատվում, որոշ չափով ծածկում են իրար, հետևաբար մկնդեղի պարունակության աճը բերում է պղնձի տիրույթում գրանցվող քվանտների աճին՝ նրա միևնույն պարունակության դեպքում:

Խանգարիչ գործոն է նաև անալիզի ժամանակ մկնդեղի կողմից պղնձի ենթագրգռումը՝ պայմանավորված նրանով, որ մկնդեղի բնութագրիչ ճառագայթների էներգիան (10,5 կէվ) մեծ է պղնձի կլանման K-եզրի էներգիայից (8,98 կէվ): Որպես խանգարիչ գործոն հարկ է նշել նաև անալիզի ժամանակ մկնդեղի պարունակության մեծացման հետ միապատիկ ցրման ճառագայթների ինտենսիվության նվազեցումը, որը սպեկտրալ հարաբերության մեթոդով անալիզի ժամանակ որպես ներքին ստանդարտ-ֆոն օգտագործելու դեպքում բերում է նրա դ պարամետրի մեծացմանը:

Նշված բոլոր գործոնների ազդեցության արդյունքում փոշու նմուշում մկնդեղի պարունակության փոփոխումը բերում է պղնձի պարունակության որոշման սխալի: Մկնդեղի առկայության ազդեցության և նրա հետ կապված չափման արդյունքների սխալը գնահատելու և հաշվի առնելու խնդիրը անալիտիկ լուծման տեսակետից բավականին բարդ է, որովհետև յուրաքանչյուր կոնկրետ դեպքի համար այդ գործոնների ազդեցության բնույթն ու չափը խիստ փոփոխական են:

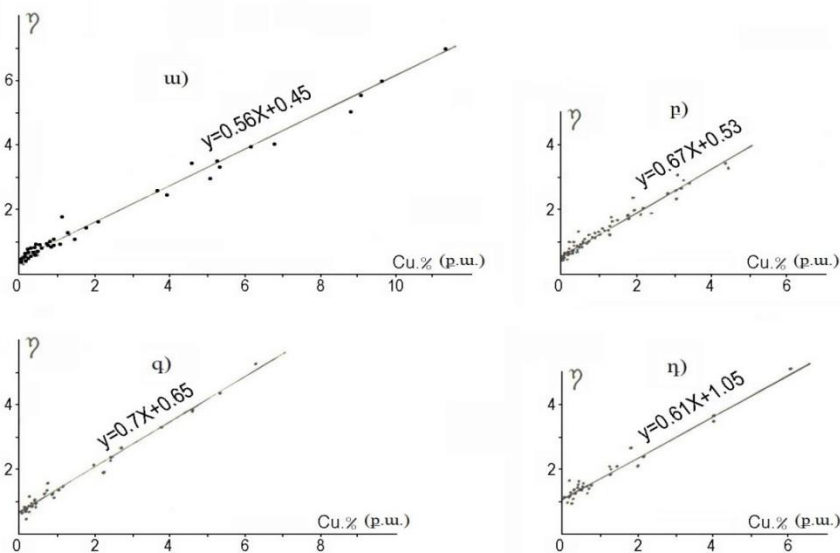
Նմուշների ՌՌՄ-ով անալիզի ժամանակ գործիքային սպեկտրում խանգարիչ էլեմենտի առկայության դեպքում նրա ազդեցության չափի գնահատման համար, սովորաբար, դիտարկումներ են կատարում հաշվարկված էտալոնային նմուշների վրա, որոնցում փոփոխվում է խանգարիչ էլեմենտի պարունակությունը: Այնուհետև դիտարկման արդյունքում որոշված ազդեցության չափը հաշվի առնող գործակցի միջոցով ըստ խանգարիչ էլեմենտի տիրույթում չափված քվանտների քանակի, ուղղում է մտցվում որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ռենտգենյան ճառագայթների ինտենսիվության մեջ (Тамразян, 2014):

Սակայն, մեր կարծիքով, որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ճառագայթների ինտենսիվության մեջ ուղղում մտցնելով հարցը չի լուծվում,

որովհետև սպեկտրալ հարաբերության եղանակով աշխատելու ժամանակ խանգարիչ էլեմենտի առկայությունը, ինչպես նշվեց վերևում, ազդում է նաև միապատիկ ցրման ճառագայթների ինտենսիվության վրա: Հետևաբար, տրամաբանական է ուղղումը մտցնել ոչ թե որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ճառագայթման ինտենսիվության, այլ սպեկտրալ հարաբերության η պարամետրի մեջ, որտեղ, ինչպես հայտնի է (Мейер, 1965; Леман, 1978; Тамразян, 2007), ցրման ճառագայթներն օգտագործվում են որպես նմուշի նյութական կազմի և խտության փոփոխությունը հաշվի առնող ներքին ստանդարտ-ֆոն:

Նշված խնդիրը փորձել ենք լուծել փորձարարական դիտարկումների միջոցով, որի համար տեսական, հաշվարկված էտալոնային նմուշների փոխարեն ընտրվել են նմուշարկվող հանքավայրի ռեալ նմուշները՝ քիմիական անալիզի կրկնակի ստուգողական չափումների տվյալներով:

Ընտրված փոշու նմուշների վրա չափումները, բացի պղնձի և ռադիոակտիվ աղբյուրի միապատիկ ցրման ճառագայթների կանալներից, կատարվել են նաև մկնդեղի բնութագրիչ ճառագայթների կանալում: Այնուհետև բոլոր նմուշները, ըստ մկնդեղի կանալում գրանցված ճառագայթների ինտենսիվության, բաժանվել են առանձին խմբերի և յուրաքանչյուր խմբի համար կառուցվել է առանձին իր էտալոնային կորը (նկ.1): Սակայն պրակտիկ կիրառման տեսակետից նպատակահարմար չէ օգտվել առանձին էտալոնային կորերից՝ պետք է նրանց ներկայացնել մեկ միասնական կորով:



Նկ.1. Պղնձի ռենտգենառադիոչափական անալիզի էտալոնային կորերը մկնդեղի կանալում տարբեր ինտենսիվությունների համար. $N_{AS}(\text{իմպ./վ})$ - ա) <100, բ) 100-300, գ) 300-500, դ) >500:

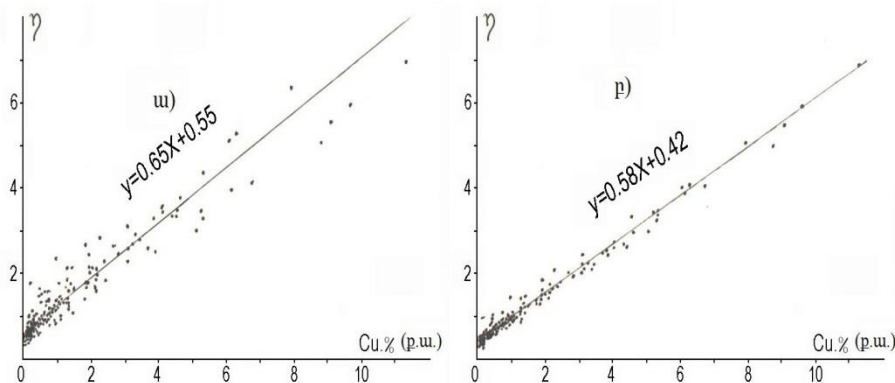
Այս կորերում վերը նշված հնարավոր ազդեցություններն ու փոխազդեցություններն իրենց իրական մեծություններով և առանձնահատկություններով, փաստորեն, ամփոփված և ներկայացված են իրենց գծային հավասարումներով:

Ինչպես երևում է նկ.1-ում բերված տվյալներից, մկնդեղի պարունակության փոփոխությունների հետ փոխվում են նաև առանձին կորերի $y=ax+b$ տեսքի գծային հավասարման ինչպես a անկյունային գործակիցները, այնպես և b սկզբնական օրդինատները: Այստեղ սկզբնական b օրդինատը, փաստորեն, սպեկտրալ դ հարաբերության ֆոնային արժեքն է:

Միևնույն ֆոնային արժեքին և նույն անկյունային գործակիցին բերելու, այսինքն միասնական կոր կառուցելու համար, ուղղում մտցնելով դ պարամետրի մեջ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնող համապատասխան գործակիցներով, սպեկտրալ հարաբերության ուղղված դ՝ պարամետրի համար ստացել ենք հետևյալ արտահայտությունը՝

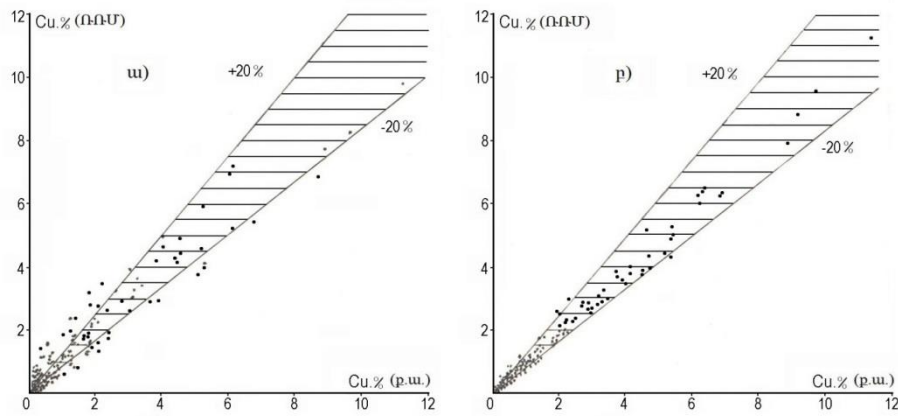
$$\eta' = 0.8326(\eta - 0.00046N_{As}):$$

Չափված շուրջ 230 նմուշների համար, հաշվելով սպեկտրալ հարաբերության ուղղված դ՝ պարամետրը, կառուցել ենք նոր միասնական էտալոնային կոր և այն համեմատել առանց ուղղման էտալոնային կորի հետ (նկ.2), որտեղ առանց ուղղման կորում (նկ.2,ա) կետերի ցրվածությունն ինքնին խոսում է նրա ցածր ճշտության մասին:



Նկ.2. Սպեկտրալ հարաբերության կախվածությունը պղնձի պարունակությունից մկնդեղի ազդեցության առկայության (ա) և նրա համար կատարված ուղղման (բ) դեպքերում:

Դա ավելի հստակ է երևում նմուշների քիմիական անալիզի տվյալների հետ ռենտգենառադիոչափական մեթոդների երկու եղանակով ստացված տվյալների նկ.3-ում ներկայացված համադրումից:



Նկ.3. Պղնձի ռենտգենառադիոչափական և քիմիական անալիզների տվյալների համադրումը մկնդեղի ազդեցության առկայության (ա) և նրա համար կատարված ուղղման (բ) դեպքերում:

Չափման արդյունքները բերված են աղյուսակ 1-ում, որտեղ տվյալ հանքավայրում ընդունված պարունակության տարբեր դասերի (<0.5%; 0.5-1.0%; >1.0%) համար հաշվված են ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի որոշման միջին քառակուսային և հարաբերական սխալները: Սխալները հաշվվել են ինչպես մկնդեղի առկայության, այնպես էլ նրա համար կատարված ուղղումների դեպքերի համար: Այդ սխալների համեմատումը թույլատրելի սխալների հետ, ակնհայտորեն ցույց է տալիս մկնդեղի ազդեցության համար կատարված ուղղումներով չափման բարձր ճշտությունը: Այսպես, ուղղում մտցնելուց հետո ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի որոշման ճշտությունը, ինչպես երևում է աղյուսակում բերված տվյալներից, բարձրանում է մոտ 1.5-2 անգամ:

Աղյուսակ 1

Փոշու նմուշներում ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի պարունակության որոշման արդյունքները

Պարունակության դասերը, %	Միջին պարունակությունը, %	Նմուշների քանակը	Միջին քառակուսային սխալը, %		Հարաբերական միջին քառակուսային սխալը, %		Թույլատրելի հարաբերական սխալը, %
			առանց ուղղման	ուղղված	առանց ուղղման	ուղղված	
<0.5	0.27	123	0.14	0.08	54	29	35
0.5-1.0	0.73	48	0.16	0.10	22	14	19
>1.0	3.52	61	0.42	0.25	12	7	8-17

Այսպիսով, առաջարկվում է պղնձի անալիզի ժամանակ մկնդեղի ազդեցության հաշվման համար ուղղումը մտցնել ոչ թե պղնձի բնութագրիչ ճառագայթման ինտենսիվության մեջ, այլ սպեկտրալ հարաբերության η պարամետրում, իսկ ուղղման գործակիցները հաշվելու համար օգտվել իրական, բնական հանքանմուշներից, այլ ոչ թե տեսական հաշվարկված էտալոնային նմուշներից, ինչպես սովորաբար ընդունված է:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Թամրազյան Ա.Ա.** 2016. Երկրորդական ճառագայթիչի կիրառումը A_{m-241} իզոտոպով պղնձի ռենտգենառադիոմետրական նմուշարկման ժամանակ: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, №2, էջ 56-62:
- Թամրազյան Ա.Ա.** 2019. Ռենտգենառադիոմետրական մեթոդի կիրառման առանձնահատկությունները Վրաստանի Պիտարետի պղնձի հանքավայրում: ՇՊՀ Գիտական տեղեկագիր, №1, էջ 101-109:
- Леман Е.П.** 1978. Рентгенорадиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металлов. Ленинград «Недра», 231с.
- Мейер В.А., Очкур А.П., Кудрявцев Ю.И., Леман Е.П., Большаков А.Ю., Нахабцев В.С.** 1965. Способ спектральных отношений в рентгенорадиометрическом методе изучения элементного состава руд в естественных условиях. «Вопросы рудной геофизики», вып. 6, с.68-73.
- Тамразян А.А.** 2007. Особенности анализа порошковых проб руд рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №3, с.59-63.
- Тамразян А.А., Акопян Л.В.** 2014. Определение содержаний меди, цинка и свинца в рудах Арманисского золото-полиметаллического месторождения рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, № 2-3, с.46-52.
- Тамразян А.А., Леман Е.П.** 1986. Рентгенорадиометрический метод опробования гетерогенных руд. Ереван, Изд. АН АрмССР, 120 с.
- Руденко Ю.П., Зызыкин К.В.** 1968. О нормах допустимых погрешностей геофизического опробования рудных месторождений. «Вопросы разведочной геофизики», вып. 7, с.72-75.
- Фатхутдинов Х.Н.** 1969. Оценка достоверности ядерно-геофизического опробования. - «Вопросы разведочной геофизики», вып. 11, с.126-130.

РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕДИ ПРИ ПРИСУТСТВИИ МЫШЬЯКА В ПРОБЕ

Тамразян А.А.

Резюме

В статье представлен новый подход для учета влияния мышьяка при анализе меди в порошковых пробах рентгенорадиометрическим методом, сущность которого заключается в том, что коэффициенты, учитывающие влияния мышьяка, определяются с помощью измерения не на аналитической модели, как обычно принято, а на реальных порошковых пробах исследуемого месторождения. При этом предлагается поправки ввести в

параметре η спектрального отношения, а не в интенсивность характеристического излучения меди. В результате такого подхода точность анализа меди увеличивается в 1.5-2.0 раза.

RADIOISOTOPE X-RAY ANALYSIS (RXRA) OF COPPER IN THE PRESENCE OF ARSENIC IN THE SAMPLE

Tamrazyan A.A.

Abstract

The article shows a new approach to the effect of arsenic in the analysis of copper in powder rocks by radioisotope X-ray method the essence of which is to demonstrate that the coefficients, which take into account the effect of arsenic are determined not on analytical models but on real powder samples of the studied locations.

Moreover, corrections are supposed to be introduced in the parameter of the spectral ratio, and not in the intensity of the typical study of copper. As a result of this approach, the accuracy of copper analysis increases by 1.5–2.0 times.

ГЕОЭЛЕКТРОСКАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНИХ НАЗЕМНЫХ МОЛНИЙ

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-12

Матевосян А.К.

*Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
e-mail: arshak.matevosyan@yandex.ru.
Поступила в редакцию 23.09.2022*

Обсуждаются результаты впервые выполненных научно-исследовательских и опытно-методических геоэлектрических режимных наблюдений грозовых процессов в геологической среде на специально подготовленном геофизическом микро-полигоне с применением аппаратно-программного комплекса «VectorGeo».

Представлена и проанализирована методика нового направления электро-разведочных работ, основанного на применении электрических разрядов ближних наземных молний (*мгновенного гиперсильного естественного электрического поля*) с целью геолого-геофизических исследований земной коры, которая послужит основой для дальнейшего развития глубинной векторной электро-разведки – ГеоЭлектроСканирования.

Ключевые слова: электроразведка, молния, актуальность, методика, векторные геоэлектрические измерения, перспективы.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Одной из фундаментальных современных научных проблем является изучения природы и особенностей взаимодействия \взаимосвязи электромагнитных (*естественного, искусственного и техногенного*) полей, атмосферных явлений с глобальными и региональными геолого-геофизическими и техногенными процессами. Электроразведка – один из основных методов современной прикладной геофизики, широко применяемый для решения различных геолого-геофизических задач. В практике электроразведочных работ с применением методов, основанных на возбуждении искусственного электрического поля, в качестве источников тока используются автомобильные или дизельные генераторы, мощность которых порядка $50\text{--}150\text{кВт}$, а сила тока в нагрузке не более $50\text{--}100\text{А}$ (Инструкция по электроразведке, 1984; Электроразведка, 1989). Такие источники, позволяют зондировать до глубин первых километров. Однако, для решения целого ряда фундаментальных и прикладных геолого-геофизических задач, необходимо зонди-

рование Земли на значительные глубины, вплоть до границы верхней мантии. Для решения указанных задач в 1980-х годах проводились опытно-методические научно-исследовательские работы с применением принципиально новых источников электрического тока: мощных импульсных **магнитогидродинамических (МГД)** генераторов, позволяющих в импульсах длительностью до 5-10с подавать на нагрузку мощности до 80-100МВт с силой тока до 5-20кА (в СССР – под руководством акад. Е.П.Велихова) (Жданов, 1986). Однако ввиду ряда существенных технологических недостатков при решении глубинных геолого-геофизических задач, в качестве источников тока МГД-генераторы сегодня не используются.

К глубинным электроразведочным электромагнитным методам относятся: магнитотеллурические – космической природы (*объектом исследований которых являются естественные квазигармонические низкочастотные поля – "теллурики"*) и с использованием естественного переменного электромагнитного поля, связанного с глобальной грозовой активностью (*"атмосферики"*) (Семенов, 1980; Жданов, 1986; Электроразведка, 1989). "Атмосферики" представляют собой слабое грозовое поле (*"шумовое"*), которое создается суммарным воздействием большого числа источников (*молний различной интенсивности, одновременно случайно распределенных по всей Земле*) и состоит из периодически повторяемых импульсов (*цугов*), носящих квази-синусоидальный характер. "Теллурики" характеризуются инфранизкой частотой (от 10^{-5} до 10Гц) поля с величиной электрической напряженности до нескольких мВ/м, глубиной исследований в десятки и первые сотни километров; "атмосферики" – с преобладающими частотами от 10Гц до 10кГц, напряженностью электрического поля в доли мВ/м и глубиной исследований от первых десятков метров до первых километров. Здесь следует отметить, что вблизи урбанизированных территорий эти методы практически бессильны из-за низкого уровня полезного сигнала на фоне разнообразных техногенных искажающих факторов.

К природным электромагнитным явлениям относятся также ближние **разряды наземной (вертикальной) молнии (РНМ)** в землю. В процессе развития грозы происходят сложные и еще недостаточно хорошо изученные физико-химические процессы в геологической среде, обусловленные рядом мало исследованных факторов\причин. Это обстоятельство в первую очередь связано с тем, что напряженность электрического поля (*шаговое напряжение*) в геоэлектрической среде в ближней зоне РНМ достигает 100В/м и более, что создает определенные технические трудности для выполнения полевых электроразведочных измерений. Примечательно, что несмотря на свой "неудачный" (*измерительная аппаратура вышла из строя*) и практически единственный опыт проведения электроразведочных измерений ближних РНМ (*на протяжении нескольких дней в 1934-1935 и 1952-1953гг.*), академик А.С. Семенов видел в них определенную перспективу для решения геолого-геофизических задач

(Семенов, 1980). Однако, с тех пор, согласно действующим инструкциям и методическим указаниям (Инструкция по электроразведке, 1984; Электроразведка, 1989), появление грозового фронта на видимом расстоянии (*ближе 5-10 км*) выполнение всех электроразведочных полевых работ строго запрещается! Тем самым, данный (*очевидно достаточно перспективный*) способ геоэлектроразведки – как самостоятельный электроразведочный метод специфических глубинных исследований, до сих пор не нашел свое должное научно-прикладное продолжение ввиду присутствия решающего необоснованного риска при выполнении таких исследований и отсутствия необходимых и достаточно обоснованных научно-технических предпосылок.

В настоящей статье вкратце представлены основные результаты предварительных научно-методических геоэлектрических режимных наблюдений (*геоэлектромониторинга*) ближних наземных молний и на их основе в общих чертах предложены перспективные направления развития прикладных геолого-геофизических работ при грозовых процессах и даны рекомендации их практической реализации.

Предпосылки для реализации исследований

Методические \фундаментальные. Усовершенствованы и развиты теоретические основы единой универсальной (*с использованием системы инвариантных параметров и зависимостей*) методики электроразведочных векторных исследований гальваническим (*контактным*) способом площадных измерений (*впервые предусматривающие исследования с произвольными многоазимутальными системами искусственного возбуждения и многокомпонентными нерегулярными системами регистрации электрического поля методами сопротивлений и вызванной поляризации* (Матевосян, а.с. СССР №1249607; 2002; 2003¹; 2017¹; 2017²). Здесь, на большом конкретном материале (*путем математического моделирования и численных расчетов, физического моделирования и опытно-методических полевых работ*), показана высокая эффективность рекомендуемых исследований с применением тензорных инвариантных параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости.

В области изучения **техногенного электромагнитного поля (ТЭМП)** при работах методом **блуждающих токов (БТ)** путем площадных векторных измерений (Матевосян, а.с. СССР №1704120; 2003¹) впервые дана классификация первичного электрического поля БТ по характеру его проявления в пределах исследуемого планшета съемки и, в соответствии с ней, разработаны способы его регистрации, нормирования, обработки и интерпретации, а также предложен алгоритм выбора оптимального временного режима для автоматизированной обработки и интерпретации данных (*вплоть до оконтуривания \построения аномальных геоэлектрических областей*) (Матевосян, 2004¹; 2004²; 2005¹). Путем математического моделирования на примерах разнотипных геоэлектрических моделей при

разном характере внешнего возбуждаемого электрического поля и пространственно-временном проявлении ТЭМП, с использованием впервые примененной нерегулярной сети пунктов наблюдений (Матевосян, 2004³), показана эффективность предлагаемого комплекса исследований.

Экспериментальные\лабораторные. Впервые разработан способ и создана лабораторная векторная установка физического моделирования (Матевосян, а.с. СССР №1300369; 2003²) (с целью исследования достаточно большого круга сложных электроразведочных задач, вплоть до “тонких” структурно-текстурных особенностей разнотипных неоднородно-анизотропных геоэлектрических моделей путем возбуждения вращающегося электрического поля требуемого направления в пункте наблюдений) для повышения достоверности истолкования результатов площадных геоэлектрических измерений. Выполнение опытно-методических работ указанной установкой, с применением “мгновенного сверхсильного” внешнего электрического воздействия, сыграло важную роль на соответствующем этапе ниже представленных исследований.

Технические\инструментальные. Создание и применение многоцелевого аппаратно-программного измерительного комплекса «**VectorGeo**» (Матевосян и Бабаян, 2018) с дополнительным специальным программным обеспечением позволяет в автономном режиме выполнять длительные серии измерений нестационарных электрических полей естественного, искусственного и техногенного происхождения с максимальной визуализацией всего процесса регистрации в интерактивном режиме измерений. Аппаратура компактна, мобильна, используется с персональным компьютером; предусмотрена возможность в реальном масштабе времени синхронной работы двух операторов в нестандартных\экстремальных условиях (*что особенно важно в процессе регистрации электрических разрядов молний*). Применение специально изготовленного электроразведочного оборудования на целенаправленно подготовленном **геомониторинговом микрополигоне (ГММП)** с обеспечением максимально возможной молниезащитой способствовало надежному выполнению продолжительных режимных многоазимутальных регистраций геоэлектрических полей.

Выше представленное краткое перечисление нами ранее выполненных теоретических и экспериментальных электроразведочных исследований и научно-технических разработок отражает главные необходимые предпосылки для успешного целостного решения достаточно ответственной многопрофильной поставленной задачи.

Результаты полевых измерений

Некоторые характерные результаты (Севан-2021) опытно-методических исследований **молниевых событий (МС)** на ГММП «Севан», с применением векторных электроразведочных измерений электрических полей в геологической среде многофункциональной аппаратурой

«VectorGeo», приведены на рис.1-3. Здесь использованы следующие обозначения:

E – вектор напряженности полного электрического поля и его x - и/или y -составляющие ($E_{(x,y)}$);

E_0 – вектор напряженности нормального (фонowego, включая ТЭМП) электрического поля и его x - и/или y -составляющие ($E_{0(x,y)}$), которые определены путем усреднения значений поля за промежутки времени 1.6-2мс до МС;

$E^*=E-E_0$ – вектор напряженности аномального (молниевого) электрического поля и его x - и/или y -составляющие ($E^*_{(x,y)}$);

E^*_{max} – вектор напряженности максимального молниевоегo электрического поля в момент времени T^*_{max} ;

E^*_{max1} и E^*_{max5} – модули зарегистрированных векторов E^*_{max} приемными линиями MN_1 и MN_5 , соответственно.

На рис.1 изображены временные зависимости (графики и диаграммы) вектора E , наблюдаемые в геоэлектрической среде при грозе с применением электроразведочных векторных измерений. С целью однозначной иллюстрации протекания каждого события, цифрами на графиках и соответственно им на векторных диаграммах во временной последовательности пронумерованы характерные экстремальные значения E^* . Обработка, визуализация и сопоставление полученных исходных записей ортогональных составляющих напряженности полного электрического поля за фиксированные временные промежутки и в результате определенной стандартизации записей МС, уже на данном предварительном этапе геоэлектрических исследований, в ряде случаев, позволяет проследить поэтапное, протекание большинства МС, включая многократные молниевые удары. Анализ временных векторных диаграмм свидетельствует о большом разнообразии распространения (протекания) электрического тока наземной молнии в реальной геологической среде и говорит о значительной роли **объекта молниевоегo удара (ОМУ)** на земной поверхности и неоднородной геоэлектрической среды в формировании и реализации каждого наземного МС.

На рис. 2 представлены три последовательно зафиксированные молниевые события (19.08.2021 в 20:31 местного времени) через временные интервалы 87мс («события-близнецы») и 33с с достаточно близкими пространственно-энергетическими характеристиками за небольшой промежуток времени. Здесь (на векторной диаграмме – рис.2, б), α – угол между направлениями векторов E^*_{max1} и E^*_{max5} , который позволяет оценить погрешность определения направления на ОМУ в зависимости от выбранной системы регистрации (MN_1 и MN_5); а на приведенных диаграммах рассеяния (рис.2, в): β_x и β_y – углы между линейной корреляционной зависимостью и осью абсцисс, полученные при измерениях двумя парами взаимно перпендикулярных приемных линий MN_1 и MN_5 , соответственно, и показывают результат сопоставления записей одинаково ориентированных приемных линий.

По величинам α и $\Delta\beta = \beta_x - \beta_y$, можно оценить степень суммарного влияния на результаты конечной интерпретации основных искажающих факторов:

- присутствия локальных поверхностных электрических неоднородностей геоэлектрической среды в области расположения приемных электродов (*достаточно трудно подчиняется учету*);
- топографической погрешности при установлении приемных линий (*уменьшается с увеличением разносов приемных электродов*) и в присутствии неровностей рельефа дневной поверхности;
- случайных электрических помех естественного и техногенного происхождения;
- инструментальной погрешности измерений;
- условий заземления приемных электродов и не\трудно предсказуемых неблагоприятных изменений условий заземления (*влажности почвенного слоя*) при сложных, изменчивых метеоусловиях регистрации электрических полей.

Примечательно, что значительные изменения напряженности нормального поля за такой короткий интервал времени (*вычисленные путем усреднения данных за 1.6-2мс около\приблизительно 1-2мс до основного молниевых удара*) обусловлены присутствием интенсивного ТЭМП (в результате местоположения ГММП в центре города Севан и недалеко от железнодорожной энергосистемы).

Через 120мс после третьего события (рис.2) зафиксировано МС на расстоянии не менее 10км с максимальной величиной амплитудой $E^* = 21.2 \text{ мВ/м}$ (рис.3) – на порядок меньшей предыдущего события и соизмеримой с достаточно высоким уровнем присутствующего низкочастотного в 50Гц ТЭМП. Здесь поэтапно представлен пример выделения аномального электрического поля молниевых события (рис.3,2) при сложном характере и высоком уровне ТЭМП (рис.3,6). Нетрудно заметить, что при таком низком уровне полезного сигнала, обычное определение фонового электрического поля (*по результатам усреднения данных за некоторый промежуток времени* – рис. 1 и 2) достаточно приближенно, а приведенный подход дает вполне хороший требуемый результат для такого рода геоэлектрических исследований. Судя по полученным сложным амплитудно-временным электрических характеристикам рассмотренного молниевых события (рис.3,2), можно предположить, что в данном случае практически одновременно зарегистрировано более одного молниевых разряда (*наблюдается наложение электрических полей в пункте наблюдений*), однако сказать что-то более на данном этапе исследований не представляется возможным (*ввиду отсутствия результатов синхронной регистрации этого МС на нескольких ГММП*).

Отметим также, что в результате комплексных (*включая микро-электроразведочных и магниторазведочных*) опытно-методических исследований по выбору расположения пунктов измерений на данном ГММП установлено, что оптимальными (*как по уровню искажающих факторов,*

так и по качеству регистрируемого полезного сигнала) являются наблюдения на двух небольших оконтуренных участках с применением одинаково ориентированных ортогональных измерительных систем с разносами приемных электродов в 1 и 5 метров.

Уникальность исследований

Основываясь на современных представлениях о физике молнии, представим специфические аспекты геоэлектрических глубинных исследований с использованием наземных (*вертикальных*) электрических разрядов ближних молний с позиций геолого-геофизических работ.

Положительные характеристики:

- возможность полноценного применения единой методики векторной съемки при электроразведочных исследованиях (*теоретических основ\подходов, разработанных алгоритмов и опыта экспериментальных исследований*) (Матевосян, 2003¹) с учетом специфических особенностей источника тока;
- существенно большая оптимальная площадь одновременных синхронных исследований – десятки км²; эффективная зона действия – от 1-2 км до нескольких десятков км от пункта наблюдений (ГММП);
- высокая разрешающая способность исследований; глубинность – до нескольких десятков км;
- источник тока:
 - природный – не требуются дополнительные материальные затраты, связанные с возбуждением внешнего электрического поля в исследуемой геоэлектрической среде;
 - гиперсильный – надежная регистрация полезного сигнала (*электрического поля МС*) на больших расстояниях (*не требуется специальная синхронизация измерений*);
 - одиночный точечный – относительная простота обработки и интерпретации данных;
 - экологичный – не приводит к дополнительной антропогенной нагрузке на окружающую среду (*ввиду отсутствия надобности проведения достаточно большого объема разнообразных подготовительных и ликвидационных мероприятий при возбуждении в земле сверхмощного искусственного электрического поля*).
- высокая производительность исследований – за несколько грозовых дней возможность оперативного полноценного всестороннего (многоазимутального) изучения глубинных горизонтов геологической среды по особенностям объемного распределения удельного электрического сопротивления.

Отрицательные характеристики:

- недостаточно хорошо исследованы все аспекты физики молнии (Юман, 1972; Базелян и Райзер, 2001; Иудин и др., 2018);
- глобальное неравномерное возникновение и повторяемость молний в зависимости от географических координат, топографических характеристик исследуемой местности, сезонных изменений и метеоусловий;
- ограниченная продолжительность временных интервалов грозовых явлений;
- сложный источник импульсного электромагнитного поля в неоднородной геоэлектрической среде:
 - неуправляемый чрезмерно-опасный;
 - непредсказуемый – оперативно не\трудно прогнозируемые пространственно-временные и энергетические параметры молниевых удара (*каждого последующего МС во время грозы*);
 - мгновенный (*кратковременный – порядка долей миллисекунд*) со сложной конфигурацией силы тока – определенные технические трудности практической реализации исследований в интерактивном режиме в реальном масштабе времени (*регистрации, записи, предварительной обработки и интерпретации*);
 - невоспроизводимый – уникальность\индивидуальность характера каждого МС (*отсутствие возможности выполнения повторных, контрольных регистраций*);
- необходимость предварительного поиска, тщательного выбора и подготовки геополлигонов, благоприятных для режимных электрометрических наблюдений со специфическими системами измерений;
- особо повышенные требования к специальной техники безопасности (*молниезащите*) при выполнении полевых работ – раз-работка, непрерывное совершенствование и строгое соблюдение;
- мультидисциплинарная специфическая методика (*существенным образом отличающаяся от обычных узкоспециализированных электроразведочных исследований*) выполнения исследований в сложных метеоусловиях и практически в любое требуемое время суток;
- тщательный подбор и высокая бдительность персонала, (*способность принятия решительных экстренных мер безопасности – высокая ответственность при выполнении полевых экспериментальных работ во время грозовых процессов*);
- особый учебно-подготовительный тренинг работы в экстремальных условиях – особая учебно-методическая подготовка квалифицированного персонала (*как в полевых, так и в лабораторных условиях*).

Обобщая вышеприведенное можно констатировать, что несмотря на значительную долю “отрицательных характеристик” (*существенный комплекс ответственных, трудно реализуемых, нестандартных, находящихся*

на стадии методологической разработки разнопрофильных работ\задач и в настоящее время не имеющих аналогичных альтернативных решений) представляется очевидным повышенной научная информативность и уникальность ожидаемых результатов.

Выводы

Основные предварительные представления по данным выполненным полевым работ:

- в результате большого практического опыта продолжительных режимных наблюдений геоэлектрических полей, выполненных в 2017-2021 годах в пределах ГММП «Севан», установлено, что за несколько часов активных грозовых процессов надежно фиксируются сотни всесторонне ориентированных разноудаленных МС, пригодных для глубинных геоэлектрических исследований;
- изучение электрических параметров\характеристик геологической среды с использованием молниевых разрядов в землю, полученных с применением векторной многоазимутальной системы измерений многофункциональным аппаратно-программируемым комплексом «VectorGeo», позволяет получить качественный высокоинформативный интерпретационный материал (*в настоящее время не имеющих альтернативных решений*);
- применение оперативной приблизительной оценки величины модуля вектора напряженности электрического поля наземной молнии в пункте измерений от расстояния до ОМУ (с учетом обобщенных электрических параметров геологической среды в пределах ГММП, полученных в результате предварительных малоглубинных электроразведочных и магнитометрических исследований) способствует максимально возможному обеспечению мер молниезащиты геоэлектрических измерений при активных грозовых процессах; не только прекращение режимных геоэлектрических регистраций, но и заблаговременное обесточивание основных энергопотребителей на ГММП при расстоянии менее 1-2 км до грозового фронта: так, на геополигоне «СЕВАН», расположенном в области с повышенной грозовой опасностью (*“предрасположенностью”*), за последние 5-6 лет не менее 2 ударов молнии в тополь, растущий на расстоянии 12 метров от аппаратно-программируемого измерительного комплекса.

К практическим рекомендациям, требующим дальнейшего решения, в первую очередь следует отнести выполнение синхронной регистрации не менее, чем в трех специально оборудованных ГММП, расположенных в пределах исследуемой территории и взаимно удаленных на несколько километров с налаженной согласованностью действий дистанционным **координационным центром управления (КЦУ) в интерактивном режиме** с одновременным выполнением непрерывных вспомогательных

метеорегистраций (*видеозапись МС, слежение за развитием и перемещением грозового фронта по метеосайтам*) с дальнейшим совершенствованием измерений в дистанционном практически полностью (*максимально возможном*) автоматическом режиме;

Приведенные результаты выполненных опытно-методических работ открывают перспективы на развитие и совершенствование следующих актуальных геоэлектрических научно-прикладных направлений изучения геологической среды с использованием в качестве источника тока молниевых ударов в землю – векторной электроразведки методом **наземных молниевых разрядов (НМР)**:

- **Научно-исследовательский глубинный геоэлектрический способ**, заключающийся в **геоЭлектроМониторинге (геоЭМ)** – синхронном выполнении продолжительных режимных геоэлектрических наблюдений/измерений грозовых явлений региональной площадной сетью, состоящей из трех и более достаточно удаленных друг от друга (*до 10-20 км*) ГММП с дистанционный КЦУ всем комплексом исследований в интерактивном режиме. В процессе комплексной обработки и интерпретации данных определяются координаты каждого ОМУ и энергетические характеристики МС и выполняется разложение/разделение каждого МС на составляющие (*постадийное дифференцирование молниевых ударов в землю* (Базелян и Райзер, 2001), наблюдаемые на каждом ГММП. В итоге реализуется геоэлектросканирование – глубинное региональное изучение земной коры (*фундаментальные исследования в области физики Земли*) опорной региональной площадной сетью ГММП при динамической хаотичной точечной системе возбуждения естественного молниевых геоэлектрического поля (*непрерывное совмещенное электропрофилирование и электроразведка определенных областей исследуемой среды между произвольно варьирующим ОМУ и каждым зафиксированным ГММП*), в течение всего грозового процесса. Аналогично методу сопротивлений установкой – один питающий электрод и две взаимно перпендикулярные приемные линии (Электроразведка, 1989) с применением многоазимутальной системы возбуждения (Матевосян, 2003¹).
- **Малоглубинный прикладной способ геоэлектроразведки**, заключающийся в проведении режимной регистрации электрических полей в течение проявления всего грозового процесса (*с фиксацией молниевых разрядов/ударов в землю*) с использованием неподвижной площадной локальной системы измерений с требуемой плотностью установления приемных электродов на исследуемой территории (*при необходимости с применением нерегулярной сети наблюдений и приспособлением стандартных электроразведочных кос*). В итоге реализуется малоглубинное многоазимутальное электросканирование всего исследуемого участка при хаотичной

точечной системе возбуждения молниевое геоэлектрическое поля в течение проявления всего грозового процесса (*в некоторой степени аналог способа геоэлектроразведки методом БТ с применением площадной нерегулярной системы измерений ТЭМП* (Матевосян, 2004³)) при гиперсильном кратковременном электрическом импульсе произвольной формы электрических разрядов ближних молний со строгим соблюдением техники безопасности и молниезащиты.

При работах представленными способами, выполняется предварительная калибровка векторных измерений каждого ГММП с применением методики малоглубинной электроразведки методом сопротивлений по инвариантным параметрам и зависимостям КС (*в частности, выполнение электрических микро-МАК-зондирований* (Матевосян, 2003¹), *а при необходимости и ее последующая детализация*), используемая на различных этапах работ и способствующая повышению достоверности конечного результата.

Заключение

Обобщая вышесказанное и учитывая высокую разрешающую способность геоэлектрических измерений (*высокий уровень полезного сигнала на фоне искажающих помех*), можно констатировать о целесообразности использования кратковременного гиперсильного электрического поля естественной природы (*одиночных разрядов ближних молний в землю*) для решения большого круга глубинных геолого-геофизических научно-прикладных задач, что в настоящее время представляется вполне реализуемым и весьма актуальным.

Метод НМР легко и полностью вписывается в методологию векторных измерений и расширяет возможности глубинных электроразведочных исследований. Полученные результаты послужат развитию единой методики векторной съемки (Матевосян, 2003¹) путем получения полноценного высокоинформативного исходного экспериментального материала для последующей, более однозначной, пространственно-временной интерпретации электроразведочных данных и их достоверного геологического истолкования в комплексе с другими геолого-геофизическими материалами.

Выполненная работа также может рассматриваться как первые “геоэлектрические шаги” инструментальных регистраций наземных молниевых разрядов, за которыми должны последовать целенаправленные углубленные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Базелян Э. М., Райзер Ю. П. 2001. Физика молнии и молниезащиты. М., ФИЗМАТЛИТ, 319с.
Жданов М.С. 1986. Электроразведка. М., Недра, 316с.

- Инструкция по электроразведке.** 1984, Л., Недра, 352с.
- Иудин Д.И., Давыденко С.С., Готлиб В.М., Долгонос М.С., Зелёный Л.М.** 2018. Физика молнии: новые подходы к моделированию и перспективы спутниковых наблюдений. Успехи физических наук, 188, с.850-864.
- Матевосян А.К.** 1986. Способ геoeлектроразведки. А.с. СССР №1249607, Б.И. №29.
- Матевосян А.К.** 1992. Способ геoeлектроразведки. А.с. СССР №1704120, Б.И. №1.
- Матевосян А.К.** 2002. Способ обработки результатов площадных электроразведочных измерений при нерегулярной сети пунктов наблюдений. Доклады НАН Армении, 102, №3, с.243-249.
- Матевосян А.К.** 2003¹. Разработка теоретических основ методики векторной съемки при электроразведочных исследованиях. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора физ.-мат. наук. Ереван, ИГН НАН РА, 33с.
- Матевосян А.К.** 2003². Многоазимутальное комбинированное электрическое зондирование. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №1, с.50-58.
- Матевосян А.К.** 2003³. Трехазимутальная модификация МАК-зондирования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №2, с.56-59.
- Матевосян А.К.** 2003⁴. Крестовая лабораторная установка и методика исследования удельного электрического сопротивления и поляризуемости образцов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №3, с.63-65.
- Матевосян А.К.** 2004¹. Классификация первичного техногенного электрического поля и способы его нормирования при исследованиях методом блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №1, с.58-61.
- Матевосян А.К.** 2004². Обработка, интерпретация и визуализация результатов векторной съемки методом блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №2, с.52-58.
- Матевосян А.К.** 2004³. Особенности векторной съемки методом блуждающих токов при нерегулярной сети пунктов наблюдений. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVII, №3, с.54-60.
- Матевосян А.К.** 2005. Сопоставление результатов векторной съемки методами сопротивлений и блуждающих токов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVIII, №1, с.54-59.
- Матевосян А.К.** 2017¹. Основные направления оптимизации площадных детальных исследований методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №1, с.10-23.
- Матевосян А.К.** 2017². Оперативный способ расшифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №2, с.34-49.
- Матевосян А.К., Бабяян Г.А.** 2018. Многофункциональная измерительная электроразведочная аппаратура «**VectorGeo**». Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 71, №1, с.42-49.
- Семенов А.С.** 1980. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.: Недра, 446с.
- Электроразведка.** 1989. Справочник геофизика. М., Недра, в двух книгах – 438с, 378с.
- Юман М. А.** 1972. Молния. М.: Мир, 327с.

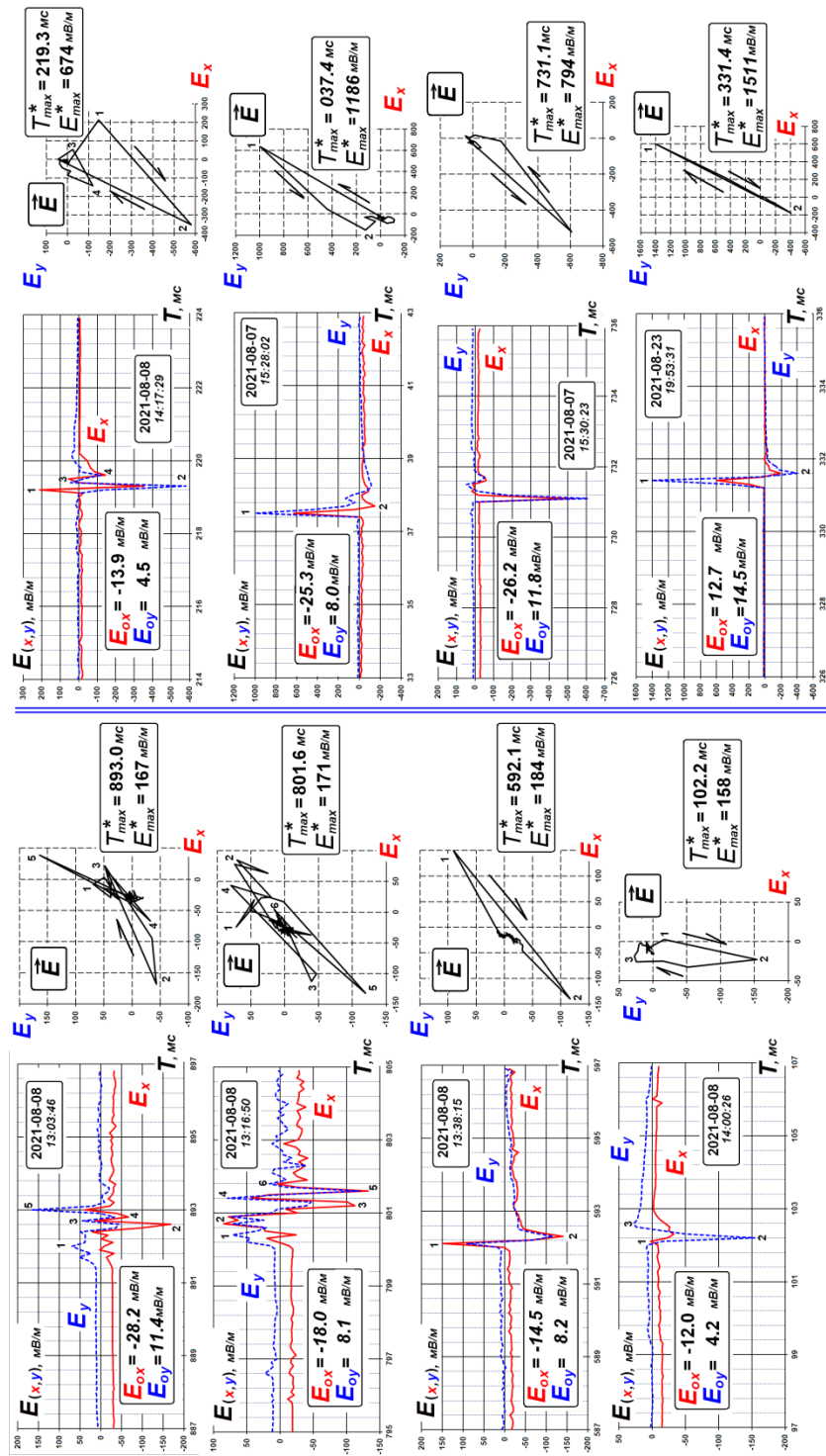


Рис.1. Графики изменения x- и y-составляющих E (слева) и голографы вектора E (справа) в геоэлектрической среде за промежутков 10мс с выраженным проявлением молниевых разрядов двумя взаимно перпендикулярными приемными линиями размером 1м (MN1) с амплитудой полезного сигнала с многократным превышением суммарного уровня электрического поля искажающих помех.

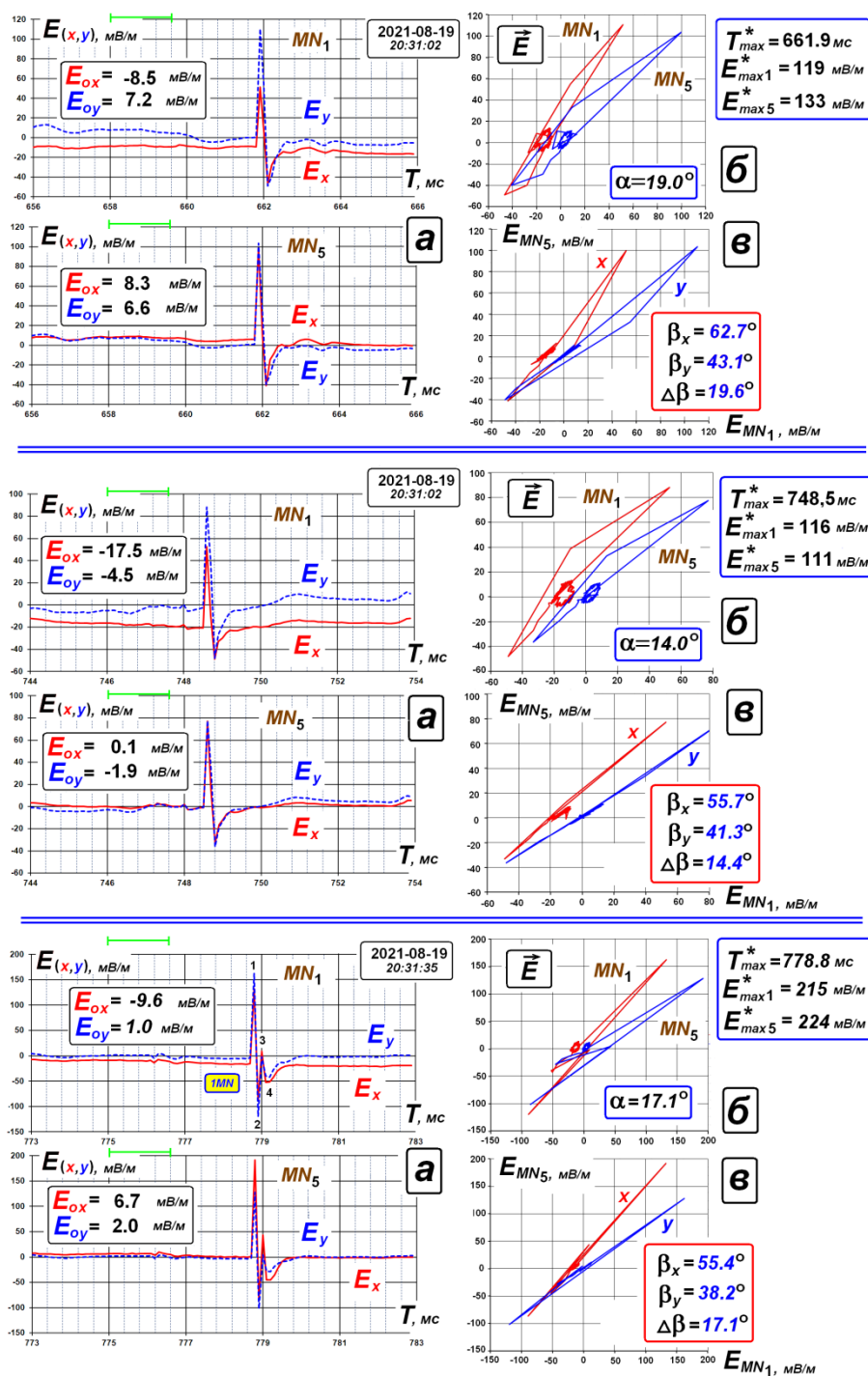


Рис.2. Графики x - и y -составляющих E за временной промежуток 10 μ s (а), годографы вектора E (б) и диаграммы рассеяния (в) с фиксацией трех последовательных молниевых событий двумя парами ортогональных приемных линий размерами $MN_1=1$ м и $MN_5=5$ м.

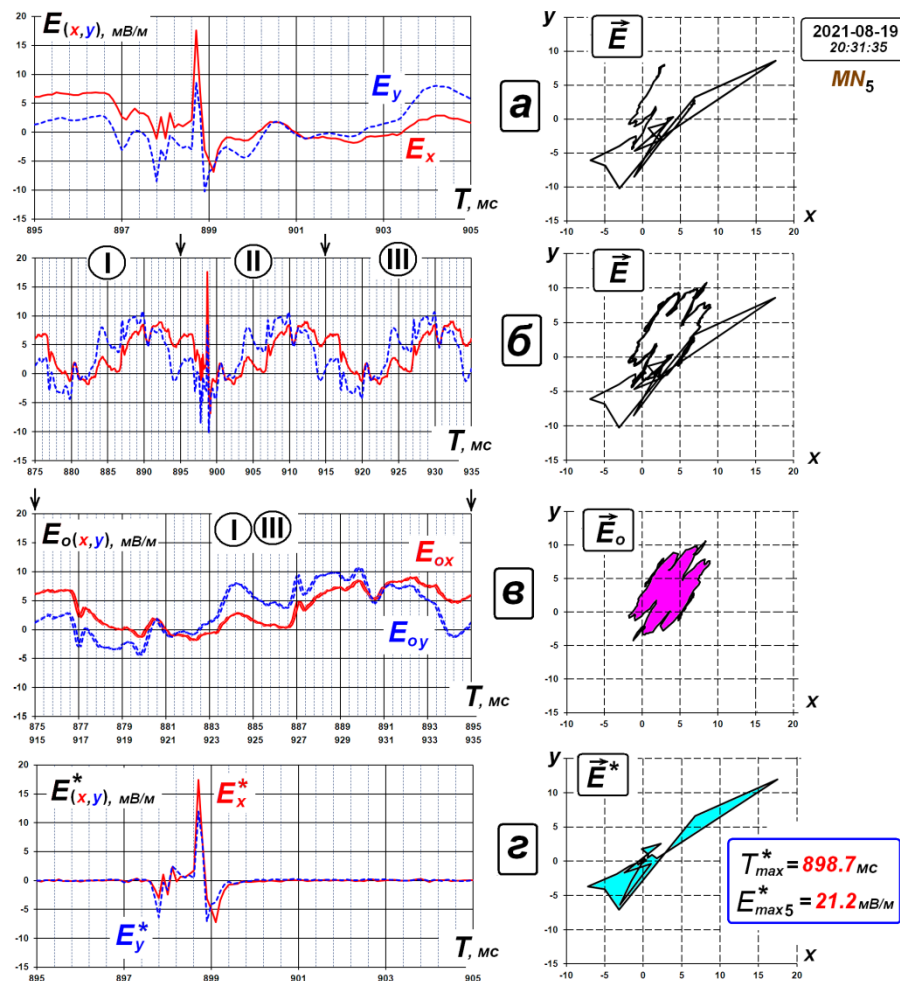


Рис.3. Пример выделения аномального поля (молниевое событие) по записям x - и y -составляющих напряженности электрического поля (слева) и соответственно им годографы векторов (справа) при MN_5 (г. Севан, 19.08.2021 в 20:31:35 по местному времени): за 10мс (а) и 60мс (3 периода низкочастотного ТЭМП в 50Гц) (б) с фиксацией молниевое события на фоне искажающих факторов естественной и антропогенной природы; в – совмещенные (наложенные) зависимости за 20мс (за I и III периоды ТЭМП) по записям фонового поля; г – аномальное электрическое поле молниевое событие за 10мс, полученное в результате вычитания поля помех.

ԵՐԿՐԱԷԼԵԿՏՐԱՍԿԱՆԱՎՈՐՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾԵԼՈՎ ՄՈՏԱԿԱ ԵՐԿՆԱՅԻՆ ԿԱՅԾԱԿՆԵՐՈՂ

Մաթևոսյան Ա.Կ.

Ամփոփում

Քննարկվում են երկրաբանական միջավայրում կայծակնային պրոցեսների գիտահետազոտական և փորձնամերժողական երկրաէլեկ-

տրական ռեժիմային դիտարկումների արդյունքները, ստացված «*VectorGeo*» սարքածրագրային համալիրի միջոցով հատուկ նախապատրաստված երկրաֆիզիկական միկրո-փորձադաշտում:

Ներկայացված և վերլուծված է էլեկտրահետախուզական աշխատանքների նոր ուղղության մեթոդիկան, որը հիմնված է կայծակի էլեկտրական լիցքաթափումները գետնին (ակնթարթային գերուժեղ բնական էլեկտրական դաշտի) օգտագործման վրա, երկրակեղևի երկրաբանա-երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների համար, ինչը հիմք կհանդիսանա խորքային վեկտորական էլեկտրահետախուզության հետագա զարգացմանը՝ ԵրկրաէլեկտրաՍկանավորմանը:

GEO-ELECTROSCANNING WITH THE USE OF ON-GROUND LIGHTNINGS

Matevosyan A.K.

Abstract

The article discusses the results of the research and empirical geo-electric regime observations of the thunderstorm processes in the geological environment through the acquired “VectorGeo” hardware-software complex at the specially prepared geophysical micro-test site. The methodology of a new direction of electrical exploration works based on the application of electric discharges of on-ground lightnings (*instantaneous hyper-strong natural electric field*) for the purpose of geological-geophysical research of the earth's crust is presented and analyzed, which will serve as the basis for the further development of deep vector electrical exploration – GeoElectroScanning.

THE RECENT 2021 YEREVAN EARTHQUAKE (ML=4.9) IN THE SEISMOTECTONIC CONTEXT OF THE YEREVAN FAULT

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-28

**Sargsyan L.¹, Sahakyan E.¹, Levonyan A.¹, Demirchyan H.¹,
Toghramadjan N.², Gevorgyan M.¹ and Bayraktutan M. S.³**

¹*Institute of Geological Sciences, NAS RA, 24a M. Baghramian Ave.,
Yerevan 0019, Republic of Armenia*

²*Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, United States.*

³*Freelander, Ata. University, Erzurum, Turkiye
e-mail: s.sargsyan.lilit@gmail.com*

Received by the Editor 06.09.2022

The earthquake of February 13, 2021 earthquake was the strongest earthquake ever reported in the vicinity of Armenia's capital city of Yerevan in the modern instrumental time period. It was strongly felt throughout Yerevan and the surrounding areas. In this study, we analyze the source parameters and focal mechanism of this earthquake. Our calculated focal mechanism solution shows that this 2021 M4.9 earthquake is characterized by a thrust fault mechanism with a strike-slip component. We also discuss historical seismicity that has occurred over the course of a century in direct proximity to Yerevan, and demonstrate that the Yerevan Fault and Parakar sub-fault are seismically active systems. We also address the problem of possible NW and SE extensions of the Yerevan fault.

Key words: Earthquake, Yerevan fault, focal mechanism, thrust fault

Introduction

An Ml 4.9 earthquake (as reported by the seismic network of the Institute of Geological Sciences of Armenian National Academy of Sciences, IGS) occurred near Yerevan, the capital city of Armenia on 13/02/2021 at 11:29 UTC. This earthquake was widely felt across Yerevan and the surrounding areas (6-7 Intensity by MSK64 scale), and was followed by several $M \leq 3.5$ aftershocks. No damage has been reported in association with this earthquake, which is the largest seismic event felt in the area since the instrumentally recorded MS 4.8 earthquake of 07/01/1937 (Karapetyan N., 1990).

Dvin, the ancient capital of Armenia, suffered severe damages from large earthquakes in 863 and 893 AD. These earthquakes are assumed to have been generated by the Yerevan Fault (YF, Piruzyan, 1969).

The most catastrophic of the earthquakes known to have occurred in the Yerevan region happened on June 4, 1679. This event is known today as the Garni earthquake (Piruzyan, 1969), but in many historical sources it is also called the Yerevan earthquake. Since the beginning of the 20th century through today, only a few relatively strong earthquakes, the largest being magnitude

M=4, have been identified in this area. These are known as the “Yerevan earthquakes” (Karapetyan N., 1990).

As documented by Tovmasyan (2008), the focal mechanisms of the Yerevan earthquakes begin in 1973.

Tectonics and seismicity of the area

The Yerevan Fault (YF) is an active thrust fault that lies to the southwest of Yerevan, Armenia’s capital city, which has a population of ~1 million (Fig. 1). The YF runs through the northeastern margin of the Ararat basin, and is inferred to have been tectonically relevant to the formation of Ararat basin, which is interpreted as a large valley complex pullapart structure (Karakhanyan et al., 2004, Dewey et al., 1986, Yilmaz et al., 1998) or volcano-tectonic structure. Southeast of Yerevan, at Dvin and Vedi, mineral springs and associated thick travertine deposits are present. These hot spring-related processes and materials are inferred to be associated with the activity of the YF (JICA, Report, 2012).

The YF and its nature were first discussed in scientific literature beginning in the 1950s (e.g. Aslanyan, 1954, 1958; Gabrielyan, 1959, 1981). The deeper portion of the Yerevan Fault was first identified and described by Aslanyan (1955). Later on, more detailed descriptions were published by Aslanyan (1958), Gabrielyan (1959, 1981), Milanovsky (1968), Haroutyunian (1975), and other authors (Fig.1).

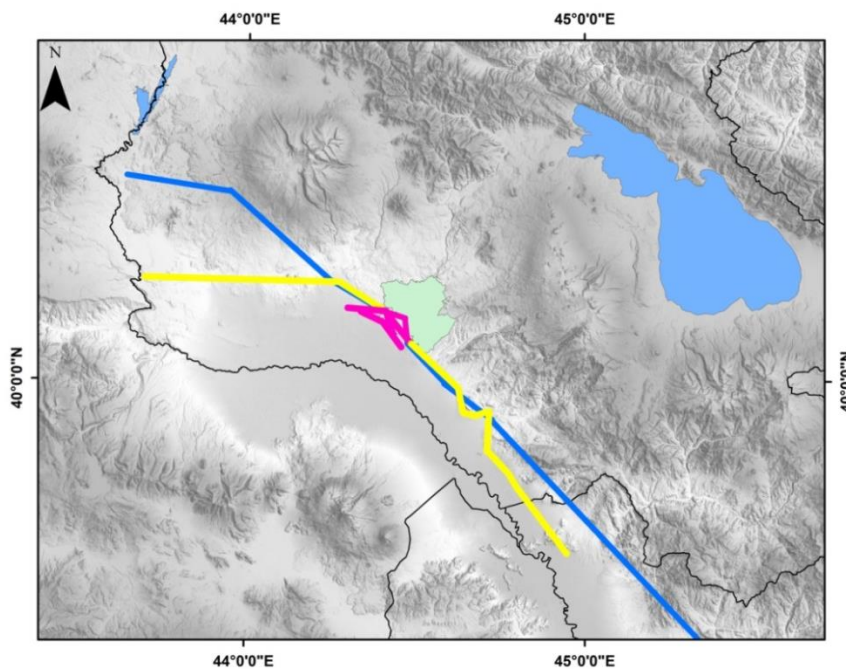


Fig.1. The location of the Yerevan Fault as mapped by Aslanyan (1955 and 1958, blue line), Gabrielyan (1959 and 1981, yellow line) and Milanovsky (1968, pink line). Yerevan, Armenia’s capital city is marked by the green area.

Beyond that, the seismic activity of the YF is not well known. It was only much later after these initial mappings, in 2009, that the YF was first designated as an active fault highly important for seismic hazard assessment in Yerevan. However, the YF was not targeted for active fault mapping at this point, because it was thought to be a blind fault.

This assumption was based in part on the fact that the YF area is overlain by a thick cover of young deposits. As a result, the YF is expressed weakly at the surface (or, in some locations, not at all), which has shaped the interpretations of its position and geometry across many studies. If we superimpose the contours of the YF geometry proposed by these different studies, the central segment, the Parakar-Norabats uplift, appears to be the only one not characterized by controversial interpretations (fig.1). There has been considerable disagreement in the interpreted lengths and locations of the north-western and south-eastern segments of this fault system.

Aslanyan (1954, 1958) and Gabrielyan (1959, 1981) performed gravity surveys around Yerevan and observed a NW-SE extending high gravity anomaly to the south of the city. They suggested active faults on the southwestern and northeastern edges of the high gravity anomaly, and named these faults the Parakar North fault and Parakar South fault (solid red lines at the center of fig.2). These faults represent the central segment of the YF system.

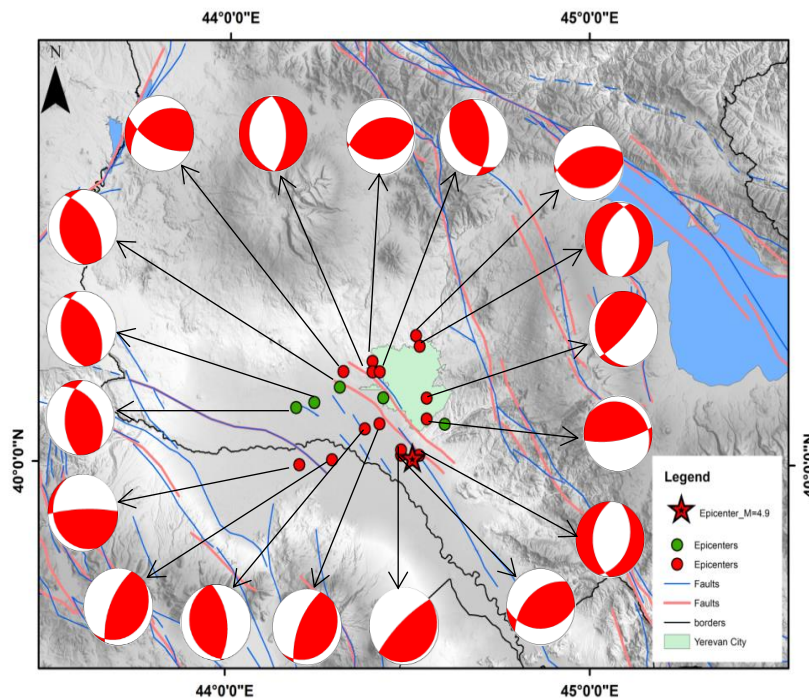


Fig.2. Map of active faults (solid blue lines) around the city of Yerevan (green area), based on 2011 GeoRisk report. The Yerevan Fault is inferred on both the northeastern and southwestern sides, as indicated by solid red lines. The locations of the Yerevan earthquakes (Tab.2) are shown as green dots (Karapetyan N., 1990). The locations of the 15 earthquakes studied by Tovmasyan (2008) are shown as red dots, some of which are summarized in Tab.3.

Tovmasyan (2008) studied the focal mechanisms of 15 small to moderately sized earthquakes ($1.9 < M_L < 4.0$) that occurred within 30 km of Yerevan from 1973 to 2002, and found 11 events to have a reverse/thrust focal mechanism (fig.2). Earthquakes with E-W and NW-SE striking focal mechanisms had dips ranging from $55-72^\circ$ to the north-northeast.

The uppermost boundary of the fault system is currently understood to be at 5 km depth, reflecting that the YF is blind near the city of Yerevan. The length of the YF is suggested to be 33 km at a maximum, based on the structure of the Ararat basin (Georisk report, 2011). Applying empirical relation from Wells and Coppersmith (1994), the maximum moment magnitude of an earthquake which could be generated by the YF is $M_w 6.8$. However, it may be possible to rupture only a small portion of the YF, in which case an earthquake of lesser magnitude may occur (JICA report, 2013).

The largest earthquake that most recently occurred near Yerevan prior to this 2021 event was the $M 4.8$ earthquake of January 7, 1937, near Parakar (fig.3). The fault lengths of these smaller earthquakes are estimated using the empirical relation of Wells & Coppersmith (1994), and the location of these fault lengths are set as the part of the fault model that represents maximum magnitude earthquake near Parakar.

Seismotectonic settings of the study area

Evidence on the recent tectonics of the Ararat Depression could be found in the studies of A. A. Gabrielyan, A. T. Aslanyan, E. E. Milanovsky and other workers (Gabrielian A.A., 1958; Aslanyan A.T., 1958; Milanovski E.E., 1962).

The authors cited above have subdivided the Ararat depression into the following tectonic elements.

The Yerevan graben-synclinerium is bounded by the Hrazdan and Jrvezh-Manghyuz discontinuities on the west and on the east, respectively, and by the Paraqar-Yenghinjy horst uplift on the south. It is downthrown along the mentioned faults, and blocks bordering it are uplifted (fig.3) (G.Simonyan, 1963).

An analysis of the recent tectonics of this element is provided in the works of A. A. Gabrielyan and S. K. Arzoumanyanyan, whose data indicate that the elevated areas of Elar, Mourad-Sar, P'teniss and Aramys, as well as the Yerablour Hills, represent salt domes.

The concealed **Paraqar-Yenghidgy horst** uplift is located in the central part of the Ararat depression and stretches in near-latitudinal direction along the line of Tazaghyugh-Yenghidja-Arbat-Paraqar-Aghavnatoun being bounded on the northeast and on the southwest by the Yerevan Fault and the Echmiatsin Fault, respectively (fig.3) (G.Simonyan, 1963).

As attested by borehole data in the region of the villages of Tazagyugh, Arbat, and Yenghidja, and at the Tairov Sovskhoz (Farm), the thickness of Quaternary sediments is in the range of 25-40m, and the drilled thickness of those units corresponds to 170 и 280m, respectively. Over the distance of more than 20km between the villages of Tazagyugh and Zvartnots, an Early-

Quaternary lake stratum is exposed on the surface; in the central part of the horst, it is overlain by the fourth terrace of the Arax River. This lake stratum was drilled by boreholes located to the south and to the north of the horst at depths ranging up to 45m. The gravimetry data suggest that in the northwestern direction the horst uplift was plunging and rising near the village of Aghavnatoun (G.Simonyan, 1963).

The Middle-Arax inter-mountain trough is the largest in Armenia. In the Quaternary, Lake Ararat stretched along the Arax River. In the recent relief, these two units are subdivided by a transverse bridge of the Mount Aragats massif located in between and composed of the Late Pliocene lava. The greatest thickness of fluvial-lacustrine deposits ranging to 450m was established by drilling in the central part of the trough within the Ararat depression, where the bottom of those deposits was located at the elevation of 350-400m. On the margins of the trough, the lake deposit thickness is decreased, and fragments of its remains have been preserved in places. In particular, the deposits are exposed in the southern part of the Yerevan city, near the Karmir Blour Fortress that is situated not far from the Paraqar Village, and in the central and northern parts of the city, at the elevations of 850, 950 and 1150-1200m, respectively (A. A. Gabrielian et al., 1993).

In the central part of Armenia, relief of the area is prevalingly of high-mountain type (ranging up to 3,000m and higher) and is represented by several range-uplifts elongating in near-latitudinal direction. Toward the south-west, the relief has moderately high elevations (up to 1,500-2,000m) and is likewise represented by systems of range-uplifts striking in the northeastern direction and becoming lower toward the Ararat depression. In addition, young Pliocene-Quaternary volcanic and fluvial-lacustrine formations are commonly developed in this region (G.P.Simonyan, 1999).

The longitudinal profile that is plotted southwestwards of the former one through the Aragats-Ghegham-Vardenis-Karabakh system of range-uplifts gives an idea about the neo-tectonic structure of the central part of Armenia. The Shirak Depression located on the western termination of the profile borders the low mountains of the Kars Plateau in the west, and the foot part of the giant volcanic massif of Mount Aragats in the east. According to geophysical evidence, lava thickness ranges up to 300-400m (G.P.Simonyan, 1999).

The latest significant volcanic activity on Ararat is most probably related to 1840. The disastrous $M=7.4$ Ararat earthquake occurred on July 2, 1840 (Ambraseys and Melville, 1982). Many villages in the area around Ararat volcano and the towns of Dogubayazet, Maku, and Ordoubad were completely destroyed. The earthquake was accompanied by the formation of a 72-km-long seismogenic surface rupture and the failure of a landslide from the Ararat summit (Stepanian, 1964; Ambraseys and Melville, 1982).

After the 1840 earthquake, a fierce polemic started between the researchers who surveyed the earthquake ejects in 1840-1845 (Karakhanyan A., et al., 2002).

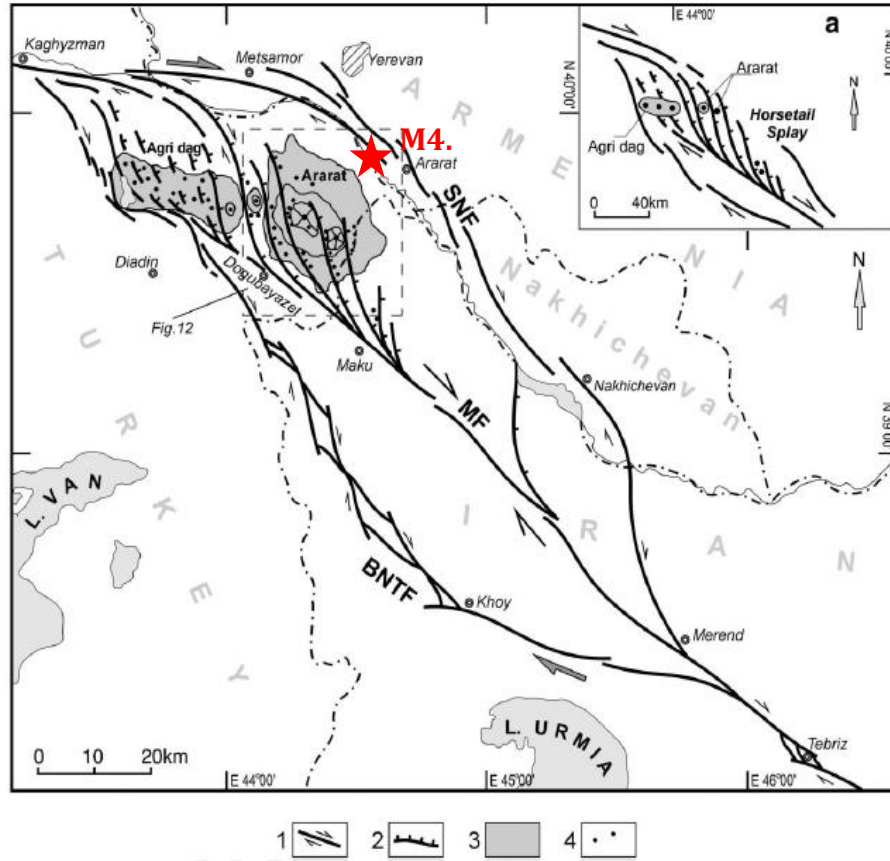


Fig.3. Ararat pull-apart basin. 1, Strike-slip faults; 2, normal faults; 3, Ararat and Agri-Dag volcanoes; 4, parasitic volcanoes. Active faults: SNF, Sardarapat-Nakhichevan fault; MF, Maku fault; BNTF, Balikghel-North-Tabriz fault. (a) Conceptual geodynamic model (Karakhanyan A., et al., 2002).

Davtyan (2006) processed the GPS data from the three sessions of measurements conducted in 1998, 2000 and 2003, and indicated that slip velocities were detected along the Pambak-Sevan Fault, Garni Fault, and Javakhq Fault, but were absent in the region of Aragats Volcano and in the Ararat Valley (fig.4, Davtyan, 2006). Motion velocities were not detected either along the Yerevan Fault, or Sardarapat structure, or any other faults (fig. 4).

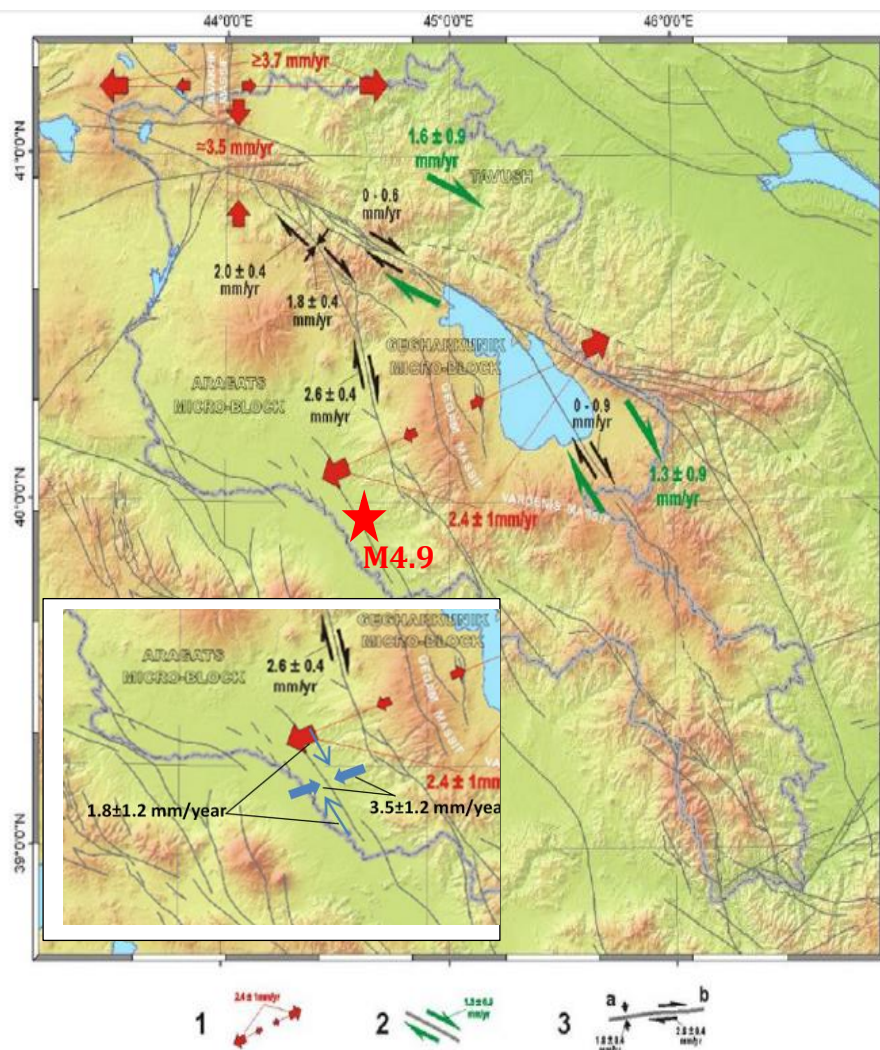


Fig. 4. Slip rates by the GPS data (Davtyan., 2006).
 1- Assessment of amount of deformation by the velocity analysis; 2 - Assessment of amount of deformation by the remote station data; 3 - Assessment of amount of deformation by the relation of Euler vectors

Seismicity of Yerevan Fault Area

Since the 20th century, only a few relatively strong earthquakes ($M_S \geq 4.0$) are known to have occurred within the proximity of Yerevan. These seismic events collectively came to be called the “Yerevan earthquakes” (tabl.1, fig.2; Karapetyan, 1990).

Table 1

Summary of Yerevan earthquakes

Date	Magnitude or intensity	Notes
Jan. 25, 1910	M _S 4.5, 6-7 MSK intensity	Felt in Yerevan
Jan. 7, 1937	M _S 4.8	Damage in both Yerevan and Parakar village
Jun. 16, 1973	M _S 4.0, maximum MSK intensity 5-6	Recorded by several Caucasian seismic stations, Felt in Yerevan
Feb. 25, 1978	~5-6 MSK intensity	Felt in Yerevan
Aug. 2, 1984	~5-6 MSK intensity	Felt in Yerevan

Table 2

Summary of M<4 earthquakes studied by Tovmasyan (2008)

Date	Magnitude
Mar. 1, 1997	M _L 3.9
July 29, 2005	M _L 3
Apr. 11, 2007	M _L 3
Nov. 4, 2008	M _L 3.2

This historical seismicity, with nine moderately sized earthquakes occurring over the course of a century in direct proximity to Yerevan, demonstrates that the Yerevan Fault and Parakar sub-fault are a seismically active system (fig. 2).

Seismic data

The 2021 earthquake occurred in the close vicinity of several IGS seismic network stations (fig. 5). Digital waveform data for this event was extracted from the IGS and National Survey for Seismic Protection (NSSP) Armenian seismic network databases, as well as from the following stations of Turkey's seismic network : TASB, 7602, 7603, 7604, DIGO, and IGDI.

These stations' records provide high quality, unsaturated, broadband seismic data. These regional broadband records present an excellent opportunity to precisely analyze the source parameters and focal mechanism of this earthquake. This high data quality is demonstrated in an example seismometer recording of this earthquake, shown in fig. 4.

The 2021 earthquake in the context of the Yerevan Fault area

The 2021/02/13 M4.9 earthquake is the strongest event to have occurred in the Yerevan area since the M4.8 earthquake of 1937. All of the earthquakes discussed in this paper fall within the same region, and could have originated on the same fault (characterized by a reverse focal mechanism with a strike-slip

component, as shown in Table 3 and fig. 5), although the uncertainties on epicentral locations do not allow this hypothesis to be confirmed.

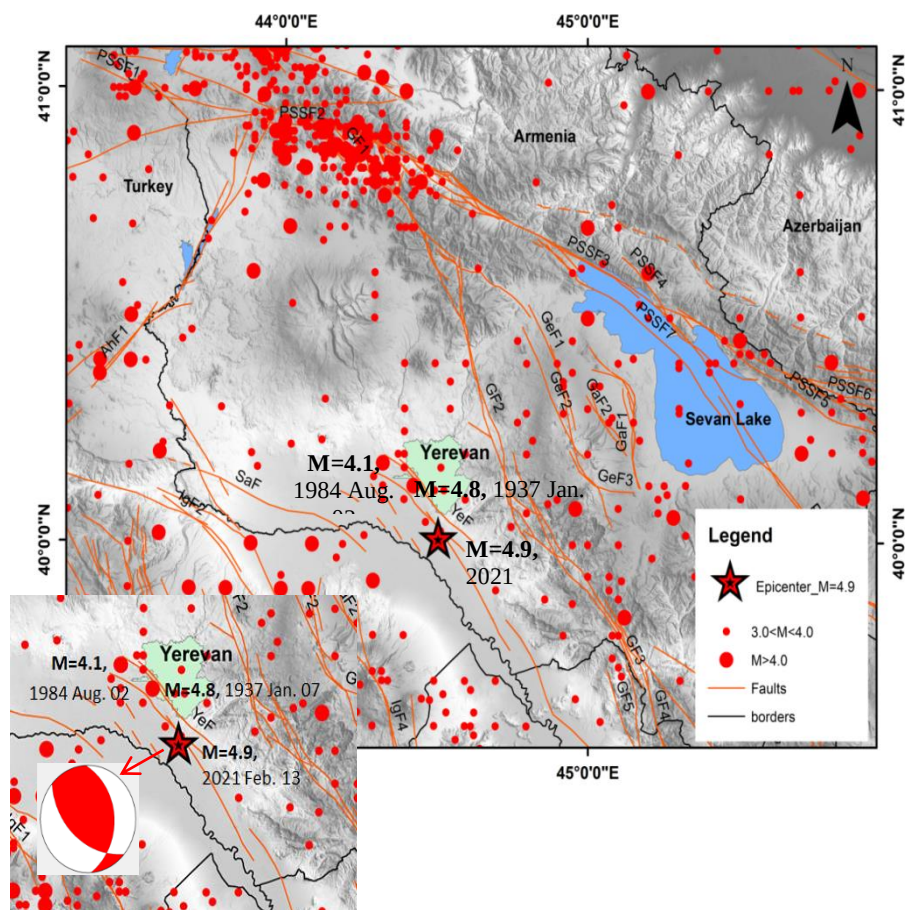
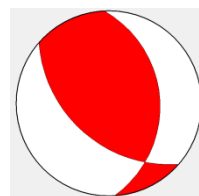


Fig.5: Regional seismicity and major active faults of the epicentral area of the 2021/02/13 earthquake. Inset: the focal mechanism of the 2021/02/13 earthquake.

Table 3

Epicenter coordinates and focal mechanism parameters of the 2021/02/13 earthquake.

EQ ____4.9 Magnitude
2021 February 13, 11:29:23.72 (UTC)
Latitude - 40.01556
Longitude – 44.51167
Depth – 13km
M=4.9



Strike1	Dip1	Rake1	Strike2	Dip2	Rake2
211.4	71.4	-27.6	310.9	64	-159.2

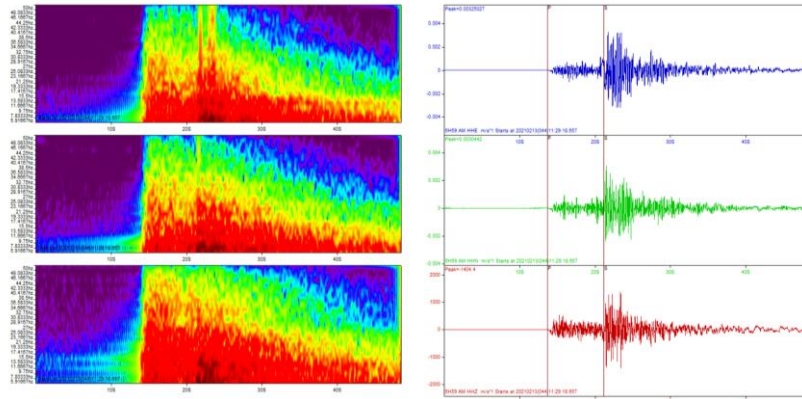


Fig.6: Seismic spectrum and waveforms of the 2021/02/13 earthquake recorded by the Arzakan station (ARZ in Fig. 5) of the Institute of Geological Sciences (IGS) Seismic Network.

We construct the focal mechanism solution for the 2021 earthquake. In addition to the waveform data extracted from the IGS, NSSP, and Turkish seismic networks, additional information from the surrounding regional stations was extracted as digital waveforms, or as first phase picks from the EMSC database (<https://www.emsc.eu/Earthquake/>) and the National Center of the Broadband Seismic Network of Iran (<http://www.iiees.ac.ir/en/iranian-national-broadband-seismic-network/>). P-wave phases from 37 seismic stations, which provide optimal azimuth coverage around the epicenter, were used in calculating the focal mechanism solution. The epicenter, main event focal mechanism, and aftershocks of the 2021/02/13 earthquake, and locations of seismic stations are shown in fig. 7.

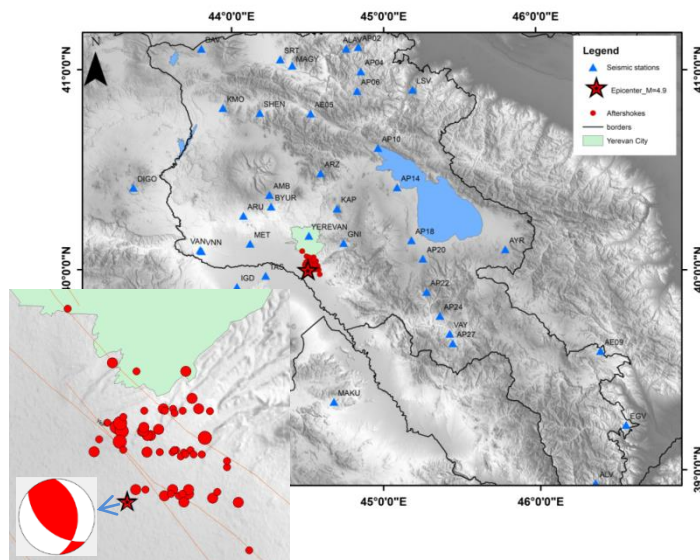


Fig.7. The epicenter and aftershocks locations, and main event focal mechanism, of the 2021/02/13 earthquake, and locations of seismic stations.

For determining fault plane geometry, the first motion polarity technique was applied to the earthquakes (Vvedenskaya A., et al., 1960). The FA2004 software package (Lander, 2004) was used to determine the focal mechanism. This software depends on the azimuth, angle of incidence, and polarities of P-phase. Any P-wave ray path leaving the source can be identified by two parameters: the azimuth from the source, ϕ , and the angle of incidence, i_0 , which is a function of the distance, Δ , between the source and the recording station.

The earthquake's focal mechanism was determined geometrically, from the orientations of the P and T kinematic axes bisecting the angles between the fault plane and the auxiliary plane. They can also be determined from the orientation of one of the two nodal planes and the associated slip vector. From this, the focal mechanism solution with 2 nodal planes (strike, dip and rake parameters) was constructed.

Our calculated focal mechanism solution (tab.3) shows that this 2021 M4.9 earthquake is characterized by a reverse fault mechanism with a strike-slip component.

Discussion

The February 13, 2021 earthquake was the strongest earthquake ever reported in Yerevan city in the modern instrumental time period (1962 to present), and was strongly felt throughout Yerevan and the surrounding areas.

Accurately determining epicenter locations has been a long-term issue noted in various prior studies. Since the beginning of the instrumental period, the earthquakes that have occurred in the Yerevan area have been attributed to the blind Yerevan fault system.

The epicentral region of the M4.9 2021 earthquake (fig.3) may illuminate that the YF system is the same seismogenic source of the Ms4.8 earthquake of 1937.

Furthermore, the focal mechanism of this 2021 event demonstrates the same sort of active faulting mechanism as can be inferred from descriptions of the 1937 event.

Acknowledgements

The IGS Seismology Research Group is very grateful to the National Survey for Seismic Protection (NSSP) of the Ministry of Emergency Services of the Republic of Armenia and Freeland, Ata. University, Erzurum, Turkey for sharing seismic data critical to this study. This data allowed for a much more robust analysis of seismic events in Yerevan and the surrounding region. We thank Dr. Kh. Meliqsetian for assistance with methodology, and for comments that greatly improved the manuscript.

Reference

- Aslanyan A.** 1954. "Deep fault near Yerevan City. Volume of contribution summaries of the 6th Science and Technology" Conference of the Transcaucasian High Technological University Professors and Lecturers (in Russian).
- Aslanyan A.** 1958. "Regional geology of Armenia", HaiPetHrat, Yerevan (in Russian).
- Davtyan V., Doerflinger E., Karakhanyan A., Philip H., Avagyan A.** 2006. "Champollion C., Aslanyan R. Fault Slip Rates in Armenia by the GPS Data". // News Letter of NAS RA. Earth Sciences, № 2.
- Gabrielian A.** 1958. "New data on the tectonics of the Middle Araks Basin" ARM USSR, V. XXVI, N 5.
- Gabrielyan A.** 1959. "Main issues of the geotectonics in Armenia". Publishing House of the AS of the Armenian SSR, Yerevan (in Russian).
- Gabrielyan A., Sargsyan O. and Simonyan G.** 1981. "Seismotectonics of the Armenian SSR". Publishing House of the Yerevan State University, Yerevan (in Russian).
- Gabrielian A., Simonyan G.** 1993. "On the Quaternary tectonic movements in the territory of Armenia", Proceedings of the NAN RA, Earth Sciences, N1, p.3-7.
- Karakhanyan A., Trifonov V., Philip H., Avagyan A., Hessami K., Jamali F. Bayraktutan M., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V., and Adilkhanyan A.** 2004. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. Tectonophysics, 380, p.189-219.
- Karapetyan N.** 1990. "Seismodynamics and the mechanism of occurrence of earthquakes in the Armenian Highlands", Publishing of the Academy of Sciences of Arm. Yerevan, p.264.
- Karakhanyan A., Djrbashian R., Trifonov V., Philip H., Arakelian S., Avagian A.** 2002. "Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries", Journal Volcanology and Geothermal Research 2374, p.1-27.
- Lander A.** 2004. The FA2002 program system to determine the focal mechanisms of earthquakes in Kamchatka, the Commander Islands and the Northern Kuriles. Report KEMSD GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 250 pages.
- Milanovski E.** 1962. "Recent tectonics of the Armenian USSR and adjacent regions of Transcaucasia", Geology Arm. USSR, volume I - Geomorphology, Ed. AN Arm. USSR.
- "GEORISK" CJSC.** 2011. Seismic hazard assessment for the construction site of a new power unit of the Armenian NPP, Final Report.
- Simonyan G.** 1963. "On the recent tectonics of the Ararat Depression", Izvestia AN Armyanskoi SSR, Nauki o Zemle, N6, p.9-15.
- Simonyan G.** 1999. "The newest tectonics of the central and western parts of the Republic of Armenia", Proceedings of the NAN RA, Earth Sciences, N1, p.7-12.
- Tovmasyan A.** 2008. Focal Mechanisms of Yerevan Earthquakes, The modern main issues of Geology and Geography, p.297-305.
- Vvedenskaya A., Balakina L.** 1960. "Method and results of determining the stresses acting in the sources of earthquakes in the Baikal region and Mongolia" // Bulletin, Seismology Council. № 10. p.73-84.
- Piruzyan S.** 1969. "Experience of detailed seismic zoning of the territory of the Greater Yerevan District", "Hayastan", Yerevan,
- Japan International Cooperation Agency (JICA)** 2012. "Risk Assessment of Yerevan City", Final Report.

**2021 թ. ԵՐԵՎԱՆԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԸ (ML=4.9) ԵՐԵՎԱՆՑԱՆ ԽՁՎԱԾՔԻ
ՄԵՑՄՍԱՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ՀԱՄԱՏԵՔՍՏՈՒՄ**

**Սարգսյան Լ., Սահակյան Է., Լևոնյան Ա., Դեմիրճյան Հ.,
Թողրամաջյան Ն., Գևորգյան Մ., Բայրակթյունյան Ս.**

Ամփոփում

Ժամանակակից գործիքային ժամանակաշրջանում՝ 2021թ փետրվարի 13-ի երկրաշարժը, ըստ հաղորդագրությունների, ամենաուժեղն էր Հայաստանի մայրաքաղաք Երևանում երբևիցե տեղի ունեցածներից: Այն ուժեղ զգացվում էր ամբողջ Երևանում և նրա շրջակայքում: Վերածվել է երկրաշարժի օջախի պարամետրերը և ֆոկալ մեխանիզմը: Մեր կողմից հաշվարկված ֆոկալ մեխանիզմը ցույց է տալիս, որ 2021թ M4.9 մագնիտուդով այդ երկրաշարժը բնութագրվում է կողաշարժի բաղադրիչ ունեցող վրաշարժի խզվածքի մեխանիզմով: Այդ, քննարկվել է Երևանի անմիջական մոտակայքում մեկ դարի ընթացքում տեղի ունեցած պատմական սեյսմիկությունը և ցույց է տրվել, որ Երևանյան խզվածքը և Փարաքարի ենթախզվածքը սեյսմիկորեն ակտիվ համակարգեր են: Անդրադարձ է կատարվել Երևանյան խզվածքի հնարավոր Հս.-Արմ. և Հվ.-Արլ. շարունակության խնդրին:

**НЕДАВНЕЕ ЕРЕВАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 2021 ГОДА (ML=4.9)
В СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ ЕРЕВАНСКОГО
РАЗЛОМА**

**Саргсян Л., Саакян Э., Левонян А., Демирчян О., Тограмаджян Н.,
Геворгян М., Байрактутан С.**

Резюме

По сообщениям за современный инструментальный период времени землетрясение 13 февраля 2021 года было самым сильным событием в окрестности столицы Армении – Еревана. Оно сильно ощущалось по всему Еревану и на окружающих территориях. В данном исследовании мы анализируем параметры очага и фокальный механизм этого землетрясения. Наш расчет фокального механизма показывает, что это зем-

летрясение 2021г. с магнитудой М4.9 характеризуется надвиговым механизмом с компонентой сдвига. Мы также обсуждаем историческую сейсмичность за столетие в непосредственной близости к Еревану и показываем, что Ереванский разлом и Паракарский суб-разлом являются сейсмически активными системами. Мы также рассматриваем проблему продолжения Ереванского разлома на СЗ и на ЮВ.

РЕПРЕССИИ ПРОТИВ АРМЯНСКИХ ГЕОЛОГОВ И ГОРНЯКОВ В СССР

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-42

Хомизури Г.П.

*Институт геологических наук НАН РА, 375019, Ереван,
Пр. Маршала Баграмяна 24а, Республика Армения
e-mail: g.khomizuri@yandex.ru
Поступила в редакцию 19.10.2022*

Целью статьи было показать, что данное исследование относится и к гражданской истории, и к истории геологии, поскольку арест и последующее осуждение и в некоторых случаях гибель упоминаемых ниже армянских геологов и горняков – это трагедия и родных, и близких репрессированного и непоправимый вред развитию геологии в Армении. Сразу после ареста немедленно изымались из всех библиотек СССР труды арестованного последующие поколения молодых геологов Армении на протяжении десятков лет даже не знали ни о его существовании, ни о его трудах.

В 2019г. я завершил начатое еще в 2006г. исследование «Террор против геологов и горняков в СССР». Я выбрал из него сведения о терроре против геологов и горняков Армении. Из материалов из Национального Архива Армении я включил еще четверых горных инженеров.

На первый взгляд может показаться, что это исследование из области гражданской истории, да я и взялся за это исследование потому, что «существует нравственная обязанность чтить память мертвых, тем более что эти мертвые – невинные и безымянные жертвы молоха абсолютной власти, стремившейся стереть даже воспоминание о них» (Куртуа, 1999, с.57). Да, мое исследование относится к области гражданской истории. Но не только. Арест, последующее осуждение и в некоторых случаях гибель упоминаемых мною армянских геологов и горняков – это трагедия и родных, и близких репрессированного и непоправимый вред развитию геологии в Армении. Например, арест Тиграна Аршаковича Джрбашяна означал немедленное изъятие из всех библиотек СССР и из Ереванского Университета всех его трудов и рукописей. Университет лишился декана геологического факультет, студенты – блестящих лекций профессора Т.А. Джрбашяна, а последующие поколения на протяжении 30 лет даже не знали о его существовании, поскольку другие преподаватели не имели права говорить о научных достижениях организатора и первого декана геологического факультета. И это касается всех репрессированных.

На какие источники я опирался? Только на открытые. Почему? По-

тому, что я не имел доступа к архивам ВЧК-ГПУ-ОГПУ-НКВД-НКГБ-МГБ-КГБ-ФСБ. Недоступны все материалы, связанные с Катынью, а что уж говорить о перечисленных мною архивах. На неизбежный упрек в том, что в этом исследовании я использую только открытые источники, а не архивные материалы, ответ прост. Большинство архивных материалов, касающихся террора в годы коммунистического режима, совершенно недоступны не только «людям с улицы», таким, как я, не имеющим диплома исторического факультета, но и «ученым, кандидатам и докторам наук, сотрудникам академических институтов и преподавателям вузов» (Курляндский, 2010, с.12).

Итак, что же я смог установить? Отсутствие доступа к архивам и нигде не фиксировавшиеся бессудные расстрелы в первые годы советской власти заведомо занижают истинные цифры. За все годы советской власти были репрессированы 22 армянских геолога и горняка. Один из них погиб во время следствия:



Тигран Аршакович Джрбашян

Поскольку это была самая тяжелая утрата для геологии Армении, и поскольку в Internet даже дата его смерти не известна («Жертвы политического террора в СССР», «Открытый список», «Энциклопедия Фонда Хайазг» и др.), поскольку в Internet до сих пор нет сайта «Джрбашян Тигран Аршакович. Википедия», есть лишь одна большая статья о нем Л.А. Авакяна на армянском языке (Ավագյան, 1969), считаю необходимым дать более подробную информацию о нем, нежели о других репрессированных. Основной корпус сведений – из интервью Арутюна Марутяна, взятого им у сыновей Т.А. Джрбашяна Эдгара и Рубена в 2014г.

ДЖРБАШЯН Тигран Аршакович (09.11.1889 – 15.09.1937) – видный армянский геолог, минералог, горный инженер. Родился в Ване. Начальное образование получил в Эрзеруме, в школе Ерицян (1896-1902гг.),

среднее – в Ване, в гимназии Еремян (1902-1906гг.), и в Тифлисе, в гимназии Нерсисян (1908-1912гг.). После ее окончания в 1913г. он вернулся в Ван и стал преподавателем центральной гимназии Айказян. Именно здесь, получив педагогическое крещение, он решил всю свою дальнейшую деятельность посвятить образованию и культуре.

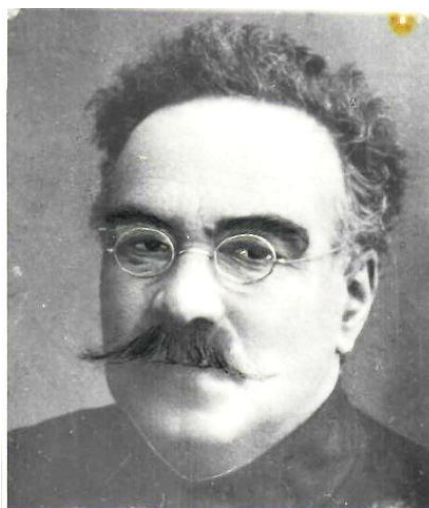
В 1915г., во время июльского отступления русских войск из Вана, с родителями, сестрой и братом эмигрировал в Восточную Армению. В 1915-1918гг. занимался педагогической деятельностью в школах-приютах при местном Айказяновском благотворительном обществе и школе Нерсисян. В 1917-1920гг. учился в Тифлисском закавказском университете и одновременно работал в кабинете минералогии Политехнического института. В 1920г. он, как отличный студент (к тому же владеющий свободно французским, английским и русским языками), получил стипендию председателя Всеармянского благотворительного общества Погоса Нубара, и поступил в Париже в Университет Сорбонны, а затем перевелся в Парижский минералогический институт, который окончил в 1925г., получив звание горного инженера-минералога. Одновременно он работал также в Парижском естественном музее под руководством известных геологов А. Лакруа, Э. Ога и П. Бонне, с которыми его связывали тесные дружеские отношения. При защите дипломной работы получил приглашение от эфиопского дипломата работать советником правительства по геологии, от которого, однако, отказался, мотивируя это тем, что он должен вернуть своей Родине и народу всё то, что он получил за годы учебы в Париже.

В конце 1924г. Т.А. Джрбашян вернулся в Ереван и уже в начале следующего года поступил на работу в Ереванский государственный университет как преподаватель геологии, кристаллографии и минералогии. За короткое время ему удалось создать кабинет кристаллографии и минералогии, кристаллографическую мастерскую, он принимает участие в подготовке кадров. В 1934г. его назначили первым деканом географо-геологического факультета, созданного при его активном участии, и заведующим кафедрой. В 1935-1937гг. педагогическую деятельность он совмещает с научно-исследовательской работой в Геологическом институте Армянского филиала Академии наук СССР (АрмФАН) (ныне Институт геологических наук НАН РА) как научный сотрудник и руководитель Котайкской геологической экспедиции. Т.А. Джрбашян вместе с известным геологом О.Т. Карапетяном был основателем Геологической службы Республики. Он стал первым исследователем, который изучал неметаллические полезные ископаемые Армении.

По словам его сына, Рубена Тиграновича Джрбашяна, «отец никогда не занимался политикой, ни в какой партии не состоял, был уважаемым человеком». Однако 31 августа 1937г. он был арестован сотрудниками НКВД. Обвинялся в том, что учился во Франции и значит – иностранный шпион. Другой сын Тиграна Аршаковича Эдгар сказал: «Умер в Ереване, в подвалах НКВД, спустя 15 дней после ареста. Нам так сказали в минис-

терстве юстиции». В деле Т.А. Джрбашяна имеется докладная офицера, проводившего допрос, согласно которой Т.А. Джрбашян, после того, как ему было предъявлено обвинение в шпионаже, почувствовал себя плохо, потерял сознание, а придя в себя, пожаловался на сердце и утром скончался. Вскрытие, проведенное врачом-непрофессионалом, также подтвердило (имеются акт и материалы допроса 1955г.), что у Джрбашяна были проблемы с сердцем. Между тем, по свидетельству родных, по роду службы он много ходил пешком и никогда проблем со здоровьем не имел. То самое – «погиб под пытками во время следствия».

В этот же период были расстреляны семь специалистов: И.И. Мелик-Гайказян, А.С. Зорабян, К.А. Кароньян, В.Т. Меликян, А.И. Паронян, А.Я. Петросянц и С.Я. Тер-Месропян (найден только один портрет):



Иосиф Исакович Мелик-Гайказян

МЕЛИК-ГАЙКАЗЯН Иосиф Исакович (24.07.1887 – 18.07.1938) – горный инженер. Родился в Благовещенске. Отец – видный военный деятель российской армии Исаак Осипович Мелик-Гайказян. Последнее место работы – главный инженер Наркомата местной промышленности Армянской ССР. 7 августа 1937г. арестован по обвинению в «участии в правотроцкистской националистической организации». 19 апреля 1938г. Сталин подписал ему приговор по категории 1; 18 июля приговорен Военной коллегией Верховного Суда СССР к смертной казни и расстрелян в тот же день (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 2. Д. 278-282; Мелик-Айказян; Армянская Энциклопедия Фонда «Хайазг»).

ЗОРАБЯН Артем Сергеевич (1884-1938гг.) – горный инженер и геолог. В 1913г. окончил Варшавский политехнический институт. В 1914-1918гг. работал на нефтепромыслах Баку. В 1930-1931гг. – начальник Закавказского районного геологоразведочного управления; в 1931-1932гг. – директор ЦНИГРИ, член ЦИК АрмССР. 13 января 1937г. был арестован

по обвинению в «контрреволюционной троцкистской деятельности» и 4 сентября того же года был приговорен Особым совещанием НКВД СССР к 5 годам принудительных работ. В 1938г. в лагере был приговорен к смертной казни и расстрелян (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 3. Д. 1062-1064; Репрессированные геологи, 1999, с. 136).

КАРОНЬЯН Корсан Акопович (1903 – 02.11.1937) – геолог. Родился в Александрополе. 8 января (по другим данным, 8 марта) 1936г. по обвинению в «контрреволюционной деятельности» приговорен ОСО при НКВД СССР к 5 годам принудительных работ и отправлен на Соловки. 9 октября 1937г. приговорен Особой тройкой УНКВД Ленинградской области к смертной казни и 2 ноября того же года расстрелян в урочище Сандормох (Западная Карелия). Там же и захоронен (Репрессированные геологи, 1999, с. 149).

МЕЛИКЯН Ваге Томасович (1903 – 21.02.1938) – геофизик. Родился в Баку. В 1917г. учился в Румынии. В 1928г. окончил Горную школу в Париже и в октябре был принят на работу в фирму «Шлюмберже». В 1929г. переехал в СССР, позже принял советское гражданство. До ареста – инженер-консультант фирмы «Шлюмберже» при Конторе геофизических разведок Треста «Главнефть» Наркомата тяжелой промышленности СССР. Арестован 21 февраля 1938г. по обвинению в «шпионаже». 28 марта Сталин подписал приговор по категории 1. 2 апреля Военная коллегия Верховного Суда СССР приговорила его к смертной казни. Расстрелян в тот же день. Захоронен на Коммунарке (Жертвы политического террора в СССР. Меликян; Армянская энциклопедия Фонда Хайазг. Меликян).

ПАРОНЯН Арменак Николаевич (1889 – 20.09.1937) – горный инженер. Сталин подписал ему приговор по категории 1. 20 сентября 1937г. Военная коллегия Верховного Суда СССР по обвинению по ст. 58, пп. 8, 9 и 11 приговорила его к смертной казни, и в тот же день он был расстрелян. Его жена Паронян Аракси Михайловна, как ЧСИР (член семьи изменника Родины), была приговорена ОСО при НКВД СССР к 8 годам принудительных работ и отправлена в Карлаг (Карагандинский ИТЛ) (Сталинские списки. Паронян; Жертвы политического террора в СССР. Паронян).

ПЕТРОСЯНЦ Арамаис Яковлевич (конец XIXв. – 1938г.) – геолог. В 1937г. – профессор Средне-Азиатского индустриального института. Автор труда «Введение в тектоническое изучение Средней Азии. (Критический обзор тектонических схем)». Ташкент: Комитет наук УзССР, 1937. 118с. 12 сентября 1938 г. Сталин включил его в список на расстрел как «врага народа», и вскоре А.Я. Петросянц был расстрелян (Хомизури, 2019, с.685).

ТЕР-МКРТЧЯН Согомон Яковлевич (02.12.1889 – 11.06.1938) – горный инженер. Род. в с. Лор Зангезурского уезда Елизаветпольской губернии. Окончил Донской политехнический институт, инженер Новогрозненского района. Арестован 18 августа 1929г., по статье ст. 58 УК РСФСР, пп.6, 7 и 11 и приговорен к заключению в концлагерь сроком на 10 лет. Решением Коллегии ОГПУ от 28 июня 1931г. освобожден из мест заключения и выслан на Северный Кавказ для работы в тресте «Гроз-

нефть» на оставшийся срок. 19 апреля 1938г. в списке по Башкирской АССР Сталин подписал ему приговор по категории 1 (каким образом С.Я Тер-Мкртчян оказался в списке по Башкирской АССР выяснить не удалось). 11 июня Военной коллегией Верховного суда СССР по ст. 58-7, 58-8 и 58-11 УК РСФСР приговорен к расстрелу, который приведен в исполнение в тот же день (Зеленская, 2004).

11 были приговорены к принудительным работам: А.М. Ахьян, Бабахьян, А.А. Бабаян, Е.Г. Багратуни, Манукьян, Г.Ф. Маркарян, С.А. Мелик-Степанян, А.И. Месропян, В.Х. Оганесян, Г.Т. Осемян и А.И. Севумян (найденно только три портрета; портрет С.А. Мелик-Степаняна помещен ниже, вместе с его биографией):



Артём Иванович Месропян



Ашот Иванович Севумян

МЕСРОПЯН Артём Иванович (13.12.1891 – 15.03.1963) – геолог. Родился в Батуми. Учился в реальном училище г. Шуши, которое окончил в 1910г. В 1911г. поступил на горно-геологическое отделение Горного института в Санкт-Петербурге. До ареста – руководитель промышленным сектором треста «Азнефть» по подготовке новых нефтяных площадей и преподаватель Азербайджанского нефтяного института. 24 марта 1938г. арестован по обвинению в «контрреволюционной деятельности». 12 октября 1941г. ОСО при НКВД был приговорен по ст. 58, п. 10 к 8 годам принудительных работ. После отбытия наказания работал в Институте геологических наук АН АрмССР (Месропян, 1962, с.2).

СЕВУМЯН Ашот Иванович (1902-1951 гг.) – геолог.

Родился в 1902г. в селении Калага Геокчайского района Азербайджана. В 1916г. переехал в Баку, где продолжил учебу и отслужил в армии. В 1921г. он стал одним из первых студентов Бакинского Политехнического института. После успешного завершения учебы получил предло-

жение остаться в Институте для проведения научной и педагогической работы. И уже в 1926г., в возрасте 24 лет, становится заведующим кафедрой геологоразведочного факультета, а в 1929г. – деканом факультета. Это было время, когда в Политехническом институте были сосредоточены основные научно-исследовательские работы в области техники, экономической науки и агрохимии, проводимые в Республике, и он принимал в них активное участие. А.И. Севумян стоял у истоков создания Азербайджанского Индустриального института. В 1936г. его арестовали. Отсидев три года, он вышел на свободу и устроился на работу в городе Шемахе. Но слухи о том, что он на свободе, доходят до НКВД. И вновь арест и восемь лет заключения. В 1947 г. его освобождают без права проживания в Баку. Он возвращается в свое родное село, которое покинул тридцать лет тому назад и начинает работать в колхозе. Но это еще не все. Через два года он вновь подвергается аресту, и его отправляют на вольное поселение в Красноярский край, где в 1951г. его не стало (Армянская Энциклопедия Фонда «Хайазг»; Энциклопедия. Неизвестные бакинцы...).

АХЬЯН Арменак Мисакович (род. в 1905г.) – геолог. В 1935г. Окончил Ленинградский горный институт. Как сотрудник ЦНИГРИ-ВСЕГЕИ проводил геологические исследования в Сибири, на Урале и на Кавказе. Арестован 26 июня 1941г. «за нелестные высказывания в адрес вождей». Содержался в доме предварительного заключения в Ленинграде, приговорен ОСО по ст. 58 («контрреволюционная деятельность») к 5 годам принудительных работ. До октября 1942г. находился во 2-й челябинской тюрьме, затем в ссылке в Нарымском крае. Освобожден 28 июня 1946г. Работал на Ломоносовском фарфоровом заводе и в НИИ кварцевой керамики в Ленинграде (Репрессированные геологи, 1999, с.23).

БАБАХЬЯН (1909-1969?гг.). Учился на геологическом факультете Казанского университета. Работал в нефтяной промышленности в Баку. В 1934г. его арестовали как «члена националистической армянской группы» (по другим сведениям – как «член контрреволюционной троцкистской организации в нефтяной промышленности Азербайджанской ССР»). Приговорен в 1938 г. ОСО при НКВД АзССР по ст. 21-64, 21-70, 73 УК АзССР к 5 годам принудительных работ и отправлен в Ухтижемлаг. Работал на нефтешахте № 1 (ОЛП-4). 16 июня 1951г. как «повторник» по тому же обвинению приговорен ОСО при МГБ СССР к бессрочной ссылке в Ухтинский район. После освобождения 17 мая 1954г. работал в Кокандской геологоразведочной экспедиции (Репрессированные геологи, 1999, с.23).

БАБАЯН Асатур Андреевич (род. в 1909г. в Баку) – геолог. По обвинению «в принадлежности к контрреволюционной троцкистской организации» 25 сентября 1938г. приговорен ОСО НКВД СССР по ст. 21-64, 21-70, 73 УК АзССР к 5 годам принудительных работ и отправлен в Ухтижемлаг. Работал на нефтешахте № 1 (ОЛП-4). Повторно (по тому же обвинению) приговорен постановлением ОСО за № 24 от 16 июня 1951 к ссылке с поселением в Ухтинском районе Коми АССР. Работал геологом.

Освобожден из ссылки 17 мая 1954г. (Репрессированные геологи, 1999, с.24; Сталинские списки. Бабаян; Наш Баку. История Баку и бакинцев).

БАГРАТУНИ Еновк Герасимович (1883-1953гг.) – геолог, специалист по рудным месторождениям. В 1916г. окончил Петроградский горный институт. В 1920-х – 1930-х годах был сотрудником Геолкома-ЦНИГРИ. В 1930-х годах – один из первооткрывателей железорудных месторождений в районе Норильска и Нижне-Ангарска. Соавтор (вместе с В.Г. Грушевым и М.П. Русаковым) исследования «Агарак. Медно-молибденовое месторождение в ССР Армении». Тифлис, Изд. Зак. Геол.-Разв. Треста, 1932. 31с. Позднее был репрессирован. Обвинение и приговор – не известны. Последние годы жизни работал в Министерстве геологии СССР. Похоронен на Армянском кладбище в Москве (Репрессированные геологи, 1999, с.24).

МАНУКЬЯН – горный инженер Кадиевского рудоуправления Донбасса. Арестован в начале 1924г. по «Делу Гулякова и др.» – обвинение в экономическом шпионаже и вредительстве. 21 июля приговорен Верховным Судом Украинской ССР к 5 годам принудительных работ (Голинков, 2006, с.305).

МАРКАРЯН Гарегин Фадеевич (род. в 1900г.) – гидрогеолог. В 1937г. – научный руководитель лаборатории треста «Башнефть». 21 июля 1937г. арестован по обвинению в «контрреволюционной деятельности». 22 ноября Сталин дал санкцию по категории 2. Вскоре был приговорен по ст. 58, п. 7 к 15 годам принудительных работ (Жертвы политического террора в СССР)

МЕЛИК-СТЕПАНЯН Смбат Андреевич (биографию см. ниже).

ОГАНЕСЯН Ваграм Хачатурович (род. в 1898 г. в Иране, Салмасский округ) – геолог. В 1937 г. был заместителем директора ИГН АН АрмССР. 28 декабря был арестован по обвинению в «участии в анти-советской организации» и заключен в тюрьму Еревана. 5 января 1940г. был приговорен Особым совещанием НКВД СССР к 5 годам принудительных работ и отправлен в Ухтижемлаг. Освобожден 15 января 1943г. В 1978г. Опубликовал книгу «Кафанские медные рудники» (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 11. Д. 735-737).

ОСЕПЯН Грайр Торгомович (род. в 1915г. с. Аштарак, Аштаракского р-на) – геолог. 26 июня 1951г. был арестован по обвинению в «антисоветской агитации» и 19 декабря Военным Трибуналом Закавказского военного округа был приговорен по ст. 58, п. 10 к 25 годам принудительных работ (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 2. Д. 40-42).

3 горняка приговорены к ссылке (их портреты не найдены):

КИРАКОСЯН Артем – горный инженер. 17 декабря 1949г. арестован по обвинению в «участии в контрреволюционной троцкистской организации» и 11 июня 1950г. приговорен Особым совещанием при МГБ

СССР к поселению на Колыме (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 9. Д. 1265-1275).

ЛАЛАЯН Бабкен Амбарцумович (род. 1907г. в с. Кохб Сурмалинского у. Эриванской губ.) – горный инженер. В 1949г. работал горным мастером в Армянском государственном геологическом управлении, и 11 марта был арестован по обвинению в «участии в антисоветской троцкистской группе». Приговорен 10 сентября ОСО при МГБ СССР к ссылке в Красноярский край (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 8. Д. 1292-1301).

МАРТИРОСЯН Андраник Мамиконович (род. в 1911г. в с. Кош Аштаракского района) – горный мастер. 17 декабря 1949г. арестован по обвинению в «участии в контрреволюционной троцкистской организации» и 1 апреля 1950г. приговорен Особым совещанием при МГБ СССР к поселению на Колыме (Национальный архив Армении. Ф. 1191. Сп. 9. Д. 1265-1275).

Приговоренные к ссылке были также фактически принуждаемы к принудительному труду, лишь в относительно более «комфортных» условиях. Они не занимались, чем хотели, как в царское время ленины, троцкие, сталины, микояны и иже с ними.

Неизбежно возникающий вопрос – а какой смысл был в репрессиях против специалистов? В планы властей не входил их труд на лесоповале – властям была нужна нефть, металлы и руда. Находясь на свободе, специалисты высокого уровня «тратили время» на всякие конгрессы, совещания, писали «какие-то там» теоретические труды. А в лагерных условиях их можно было за бесплатно заставить их все время трудиться «на благо Родины», выполняя заказы власть имущих под угрозой отправиться на лесоповал или вообще на тот свет. Все это – не открытие коммунистов СССР. Основоположник утопического социализма Томас Мор, в 1516г., т.е. за 400 лет до Октябрьского переворота, в своей «Утопии» сформулировал один из основных принципов социализма:

«Почти все особо тяжкие преступления караются обычно осуждением на работы. Утопийцы полагают, что в этом не меньше страха для преступников и больше выгоды для государства, чем, если бы стали они торопиться убить виновных и сразу от них избавиться. Ибо своим трудом они принесут больше пользы, чем своей смертью» (Мор, 1978, с.235). Каковы у нас цифры по репрессированным армянам?

7 – расстреляны и 1 погиб; 14 – принудительный труд и ссылка.

Итого: 36 % убиты, а 64 % трудились на «благо Родины».

Я не могу подробно рассказывать обо всех 22 репрессированных, тем более, что о 17 из них до сих пор почти ничего не известно. Я хочу обратить ваше внимание на одного из них: на Смбата Мелик-Степаняна. К величайшему сожалению, о нем многие ничего не знают. Хотя в Капане есть улица, носящая его имя, а в Интернете в 2010г. была помещена подробная

статья Г. Смбатяна о его героической и трагической жизни. Излагаю вкратце ее содержание.

МЕЛИК-СТЕПАНЯН Смбат Андреевич (21.08.1879 – 24.08.1940], – национальный герой Армении, видный общественный, военный, политический и экономический деятель Армении. Родился в Арачадзоре. В 1905г. блестяще закончил Горную академию во Фрайберге – высшее в то время горное училище во всем мире, не остался в Европе, а вернулся в Армению трудиться на благо Родины.



С. Мелик-Степанян (крайний справа) в одной из шахт Германии во время обучения во Фрайбергской горной академии

Но в том же 1905г., вслед за Баку татары (которых впоследствии назвали азербайджанцами) распоясались и в Сюнике. В Капане М. Смбат-Степанян становится предводителем армян, противостоящих татарам. Предводитель в 27 лет... Причем, так же, как и Амазасп, он отличался потрясающим благородством и не терпел зверств по отношению к врагу. На протяжении трех суток он спорил с видным фидаином Мурадом Себастаци, который с 60 бойцами намеревался в ответ на татарские зверства разрушить до основания ряд сел в районе реки Ачанан. Трое суток спорил, но добился отмены этого решения.

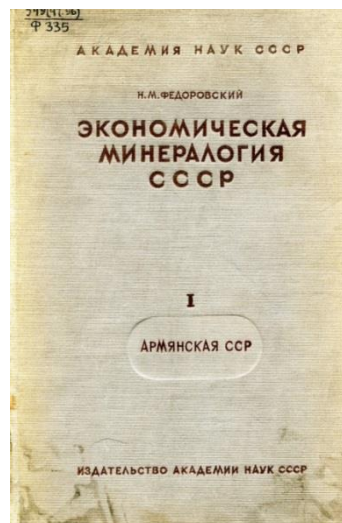
Столкновения наконец прекратились, и Смбат смог заняться тем, ради чего он возвратился в Армению после обучения во Фрайберге – возрождением капанских рудников. Его назначают заведующим рудниками Товарищества горной промышленности Капана. Это и перестройка руд-

ников, и приобретение, и внедрение новой техники. Но круг его деятельности значительно шире. Это и руководство обороной, и примирение поссорившихся военных; в школах нет воды – обращаются к нему; учителя не оправдывают надежд жителей – обращаются к нему. 20 мая 1908г. в доме Смбата зазвонил телефонный звонок – он известил о том, что в Капане налажена телефонная сеть.

После Февральской революции в Петрограде С. Мелик-Степанян назначается народным комиссаром, а в 1918г. – председателем Национального совета Капана и членом Центрального национального совета Зангезура. Мусаватисты пытаются присоединить Сюник к Азербайджану. 4 сентября 1919г. в письме, направленном представителям государств, находящихся на Кавказе, С. Мелик-Степанян писал: *«Да будет известно представителям союзнического командования, представителям фальшивой республики Азербайджана, магометанским крестьянским массам, что если они вошли присоединить территорию Зангезура силой... если у нас затупится сталь, и в этом случае враг не может взять Зангезур. Не может, пока еще остаются вышедшие из терпения, обреченные прихотью судьбы зубы и ногти армян древнего армянского Сюник-Зангезура»*.

С. Мелик-Степанян, вовлеченный в эти события, отдавал предпочтение не какой-либо политической силе – главной целью его было сохранить Зангезур в составе Армении. Поэтому он призывал не проливать напрасно кровь, принять власть большевиков и положить конец братоубийственной войне. После установления советских порядков он посвятил себя восстановлению разоренного и опустошенного края. Он становится чрезвычайным комиссаром Зангезура, затем председателем Верховного совета народного хозяйства уезда и заведующим рудниками Капана. Он разрабатывает конкретные предложения по быстрому восстановлению медной промышленности в Капане. Считает необходимым строительство главного рудника, принимает участие в работах по его строительству. Работа по строительству гидростанции, мостов, поликлиник. И еще находил время преподавать немецкий язык в капанской школе № 1. Однако 22 декабря 1936г. его арестовывают как «врага народа», и приговаривают к 5 годам принудительных работ, его, всю жизнь трудившегося на благо любимой Армении. После приговора его перемещают из тюрьмы в тюрьму, из лагеря в лагерь, и 24 августа 1940г. он умирает в лагере Канский Красноярского края.

Повествуя о репрессированных геологах и горняках Армении, нельзя не упомянуть и о других геологах СССР, не армянах по национальности, арест которых нанес удар по развитию геологии и горного дела в Армении. Прекрасный тому пример – судьба Николая Михайловича Федоровского.



Николай Михайлович Федоровский

ФЕДОРОВСКИЙ Николай Михайлович (1886-1956гг.) – видный минералог. Организатор Института прикладной минералогии, и его директор, член-корреспондент АН СССР до ареста 25 октября 1937г. по обвинению в «участии в антисоветской организации». 26 апреля 1939 г. Военная коллегия Верховного суда СССР приговорила его к 15 годам принудительных работ с последующей бессрочной ссылкой. При аресте в 1937 г. из всех библиотек СССР были сразу изъяты все его труды, и среди них – «Экономическая минералогия СССР. Т. 1. Армянская ССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 247 С.».

Кроме него было репрессировано еще 24 геолога СССР, не армян по национальности, но внесших свой вклад в развитие геологии Армении.

БОГАЧЁВ Владимир Владимирович (1881-1965гг.) – видный русский геолог и палеонтолог. Автор исследований о геологии, фауне и флоре Армении. Т.А. Джрбашян очень высоко ценил его как специалиста и за его вклад в геологию Армении и тесно сотрудничал с ним. В.В. Богачев 10 лет провел в советских концлагерях (1943-1953гг.).

ГРИГОРЬЕВ Иосиф Фёдорович (1890-1949гг.). – видный русский геолог. Академик АН СССР, директор ИГН АН СССР. В 1926 г. изучал Кафанский рудник. В 1949 г. арестован по т. н. «Красноярскому делу» и погиб под пытками.

ДАНОВ Александр Васильевич (1903-1967гг.) – русский геолог. В 1930 г. отметил проявления серы на горе Арагац. В 1936г. как «социально опасный элемент» был выслан в Туркмению.

ДЕРВИЗ Вера Михайловна (1878-1951гг.). Первая женщина в Геологическом Комитете. В 1910г. изучала изверженные породы окрестностей Нахичеванского уезда. За «антисоветскую деятельность» в возрасте 68 лет приговорена к 10 годам принудительных работ и скончалась в тюремной больнице.

ИАШВИЛИ Фарнаоз Николаевич (1912-1938гг.) – грузинский геолог. В 1934г. изучал геологическое строение, стратиграфию, тектонику и литологию медных штоков Шамлугского рудника. В 1938г. расстрелян по обвинению в «контрреволюционной деятельности».

КОНЮШЕВСКИЙ Леонид Константинович (1877-1938гг.) – русский геолог. Долгие годы проводил геологические исследования Ехегнадзорского района Армении. Расстрелян по обвинению в «контрреволюционной деятельности».

КОТУЛЬСКИЙ Владимир Климентьевич (1879-1951гг.) – видный русский геолог. В 1920-х годах изучал Алавердское месторождение. По обвинению в т.н. «Красноярском деле», в возрасте 71 года был приговорен к 25 годам принудительных работ (то есть до 96 лет). Погиб при этапировании в Норильлаг.

КРЕЙТЕР Владимир Михайлович (1897-1966гг.) – видный русский геолог. В 1930-х годах изучал геологию Армении. Один из открывателей и первых исследователей крупнейшего Каджаранского медно-молибденового месторождения. В 1950г. приговорен к 25 годам принудительных работ по «Красноярскому делу».

КРИШТОФОВИЧ Африкан Николаевич (1885-1953гг.) – выдающийся русский палеоботаник. Проводил исследования в Армении. В 1930г. по обвинению в «контрреволюционной деятельности» приговорен к ссылке на 5 лет.

ЛЕВИНСОН-ЛЕССИНГ Франц Юльевич [25.02(09.03).1861 – 25.10.1939] – русский геолог-энциклопедист. В 1891 и 1897гг. изучал вулканические породы Армении. В 1928г. опубликовал статью «Армянское вулканическое нагорье». Первый председатель Армянского филиала АН СССР (АрмФАН) (1936-1939гг.). 8 октября 1918 г. арестован по сфабрикованному ВЧК т. н. «Делу партии кадетов» и содержался под стражей до 5 ноября того же года.

ЛИХАРЕВ Борис Константинович (1887-1973гг.) – русский геолог. В 1940-х годах изучал отложения верхней перми на юге Армении. В 1950г. приговорен к 15 годам принудительных работ по т. н. «Красноярскому делу».

ЛИЧКОВ Борис Леонидович (1888-1966гг.) – видный русский геол. Проводил исследования в Армении. В 1934г. по обвинению в «контрреволюционной деятельности» приговорен к 10 годам принудительных работ.

МАЛЯВКИН Семен Филиппович (1876-1937гг.) – русский геолог, изучавший геологию Армении. В 1932г. по обвинению в «Деле о вредительской и шпионской деятельности» приговорен к 10 годам принудительных работ.

МЕФФЕРТ Борис Фёдорович (1878-1937гг.). В 1930-х годах проводил исследования в Армении. В 1936г. как «социально опасный элемент» выслан в Алма-Ату.

МИКЕЙ Александр Яковлевич (1901-1961гг.). В 1930-х годах про-

водил исследования в Армении. В 1938г. за «контрреволюционную деятельность» приговорен к 10 годам принудительных работ.

МУШКЕТОВ Дмитрий Иванович (19(31).03.1882 – 18.02.1938) – выдающийся русский геолог. В 1928г. составил «Докладную записку о нахождении хромита в дунитовых массивах оз. Севан». Расстрелян как «враг народа».

НАУМОВА София Николаевна (1902-1974гг.) – русский геолог. В 1930-х годах изучала угли Джерманисского месторождения. В 1933г. как «член контрреволюционной организации» осуждена на 3 года принудительных работ.

ОЗЕРОВ Иван Моисеевич (1903-2003гг.) – русский геолог. В 1930-х годах изучал месторождения мышьяка в Армении. По ложному обвинению был лишен всех званий и уволен из Горного института.

РУСАКОВ Михаил Петрович (1892-1963гг.) – русский геолог. В 1930-х годах проводил исследования в Армении. По «Красноярскому делу» приговорен к 15 годам принудительных работ.

СУЩЕВСКИЙ Петр Петрович (03.08.1875 – 14.12.1937) – русский геолог. В 1897г. вместе с Ф.Ю. Левинсон-Лессингом изучал вулканические породы Армении. Как «враг народа» расстрелян.

ФЛОРЕНСКИЙ Александр Александрович (1888-1938 гг.) – русский геолог. В 1930-х годах изучал минеральные источники Армении. В 1937г. за «участие в контрреволюционной группе» приговорен к 5 годам принудительных работ.

ФОКИН Николай Александрович (1898-1981гг.). В 1938г. – геолог Кафанского медеплавильного комбината. В 1939г. как «участник правотроцкистской шпионской организации» приговорен к 6 годам принудительных работ. После освобождения работал геологом в организации АрмГИДЕП (Гидроэнергопроект).

ХАДИКОВ Владимир Васильевич (род. в 1895г.) – русский геолог. В 1933г. проводил подсчет запасов Катар-Кавартского месторождения Кафанского района. В 1939г. по тому же обвинению, что и Н.А. Фокин, приговорен к 6 годам принудительных работ.

ХМЕЛЕВСКИЙ Иосиф Владиславович (1894-1937гг.) – русский геофизик. В 1930-х годах проводил исследования в Армении. В 1937г. Расстрелян за «контрреволюционную деятельность».

ЛИТЕРАТУРА

Ավագյան Լ.Ա. 1969. Ականավորերը և անվավարժը // ՀՍՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր. Գիտություններ երկրի մասին 22 (4). p.3-11.

Армянская Энциклопедия Фонда «Хайазг».

Голиков Д.Л. 2006. Правда о врагах народа. URL Жертвы политического террора в СССР.

Зеленская Е.А. 2004. Лагерное прошлое Коми края (1929-1955 гг.) в судьбах и воспоминаниях современников. Киров: КОГУП «Кировская областная типография», 180с.

Курляндский И.А. Над историей кружат грифы. Доступ к архивам эпохи Сталина практически закрыт – «секретно»! Рассекречивание документов советского режима саботируется // Новая газета. 2010. № 117. с.12-13.

- Куртуа Ст.** 1999. Преступления коммунизма // Куртуа Ст., Верт Н. и др. Черная книга коммунизма. М.: «Три века истории», с.34-60.
- Марутян А.** 2014. Эдгар Джрбашян URL
- Месропян А.И.** 1962. Автобиография. Хранится в Группе истории ИГН НАН Армении.
- Мор Т.** 1978. Утопия. М.: Наука, 475с.
Национальный Архив Армении.
Наш Баку. История Баку и бакинцев.
- Репрессированные геологи. 1999. Изд. 3-е, испр. и дополн. М.-СПб.: изд. ВСЕГЕИ, 452с.
- Смбатян Г.** 2008. Руководитель, избранный народом. URL
- Хомизури Г.П.** 2019. Террор против геологов и горняков в СССР (1917-1988гг.). URL
- Энциклопедия / «Неизвестные» бакинцы. Севумян Ашот Иванович – геологоразведчик, репрессирован. URL

ԲՈՒՆԱՃՆՇՈՒՄՆԵՐ ԸՆԴԴԵՍ ՀԱՅ ԵՐԿՐԱԲԱՆՆԵՐԻ ԵՎ ՀԱՆՔԱԳՈՐԾՆԵՐԻ ԽՍՀՄ-ՈՒՄ

Խումիզուրի Գ.Պ.

Ամփոփում

Այս ուսումնասիրությունը վերաբերում է քաղաքացիական պատմությանը և երկրաբանության պատմությանը, անի որ ստորև նշված հայ երկրաբանների և հանքագործների ձերբակալությունն ու հետագա դատապարտումը, որոշ դեպքերում մահի ողբերգություն է բռնադատվածների հարազատների, ընկերների համար և անուղղելի վնաս է երկրաբանության զարգացմանը Հայաստանում: Ձերբակալությունից հետո ձերբակալվածների աշխատանքները անմիջապես հանվել են ԽՍՀՄ բոլոր գրադարաններից, իսկ հայաստանյան երիտասարդ երկրաբանների հետագա սերունդների տասնամյակներ շարունակ նույնիսկ չգիտեին նրանց գոյության կամ ստեղծագործությունների մասին:

REPRESSION AGAINST ARMENIAN GEOLOGISTS AND MINERS IN THE USSR

Khomizuri G.P.

Abstract

This study applies to both civil history and the history of geology, since the arrest, the subsequent condemnation, in some cases – the death of the Armenian geologists and miners mentioned below is a tragedy both for the relatives and friends of the repressed and an irreparable harm to the development of geology in Armenia. After the arrest, the works of the arrested were immediately withdrawn from all libraries of the USSR, and subsequent generations of young geologists of Armenia did not even know about his existence or his works for decades.

**ՀՀ ԳԱԱ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏՈՒՄ
2022 ԹՎԱԿԱՆԻ ԵՐՐՈՐԴ ԵՌԱՄՍՅԱԿԻ ՍԵՄԻՆԱՐՆԵՐԸ**

Հունիսի 15-ին, “Մեյամատեկտոնական ազդեցությունը Սևանա լճի ավազանի հյուսիսարևելյան հատվածի լանջային գործընթացների վրա”, զեկուցող՝ Գեոդինամիկայի և երկրաբանական վտանգների լաբորատորիայի կրտսեր գիտաշխատող Մեղա Ավագյան

Մեպտեմբերի 7-ին, “ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ և ՌԴ Սանկտ-Պետերբուրգի համալսարանի Երկրի մասին գիտությունների ինստիտուտի միջև համագործակցության հեռանկարներ”, զեկուցող՝ ՌԴ Սանկտ Պետերբուրգի համալսարանի, Երկրի մասին գիտությունների ինստիտուտի Երկրաքիմիայի ամբիոնի պրոֆեսոր, դոկտոր Ելենա Գենադիի Պանովա

Հոկտեմբերի 10-ին “Ալթայ-Սայան ծալքավոր շրջանի պոլինա պորֆիրային հանքայնացման կանխատեսումա-հետախուզական աշխատանքների իրականացման փորձը”, զեկուցող՝ Սիբիրի Դաշնային համալսարանի Հանքավայրերի երկրաբանության և հետախուզման մեթոդիկայի ամբիոնի վարիչ, ե.-հ.գ.դ., պրոֆեսոր Մակարով Վլադիմիր Ալեքսանդրի

Նոյեմբերի 3-ին, “Կիրառական սեյսմալոգիայի մի քանի նոր խնդիրներ”, զեկուցող՝ ԵԳԻ Գեոդինամիկայի և երկրաբանական վտանգների լաբորատորիայի գլխավոր գիտաշխատող, ակադեմիկոս Էդուարդ Խաչիյան

ԾՐԱԳՐԵՐ

**ՀՀ Գիտական համայնքների արտերկրի գիտնականների ինտեգրման
աջակցության ծրագիր**

Թեմա. «Հայաստանի կարևոր (ռազմավարական) միներալների ներուժի գնահատումը՝ բարձր տեխնոլոգիական արադյունաբերության համար էկոլոգիապես կայուն արտադրության նպատակով»

22IRF-08, ղեկավար - Հովակիմյան Սամվել

Ասպիրանտների եվ երիտասարդ հայցորդների հետազոտությունների աջակցության ծրագիր

Թեմա. «Իգոտոպային մեթոդների կիրառումը Արարատյան արտեզյան ավազանի ստորերկրյա ջրերի ծագումնաբանության և վերականգնման ռեժիմի ուսումնասիրություններում»

22AA-1E012, ասպիրանտ- Ներսիսյան Արաքսյա, գիտ. ղեկավար
Առաքելյան Ալեքսանդր

Հեռավար լաբորատորիաների հիմնադրման ծրագիր

Թեմա. «Հայաստանի պալեոգոյան լեռներում շրջակա միջավայրի փոփոխությունների համաշխարհային ռեկորդի վերծանումն ընդդեմ տարածաշրջանային»

22rl-016, ղեկավար - Դանելիան Տանիել, համադեկավար – Սերոբյան Վահրամ

Երիտասարդ գիտնականների աջակցության ծրագրի շրջանակներում իրականացվող «Գիտական հոդվածների տպագրության համար երիտասարդ գիտնականներին խրախուսման մրցույթ» 22YSSPI-013, Սերոբյան Վահրամ

Գործուղումներ

ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ տնօրենի խորհրդական, ակադեմիկոս Ռուբեն Զրբաշյանը հունիսի 28-ից հուլիսի 3-ը գործուղվել է Վրաստան, ք. Թբիլիսիի համալսարան, համատեղ աշխատանքների քննարկման համար:

Գեոարխեոլոգիայի և գեոմոնիթորինգի լաբորատորիայի գիտաշխատողներ Հեկտոր Բաբայանը և Միքայել Գևորգյանը օգոստոսի 18-24-ը գործուղվել են Վրաստան, ք. Թբիլիսիի Իլիա համալսարան, ՄԳՏԿ-ի Ա-2334 ծրագրի շրջանակներում համատեղ աշխատանքների քննարկման նպատակով:

Հրաբխագիտության լաբորատորիայի կրտսեր գիտաշխատող Լիլիթ Գևորգյանը սեպտեմբերի 9-16-ը գործուղվել է Լեհաստան, համաշխարհային կազմակերպության կողմից կազմակերպված «Արտակարգ իրավիճակներում բժշկական խմբերի և տեղեկատվության կազմակերպում» թեմայով վերապատրաստման:

Երկրատեղեկատվության լաբորատորիայի կրտսեր գիտաշխատողներ Արաքսյա Ներսիսյանը և Լիլիթ Սարգսյանը նոյեմբերի 2-5-ը գործուղվել են Վրաստանի հանրապետություն, ք. Թբիլիսի, «GIS based

solutions for ENP in the Southern Caucasus» ծրագրի շրջանակներում վերապատրաստման:

Գեոդինամիկայի և երկրաբանական վտանգների լաբորատորիայի վարիչ Արա Ավագյանը նոյեմբերի 8-ից 27-ը գործուղվել է Եգիպտոս, արխեոսեյսմաբանական և պալեոսեյսմաբանական հետազոտություններ իրականացնելու նպատակով:

Լիթոլոգիայի և ռեգիոնալ երկրաբանության լաբորատորիայի վարիչ Լիլիթ Սահակյանը նոյեմբերի 30-ից դեկտեմբերի 7-ը գործուղվել է Գերմանիայի դաշնություն, Գրեյսֆալդի համալսարան, գիտական համատեղ աշխատանքներ իրականացնելու նպատակով:

ԵԳԻ տնօրենի տեղակալ, ե.գ.թ. Լիլիթ Սահակյան

Գիտական խրոնիկա
Научная хроника
Scientific Chronology

ՄՏԵՓԱՆՅԱՆ ՀՈՎՀԱՆՆԵՍ ՄՏԵՓԱՆԻ
(ծննդյան 120-ամյակին)
(1902-1950)



Լրացավ մեծանուն երկրաբան, երկրաբանամիներալոգիական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հովհաննես Ստեփանյանի ծննդյան 120-ամյակը: Ծնվել է 1902թ. Ալեքսանդրապոլ (ներկայումս Գյումրի) քաղաքում: 1921թ. տեղի կոմերցիոն ուսումնարանն ավարտելուց հետո ուշիմ երիտասարդն ընդունվում է Թիֆլիսի պոլիտեխնիկական ինստիտուտ, իսկ 1925թ. տեղափոխվում է Նովոչերկասկ քաղաքի Դոնի պոլիտեխնիկական ինստիտուտ, ուր 1930թ. ստանում է լեռնային ճարտարագետի որակավորում:

Դեռևս ուսանողական տարիներին մասնակցում է Հայաստանի Արարատյան դաշտավայրի և Ձորագետի տարածքի երկրաբանական ուսումնասիրություններին, ինչպես նաև ղեկավարում է Դոնի պոլիտեխնիկական ինստիտուտի Հյուսիս-Կովկասյան մարզի գրունտերի և ջրերի ֆիլտրացիայի լաբորատորիան: Ուսումն ավարտելուց հետո երիտասարդ մասնագետը սկզբում կարճ ժամանակով աշխատում է Զանգեզուրի պղնձի կոմբինատում որպես երկրաբան, իսկ այնուհետև տեղափոխվում է Ալավերդու պղնձաձուլական կոմբինատ որպես գլխավոր երկրաբան՝ ամբողջովին նվիրելով իր հետագա գիտատարատաղրական կարճատև, բայց բեղուն գործունեությանը՝ հյուսիսային Հայաստանի մետաղական օգտակար հանածոների՝ առավելապես պղնձահրաքարային հանքավայրերի ուսումնասիրությանը:

1935թ. Հ. Ստեփանյանին հրավիրում են ԵՊՀ երկրաբանական ֆակուլտետ, որտեղ, ֆակուլտետի պատմության մեջ առաջին անգամ, սկսում է դասավանդել Հայաստանի մետաղական և ոչ մետաղական օգտակար հանածոներ առարկան: Նույն թվականին սկսում է աշխատել նաև ԽՍՀՄ ԳԱ հայկական մասնաճյուղի (Արմֆան) նորաստեղծ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում որպես ավագ գիտական աշխատող՝ հաջողությամբ համատեղելով դասախոսական և արտադրական գործունեությունը գիտական աշխատանքի հետ: 1939թ. պաշտպանում է թեկնածուականատենախոսություն

«Ախթալայի բազմամետաղային հանքավայրի հետազոտությունները» թեմայով:

1938թ.-ից մինչև կյանքի վերջը (1950թ.) եղել է երկրաբանական ֆակուլտետի անփոփոխ դեկանը՝ միաժամանակ աշխատելով որպես նույն ֆակուլտետի կիրառական երկրաբանության ամբիոնի վարիչ, իսկ 1950թ. ստացել է պրոֆեսորի կոչում: 1948թ. Ն. Ստեփանյանը պաշտպանում է «Հյուսիսային Հայաստանի պղնձի հանքավայրերի երկրաբանությունը» թեմայով դոկտորական ատենախոսություն:

Այս մեծածավալ աշխատության մեջ առաջին անգամ ընդհանրացվել և բազմակողմանիորեն վերլուծվել են Հյուսիսային Հայաստանի պղնձահրաքարային (Ալավերդի, Շամլուղ) և բազմամետաղային (Ախթալա և այլն) հանքավայրերի երկրաբանական կառուցվածքին, մետաղաձևությանը, մագմատիզմին, շերտագրությանը և տեկտոնիկային առնչվող հարցերը: Գիտնականը հիմնավորում է, որ այս հանքավայրերում հնարավոր է հայտնաբերել շտոկվերկային և այլ տիպի հանքայնացումներ: Ճշգրտել է այսպես կոչված ստորին պորֆիրիտների (կանաչավուն անդեզիտների) տեղադիրքը (Լավարի շերտախումբ, օքսֆորդ ըստ Ն. Ագարյանի), ինչպես նաև մատնանշել է Ախթալայի բազմամետաղային հանքավայրի շրջակայքի հանքաբեր քվարցային անդեզիտների (վերին բայոս) ավազաքարերը պատռող բնույթը:

Գիտնականն առաջինն է ուսումնասիրել նաև Հյուսիսային Հայաստանի (Լավար-Ստեփանավանի տեղամաս) կայնոզոյան հասակի գրանիտային ինտրուզիաների (Լավար, Ուռուտ, Կոդես, Յաղդան և այլն) երկրաբանական առանձնահատկությունները, ծագումնաբանությունը և պետրոլոգիան:

Մեծ է գիտնականի ավանդը Հայաստանի ոչ մետաղական օգտակար հանածոների ուսումնասիրության գործում: Մասնավորապես, Ն. Ստեփանյանը մանրամասն հետազոտել է Արթիկի, Անիի և Երևանի շրջակայքի հրաբխային տուֆերի հանքավայրերը, Հյուսիսային Հայաստանի Շահնագարի գունավոր տուֆերը, ինչպես նաև Ծաթերի և Բերդավանի ֆելզիտային տուֆերը: Ուսումնասիրել է նաև ալյումինի հումքի համար պիտանի բոքսիտանման ապարների հանքերևակումները Նոյեմբերյանի, Սպիտակի, Դիլիջանի, Աղվերանի և այլ շրջաններում: Ա.Ն. Ամրոյանի հետ համատեղ դեռևս 1940-ական թվականների վերջերին ուսումնասիրել է նաև մերձերևանյան տարածքի հնարավոր նավթաբերության հարցերը:

Ն. Ստեփանյանը զգալի ավանդ ունի նաև երկրաբանության հանրամատչելիության և հանրահռչակման մեջ: Ուշագրավ է դեռևս 1946թ. նրա «Հայկական ՍՍՌ-ի ռելիեֆի առաջացման հիմնական էտապները» գրքույկը՝ գրված պարզ հանրամատչելի լեզվով: Կարևոր է նշել, որ դուրս գալով այդ ժամանակ ընդունված ֆիքսիստական տեսության գիտական սահմաններից՝ հեղինակը, դրսևորելով լայնախոհություն հայ երկրաբանության պատմության մեջ, այս գրքում որպես ռելիե-

ֆաճին հիմնական գործոն բազմիցս ընդգծում է հորիզոնական կամ տանգենցիալ շարժումների գերակայությունը: Այդ հետաքրքիր աշխատանքը ցայսօր չի կորցրել իր արդիականությունը և ճանաչողական արժեքը:

Հ.Ստեփանյանը վախճանվել է 1950թ. Հուլիսի 11-ին Մոսկվայում:

Ընդհանուր առմամբ իր կարճատև, բայց բեղմնավոր 20-ամյա գիտական գործունեության ընթացքում անվանի երկրաբանը հեղինակել և համահեղինակել է 11 գիտական աշխատություն՝ այդ թվում 3 մենագրություն և 20 ձեռագիր հաշվետվություն: Հ. Ստեփանյանը մեծ հեղինակություն էր վայելում և մտերմիկ հարաբերություններ ուներ ժամանակի երկրաբանության այնպիսի ռաիվիրանների հետ, ինչպիսիք էին Հ.Տ. Կարապետյանը, Ֆ. Յու. Լևինսոն-Լեսինգը, Ա.Ն. Զավարիցկին, Կ.Ն. Պաֆֆենհոլցը, Վ.Վ. Գրուշեվոյը և այլք:

Հայկ Մելիք-Ադամյան

ՎԻԼԵՆ ԱՐՇԱՎԻՐԻ ԱՂԱՄԱԼՅԱՆ
(ծննդյան 85-ամյակին)



2022թ. լրացավ երկրաբանա-միներալոգիական գիտությունների դոկտոր, վաստակաշատ երկրաբան Վ.Ա. Աղամալյանի 85-ամյակը: Վ.Ա. Աղամալյանը ծնվել է 1937թ. հունվարի 21-ին Երևանում: 1959թ. ավարտում է Մոլոտովի անվան Երևանի պետական համալսարանի երկրաբանական ֆակուլտետը: 1960թ. մինչ այժմ անփոփոխ աշխատում է ՀԽՍՀ ԳԱ, իսկ հետագայում՝ ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում՝ որպես կրտսեր, իսկ այնուհետև՝ պետրոգրաֆիայի բաժնի ավագ և առաջատար գիտաշխատող:

1970թ. Մոսկվայի Պետական համալսարանի երկրաբանական ֆակուլտետի գիտական խորհրդում, պաշտպանել է «Արգաքանի մասիվի մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի թերթաքարային համալիրի երկրաբանությունը և պետրոլոգիան» թեմայով թեկնածուական ատենախոսությունը: Այս աշխատությունում առաջին անգամ Հայաստանի տարածքի համար առանձնացվել են պրոտերոզոյի հասակի մի շարք շերտախմբեր, և հիմնավորվել է, որ այնտեղ առկա ամֆիբոլիտային ֆացիաժի ապարները ռետրոգրադ փոխակերպման հետևանքով վեր են ածվել կանաչքարային դիաֆորիտների:

Վ.Ա. Աղամալյանը գիտական գործունեությունը նվիրել է Հայաստանի տարածքի մինչքեմբրյան և մեզոզոյան ժամանակահատվածների երկրաբանական կառուցվածքին առնչվող բարդ և խրթին բազմաբնույթ խնդիրների լուծման և մեկնաբանման հարցերին:

Առանձնապես խոշոր է նրա ավանդը մագմատիզմի, միներալոգիայի, պետրոգրաֆիայի, պետրոքիմիայի, ռեզիոնալ երկրաբանության, երկրաբանական քարտեզագրության, շերտագրության ասպարեզում՝ դիտարկելով խնդիրները սալերի տեկտոնիկայի տեսության համատեքստում: Մասնավորապես, նա կազմել է տարբեր մասշտաբների երկրաբանական քարտեզներ՝ ՀԽՍՀ տարածքի մագմատիզմի և մետամորֆիզմի 1:200 000 (համահեղինակությամբ), Ստեփանավանի շրջանի երկրաբանական խատենումային ու Ծաղկունյացի բյուրեղային հիմքի երկրաբանապետրոգրաֆիական 1:50000, Նյուվադիի շերտախմբի (հարավային Սյունիք) ու Հախումի բյուրեղային զանգվածի (հյուսիսային Հայաստան) 1:25000, ինչպես նաև Ապարանի սերիայի (կենտրոնական Հայաստան) Միրաք-Թուխմանուկի ոսկու հանքավայրի երկրաբանական խատենումային 1:10000 մասշտաբների քար-

տեղներ: Վ.Ա. Աղամալյանը պարզել է, որ Մեղրու պլուտոնից անմիջապես հարավ տեղակայված Նյուվադի շերտախմբի մետամորֆային ապարները կոնտակտ-մետամորֆային բնույթի են, այլ ոչ մինչքեմբրյան բյուրեղային զանգվածի ելուստներ, ինչպես ընդունված էր համարել մինչ այդ: Այլ երկրաբանների հետ համատեղ Վայքի վերին կավճի կոնգլոմերատներում Հայաստանի տարածքում առաջին անգամ հայտնաբերել են էգիրինային նորդմարկիտ և տեշենիտ ապարները, իսկ հյուսիսային Հայաստանի վերին յուրայի հասակի նստվածքներից **սպիլիտներ**:

1998թ. Վ.Ա. Աղամալյանը ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի մասնագիտական խորհրդում պաշտպանել է «Հայաստանի բյուրեղային հիմքը» դոկտորական ատենախոսությունը: Առաջին անգամ Հայաստանի, ինչպես նաև ամբողջ կովկասյան տարածաշրջանի մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի համար առանձնացրել է պրոտերոզոյան հասակի հստակ արտահայտված շերտագրական միավորներ, այն է՝ 2 սերիա՝ Արգականի (միջին պրոտերոզոյ) և Հանքավանի (վերին պրոտերոզոյ), ինչպես նաև 9 շերտախումբ, որոնցից 3-ը՝ միջին պրոտերոզոյի հասակի Բջնու, Սուրբսարգսի, Վանքիձորի, և 6-ը՝ վերին պրոտերոզոյան՝ Բերդիտակի, Հանքավանի, Դալարի, Քասախի, Գիուկի և Աղվերանի: Այդ շերտախմբերը բացի Գիուկիից, իրենց ուրույն տեղն են զբաղեցրել ՀՀ և ԽՍՀՄ տարբեր շերտագրական բառարաններում և այլ գիտական աշխատանքներում՝ այդ թվում Հ. Սարգսյանի կողմից 2013թ. հրատարակած եռալեզու շերտագրական բառարանում: Հասակային առումով ճշգրտել և վերադասակարգել է Ապարանի շերտախումբը՝ այն վերանվանելով սերիա և նրա մեջ առանձնացնելով մի շարք շերտախմբեր:

Առաջին անգամ ամֆիբոլային թերմոբարոմետրիկ հետազոտության միջոցով որոշվել է (համահեղինակությամբ) Քասախի շերտախմբի մետամորֆիզմի ժամանակ ջերմաստիճանային և ճնշման ցուցանիշները: Այդ շերտախմբում առաջինն է բացահայտել մինչքեմբրյան օֆիոլիտներ, որոշել նրանց երկրաքիմիական բնույթը: Վ.Ա. Աղամալյանը առաջինն է, որ ամբողջ Անդրկովկասի օֆիոլիտային գոտու համար Բագումի հորստի Սառն Աղբյուր տեղամասից հայտնաբերել է գլաուկոֆանային կամ երկնագույն թերթաքարեր՝ թվագրելով դրանք ստորին կոնյակի հասակով:

Վերջին տարիներին գիտնականը աշխատում է ինստիտուտի Գեոդինամիկայի և Երկրաբանական վտանգների լաբորատորիայում և զբաղվում է ՀՀ տարածքի երկրակեղևի առաջացման մոբիլիտետական մոդելի մշակման հարցերով, որի հիման վրա նորովի առանձնացրել է ՀՀ տարածքի հիմնական տեկտոնական միավորները: Հեղինակ և համահեղինակ է 100-ից ավելի գիտական աշխատությունների՝ այդ թվում 10 մենագրության և 13 ձեռագիր հաշվետվության:

Հայկ Մելիք-Աղամյան

ԲՆԱԳՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԸ

1. Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի “Գիտություններ Երկրի մասին” տեղեկագրում հրատարակվում են Հայաստանում և արտասահմանյան երկրներում **երկրաբանության, երկրաֆիզիկայի, սեսմոլոգիայի, լեռնային գործի, էկոգեոքիմիայի, ֆիզիկական աշխարհագրության** և Երկրի մասին գիտությունների այլ ասպարեզներում տարվող տեսական, փորձարարական և կիրառական հետազոտությունների արդյունքները:

Հոդվածները ներկայացվում են հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն լեզվով, տպագրության համար պատրաստ վիճակում, հրատարակման թույլտվության և ուղեկցող նամակի հետ միասին: Տեղեկագրում բոլոր հրատարակումները առանց հոնորարի են:

2. Հոդվածի ծավալը, ներառյալ պատկերները, որոնց թիվը չպետք է անցնի 3-ից, ներառյալ “ա”, “բ” և այլն, աղյուսակները, ամփոփագիրը, օգտագործված գրականության ցանկը, պետք է կազմի մոտ 12 էջ: Տեքստը անհրաժեշտ է պատրաստել Microsoft Word-ով GHEA GRAPALAT տառատեսակի օգտագործմամբ, 12 չափով և 1.5 ինտերվալով, առանց տողադարձերի: Դաշտերը պետք է լինեն. Ձախից՝ 3սմ, վերևից և ներքևից՝ 2.5 սմ և աջից՝ 1 սմ: Հոդվածը ներկայացվում է 2 օրինակով, յուրաքանչյուրը հեղինակի (հեղինակների) ստորագրությամբ և էլեկտրոնային տարբերակով, CD սկավառակի վրա:

Պատկերները, լուսանկարները և աղյուսակները, համարակալման և բացատրագրերի հետ միասին, պետք է լինեն սև-սպիտակ, A4 ֆորմատից ոչ մեծ և պարզ ընթերցելի: Պատկերների համակարգչային տարբերակները պետք է լինեն *.bmp, *.tif կամ *.pcx ֆորմատներով, 200-600 dpi ընդարձակմամբ (կետ/դյույմ):

3. Հեղինակները պետք է հետևեն ամսագրերում հոդվածների տպագրման ընդունված կարգին. հոդվածի վերնագիրը, հեղինակի (հեղինակների) անվան- հայրանվան սկզբնատառերը և ազգանունը (ազգանունները), կազմակերպությունը և հասցեն, ներառյալ E-mail-ը (եթե համահեղինակները տարբեր կազմակերպություններին են, բերվում են բոլորի հասցեները՝ կապակցված աստղանիշով), հոդվածի անոտացիան (8-10 տող), հիմնաբառերը (7-9 բառ): Ապա հետևում են հոդվածի հիմնական տեքստը, **պարտադիր նշելով հոդվածի տպագրման նպատակը և գիտական նորությունը**, ամփոփագիրը ռուսերեն (հայերեն) լեզվով և անոտացիան անգլերեն լեզվով:

4. Օգտագործված գրականությունը բերվում է ընդհանուր ցուցակով՝ **առանձին էջի վրա**: Հեղինակների ազգանունները գրվում են այբբենական կարգով (առաջինը՝ հոդվածի լեզվով, ապա հայերեն կամ ռուսերեն, վերջում՝ արևմտաեվրոպական լեզուներով): Տեքստում մեջբերվող հղումը բերվում է կլոր փակագծերում, հեղինակի միայն ազգանվան նշմամբ, բնօրինակի լեզվով, եթե հեղինակները երկուսից ավելի են, նշվում է առաջին համահեղինակի ազգանունը և այլն, ապա՝ հրապարակման տարին:

5. Մեջբերվող գրականության ցանկը ձևավորվում է հետևյալ կերպ. ա) գրքերի համար նշվում են հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը և անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, գրքի լրիվ անվանումը, որտեղ է հրատարակվել, հրատարակչությունը, էջերի քանակը; բ) ամսագրային հոդվածների համար՝ հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը և անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, հոդվածի լրիվ անվանումը, ամսագրի անվանումը՝ համաձայն ընդունված հապավումների, հատորը, ամսագրի կամ թողարկման համարը, էջերը; գ) գրքերում (հավաքածուներում) զետեղված հոդվածների համար՝ հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, գրքում հոդվածի լրիվ անվանումը (..... գրքում), գրքի անվանումը, որտեղ է հրատարակվել, հրատարակչությունը, էջերը; դ) սեղմագրերի համար՝ հեղինակի ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, ատենախոսության անվանումը՝ համաձայն ընդունված հապավման (օրինակ՝ երկրաբ.-հանր.գիտ.թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր), քաղաքը, կազմակերպությունը, որտեղ կայացել է պաշտպանությունը, տարեթիվը, էջերի քանակը:

6. Թվարկված պահանջներին չբավարարող հոդվածները չեն ընդունվում:

7. Մրբագրումից հետո լրացումներ չեն արվում:

8. Խմբագրության կողմից հոդվածի մերժման դեպքում հեղինակին վերադարձվում է բնագրի 1 օրինակը և խմբագրությունն իրեն է վերապահում հոդվածի մերժման պատճառների մասին բանավեճ չվարելու իրավունքը:

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

1. В журнале сер. “Науки о Земле” Известий Национальной Академии наук Республики Армения публикуются результаты теоретических, экспериментальных и прикладных исследований, проводимых в Армении и зарубежных государствах в области **геологии, геофизики, сейсмологии, горного дела, экогеохимии, физической географии** и в других направлениях наук о Земле. Статьи представляются на армянском, русском или английском языке в окончательно подготовленном виде вместе с сопроводительным письмом и разрешением на опубликование. Все публикации в журнале безгонорарные.

2. Объем статьи, вместе с иллюстрациями, число которых не должно превышать 3, включая “а”, “б” и т.д., таблицами, резюме, библиографией должен составлять около 12 страниц. Текст должен быть подготовлен в редакторе Microsoft Word с использованием шрифтов TIMES NEW ROMAN размером 12 и распечатан в интервале 1.5, без переносов с полями (слева – 3.0 см, сверху, снизу – 2.5 см, а справа – 1.0 см). Статья представляется в 2-х экземплярах распечатки, подписанных авторами, а также в электронной версии на диске CD.

Рисунки, фотографии и таблицы вместе с нумерацией и подписью должны быть черно-белыми, форматом А4 и четко выполнены. Компьютерный вариант рисунков должен быть в формате *.bmp, *.tif или *.pcx с разрешением 200-600 dpi (точек на дюйм). Подписи прилагают на отдельной странице и оформляются согласно требованиям.

3. Авторам следует придерживаться общепринятой в журнале схемы статьи: название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), организация и адрес, включая E-mail (если соавторы из разных организаций, то приводятся адреса всех, привязанные сносками через звездочку); аннотация статьи (8-10 строк), после аннотации ключевые слова (7-9 слов), основная часть текста, **с обязательным указанием цели и научной новизны статьи**, резюме на русском (армянском) языке и аннотация на английском языке.

4. Литература приводится общим списком **на отдельной странице**. Фамилии авторов располагаются по алфавиту (вначале на языке статьи, затем армянские или русские, в конце западноевропейские). В тексте ссылка на литературу приводится в круглых скобках с указанием фамилии автора без инициалов, в оригинальной транскрипции, а если авторов более двух, то указывается фамилия первого соавтора и др., затем год издания.

5. Список цитируемой литературы оформляется следующим образом: а) для книг указывают фамилию автора (авторов) и инициалы, год издания, полное название книги, место издания, издательство, количество страниц; б) для журнальных статей – фамилия и инициалы автора (авторов), год издания, полное название статьи, название журнала согласно принятому сокращению, номер тома, номер журнала или выпуска, страницы; в) для статей в книгах (сборниках) – фамилия и инициалы автора (авторов), год издания, полное название статьи в книге (пишется В кн.: "..."), название книги, место издания, издательство, страницы; д) для авторефератов – фамилия и инициалы автора, название со ссылкой согласно принятому сокращению (Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. или доктора наук), город, организация, где состоялась защита, год, количество страниц.

6. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, не принимаются.

7. Дополнения в корректуру не вносятся.

8. В случае, если статья отклонена редакцией, автору возвращается один экземпляр рукописи, и редакция оставляет за собой право не вести дискуссию по мотивам ее отклонения.

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES

1. Earth Sciences Series journal of the Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia publishes results or theoretical, experimental and applied research conducted in Armenia and abroad in the field of **geology, geophysics, seismology, engineering seismology, mining, eco-geochemistry, physical geography, etc.** **Articles are submitted** in Armenian, Russian, or English as finally ready manuscripts enclosed with a cover letter and letter or authorization for publishing. All publications in the journal do not provide for any royalties.

2. Article volume, including maximum 3 illustrations with a, b, etc., tables, abstract, and list of references, shall total to about 12 pages. Texts shall be prepared in Microsoft Word editor with 12-point TIMES NEW ROMAN and printed 1.5-spaced without hyphenation. Text margins shall be set 3.0 from the left, by 2.5 cm from the bottom and top, and 1.0 cm from the right. Article manuscript shall be submitted in two printed copies signed by the authors, and as an electronic copy on CD disk.

Figures, photos and tables, numbered and with captions, shall be black-and-white in A4 format and of good quality. Electronic version of figures shall be in *.bmp, *.tif or *.pcx format with resolution of 200-600 dpi (dots per inch). Figure captions are attached on a separate page and formatted according to the requirements.

3. Authors shall adhere to the following template common for all articles in the journal: article title, initials and surname of author(-s), affiliation and address, including e-mail (if authors have different affiliations, asterisked addresses for all must be placed in the footnote), abstract (about 8-10 lines), key words (7-9 words), body text with **mandatory indication of the purpose and scientific novelty** of the article, summary in Russian (Armenian) and abstract in English.

4. References should be listed on a **separate sheet**. The authors' surnames should be given alphabetically in the origin language of the article and followed by the Armenian or Russian, and then by the West-European). All citations in the text should have references in parentheses and include author's surname without initials, in original transcription and the year of publication. In case of two and more authors, the first author's surname followed by *et al* and the year of publication should be provided.

5. List of References is formatted as follows: a) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete title, place of publication, publisher and number of pages are given for books; b) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete article title, journal title in standard abbreviation, volume number and issue number, followed with number of pages, are given for journal articles; c) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete article title followed by "In: " ... book title...", place of publication, publisher and number of pages are given for articles in books (article volumes); d) author's surname and initials, title and standard abbreviation for thesis abstracts (thesis abstract for the degree of Candidate, or Doctor of Geology and Mineralogy), year, city, thesis defense institution, and number of pages.

6. Articles not meeting the listed requirements are not accepted.

7. No additions are introduced into proofs.

8. If an article is rejected by editors, one copy of manuscript is returned to the author and editors reserve the right not to enter into discussion on the reasons for such rejection.

Подписано к печати 28.12.2022 г. 4.25 печ. л. Заказ N 1215

Тираж 150 экз. Цена договорная.

Типография НАН РА. 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24