

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 0515-061X

# ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ НАУКИ О ЗЕМЛЕ EARTH SCIENCES



2018

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.ԳԱԲՐԻԷԼՅԱՆՑ, Ղ.Լ.ԳԱԼՈՅԱՆ, Շ.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ,  
Տ.ԴԱՆԵԼԻԱՆ (Ֆրանսիա), Լ.Զ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Ս.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ,  
Է.Ե.ԽԱՉԻՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ռ.Ս.ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ (պատասխանատու  
քարտուղար), Ս.Ն.ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Ռ.Տ.ՋՐԲԱՇՅԱՆ, Ս.Ա.ՓԱԼԱՆԺՅԱՆ (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, Х.Б.МЕЛИКСЕТАН, Р.С.МОВСЕСЯН (ответ.секретарь),  
С.Н.НАЗАРЕТЯН, Л.З.ОГАНЕСЯН, С.М.ОГАНЕСЯН, С.А.ПАЛАНДЖЯН (Россия),  
Э.Э.ХАЧИЯН**

*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,  
E.Y.KHACHIYAN, KH.B.MELIKSETYAN, R.S.MOVSESYAN (Executive Secretary),  
S.N.NAZARETYAN, S.A.PALANJYAN (Russia)**

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան-19, Մարշալ Բաղրամյանի 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 издательства “Гитутюн” НАН РА  
Известия НАН РА, Науки о Земле, 2018



|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Баласанян С.В.</b> Результаты макросейсмических исследований по<br>Аручскому землетрясению 972г. .... | 59 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Варданянц Левон Арсенович</b> (к 125-летию со дня рождения) ..... | 70 |
| <b>Хачиян Эдуард Ефремович</b> (к 85-летию со дня рождения) .....    | 74 |
| <b>Оганесян Севада Мкртичевич</b> (к 70-летию со дня рождения) ..... | 76 |
| <b>Меликсетян Борис Манукович</b> (к 90-летию со дня рождения) ..... | 79 |
|                                                                      | 83 |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>НАУЧНАЯ ХРОНИКА</b> ..... |  |
|------------------------------|--|

#### TABLE OF CONTENT

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Grigoryan T.E.</b> Biostratigraphic studies of lanjar section on planktonic<br>foraminifers (middle-arax basin) .....                                                     | 3  |
| <b>Azizyan L.V., Gevorgyan A.M., Misakyan A.E., Danielyan A.G.,<br/>Azizyan H.H.</b> Assessment of climate change impact on hydrological<br>regime of aparan reservoir ..... | 13 |
| <b>Avagyan A.A., Mkrtumyan A.A., Tarasyan N.H., Yeritsyan H.H., Ara-<br/>kelyan A.A.</b> On the software of landslide real-time automated<br>monitoring system .....         | 26 |
| <b>Demirtshyan S.M.</b> The electrical exploration as necessary method to detect<br>paleochannels in volcanic regions .....                                                  | 43 |
| <b>Karapetyan K. A.</b> Possibilities of linear filters using in the processing of<br>geophysical prospecting data(On the example of the Megradzor deposit)..                | 51 |
| <b>Balasanyan S.V.</b> The results of macroseismik research of the Aruch<br>earthquake in 972 .....                                                                          | 59 |

#### MEMORABLE DATES

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Vardanyants Levon Arsen</b> (to the 125th anniversary) .....    | 70 |
| <b>Khachiyau Eduard Efrem</b> (to the 85th anniversary) .....      | 74 |
| <b>Hovhannesyan Sevada Mkrtich</b> (to the 70th anniversary) ..... | 76 |
| <b>Meliksetyan Boris Manuk</b> (to the 90th anniversary) .....     | 79 |
|                                                                    | 83 |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>SCIENTIFIC CHRONOLGY</b> ..... |  |
|-----------------------------------|--|

**ԼԱՆՋԱՌ ԿՏՐՎԱԾՔԻ ԿԵՆՍԱՇԵՐՏԱԳՐԱԿԱՆ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՆ ԸՍՏ ՊԼԱՆԿՏՈՆ  
ՖՈՐԱՄԻՆԻՖԵՐՆԵՐԻ (ՄԻՋԵՆԱՐԱՔՍՅԱՆ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆ)**

**© 2018 ռ. Տ.Ե. Գրիգորյան**

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ  
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ.24ա  
e-mail: Grigoryantar@mail.ru  
Հանձնված է խմբագրության 03.07.2018 թ.*

Ներկայացվում են Լանջառ կտրվածքի կալ-կարբոնատային, մերգել, սիլթ նստվածքներում և նրանցում հերթափոխված նուստիտային կրաքարերի, ավազաքարերի համեմատաբար փոքր հզորությամբ շերտերում պլանկտոն ֆորամինիֆերների ասոցիացիաների ուսումնասիրությունները՝ միջին էոգեն (բարտոն), ուշ էոգեն (պրիաբոն) և վաղ օլիգոգեն (ոյուպել) անցումային հատվածների պարզաբանման համար: Առաջարկվում է պլանկտոն ֆորամինիֆերների (ՊՖ) կենսաշերտագրական զոնալ ստորաբաժանման սխեման՝ ստանդարտ, միջազգային սխեմային համապատասխան: Լանջառի կտրվածքում միջին էոգենին (բարտոն) հատկանշական է *Turborotalia cerroazulensis*, *Globigerinatheka index*, *G. subconglobata*, *G. barri*, *Subbotina corpulenta*, *S. pseudoeocaena*, վերին էոգենին (պրիաբոն)՝ *Globigerinatheka*, *Turborotalia*, *Subbotina* (*S. Corpulenta*, *S. Eocaena*, *S. Linaperta*, *S. Hagni*) *H. alabamensis*, *H. primitiva*, *H. suprasuturalis*, ստորին օլիգոգենին (ոյուպելին)՝ *Dentoglobigerina tripartita*, *D. galavisi*, *D. tapuriensis*, *T. ampliapertura*, *Globigerina officinalis*, *Subbotina eocaena*, *S. Corpulenta*, *Catapsydrax unicus* ՊՖ առկայությունը:

Հոդվածում բերվում է Լանջառ և Ուրցալանջ գյուղերի հատվածներում սողանքային մարմինների քարտեզը՝ չխախտված կտրվածքի ընտրման նպատակով:

**Հանգուցային բառեր՝** Միջազգային շերտագրական սխեմա, էոգեն, Լանջառ, բենթոս, պլանկտոն ֆորամինիֆերներ, նուստիտային կրաքարեր, կենսաշերտագրություն:

Հայաստանի պալեոգենի կտրվածքների կանոնավոր շերտագրական ուսումնասիրություններ կատարվել են սկսած 20-րդ դարի 50-ական թվականներից, բայց հաշվի առնելով վերջին ժամանակներում միջազգային շերտագրական սխեմաներում կատարված հարկերի և ֆորամինիֆերների ստանդարտ զոնաների սահմանների միջև փոփոխությունները, անհրաժեշտություն է առաջացել նոր չափանիշներով վերանայել պալեոգենի հարկերի և զոնաների սահմանների փոխհարաբերությունները: Հայաստանի պալեոգենի առաջին հնէաբանորեն հիմնավորված մանրամասն շերտագրական սխեման տվել է Ա.Գաբրիելյանը (1947): Լանջառի կտրվածքի պլանկտոն ֆորամինիֆերները ուսումնասիրվել են (Саакян-Гезалян, 1957; Крашенинников, 1974; Крашенинников и др., 1985; Мартиросян, 1986; Григорян, 1986; Գաբրիելյան, 1988) կողմից: Ավելի ուշ Լանջառի հարավում հորատված երկու

հորատանցքերից վերցրած նմուշներն ուսումնասիրվել են Կրաշենի-նիկովի (Крашенинников, 1985), Հայրապետյանի (Айрапетян, 2009) կողմից: Լանջառի կտրվածքում Կրաշենի-նիկովի կողմից առաջին անգամ առանձնացվել են Դրիմ-Կովկասյան շերտագրական սանդղակի զոնաները և համադրվել Բոլլի շերտագրական սանդղակի հետ (Bolli, 1966): Այս կտրվածքում պրիաբոնի և ոյուպելի ստորին սահմանը շատ մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում, քանի որ ապարները լավ մերկացած են և առկա է մեծ քանակությամբ լավ պահպանված բրածո ֆաունա:

Պալեոգենի ընդհանուր շերտագրական սխեման կազմվել է 1969թ.–ին՝ արևադարձային (tropic) պլանկտոն ֆորամինիֆերների (ՊՖ) զոնայի և Դրիմ-Կովկասյան ռեգիոնալ զոնայի միջև կորելացիայով (Blow, 1969): Միջին էոգենից սկսած Թետիսի տաքսոնները գերակշռող են Հայաստանի ֆորամինիֆերների խմբերում, այդ իսկ պատճառով բարտոն-ոյուպել հատվածում հնարավոր է որոշել ստանդարտ զոնաները: Հայաստանի բարտոն-պրիաբոնի հասակի խոշոր բենթոս ֆորամինիֆերներն ընդգրկվել են ծանծաղ բենթոս զոնաների (SBZ) մեջ (Serra-Kiel et al., 1998): Ծանծաղ և խոր ջրային նստվածքների հաջորդականությունը բազմաթիվ կտրվածքներում հնարավորություն է տալիս համադրել պլանկտոն “planktonic” և հատակաբնակ “benthic” ֆաունայի զոնաները:

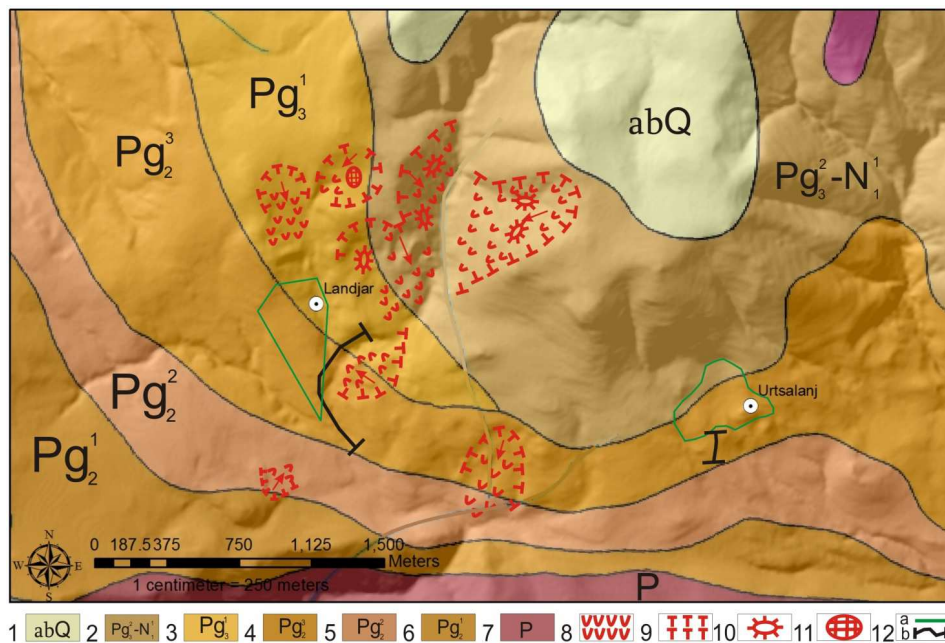
Իրականացվող աշխատանքի հիմնական նպատակն է Լանջառի կտրվածքի նստվածքներում պլանկտոն ֆորամինիֆերները դիտարկել նոր տաքսոնոմիական և կենսաշերտագրական ստորաբաժանումների համաձայն (նկ.3):

### Ուսումնասիրության մեթոդիկան

Կտրվածքում նմուշարկումն իրականացվել է 1.5-3մ միջակայքով՝ հաշվի առնելով N. Millescaput հորիզոնների առկայությունը: Լանջառ կտրվածքից, պլանկտոն ֆորամինիֆերների ուսումնասիրության համար վերցվել է մոտ 40 նմուշ: Ֆորամինիֆերները նմուշից առանձնացվել են քիմիական և մեխանիկական մշակման և լվացման ճանապարհով: Պլանկտոն ֆորամինիֆերների տեսակների որոշման և դասակարգման համար օգտագործվել են էոգենի ֆորամինիֆերների ատլասի (Pearson et al., 2006), ինչպես նաև՝ «էոգեն-օլիգոգեն սահմանին պլանկտոն ֆորամինիֆերների փոփոխությունը» (Pearson, Wade, 2015), հողվածի տվյալները, իսկ պլանկտոն ֆորամինիֆերների նկարագրությունները ըստ Ն. Սուբբոտինայի (1953) և Վ. Կրաշենի-նիկովի (1974) աշխատանքների են: Փոքր ֆորամինիֆերների ֆոտոնկարահանումը իրականացվել է TESCANA VEGA-II XMU սկանային էլեկտրոնային միկրոսկոպով, Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի հնէաբանության ինստիտուտում (Մոսկվա), հեղինակի մասնակցությամբ:

## Երկրաբանական իրավիճակը

Պալեոգենի բարդ ծալքավոր կառույցի ձևավորումը և էվոլյուցիան ի տարբերություն նախկին պատկերացումների (Գաբրիելյան, 1988) կապված է վերին կավձում (Rolland et al., 2009), պալեոգենում (Sosson et al., 2010) Եվրասիական սալի և Հարավ Հայկական միկրոբլոկի (ՀՀՄ) կոլիզիայի հետ: Կոլիզիայի ճակատային մասում ձևավորված ավազանը միջին էոգեն - օլիգոգեն ժամանակահատվածում մասամբ մեկուսացվել է՝ (պիջբեք ավազանը - piggyback basin), բնորոշ լանջային նստվածքակուտակմամբ, վերահսկվող գրավիտացիոն պրոցեսներով և տուրբիդիտային առաջացումներով (Սահակյան և ուր., 2017):



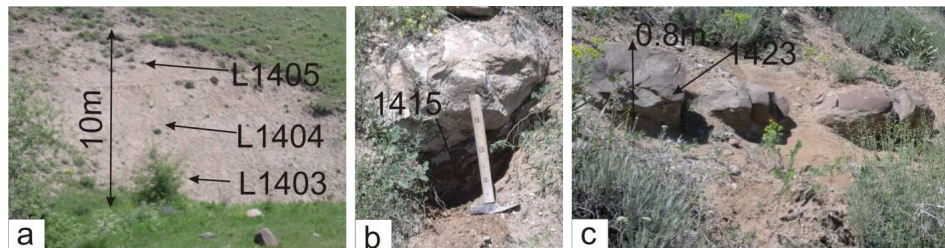
Նկ.1. Լանջառ և Ուրցալանջ գյուղերի երկրաբանական քարտեզը սողանքներով (փոփոխված ըստ Ավագյան և ուր., 2015):

1. Ստորին չորրորդական անդեզիտադաշտներ; 2. Վերին օլիգոգեն-ստորին միոգեն հրաբխա-նստվածքային շերտախումբ; 3. Ստորին օլիգոգեն ավազաքարեր, կավեր, սիլթեր; 4. Ստորին էոգեն-կրաքարեր, ավազային կրաքարեր, սիլթեր, կոնգլոմերատներ; 5. Միջին էոգեն - ֆլիշային ֆորմացիա (կավեր, ավազաքարեր, սիլթեր, հրաբխա-նստվածքային ապարներ); 6. Վերին էոգեն- ֆլիշային ֆորմացիա; 7. Վերին պերմի կրաքարեր; 8. Սողանքային հոսքեր, 9. Սողանքի սկառայ, 10. Սողանքային բլուրներ, 11. Սողանքային դարավանդներ. 12. a. Բնակավայրերի սահմանագծեր. b. Լանջառ կտրվածքի հետագիծը:

Լանջառի կտրվածքը ( $39^{\circ} 49'24''N$ ,  $44^{\circ} 58'26''E$ ) սկսվում է Լանջառ գյուղից հարավ-արևելք, Վեդի-Լանջառ ճանապարհի ձախ հատվածից, և առավելի երկայնքով ձգվում է մինչև գյուղի հյուսիսային մասը (նկ.1): Ավելի հարավ ստորին էոգենի նստվածքները (օրգանածին-բեկորային կրաքարեր) աններդաշնակ ծածկում են պերմի կրաքարերը: Լանջառի

կտրվածքում բարտոն պրիաբոնի նստվածքները ներկայացված են կավերով, մերգելներով: Ստորին օլիգոցենի նստվածքները 35մ ներկայացված են կարբոնատա-կավային ավազաքարերով, սիլթերով (ալևրոլիթներով) և գիպսի շերտիկներով: Ավազաքարերը միջին, խոշորահատիկ են, երբեմն հողմահարման գնդաձև անջատումներով (նկ.2):

Շերտագրական հերթափոխության վրա նրանց ազդեցության պարզաբանման համար ուսումնասիրվող տարածքում քարտեզագրվել են սողանքային մարմիններ (նկ.1): Կտրվածքի ստորին հատվածը (Սևանի, Արփիի շերտախմբերը) մերկանում է Ուրցալանջ գյուղից 900մ հարավ-արևմուտքում, որտեղ առանձնացվել է սողանք: Սողանքի առկայության և շերտագրական հաջորդականության վրա նրա ազդեցության մասին նշվում է նաև Կրաշենինիկովի կողմից (Крашенинников и др., 1985): Ուսումնասիրված Լանջառի կտրվածքը Ազատեկ, Ուրցաձոր և Շաղափ շերտախմբերով գտնվում է ուսումնասիրված սողանքային գոտուց դուրս (նկ.1):



Նկ.2. Լանջառի կտրվածք: a – բարտոնի կավեր, մերգելներ; b – բարտոն պրիաբոն անցումային հատվածում ավազաքարեր և նումուլիտ-կորալային կրաքարեր; c – օլիգոցենի (ոյուպեկ) ավազաքարեր հողմահարված գնդաձև անջատումներով:

### ՊՖ հիմնական զոնաները

Ըստ Պլանկտոն ֆորամինիֆերների ուսումնասիրությունից ստացված տվյալների կազմվել է միայն Լանջառ կտրվածքի շերտագրական և զոնալ ստորաբաժանման սխեման (նկ.3) (Закревская и др., 2017), իսկ նկար 4-ում բերված է Լանջառի կտրվածքի զոնալ ստորաբաժանման համար առավել կարևոր տեսակները:

Միջին էոցեն

Բարտոնի հարկ

*Ազատեկի շերտախումբ.* այս շերտախմբում ըստ ՊՖ առանձնացվել է P12, P13, P14 զոնաները և P15 զոնայի ստորին հատվածը:

Զոնա P12. Զոնայի ստորին սահմանը որոշված չէ, իսկ վերին սահմանը համընկնում է *A. topilensis* և *A. bullbrookii*- ավարտի հետ: Այստեղ առկա են այնպիսի զոնալ տեսակներ ինչպիսիք են՝ *A. topilensis*, *A. bullbrookii*, *A. rotundimarginata*, ինչպես նաև այնպիսի տեսակներ, որոնք ունեն քիչ շերտագրական տարածում՝ *Morozovelloides bundyi*, *M. crassatus*, *Hantkenina liebusi* և *H. dumblei*: Միջին միջակայքում *Morozovelloides bundyi*-ի (նկ.4.3) ավարտով կարելի է նշել E10/11 զոնայի

միջև սահմանը (Pearson et al., 2006), որը նախկինում պատկանում էր *Acarinina rotundimarginata* զոնային (Крашенинников и др., 1985):

Չոնա P13. (*Orbulinoides beckmanni*): Չոնայի հիմնական հատվածը ծածկված է սողանքային նստվածքներով: Չոնալ տեսակը՝ *Orbulinoides beckmanni* (Saito) գտնվել է Հայրապետյանի կողմից, Լանջառում հորատված հանուկի նմուշներում (Айрапетян, 2009):

Չոնա P14. Ստորին սահմանը տարվում է *H. liebusi* և *H. dumblei* վերջին առկայությամբ և *Morozovelloides*-ի անհետացմամբ, վերին սահմանը՝ *Globigerinatheka semiinvoluta* (նկ.4.2)- տեսակի հայտնվելով: Ստորին հատվածում առկա են *Morozovelloides* և *Acarinina* (*A. mcgowrani*, *A. medizai*), միջին հատվածում *Subbotina* և *Globigerinatheka* փոքր տեսակները, իսկ վերին հատվածում հայտնվում են մեծ քանակությամբ *Hantkenina* տեսակները՝ *H. alabamensis* (նկ.4.1) խմբից: Ընդհանուր զոնայի համար հատկանշական են *Turborotalia cerroazulensis* (նկ.4.5), *Globigerinatheka index*, *G. subconglobata*, *G. barri*, *Subbotina corpulenta*, *S. pseudoeocaena*, իսկ զոնայի վերին հատվածում հայտնվում է *G. tropicalis*:

Վերին էոցեն

*Ազատեկի և Ուրցաձորի շերտախումբ.*

Չոնա P15. Այս զոնային է պատկանում *Globigerinatheka semiinvoluta* տեսակի տարածման սահմանը: Հայաստանում ստորին սահմանը համարվում է *Globigerinatheka semiinvoluta* տեսակ-ինդեքսի ի հայտ գալու սկիզբը, իսկ վերին սահմանը համարվում է նույն տեսակի անհետացումը (E14): Չոնային բնորոշ են փոքր պլանկտոն *Globigerinatheka* և *Turborotalia cocoaensis*, իսկ խոշորներից *Subbotina* (*S. corpulenta*, *S. eocaena* Gümb., *S. linaperta* (Finlay), *S. hagni* (Gohrbandt) և *H. alabamensis*, *H. primitiva* (Cushman) et Jarvis, *H. suprasuturalis* (Brönn.) տեսակների առկայությունը: *H. alabamensis*, *H. primitiva*, *H. suprasuturalis*, որոնց տարածումն ավարտվում են *N. millecaput* հորիզոնի սկսելուն պես և *N. millecaput* հորիզոնով էլ անց է կացվում Ազատեկի և Ուրցաձորի շերտախմբերի միջև սահմանը:

Ուրցաձորի շերտախումբ.

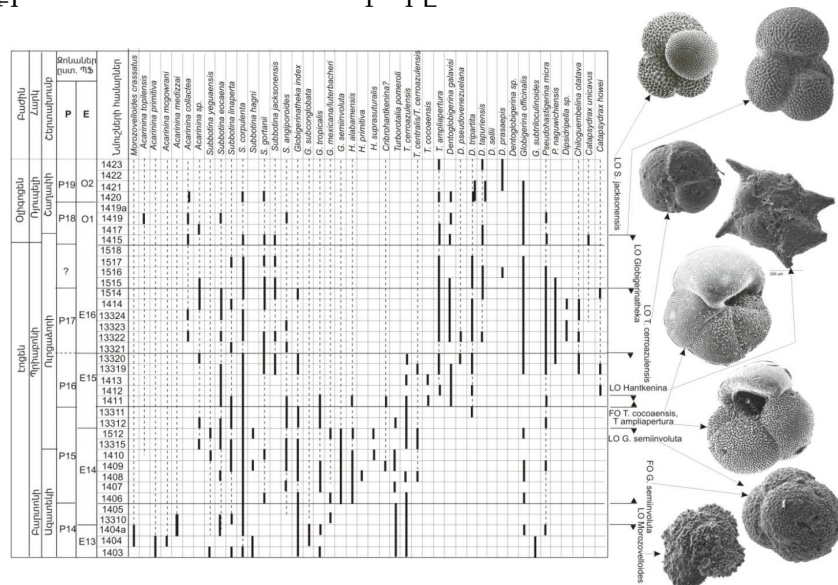
Չոնա P16. Ստորին սահմանը համարվում է *Turborotalia cocoaensis*-ի, *Turborotalia ampliapertura*, և *T. ampliapertura*, տարածման սկիզբը: Համալիր զոնայի հատկանշական տեսակներն են՝ *T. cocoaensis*, *T. cerroazulensis*, խոշոր *Subbotina*, հազվադեպ հանդիպում են *Turborotalia ampliapertura*, *Dentoglobigerina galavisi* (Bermúdez), *D. tripartita* (Koch), *Hantkenina suprasuturalis*:

Չոնա P17(?). Այս զոնան հիմնականում բնութագրվում է էոցեն-օլիգոցեն անցումային և էոցենին բնորոշ տեսակներով: Այս զոնայում առավելապես տարածված են՝ *Turborotalia ampliapertura* (նկ.4.7), *Dentoglobigerina galavisi*, *D. tripartita*, *Subbotina corpulenta*, *S. gortanii*, *S. jacksonensis* (նկ.4.9), *Globigerina officinalis*, *Pseudohastigerina micra* և ավելի քիչ հանդիպում են *Turborotalia cerroazulensis*, *Globigerinatheka*

*index*, *Subbotina linaperta*, *Dentoglobigerina tapuriensis*, փոքր *Acarinina* տեսակները: Այստեղ առաջին անգամ նկատվում են *Pseudohastigerina naguwichiensis* (Myatl.), *Dipsidripella* sp. և *Turborotalia increbescens* (Bandy) ֆորամինիֆերները: Հազվադեպ հանդիպում են *Subbotina linaperta*, *Globigerinatheka index*, իսկ, *Subbotina jacksonensis* (Bandy) տեսակը հանդիպում են մեծ քանակությամբ:

Նստվածքներն ավելի քիչ կարբոնատային են, ինչով էլ պայմանավորված է ՊՖ լավ պահպանվածությունը: Այս զոնայի վերին սահմանը համարվում է փոքր *Globigerinatheka index* տեսակի տարածումը: *Ջոնայում առաջին անգամ հայտնվում են օլիգոցենին բնորոշ Dentoglobigerina prasaepis* (Blow) տեսակը, չնայած տեսակետ կա, որ այն հայտնվում է էոցենում, որտեղ առկա են նաև խանտենինաներ (Pearson, Wade, 2015): Այսպիսով, այս զոնայում առկա են ինչպես էոցենին բնորոշ, այնպես էլ օլիգոցենին բնորոշ տեսակներ:

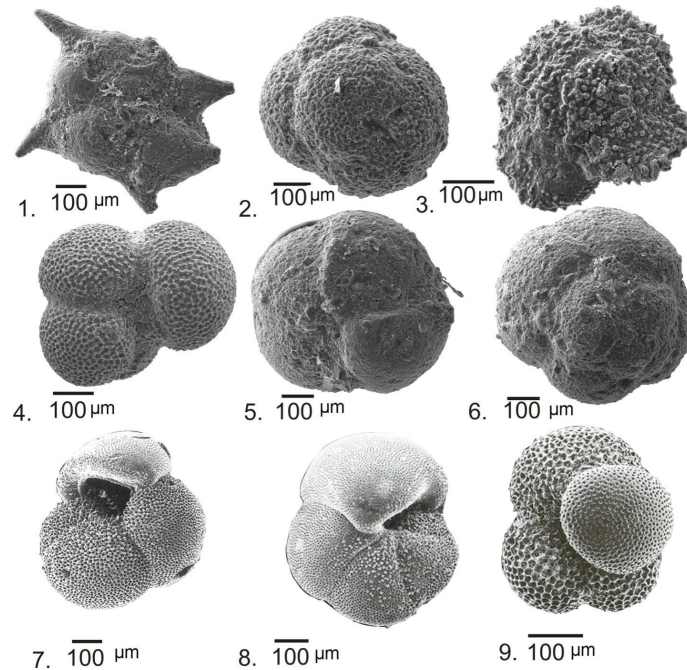
**Շաղափի շերտախումբը P18 (O1)** կամ *Pseudohastigerina naguwichiensis* զոնան առանձնանում է նստվածքային ապարներում կարբոնատային նյութի բարձր պարունակությամբ, հետևաբար ՊՖ-ների քանակի և բազմազանության նվազմամբ: Այս զոնայում առկա են հիմնականում՝ *Dentoglobigerina tripartita*, *D. galavisi*, *D. tapuriensis*, *T. ampliapertura*, *Globigerina officinalis*, *Subbotina eoacena*, *S. corpulenta*, *Catapsydrax univavus* և հազվադեպ *Pseudohastigerina micra*, *P. naguwichiensis*, փոքր *Acarinina collectea* տեսակները:



Նկ.3 Ջոնաներ ըստ. ՊՖ (P-զոնաներ Berggren et al. 1995. E,O-զոնաներ Berggren, Pearson, 2005) Լանջադի կտրվածքի զոնալ ստորաբաժանման սխեման (Закревская и др., 2017):

Ջոնա P19 (O2). Կամ այլ կերպ կոչվում է *Turborotalia ampliapertura*: Սահմանը համընկնում է *Pseudohastigerina* տեսակի ավարտի հետ և

բնորոշվում է հետևյալ տեսակների հազվադեպ առկայությամբ՝ *Turborotalia ampliapertura*, *Subbotina corpulenta*, *S. gortanii*, *S. prasaepis*, *Dentoglobigerina galavisi*, *D. tapuriensis*, *D. sellii*, *Globigerina officinalis*:



Նկ.4. Լանջառի կտրվածքի զոնալ ստորաբաժանման հիմնական պլանկտոն ֆորամինիֆերները (ՊՖ):

1. *H. alabamensis* (L1406), 2. *G. semiinvoluta* (L1409), 3. *Morozovelloides* (L1501), 4. *G. tapurienes* (L1420), 5. *T. cerroazulensis* (L15013), 6. *G. tropicalis* (L15013), 7. *T. ampliapertura* (Pearson et al., 2006), 8. *T. cocoaensis* (Pearson et al., 2006), 9. *S. jacksonensis* (Pearson et al., 2006):

### Եզրակացություն

Լանջառի տարածքում կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում անջատվել և քարտեզագրվել են սողանքներ, կազմվել է սողանքային մարմինների տարածման քարտեզ: Սևանի, Արփիի շերտախմբերի ուսումնասիրության համար անհրաժեշտ է ընտրել կտրվածք սողանքային մարմնից դուրս:

Ազատեկի, Ուրցաձորի և Շաղափի շերտախմբերի համար ըստ պլանկտոն ֆորամինիֆերների ուսումնասիրության կազմվել է զոնալ ստորաբաժանում՝ համապատասխան միջազգային շերտագրական սխեմայի ստանդարտների:

Լանջառի կտրվածքը ներկայացված է միջին էոցենի վերին հատվածով (բարտոն), վերին էոցենի (պրիաբոն) և ստորին օլիգոցենի (ոյուպել) բաժիններով: Զոնալ ստորաբաժանումն ունի հետևյալ տես-

քը՝ բարտոնի հարկն իր մեջ ներառում է P14 զոնայի վերին և P15 զոնայի ստորին հատվածը, պրիաբոնն իր մեջ ներառում է P15 զոնայի վերին հատվածը P16, P17 զոնաները և P18 զոնայի ստորին հատվածը, իսկ ոյուպելն իր մեջ ներառում է P18 զոնայի վերին և P19 զոնայի ստորին հատվածը:

Միննույն ժամանակ դժվարություն է առաջանում հստակ որոշել պրիաբոնի և ոյուպելի սահմանը, քանի որ տվյալ կտրվածքում *Morozo-velloides* և *Hantkenina* տեսակներն ունեն սահմանափակ տարածում, իսկ տվյալ հարկերի միջև սահմանը որոշվում է վերջիններիս ավարտով: Այս զոնայում առկա է ինչպես էոցենին, այնպես էլ օլիգոցենին բնորոշ տեսակներ, ինչի հավանաբար պայմանավորված է վրաշարժվող լեռնաշղթայի էտնամասում (Ավագյան և ուր., 2015) նստվածքակուտակման պայմաններով, հետևաբար գրավիտացիոն և տուրբիդիտային հոսքերի առկայությամբ (Մահալյան և ուր., 2017), ինչով էլ կարելի է բացատրել նրանց համատեղ առկայությունը:

Հայտնի է նաև, որ էոցեն-օլիգոցեն անցումային ժամանակահատվածը կարևոր է երկրագնդի զարգացման պատմության օրգանական աշխարհի էվոլյուցիայի, հնաշխարհագրական և կլիմայական պայմանների վերականգնման համար: Այս անցումային ժամանակաշրջանում տեղի են ունեցել կտրուկ կլիմայական փոփոխություններ՝ պայմանավորված գլոբալ ջերմաստիճանի անկումով, ձևավորելով Անտարկտիդայի սառցադաշտերը (Prothero, 1994): Վաղ օլիգոցենում կլիմայական կտրուկ շրջադարձն իր ազդեցությունը ունեցավ ծովային և ցամաքային բուսական ու կենդանական աշխարհի կենսաբազմազանության վրա և հանդիսացավ փոքր մասսայական մահացման պատճառ: Այս պարագայում կարևոր են դառնում ծովային նստվածքների և ֆորամինիֆերների O, C իզոտոպային ուսումնասիրությունները, ինչը նախատեսվում է իրականացնել հետագա աշխատանքներում:

Աշխատանքը իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ ԳՊԿ-ի կողմից ֆինանսավորվող № 15RF-078 և 18RF-090 ծրագրերի շրջանակներում: Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում Լիթոլոգիայի և ռեգիոնալ երկրաբանության լաբորատորիայի վարիչ, ե.գ.թ. Լ. Մահալյանին, Երկրադինամիկայի և վտանգավոր երկրաբանական երևույթների լաբորատորիայի վարիչ, ե.գ.դ. Ա. Ավագյանին, խորհրդատվության համար:

### Գրականության ցանկ

- Ավագյան Ա., Մահալյան Լ., Մոսսոն Մ., Վարդանյան Ս., Մարտիրոսյան Մ. 2015, Արարատյան գոգավորության հարավ արևելյան տեղամասի տեկտոնիկան: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, 68 (1), էջ.47-67:
- Մահալյան Լ.Հ., Ավագյան Ա.Վ., Մոսսոն Մ., Զակրեսկայա Ե.Յու., Գրիգորյան Տ.Ե., 2017: Շադափի սինկլինալի պալեոգենի նստվածքակուտակման տեկտոնական պայմանները և էվոլյուցիան: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, (1), էջ 24-35:

- Айрапетян Ф. А.** 2009, Зональное подразделение палеогеновых отложений бассейна реки Веди по мелким фораминиферам (Араксинская тектоническая зона). Известия НАН РА, Науки о Земле, 62 (2). с.6-15.
- Габриелян А.А.** 1947, Третичные отложения Котайкского района АрмССР. Изд. АН АрмССР, 79с.
- Габриелян А.А.** 1988, Геологические события на границе эоцена и олигоцена на территории Армянской ССР. Изд. АН ССР, 74с.
- Григорян. С. М.** Нуммулиты и орбитойды Армянской ССР. 1986, Изд. АН АрмССР, 199 С.
- Закревская Е.Ю., Бугрова Э.М., Щербинина Е.А., Саакян Л.Г., Айрапетян Ф.А., Григорян Т.Е., Волошина О.В.** 2017, Микропалеонтологическая характеристика среднеэоценовых-нижнеолигоценовых отложений разреза Ланджар и Урцаландж в южной Армении. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический, Т. 92, вып.5, с. 60-85.
- Крашенинников В.А.** 1974, Некоторые виды планктонных фораминифер из эоценовых и олигоценовых отложений южной Армении. Вопросы микропалеонтологии, 17, с.95-136.
- Крашенинников В.А., Музылев Н.Г., Птухьян А.Е.** 1985, Стратиграфическое расчленение палеогеновых отложений Армении по планктонным фораминиферам, нанопланктону и нуммулотидам. Опорные разрезы палеогена Армении. Вопросы микропалеонтологии, 27, с.130-170.
- Крашенинников В.А., Ахметьев М.А., Запорожец Н.И.** 1998, Разрез Ланджар (Южная Армения). Геологические и биотические события позднего эоцена – раннего олигоцена на территории бывшего СССР. Часть II: Геологические и биотические события / Ред. В.А. Крашенинников, М.А. Ахметьев. Тр. Геол. ин-та РАН, Вып. 507, М., ГЕОС, с.151–155.
- Мартirosян Ю.А.** 1986, Биостратиграфия позднемиоценовых-раннепалеогеновых отложений юга Армянской ССР, Ереван, с.115.
- Субботина Н.Н.** 1953, Ископаемые фораминиферы СССР (глобигериниды, ханткениниды и глоботоралииды), Тр. ВНИГРИ, Нов. сер. Вып. 76. Л, М, Гостоптехиздат, 296с.
- Berggren W. A., Pearson P. N., Huber B.T., Wade B. S.** 2006, Taxonomy, Biostratigraphy and Phylogeny of Eocene Acarinina. In: Pearson P. N., Olsson R. K., Huber B.T., Hemleben C., Berggren W. A. (Eds.), Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera. Cushman Foundation Special Publication. 41, p.257–326.
- Blow W. H.** 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In: Bronnimann, P., Renz, H. H. (Eds.), Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Leiden, E. J. Brill 1, p.199–422.
- Pearson P.N., Olsson R.K., Huber B.T. et al.** 2006, (eds.) Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera Cushman Found. Foraminiferal Res. Spec. Publ. N 41. 513p.
- Pearson P.N., Wade B.S.** 2015, Systematic taxonomy of exceptionally well-preserved planktonic Foraminifera from the Eocene/Oligocene boundary of Tanzania Cushman Found. Foraminiferal Res. Spec. Publ. N 45. p.1–85.
- Prothero D. R.** 1994, The Late Eocene-Oligocene Extinctions. J. Annual Review of Earth and planetary sciences v. 22, p. 145-165.
- Rolland Y., Billo S., Corsini M., Sosson M., Galoyan G.** 2009, Blueschists of the Amassia-Stepanavan Suture Zone (Armenia): linking Neo-Tethys subduction from E-Turkey to W-Iran. Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch) 98, N3, p.533-550.
- Serra-Kiel J., Hottinger L., Caus E., Drobne K., Ferrandez C., Jauhri A. K., Less G., Pavlovec R., Pignatti J., Samso J. M., Schaub H., Sirel E., Strougo A., Tambareau Y., Tosquella J., Zakrevskaya E.** 1998, Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. Bulletin de la Societe Geologique de France 169(2), p.281–299.
- Zakrevskaya E., Shcherbinina E. & Hayrapetyan F.** 2014, International geological field trip “The Bartonian and Priabonian boundaries in Southern Armenia: Problems and solution, August 24th- September 8th Field trip guide book, IGS NAN RA, SGM RAS, 2014. VNII Geosystem, Moscow, 49p.

*Գրախոսող՝ Ա. Գրիգորյան*

**БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЕЗА  
ЛАНДЖАР ПО ПЛАНКТОННЫМ ФОРАМИНИФЕРАМ  
(СРЕДНЕАРАКСИНСКАЯ ДЕПРЕССИЯ)**

**Т.Е. Григорян**

В статье представлено изучение ассоциации планктонных фораминифер в глинисто-карбонатных, мергелевых, алевроитовых осадках относительно небольшой мощности, чередующихся с нуммулитовыми известняками и песчаниками, с целью выяснения переходных границ среднего эоцена (бартонский ярус), верхнего эоцена (приабонский ярус) и нижнего олигоцена (рюпельский ярус). Составлена схема биостратиграфического расчленения планктонных фораминифер по стандартам международной шкалы. В разрезе Ланджар в среднем эоцене (бартонский ярус) типично присутствие *Turborotalia cerroazulensis*, *Globigerinatheka index*, *G. subconglobata*, *G. barri*, *Subbotina corpulenta*, *S. pseudoeocaena*, для верхнего эоцена (приабонский ярус) типичны *Globigerinatheka*, *Turborotalia*, *Subbotina* (*S. corpulenta*, *S. eocaena*, *S. linaperta*, *S. haqni*) *H. alabamensis*, *H. primitiva*, *H. suprasuturalis*, а нижнего олигоцена (рюпельский ярус) присутствие планктонных фораминифер *Dentoglobigerina tripartita*, *D. galavisi*, *D. tapuriensis*, *T. ampliapertura*, *Globigerina officinalis*, *Subbotina eocena*, *S. corpulenta*, *Catapsydrax unicavus*.

В статье приведена карта оползней территорий сс. Ланджар и Урцаландж с целью выбора непрерывного ненарушенного разреза.

**BIOSTRATIGRAPHIC STUDIES OF LANJAR SECTION ON  
PLANKTONIC FORAMINIFERS  
(MIDDLE-ARAX BASIN)**

**T.E. Grigoryan**

Abstract

The study of the association of planktonic foraminifers in clay-carbonate, marl, silty sediments and alternated relatively small thicknesses of Nummulitic limestones and sandstones is presented, in order to clarify the transitional boundaries of the Middle Eocene (Bartonian), Upper Eocene (Priobon) and the Lower Oligocene (Rupelian). The scheme of biostratigraphic subdivision of planktonic foraminifers by international scale standards is proposed. In the Lanjar section the Middle Eocene (Bartonian) is presented by *Turborotalia cerroazulensis*, *Globigerinatheka index*, *G. subconglobata*, *G. barri*, *Subbotina corpulenta*, *S. pseudoeocaena*, the Upper Eocene (Priobonian) by *Globigerinatheka*, *Turborotalia*, *Subbotina* (*S. corpulenta*, *S. eocaena*, *S. linaperta*, *S. haqni*) *H. alabamensis*, *H. primitiva*, *H. suprasuturalis*, and the lower Oligocene (Rupelian) by *Dentoglobigerina tripartita*, *D. galavisi*, *D. tapuriensis*, *T. ampliapertura*, *Globigerina officinalis*, *Subbotina eocaena*, *S. corpulenta*, *Catapsydrax unicavus* planktonic foraminifers.

In the article a map of landslides of the territory of vv. Lanjar and Urtsalanj is presented with the aim of selecting a continuous undisturbed section.

## **ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON HYDROLOGICAL REGIME OF APARAN RESERVOIR**

**© 2018 г. L.V. Azizyan, A.M. Gevorgyan, A.E. Misakyan,  
A.G. Danielyan, H.H. Azizyan**

*Service of the Hydrometeorology and Active Influence on Atmospheric Phenomena,  
Ministry of Emergency Situations of Republic of Armenia,  
109/8 A. Mikoyan Str. 4th Block of Davitashen, 0054 Yerevan, Republic of Armenia  
E-mail: levon\_azizyan@yahoo.com, agm86@yandex.ru, miamalya@yandex.ru,  
qartezagir@gmail.com, lhayk@yahoo.com.  
Received by the editor, 18.07.2018.*

This study examines hydrological regime of Aparan reservoir and its vulnerability caused by climate change. Statistical models for forecasting of maximum fullness level and water inflow were developed in scope of this study. The developed models and the results derived from Community Climate System Model 4 (CCSM4) model are used for assessment of climate change impact on the Aparan reservoir hydrological regime. The results show high vulnerability to climate change. In particular, the reservoir's maximum fullness water level is expected to decrease in future due to significant temperature increase, and the decrease can reach up to 11m by 2100 under RCP8.5 scenario. By contrast there are high variability and lower consistency in the results of vulnerability of water inflow and surface runoff depth attributed to the high uncertainties in precipitation projections.

**Keywords:** Aparan reservoir, maximum fullness level, surface runoff depth, climate change, precipitation, river inflow, vulnerability.

### **Introduction**

It is of great importance to estimate the vulnerability of water resources, maximum fullness of reservoirs, as well as water inflow from rivers in Armenia under the global climate change conditions. The latter provides an opportunity to develop a rational usage and planning of water resources during the year, contributing to a number of water-related issues and risks. In order to analyse a hydrological regime, it is necessary to study meteorological conditions, since the role of meteorological factors in the formation of hydrological regime is significant.

Aparan reservoir is one of the major strategically significant water objects in Armenia. Aparan reservoir was built in the middle flows of Kasakh river, at an altitude of 1800 metre (m) (Fig.1a b)). In the case of normal headwater level (NHL) - 1835.0m, the volume is 91.0 million m<sup>3</sup>, and the water surface area of the reservoir is 7.3km<sup>2</sup>. Dead storage capacity level is 1810m (volume - 6.48million m<sup>3</sup>). The watershed area of reservoir is 656km<sup>2</sup>, while weighted average height of the basin is 2280 metre above mean sea level. The reservoir's watershed area is composed of relatively young volcanic rocks, and it is characterized by a mountainous relief and deep valleys (Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР, 1985).

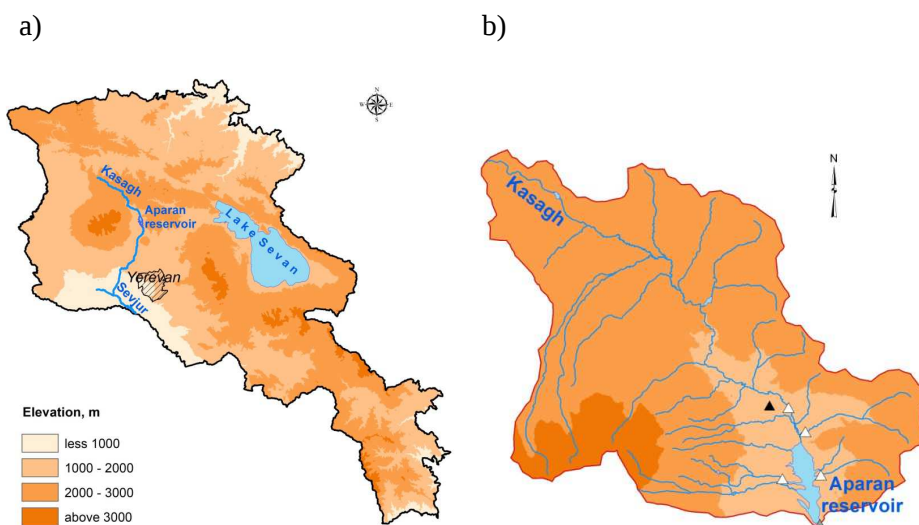


Fig.1. Topography maps of Armenia a) and catchment area of Aparan reservoir b). Black triangle - Aparan meteorological station, white triangle - hydrological stations, grey triangle - Araran reservoir-Hartavan hydrological station.

The basin's climate is moderate, with short cool summers and relatively cold winters. In summary, the main climatic elements influencing the characteristic of reservoir's hydrological regime are insufficient moisture, sharp seasonal fluctuations of air temperature and precipitation, low wind speed and the lack of forest cover in the basin. According to the observational data of Aparan meteorological station (1890m) over 1961-90 the average annual temperature is  $4.7^{\circ}\text{C}$ , while that for the warmest (July) and coldest (January) months are  $16.9$  and  $-8.8^{\circ}\text{C}$ , respectively (Կլիմայական տեղեկագիր I մաս, 2011). The amount of annual precipitation is 723mm. Precipitation are distributed inhomogeneously during the year, the maximum is observed in the May-June period. Snow cover forms every year, and it is retained from the beginning of December to the beginning of April. Ten-day average snow cover height is 48cm in the first decade of March (Կլիմայական տեղեկագիր II մաս, 2011).

The recent studies demonstrated that Armenia is affected by extreme precipitation events, heat waves, droughts, and significant temperature increase has been observed due to climate change, particularly, during the summer season (Gevorgyan et al. 2016). However, a little work has been done on studying climate change impact on water resources in Armenia, focusing on assessment of vulnerability of hydrological regime.

### Data and Method

This study uses hydrometeorological observational network of Aparan catchment area (fig.1.b)). The water inflow and maximum fullness level forecasting for Aparan reservoir is based on the statistical regression method (Георгиевский, Шаночкин, 2007).

First, long-term observational data on daily average water level and maximum fullness level obtained from Hartavan hydrological station (Fig. 1.b) and air temperature and precipitation obtained from Aparan meteorological station were used to develop statistical forecasting method for Aparan reservoir maximum fullness level ( $H_{max}$ ) during spring floods based on multifactorial correlation analysis (equation (1)):

$$H_{max} = 1813.21 + 0.031 \sum X_{AparanIX-III} - 0.24T_{AparanII} - 0.34T_{AparanIII} - 0.47\Delta T_{AparanIV} + 2.72kX_{AparanIV} \quad (1)$$

where  $\sum X$  – total precipitation amount for the station and months indicated in the index,  $T$  – mean monthly air temperature for the station and months indicated in the index,  $\Delta T$  – air temperature anomaly relative to the norm of April,  $k$  – module coefficient of precipitation for April (i.e. the relative value of precipitations with respect to climatological norm). It should be noted that period of 1968-2004 was considered for development of the equation (1).

Aparan reservoir water inflow was defined as a sum of observed river inflow and estimated lateral flow components for the entire catchment area (Ամենամյա տվյալներ, 1968-2017). As predictors, observational data on air temperature and precipitation obtained from Aparan meteorological station and from high mountain Aragats (3229m) and Amberd (2071m) meteorological stations were used. Although Aragats and Amberd meteorological stations are located outside of the Aparan reservoir catchment area, those successfully represent climatic conditions of elevated parts of the basin. The prognostic equation for prediction of water inflow ( $W$ ) to the reservoir during spring floods was obtained and presented in equation (2).

$$W_{IV-VI \text{ Aparan}} = -82.02 + 0.06 \sum X_{Aparan XI-III} + 0.032 \sum X_{Aragats VIII-III} + 0.18 \sum X_{Amberd X-III} - 3.77T_{Aragats III} \quad (2)$$

The variables used in equation (2) are similar as in equation (1). Again, the period of 1968-2004 was considered for development of the equation (2).

The performance of the developed statistical relationships presented in equations (1) - (2) were estimated (Наставление по службе прогнозов, 1962, Wilks, 2006). First, permissible error for forecasting was estimated:  $\sigma_{permissible} = \pm 0.674\sigma$ , where  $\sigma$  – standart deviation. Then, the root-mean

square error (RMSE) was evaluated following the equation  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$ ,

where,  $S$  - RMSE,  $y$ - observed, and  $\hat{y}$ - forecasted values,  $n$  - the number of values in the series.

The assessment of future climate change impact on hydrological regime of Aparan reservoir has been performed using climate change projections of the Community Climate System Model 4 (CCSM4) developed by National Center for Atmospheric Research (NCAR). The CCSM4 model has a  $1.25^\circ \times 0.9^\circ$  spatial resolution, and it is considered as relatively high-resolution model among the global climate change models. The CCSM4 model uses updated physical parameterizations (cumulus convection scheme, a high-accuracy radiation scheme), as well as, new land models and aerosol effects on clouds (Gent et al., 2011). The CCSM4 was validated and used by Gevorgyan et al. (2016) for assessment of temperature change projections in Armenia over 21<sup>st</sup> century. Other recent studies demonstrated that the CCSM4 model was among the successful models from the list of models included in phase 5 of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5) (Meleshko and Govorkova, 2013). The two high climate change scenarios used in this study for future precipitation and temperature change assessment are RCP8.5 (A2) and RCP6.0 (B2) scenarios. In order to downscale the CCSM4 model output data to the area of Aparan reservoir (Figure 1.b)) the simple bilinear interpolation was applied.

### **Hydrological regime of Aparan reservoir**

Hydrological regime of Aparan reservoir is significantly affected by anthropogenic factors, i.e. the regulation and operation of the reservoir's daily, seasonal and multi-year modes of water resources. Stronger water level increase in reservoir is associated with spring floods, and the maximum level is observed in the end of spring and at the beginning of the summer. Mean water level increase consists of 21cm per day during the spring floods. As irrigation season begins, the accumulated water in the reservoir is intensively used and the water level is reduced (July-October). The filling of the reservoir begins immediately after irrigation season. However, due to low water in the rivers, total increment of water level consists of, on average, 1.8m, from November to March, i.e. approximately at a rate of 1cm per day (Մխչյան, 2011). In some years (1989, 2003), when the autumn rains were intense, the total increase of 350-400cm was recorded. The most severe episode of daily water level increase was observed March 5 - 6 of 2004 with the rate of 390cm per day. During those days mean daily temperatures were above normal values by 10-13<sup>0</sup>C at Aparan meteorological station resulting in rapid snowmelt and water level increase of the reservoir. Aparan reservoir, in 1968-2017, was totally filled 8 times (1969, 1976, 1978, 1993, 2006, 2007, 2010 and 2011), while in some dry years water of Aparan reservoir was used for irrigation leading to decrease of water storage below the dead storage capacity level. The water level of Aparan reservoir mainly varies from 1812 to 1816m. Aparan reservoir, besides Kasakh river, collects water from the nine other rivers, the most prominent from which are rivers Gegharot, Ttujur, Kuchak, Eghipatrush (tabl.1).

Table 1

Mean monthly and annual inflows to the Aparan reservoir over 1968-2017

| Rivers                                     | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  | Year |
|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Water inflow volume, milion m <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kasakh                                     | 1.24 | 1.20 | 3.22 | 10.4 | 9.29 | 4.62 | 1.92 | 1.33 | 1.41 | 1.42 | 1.41 | 1.34 | 38.8 |
| Gegharot                                   | 0.65 | 0.56 | 0.86 | 1.84 | 3.45 | 5.50 | 5.45 | 2.55 | 1.40 | 1.09 | 0.85 | 0.87 | 25.1 |
| Ttujur                                     | 0.27 | 0.27 | 1.15 | 4.45 | 3.34 | 2.45 | 0.71 | 0.45 | 0.22 | 0.33 | 0.36 | 0.25 | 14.3 |
| Kuchak                                     | 0.16 | 0.19 | 0.61 | 1.87 | 0.74 | 0.28 | 0.26 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.24 | 0.22 | 5.16 |
| Eghipatrush                                | 0.17 | 0.19 | 0.53 | 1.67 | 1.81 | 1.15 | 0.54 | 0.34 | 0.12 | 0.32 | 0.38 | 0.24 | 7.46 |
| Lateral flow volume, milion m <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Entire catchment area of Aparan res.       | 0.84 | 0.82 | 1.88 | 5.53 | 4.71 | 2.21 | 1.12 | 0.74 | 0.46 | 0.84 | 0.83 | 0.81 | 20.8 |

It can be seen from Table 1 that the main river feeding the reservoir, is Kasakh River originating from Pambak mountain range at around 2200m (fig.1.a). The length of Kasakh River is 89km, and the basin area is 1480km<sup>2</sup>. The absolute maximum discharge was recorded in Vardenis observation post of 151m<sup>3</sup>/s (on 12.04.1972). The water inflow to the reservoir through the main rivers is determined using the data obtained from the hydrological observation posts located near the reservoir, while the lateral flow is determined using the empirical link, which was tested for the South Caucasus (Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР, 1985). Overall, Tab.1. shows that the peak in both water and lateral inflows is observed during the spring flood period (April-June) when water inflow consists of 45-65 % from the total water inflow.

### Results

#### Forecast of spring maximum fullness level and water inflow

Statistical estimates of the relationships for reservoir's maximum fullness level and river inflow forecasts are presented in tab.2.

Table 2

Statistical characteristics of relationships for forecasting of Aparan reservoir's maximum fullness level ( $H_{max}$ , equation (1)) and water inflow ( $W_{IV-VI \text{ Aparan}}$ , equation (2)) during spring floods over period 1968-2004

| Parameter                  | Correlation coefficient, R | $\frac{s}{\sigma}$ | $\pm 0.674\sigma$ (%) |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|
| $H_{max}$                  | 0.91                       | 0.41               | 91                    |
| $W_{IV-VI \text{ Aparan}}$ | 0.86                       | 0.52               | 81                    |

Table 2 shows that the developed statistical relationships are characterized by quite high correlation coefficients and low RMSEs (relative to  $\sigma$ ). Therefore, on the basis of the guidelines on hydrological forecasts (Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989) the developed forecasting equations can be used in our further assessments of the components of water regime of Aparan reservoir. In order to validate the developed statistical methods of forecasting  $H_{max}$  and  $W_{IV-VI \text{ Aparan}}$  we evaluated forecasts of those hydrological parameters over independent period 2005-2017 (tab.3 and tab.4).

Table 3

The results of verification of Aparan reservoir's maximum fullness levels forecasts over 2005-2017,  $\sigma_{permissible} = \pm 2.98, m$

| Year | Maximum level, m |            | Bias, m<br>(forecasts-<br>observations) | Accuracy      |
|------|------------------|------------|-----------------------------------------|---------------|
|      | observed         | forecasted |                                         |               |
| 2005 | 1832.65          | 1831.45    | -1.20                                   | justified     |
| 2006 | 1835.15          | 1835.61    | 0.46                                    | justified     |
| 2007 | 1835.00          | 1832.26    | -2.74                                   | justified     |
| 2008 | 1824.35          | 1822.63    | -1.72                                   | justified     |
| 2009 | 1828.26          | 1827.87    | -0.39                                   | justified     |
| 2010 | 1835.19          | 1834.25    | -0.94                                   | justified     |
| 2011 | 1835.15          | 1830.79    | -4.36                                   | not justified |
| 2012 | 1825.79          | 1826.58    | 0.79                                    | justified     |
| 2013 | 1828.56          | 1826.48    | -2.08                                   | justified     |
| 2014 | 1821.22          | 1820.64    | -0.58                                   | justified     |
| 2015 | 1826.26          | 1826.77    | 0.51                                    | justified     |
| 2016 | 1828.65          | 1824.67    | -3.98                                   | not justified |
| 2017 | 1827.19          | 1826.96    | -0.23                                   | justified     |

It can be seen from table 3 that forecasts of  $H_{max}$  based on equation (1) are generally underestimated relative to observations. However, in the most of cases we obtained successful forecasts, and only two forecasts (2011 and 2016) from 13 were out of permissible range estimated as  $\pm 2.98 m (\sigma_{permissible})$ . It is worth noting that very dry conditions prevailed in 2016, and precipitation amount at Aparan station in April was 35 % relative to norm.

Tab.4 presents the results of verification of reservoir's water inflow forecasts. Overall, the application of equation (2) produced successful water inflow forecasts, and significant deviations relative to observations are obtained for 2006, 2008 and 2014 when the magnitudes of forecast biases exceeded the permissible range estimated as  $\pm 16.0, \text{million } m^3$ . Again, 2008 and 2014 were characterised by significant dryness, and observed water inflows consisted of 19.0-20.0 million  $m^3$ . The significant negative bias was obtained for 2006 (- 48.9 million  $m^3$ ). High water inflow observed during spring flood of 2006 was affected by significant amount of precipitation in beginning of the spring flood period, i.e. in April when monthly precipitation amounts exceeded the

norm by three times, while precipitation amount for cold period (up to March) is considered in equation (2).

Table 4

The results of verification of Aparan reservoir's water inflow forecasts during the spring floods over 2005-2017,  $\sigma_{\text{permissible}} = \pm 16.0, \text{million m}^3$

| Year | Water inflow, million m <sup>3</sup> |            | Bias, million m <sup>3</sup> (forecasts-observations) | Accuracy      |
|------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|---------------|
|      | observed                             | forecasted |                                                       |               |
| 2005 | 75.5                                 | 63.2       | -12.3                                                 | justified     |
| 2006 | 75.1                                 | 26.2       | -48.9                                                 | not justified |
| 2007 | 59.7                                 | 45.0       | -14.7                                                 | justified     |
| 2008 | 19.0                                 | 48.7       | 29.7                                                  | not justified |
| 2009 | 33.6                                 | 27.5       | -6.1                                                  | justified     |
| 2010 | 33.0                                 | 48.7       | 15.7                                                  | justified     |
| 2011 | 63.9                                 | 49.0       | -14.9                                                 | justified     |
| 2012 | 25.2                                 | 37.0       | 11.8                                                  | justified     |
| 2013 | 33.9                                 | 33.4       | -0.5                                                  | justified     |
| 2014 | 20.4                                 | 4.4        | -16.0                                                 | not justified |
| 2015 | 35.3                                 | 33.4       | -1.9                                                  | justified     |
| 2016 | 26.9                                 | 40.9       | 14.0                                                  | justified     |
| 2017 | 24.1                                 | 23.8       | -0.3                                                  | justified     |

### Climate change impact on hydrological regime of Aparan reservoir

The study area is greatly affected by climate change. The results of assessment of climate change impact over the catchment area based on observational data of Aparan station over 1935-2015 showed that the average annual air temperature has increased by 1.05°C (the norm is 4.7°C). Furthermore, since 1994 annual average temperature anomalies relative to norm were mostly positive (except for 2011). 2010 was the warmest year with positive temperature anomaly of 2.9°C. It is worth noting that temperature increase is characterized by well-defined seasonality. Thus, the most significant temperature rise is observed in summer season, and the frequency of hot summer days were increased during the last 20 years (1998, 2000, 2006, and 2010). The precipitation amount changes are also characterised by different tendencies in different seasons. For instance, during 1935-2016, in Aparan reservoir's catchment area the precipitation amount is mostly increased, while in the autumn it was decreased by 20.1% relative to norm. In particular, the precipitation amount over 2011-2017 was abnormally low during the autumn months, leading to low spring floods. In order to assess climate change impact on characteristics of hydrological regime of Aparan reservoir during the 21st century we applied the developed equations presented in previous section. Climate variables included in equations (1) – (2) were derived from climate change projections of CCSM4 model already used in previous studies over Armenia (Կլիմայի փոփոխության մասին երրորդ ազգային հաղորդագրություն 2015, Gevorgyan et al., 2016). We selected the two high scenarios of climate change, namely

RCP8.5 (A2) and RCP6.0 (B2) scenarios. Thus, future changes in air temperature and precipitation for Aparan reservoir's catchment area is assessed for the 21th century and the results are presented in Tables 5 and 6. It can be seen from Table 5 that CCSM4 model predicts steady and significant temperature increase during the 21st century over the catchment area. In particular, temperature increase is much stronger during the summer, and summertime temperature increase can reach up to 6.0°C at the end of century under RCP8.5 scenario. On the other hand, precipitation change projections are characterized by high variability and uncertainties with both precipitation increase and decrease in future (tab.6).

Table 5

Seasonal and annual air temperature norms (for reference period of 1961-1990) and changes ( $\Delta T$ ) over Aparan reservoir catchment during the 21st century according to the CCSM4 model under RCP6.0 (numerator) and RCP8.5 (denominator) scenarios

| Periods                  | Winter  | Spring  | Summer  | Autumn  | Year    |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1961-1990 (norms, °C)    | -7.2    | 3.8     | 15.8    | 6.6     | 4.7     |
| 2011-2040 ( $\Delta T$ ) | 1.3/1.6 | 1.4/1.5 | 1.8/2.0 | 1.4/1.6 | 1.0/1.7 |
| 2041-2070 ( $\Delta T$ ) | 2.7/2.7 | 2.5/2.8 | 3.0/3.9 | 2.4/3.3 | 2.8/3.4 |
| 2071-2100 ( $\Delta T$ ) | 3.7/4.5 | 2.7/4.2 | 3.7/6.0 | 3.1/4.6 | 3.5/5.1 |

Table 6

Seasonal and annual precipitation norms (for reference period of 1961-1990) and changes ( $\Delta$ , %) over Aparan reservoir catchment during the 21st century according to the CCSM4 model under RCP6.0 (numerator) and RCP8.5 (denominator) scenarios

| Periods                   | Winter    | Spring   | Summer   | Autumn   | Year      |
|---------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| 1961-1990 (norms, mm)     | 137       | 226      | 222      | 138      | 723       |
| 2011-2040 ( $\Delta$ , %) | 7.4/-10.3 | 3.3/5.4  | -14/-25  | 6.3/-0.6 | 1.2/3.9   |
| 2041-2070 ( $\Delta$ , %) | 5.8/15    | 4.4/1.0  | -16/-8.0 | 3.2/10   | -0.4/4.1  |
| 2071-2100 ( $\Delta$ , %) | 8.1/8.5   | 2.2/-1.1 | -9.1/-30 | -6.1/11  | -0.4/-1.0 |

The results of vulnerability assessment of Aparan reservoir maximum fullness levels and river inflows associated with climate change are presented in tab.7.

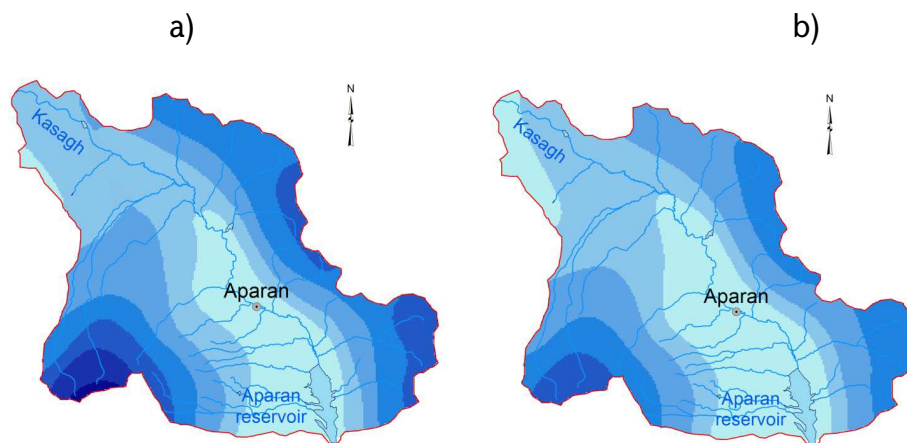
Table 7

The results of vulnerability assessment of Aparan reservoir maximum fullness levels and water inflows during the spring flood period associated with future climate change

| Parameters                       | Reference value | 2040    |         | 2070    |         | 2100    |         |
|----------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                  |                 | RCP 6.0 | RCP 8.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| $H_{max}$ , m                    | 1835.0          | 1827.7  | 1827.4  | 1824.5  | 1826.0  | 1825.9  | 1824.4  |
| $W_{IV-VI}$ , mln m <sup>3</sup> | 65.0            | 69.3    | 50.6    | 62.6    | 72.5    | 58.9    | 60.6    |

Tab.7 shows, that reservoir maximum fullness water level is expected to decrease in future due to significant temperature increase leading to increase in evaporation from the reservoir surface. The decrease in  $H_{max}$  reaches up to 11m through 2100 under RCP8.5 scenario. The latter will lead to reducing of the Aparan reservoir maximum capacity by 55–56 million  $m^3$  compared to present maximum capacity (91 million  $m^3$ ). By contrast there are high variability and lower consistency in the results of vulnerability of water inflow. Thus, the results based on RCP8.5 scenario indicate water inflow decrease in 2040, then water inflow increase in 2070, while in 2100 it will decrease again. According to the RCP6.0 scenario in 2100 the water inflow will consists of 58.9 million  $m^3$ , which will be lower than the basis inflow by 6.1 million  $m^3$ . It should be noted that changes in water inflow are mainly depend on precipitation changes also characterized by quite variable regime during the 21st century (tab.6).

Finally, spatial analysis of vulnerability assesment of runoff depth during the spring flood over Aparan reservoir basin is presented in this study. The runoff depth is equivalent to mean water depth (mm) over the entire catchment area resulting from surface runoff. The spatial distribution of climatological (1961-1990) runoff depth over Aparan reservoir basin during spring floods is presented in fig.2.a) (Атлас природных условий и естественных ресурсов республики Армения, 1990). It can be seen from fig.2.a) that surface runoff depth is distributed inhomogenously over the cathcment caused by mountain topography. In particular, high surface runoff depths (400-600 mm) can be seen over high-elevated parts of the cathcment area characteraised by high snow cover, humidity and precipitation, while those over low-elevated areas are less than 100 mm. On the basis of estimated changes in  $W_{IV-VI}$  in future presented in Tab.7 spatial maps of river runoff were estimated for 2040, 2070 and 2100 (fig.2.b)-d)). It should be noted that only RCP8.5 scenario is considered here. Fig.2.b)-d) show that the surface runoff will experience both decrease (2040 and 2100) and increase (2070) in future associated with relevant changes in precipitation.



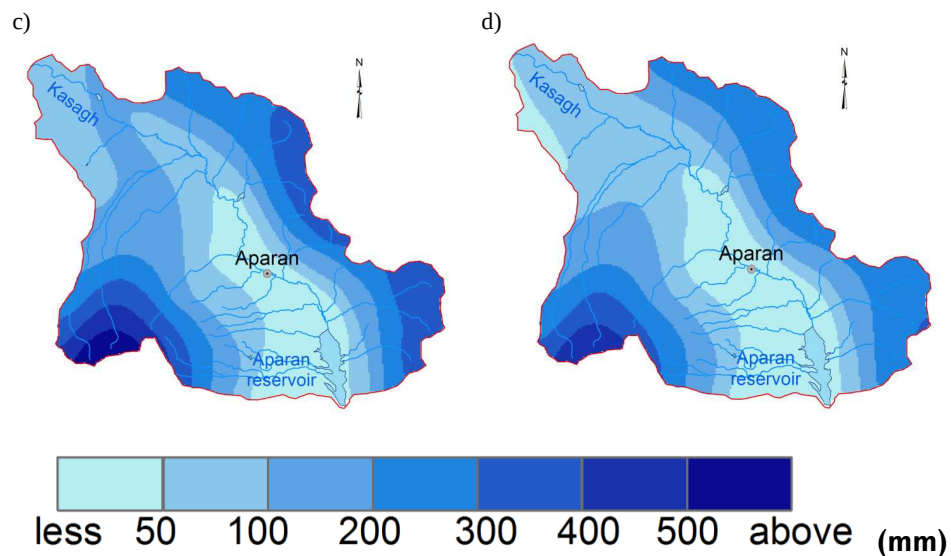


Fig.2. Climatological (1961-1990) and projected surface runoff depths (mm) over Aparan catchment area during spring floods. a) 1961-1990 (Атлас природных условий и естественных ресурсов РА, 1990), b) for 2040, c) for 2070, d) for 2100 (CCSM4 model, RCP 8.5 scenario)

### Conclusions and discussions

The reservoir's maximum fullness water level is expected to decrease in future due to significant temperature increase, and the decrease can reach up to 11m by 2100 under RCP8.5 scenario. By contrast there are high variability and lower consistency in the results of vulnerability of water inflow and surface runoff depth attributed to the low consistency in precipitation projections derived from CCSM4 model. Further work on improving of assessment of water balance elements of the reservoir, hydrological modelling and examination of extreme hydrometeorological events should be considered in future. In particular, examination of changes of precipitation amount by precipitation types (liquid, solid and mixed) is expected to substantially improve our vulnerability assessment. It is obvious that temperature increase in future is expected to cause decrease in snow and increase in rain, leading to significant changes in the river flow and its pattern of seasonal distribution. Another important meteorological parameter affecting hydrological regime of Aparan reservoir is wind speed which is of great importance for adequate estimation of evaporation. Therefore, the above meteorological parameters should be considered in future works.

It should be noted that the results of this study are based on application of statistical model, while application of numerical hydrological models is expected to improve the assessment of water resources in Armenia. It is also an important issue to improve climate change projections using high resolution climate prediction models, e.g. The Coordinated Regional Downscaling Experi-

ment (CORDEX) which would enable us capturing regional features of climate conditions over a mountain region like the studied basin.

### Acknowledgment

- This work was supported by the Republic of Armenia MES State Committee of Science, in the frames of the research project № 16YR-1E071 - “The forecasts of maximum levels and river inflow of spring floods period of Sevan Lake and major reservoirs of Republic of Armenia in climate change conditions”.

- The CCSM4 model data were processed at the Institute for Informatics and Automation Problems of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia within the framework of the state target program entitled “Applying of a National Research e-Infrastructure for Solving the Natural Sciences' Problems”.

### References

- Gent P.R., Danabasoglu G., Donner L.L., Holland M.M., Hunke E.C., Jayne S.R., Lawrence D.M., Neale R.B., Rasch P.J., Vertenstein M., Worley P.H., Yang, Z-L, Zhang M.** 2011, The community climate system model version 4. *Journal of Climate*, 24, 4973–4991.
- Gevorgyan A, Melkonyan H., Aleksanyan T., Iritsyan A., Khalatyan Ye.** 2016, An assessment of observed and projected temperature changes in Armenia. *Arabian Journal of Geoscience*, 9, DOI 10.1007/s12517-015-2167-y.
- Meleshko V.P, Govorkova V.A.** 2013, Performance of CMIP3 and CMIP5 models in simulation of current climate. *Trans Voeykov Main Geophys Obs* 568:26–51.
- Wilks D.S.** 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Burlington: Elsevier.
- Ամենամյա տվյալներ ՀՀ մակերևութային ջրային ռեսուրսների վերաբերյալ, ՀՀ ԱԻՆ Հիդրոմետ ծառայություն, 1968-2017.
- Կլիմայական տեղեկագիր I մաս, Օդի և հողի ջերմաստիճանը ՀՀ ԱԻՆ Հիդրոօդերևութաբանության և մոնիտորինգի պետական ծառայություն, 2011, Երևան, 150 էջ:
- Կլիմայական տեղեկագիր II մաս, Օդի խոնավությունը, մթնոլորտային տեղումները և ձնածածկույթը, ՀՀ ԱԻՆ Հիդրոօդերևութաբանության և մոնիտորինգի պետական ծառայություն, 2011, Երևան, 172 էջ:
- Կլիմայի փոփոխության մասին երրորդ ազգային հաղորդագրություն: Ըստ կլիմայի փոփոխության մասին ՄԱԿ-ի ջրջանակային կոնվենցիայի: ՀՀ բնապահպանության նախարարություն, 2015թ., Երևան, Լուսաբաց, 190 էջ:
- Միսակյան Ա.Է.** 2011, Ապարանի ջրամբարի մակարդակների ռեժիմը և առավելագույն լցվածության մակարդակի կանխատեսումը, ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ երկրի մասին, հատ. 64, №1, էջ, 67-76:
- Атлас природных условий и естественных ресурсов республики Армения. Гидрология. Академия наук РА, Институт геологических наук, отделение географии. Ереван 1990, 68с.
- Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В.** 2007, Гидрологические прогнозы. Учебник. СПб., изд РГГМУ, 436с.
- Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: Водохранилища Закавказья (Армянская и Грузинская ССР) 1985, Л.: Гидрометеиздат, 131с.
- Наставление по службе прогнозов, разд. 3, ч.І. Прогнозы режима вод суши, 1962, Л, Гидрометеиздат, 193с.
- Руководство по гидрологическим прогнозам. 1989, Вып.1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ, Л., Гидрометеиздат, 357с.

**Reviewer A.Arakelyan**

**ԱՊՐԱՐԱՆԻ ԶՐԱՄԲԱՐԻ ՀԻՂՐՈՒՈՒՄԻ ՆԵՐՄԻ ՎՐԱ  
ԿԼԻՄԱՅԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ**

**Ազիզյան Լ.Վ., Գևորգյան Ա.Մ., Միսակյան Ա.Է., Դանիելյան Ա.Գ.,  
Ազիզյան Հ.Հ.**

Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է Ապարանի ջրամբարի հիդրոլոգիական ռեժիմի ուսումնասիրմանը և կլիմայի փոփոխության պայմաններում դրա խոցելիության գնահատմանը: Գարնանային վարարումների ընթացքում ջրամբար գետային ներհոսքի և առավելագույն լցվածության մակարդակի կանխատեսման համար օգտագործվել է ֆիզիկալիճակագրական մեթոդը և մշակվել են բազմագործոն ռեգրեսիոն կապեր: Մշակված կապերով և Կլիմայական Համակարգի Մոդել 4-ից (CCSM4) վերցված արդյունքներով գնահատվել է կլիմայի փոփոխության ազդեցությունը ջրամբարի հիդրոլոգիական ռեժիմի վրա: Համաձայն արդյունքների, դիտվում է կլիմայի փոփոխության նկատմամբ բարձր խոցելիություն: Մասնավորապես, կանխատեսվում է ապագայում ջերմաստիճանի զգալի աճի հետևանքով ջրամբարի առավելագույն լցվածության մակարդակի նվազում, որը 2100թվականին համաձայն RCP8.5 սցենարի արդյունքների կարող է հասնել մինչև 11մ: Իսկ գետային ներհոսքի և հոսքի շերտի բարձրության խոցելիության արդյունքներում առկա է մեծ փոփոխականություն և ցածր կայունություն՝ կապված տեղումների կանխատեսումների մեծ անորոշությունների հետ:

- Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ գիտության պետական կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ «Սևանա լիճ և ՀՀ խոշոր ջրամբարներ գարնանային վարարումների ընթացքում գետային ներհոսքի և առավելագույն մակարդակների կանխատեսումները կլիմայի փոփոխության պայմաններում» 16YR-1E071 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА  
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОХРАНИЛИЩА АПАРАН**

**Л.В.Азизян, А.М.Геворгян, А.Э.Мисакян, А.Г.Даниелян, А.О.Азизян**

Резюме

В статье рассматривается гидрометеорологический режим Апаранского водохранилища и его уязвимость в условиях изменения климата. Разработаны статистические модели для прогнозирования речного притока и уровня максимального наполнения водохранилища. Данные полученные из модели климатической системы сообщества 4 (CCSM4) ис-

пользовались для оценки влияния изменения климата на гидрологический режим Апаранского водохранилища. Результаты показывают высокую уязвимость к изменению климата. В частности, ожидается, что в будущем из-за значительного повышения температуры, уровень максимального наполнения водохранилища уменьшится, и это снижение уровня может достигнуть 11 м до 2100 согласно сценарию RCP8.5. Однако, в связи высокой неопределенностью в оценках изменения осадков, существует высокая изменчивость и более низкая согласованность в результатах уязвимости речного притока воды и слоя стока.

- Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН РА в рамках научного проекта № 16YR-1E071 - «Прогнозирование речного притока в озеро Севан и крупные водохранилища РА, их максимальных уровней во время весеннего половодья в условиях глобального изменения климата».

## ԻՐԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿՈՒՄ ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՍՈՆԻՏՈՐԻՆԳԻ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

© 2018 թ. Ա.Ա. Ավագյան, Ա.Ա. Մկրտումյան, Ն.Հ. Տաթայան,  
Հ.Հ. Երիցյան, Ա.Ա. Առաքելյան

ՀՀ ԳԱՄ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ  
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պ. 24ա, ՀՀ  
E-Mail: arshavir.avagyan@gmail.com  
Հանձնված է խմբագրություն 16.02.2018թ.

Հոդվածում նկարագրվում է սողանքների գործիքային անընդհատ մոնիտորինգի և արդյունքների առցանց մշակման և օգտագործման համակարգի ծրագրային ապահովումը: Համառոտ ներկայացվում է նաև մոնիտորինգի համակարգի գործիքային կազմը, և տվյալների փոխանցման սկզբունքը: Ներկայացվող ավտոմատացված համակարգը Հայաստանում ներդրում է առաջին անգամ: Նրա հիմնական բաղադրիչը հանդիսացող համակարգչային ծրագիրը նույնպես չունի իր նմանակը: Ծրագիրը մեկ տարուց ավելի գործում է ՀՀ տարածքի երեք սողանքների օրինակով կազմակերպված համակարգում, որի նպատակն է սողանքների վտանգի նվազեցումը: Նրա հիմնական սկզբունքները և ծրագրային մոդուլները կարող են օգտագործվել այլ բնական գործընթացների և համակարգերի ավտոմատացված մոնիտորինգի նպատակով:

**Հանգուցային բառեր.** սողանք, մոնիտորինգ, բնական վտանգներ, ծրագրային ապահովում

### Ներածություն

ՀՀ տարածքում տարբեր հեղինակների տվյալներով գոյություն ունեն 2000-ից ավելի սողանքային տեղամասեր: Դեռ 1986թ. Հայհոդ-նախագիծ ինստիտուտի կողմից քարտեզագրվել են 2200-ից ավելի սողանքներ (դեկավար՝ Ա.Ա. Ղազանճյան): Հետագա մանրամասն աշխատանքների արդյունքում դրանց թիվը գնահատվում է 3500-ի կարգի (Boynagryan, 2009): Ճապոնիայի միջազգային համագործակցության գործակալության կողմից իրականացված հետազոտությունների արդյունքում քարտեզագրվել են 2514 ակտիվ սողանքներ (JICA, 2004): Վերջին տարիներին նույն կազմակերպության աշխատանքների շնորհիվ հայտնի սողանքներից մոտ 140-ը գույքագրվել են և կազմվել է դրանց նկարագրության տվյալների հենք:

ՀՀ տարածքի սողանքները մանրամասն ուսումնասիրվել են տասնամյակների ընթացքում: Որոշակի ժամանակահատվածում նաև իրականացվել է գեոդեզիական մոնիտորինգ, սակայն այն անհրաժեշտ կերպով չի իրականացվում տարիներ ի վեր:

Սողանքային աղետի ռիսկը նվազեցնելու արդյունավետ եղանակ է մշտապես գործող մոնիտորինգը, հատկապես երբ հնարավոր է դի-

տարկման տվյալները ստանալ և մշակել առցանց ռեժիմում (Резник и др., 2009; Baum et al., 2012; Bednarczyk, 2013; Corominas et al., 2000; Moya et al., 2017; Ramesh, 2009; Reid et al., 2012; Savvaidis, 2003; Smith et al., 2013): Ժամանակակից չափման սարքերի բարձր ճշտությունը, դիտարկման տվյալների մշակման և վերլուծության զարգացած տեխնոլոգիաները և համացանցի վստահելիությունն ու արագությունը մոնիտորինգը դարձրել են իրականին մոտ ժամանակում կատարվող գործողություն (quasy real time activity), որի միջոցով հնարավոր է դառնում բնակչության վաղ ազդարարումը վտանգի մասին (early warning) (Топроев, 2013; Bednarczyk, 2013; Intrieri et al., 2012; Intrieri et al., 2013; Medina-Cetina et al., 2007; Yueping et al., 2010):

Մի շարք երկրներ գրեթե իրական ժամանակում սողանքների մոնիտորինգ իրականացնելու մեծ փորձ են ձեռք բերել (Ramesh, 2009; Yueping et al., 2010; Baum et al., 2012; Топроев, 2013; Bednarczyk, 2013):

Հայտնի է Հաստանում իրականացված սողանքային պրոցեսի ավտոմատացված մոնիտորինգի մեկ կարճատև փորձ, որն օգտագործվել է ռոբոտացված էլեկտրոնային տախեոմետրով Ողջաբերդի սողանքի տարածքում (Резник и др., 2009): Վերջին տարիներին Ճապոնիայի Կառավարության օժանդակությամբ ստեղծված սողանքների մոնիտորինգի համակարգն առաջինն է Հայաստանում, որը գործում է առցանց իրական ժամանակում ավելի քան մեկ տարվա ընթացքում: Հողվածում ներկայացվող ծրագրային ապահովումը այդ համակարգի անբաժանելի մասն է: Այն կազմվել է հողվածի հեղինակների կողմից՝ հաշվի առնելով բնական երևույթների մոնիտորինգի ժամանակակից փորձը ինչպես գրունտների հատկությունների փոփոխության և դեֆորմացիայիների չափման, գրանցման, այնպես էլ տվյալների փոխանցման, մշակման և վերլուծության ուղղությամբ:

### **Առկա ինժեներական կառուցվածքների և վտանգավոր երկրաբանական երևույթների մոնիտորինգի համակարգերի նկարագրություն**

Նշված ուղղություններով գործնականում առավելապես կիրառվում են հետևյալ ծրագրային միջոցները. GeoMos (<http://www.leica-geosystems.com>), GeoMonitor (<http://www.solexperts.com>), IGM (<http://www.intermetric.de>), GOCA (<http://www.goca.info>), 4D Control (<http://www.trimble.com>), OSNET (<http://www.osasi.co.jp>):

Վերը նշված ծրագրային միջոցներն օգտագործում են ինչպես օպտիկական և GNSS սենսորներ, այնպես էլ գեոտեխնիկական և սեյսմիկ սարքավորումներ:

Հայաստանում երեք սողանքային տեղամասերում տեղադրված մոնիտորինգի համակարգը կառուցված է Ճապոնական OSASI ֆիրմայի սենսորների օգտագործմամբ և ունի յուրահատուկ գործառույթներ, որոնք բացակայում են վերը նշված ծրագրային համակար-

գերում: Այդ պատճառով Հայաստանում կազմակերպված մոնիտորինգի համակարգի համար կազմվել է հոդվածում նկարագրվող ծրագրային ապահովումը: Դրա յուրահատուկ գործառույթներից մեկը բնակչության վաղ ազդարարման ապահովումն է:

### **Մոնիտորինգի համակարգի ընդհանուր բնութագիրը և աշխատանքի սկզբունքները**

Ներկայացվող մոնիտորինգի համակարգն իրականացնում է հետևյալ հաջորդական գործողությունները.

- ավտոմատ կերպով բարձր հաճախականությամբ (5-10 րոպե) դիտարկվում են սողանքի դինամիկան ներկայացնող համալիր ցուցանիշները և սողանքի ակտիվացման գործոնները,
- ստացված տվյալներն իրական ժամանակում առցանց փոխանցվում և գրանցվում են կենտրոնական սերվերում,
- կատարվում է տվյալների վերլուծություն, արդյունքներն օգտագործողին են տրամադրվում աղյուսակների, գրաֆիկների, ձայնային ազդանշանների և տեքստային հաղորդումների տեսքով:

Ինչպես թվարկված գործառույթների ծավալով, այնպես էլ դրանց իրականացման ավտոմատացման աստիճանով համակարգը արդիական է և Հայաստանում իրականացվում է առաջին անգամ:

Սողանքային տեղամասերում կատարվում են հետևյալ դաշտային չափումները. երկրի մակերևույթին արտահայտված գրունտների տեղաշարժը, մակերևույթից մինչև 30մ խորությամբ գտնվող գրունտների վրա ազդող լարումները, գրունտային ջրերի տեղադրման խորությունը և տեղումների քանակը:

Յուրաքանչյուր տեսակի սենսորի տվյալների կառուցվածքը անփոփոխ է, դիտարկման հաճախականությունը կարող է սահմանվել 5 և ավելի րոպե: Ստորև սողանքների դիտարկման տվյալների իրական օրինակներն ըստ չափիչ սարքերի ներկայացվում են Առափի սողանքային տեղամասի օրինակով (աղյուսակներ 1- 4):

Գրունտների տեղաշարժը չափող սարքը՝ էքստենսաչափը, 10 րոպե պարբերությամբ չափում և գրանցում է գրունտների տեղաշարժը, իսկ ծրագիրը հաշվարկում է տեղաշարժի մեծությունը վերջին 1 ժամում, 1 օրում և ընդհանուր տեղաշարժը (աղ.1):

Գրունտների վրա ազդող լարումները չափվում են ուղղաձիգ հորատանցքում միմյանցից 1մ հեռավորությամբ տեղադրված տենզոմետրներով, որոնք մալուխներով միացած են ընդունիչ էլեկտրոնային սարքին: Ստացված տվյալներով որոշվում են առավել լարումներ կրող գրունտների՝ հետևաբար հնարավոր սահքի մակերևույթի դիրքը:

Աղյուսակ 1

Գրունտների տեղաշարժի տվյալները

| Սողանքային տեղամասը | Դիտարկման ժամանակը | Տեղաշարժի մեծությունը մեկ ժամում (մմ) | Տեղաշարժի մեծությունը մեկ օրում (մմ) | Տեղաշարժի ընդհանուր մեծությունը (մմ) |
|---------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Առափի               | 6/16/2017 9:10     | 0                                     | 0                                    | 110.2                                |
| Առափի               | 6/16/2017 9:20     | 1.8                                   | 1.8                                  | 112                                  |
| Առափի               | 6/16/2017 9:30     | 1.8                                   | 1.8                                  | 112                                  |

Աղյուսակ 2

Գրունտների վրա ազդող լարումների տվյալները

| Սողանքային տեղամասը | Դիտարկման ժամանակը | Խորությունը, մ |     |    |   |    |    |    |
|---------------------|--------------------|----------------|-----|----|---|----|----|----|
|                     |                    | 1              | 2   | 3  | - | 28 | 29 | 30 |
| Առափի               | 6/12/2017 1:40     | -10            | -37 | 17 | - | 0  | -1 | -1 |
| Առափի               | 6/12/2017 1:50     | -9             | -36 | 17 | - | -1 | -1 | 1  |
| Առափի               | 6/12/2017 2:00     | -9             | -37 | 18 | - | 0  | 0  | 0  |

Գրունտային ջրերի մակարդակը լարումների հետ չափվում է նույն ուղղաձիգ հորատանցքում: Լարումների և ջրի մակարդակի տարածական միատեղման շնորհիվ հնարավոր է դառնում բարձր ճշտությամբ գնահատել գրունտների ջրահագեցման և լարումների միջև կապը:

Աղյուսակ 3

Ջրի մակարդակի տվյալները

| Սողանքային տեղամասը | Դիտարկման ժամանակը | Ջրի մակարդակի իրական արժեքը | Սենսորի խորությունը |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|
| Առափի               | 6/12/2017 1:40     | 25.794                      | 29                  |
| Առափի               | 6/12/2017 1:50     | 25.796                      | 29                  |
| Առափի               | 6/12/2017 2:00     | 25.793                      | 29                  |

Տեղումների քանակը որոշվում է անձրևաչափի միջոցով, որը գրանցում է դիսկրետ տվյալներ 0,5մմ տեղումներին համապատասխանող քայլով: Անձրևաչափը տեղումների քանակը գրանցում է 10 րո-

պէս պարբերությամբ և հաշվում է տեղումների քանակը վերջին 1 ժամում, 1 օրում, շաբաթական տեղումները և դրանց իրական քանակը:

Աղյուսակ 4

#### Տեղումների տվյալները

| Սողան-<br>քային<br>տեղա-<br>մասը | Դիտարկ-<br>ման<br>ժամա-<br>նակը | Տեղում-<br>ների<br>քանակը<br>(մմ) | Տեղում-<br>ների<br>քանակը<br>մեկ<br>ժամում<br>(մմ) | Օրական<br>տեղում-<br>ների<br>քանակը<br>(մմ) | Շաբաթա-<br>կական<br>տեղումներ<br>(մմ) | Տեղում-<br>ների<br>իրական<br>քանակը<br>(մմ) |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Առափի                            | 5/7/2017<br>18:50               | 0.5                               | 0.5                                                | 0.5                                         | 0.5                                   | 0.4                                         |
| Առափի                            | 5/7/2017<br>19:00               | 0                                 | 0.5                                                | 0.5                                         | 0.5                                   | 0.9                                         |
| Առափի                            | 5/7/2017<br>19:10               | 0                                 | 0.5                                                | 0.5                                         | 0.5                                   | 0.9                                         |

#### Համակարգի կառուցվածքը

Մոնիտորինգի համակարգը բաղկացած է սողանքների դիտարկման տվյալների ստացման, հաղորդման, պահպանման և օգտագործման խնդիրները ապահովող ինչպես գործիքային, այնպես էլ ծրագրային միջոցներից: Համակարգի արդյունավետ աշխատանքի կարևոր գործոն են նաև պատրաստված մասնագետները:

Համակարգը ֆիզիկապես կազմված է երկու մասերից՝ դաշտային դիտարկումների տեղամասերի խմբից և բուն մոնիտորինգի կենտրոնից (Monitoring Station), որոնք տարբերվում են իրենց տեղադրման վայրով, խնդիրներով և գործառնություններով: ՄՄՀ-Ծրագիրը կազմվել է էլեկտրոնային համակարգի ֆիզիկական կառուցվածքից և լուծվող խնդիրներից: Միննույն ժամանակ այն հնարավորություն է տալիս ընդունված կառուցվածքի սահմաններում ընդլայնել դաշտային սարքերի և դիտարկվող տեղամասերի քանակը:

**Համակարգի դաշտային դիտարկումների մասը** կազմված է հետևյալ հիմնական հանգույցներից. չափիչ սարքեր՝ սենսորներ, որոնք համապատասխան էլեկտրոնային սարքերի հետ միասին գործում են որպես չափող և գրանցող սարքեր (data loggers) (աղ. 5), HUB, OSNET RS232C փոխարկիչ (converter) (մոդել NetGW-1E), համակարգիչ:

Նշված հանգույցները միասին կազմում են շղթա, որը տեղանքում դիտարկված տվյալները հաղորդում և գրանցում է սողանքային տեղամասի գրասենյակում տեղադրված համակարգչում: Համակարգչում տեղադրված OSASI Technos Inc. կազմակերպության «OSNET OBSER-

VER» ծրագիրը սենսորներից ընդունում է տվյալները և գրանցում համակարգչում CSV ֆորմատի ֆայլի տեսքով, որտեղից «LMS Soft» ծրագիրը դրանք կարդում և տեղափոխում է կենտրոնական սերվեր:

Աղյուսակ 5

Սողանքային տեղամասերում տեղադրված սենսորներ

| Սենսորներ (չափիչներ)                   | Սարքի մոդելը |
|----------------------------------------|--------------|
| Տեղումների քանակի                      | NetLG-201E   |
| Լարումների (տենզոմետր) և ջրի մակարդակի | NetLG-301E   |
| Տեղաշարժի (վերգետնյա էքստենսաչափ )     | SLG-10E      |
| Տեղաշարժի (ուղղաձիք էքստենսաչափ)       | SLG-10E      |

Համակարգի մոնիտորինգի կենտրոնը (տեղադրված ԱԻՆ-ում) կազմված է կենտրոնական սերվերից և նրան համացանցի (կամ ներքին ցանցի) միջոցով միացած օգտագործողների համակարգիչներից: Կենտրոնական սերվերին Համացանցի միջոցով միանում են անհրաժեշտ թվով դաշտային սողանքային տեղամասեր (նկ.1):

#### **«LMS Soft» ծրագրի կառուցվածքը, բաղադրիչ մասերը և դրանց միջև կապերը**

Համակարգի ծրագրային ապահովումը («LMS Soft») հեղինակների կողմից մշակվել է էլեկտրոնային համակարգին ներկայացված սկզբունքային ֆիզիկական կառուցվածքից և լուծվող խնդիրներից, սակայն կարող է ադապտացվել կառուցվածքի փոփոխությանը և ընդլայնմանը՝ դաշտային սարքերի և դիտարկվող տեղամասերի ավելացման տեսակետից, ինչպես նաև այլ մոդելների սարքեր օգտագործելու պայմաններում: «LMS Soft» ը բաղկացած է հետևյալ չորս փոխկապակցված ծրագրային հավելվածներից. LMS Tray, LMS Client, LMS Server, LMS Web:

«**LMS Tray**» ծրագրի միջոցով սահմանվում է սողանքային տեղամասը (տրվում է անունը), որին սպասարկելու է դաշտային համակարգիչը և կատարվում է «LMS Client» ծրագրի գործարկումը:

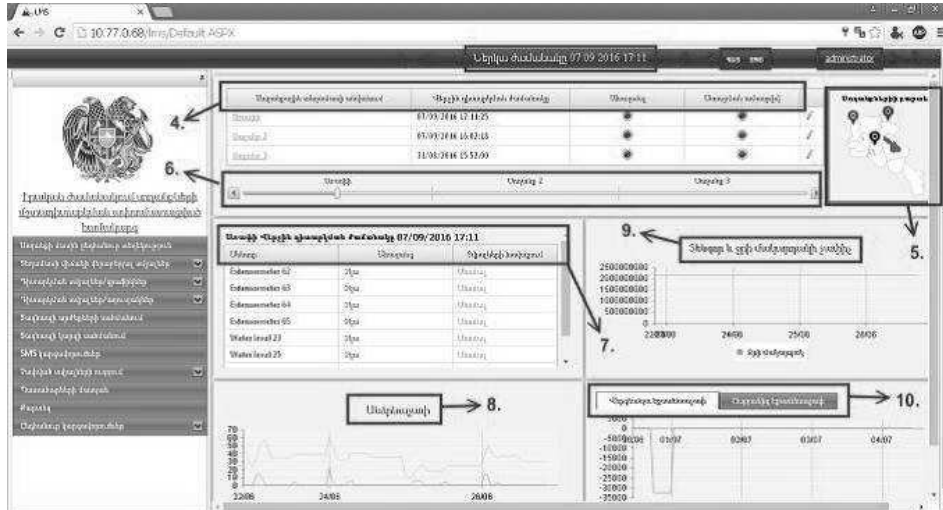
«**LMS Client**» ծրագրի միջոցով դաշտային համակարգչում CSV ֆորմատով ընդունվում են սենսորներից ստացված տվյալները և փոխանցվում կենտրոնական սերվեր:

«**LMS Server**» ծրագիրը ընդունում է դաշտային համակարգչից LMS Client ծրագրով կենտրոնական սերվեր ուղարկված տվյալները, ստուգում է տվյալների ամբողջականությունը և բովանդակությունը, որից հետո գրանցում է դրանք MS SQL DB տվյալների հենքում:

«**LMS WEB**» ծրագիրը կառավարում է մոնիտորինգի համակարգն ամբողջությամբ: Այս ծրագրի միջոցով նաև գրանցվում են սողանքային տեղամասերը և այնտեղ տեղադրված սենսորները՝ նշելով տեսակները, դրանց տվյալների ֆայլերի ճանապարհները, դիտարկումները



կազմում են մեկ համասեռ խումբ: Օրինակ՝ սենսորներ, սողանքներ և այլն: ՏՀ-ը կառավարվում է MS SQL Express 2014 համակարգով, տվյալների խմբագրումը և մշակումը կատարվում է C# ծրագրավորման լեզվով գրված ծրագրի միջոցով:



Նկ.2. ՄՄՀ Ծրագրի գլխավոր էջը

Ծրագրի տարաբնույթ գործառնությունները ըստ դրանց նպատակի կան արդյունքի և ավտոմատացման աստիճանի բաժանվում են երեք խմբի: Առաջին խմբի գործառնությունները սահմանում են մոնիտորինգի տարբեր խնդիրների լուծման կարգը և պայմանները, որոնք մուտքագրվում են օգտագործողի կողմից: Երկրորդ խմբին են պատկանում ծրագրի միջոցով ավտոմատ կերպով՝ առանց օգտագործողի մասնակցության իրականացվող գործառնությունները: Երրորդ խմբի գործառնությունների նպատակն է օգտագործողին տրամադրել նրա կողմից պահանջված տեղեկություններ:

**Առաջին խմբի** գործառնություններով լուծվում են ծրագրի աշխատանքի կարգավորման ստորն ներկայացված խնդիրները.

1. դիտարկվող սողանքային տեղամասի վերաբերյալ ընդհանուր տեղեկությունների (անվանում, աշխարհագրական կոորդինատներ, տվյալների ստացման պարբերականություն) գրանցում ՏՀ “Landslide” աղյուսակում (նկ.3),
2. սենսորների բնութագրիչների (անվանում, տեսակ՝ անձրևաչափ, լարումների և ջրի մակարդակի չափիչ, ուղղաձիգ էքստենսաչափ, մակերևութային էքստենսաչափ) և դրանցից ստացված տվյալների ֆայլի անվան գրանցում ՏՀ “Sensor” աղյուսակում,
3. ծրագրի օգտագործողների վերաբերյալ տվյալների (անուն, ազգանուն, գաղտնաբառ, նախընտրելի լեզու և այլն) գրանցում

“User” աղյուսակում,

4. ծրագրի օգտագործողներին տրված թույլտվությունների և սահմանափակումների գրանցում “User permission” և “PageControl” աղյուսակներում,
5. օգտագործողի կողմից յուրաքանչյուր սենսորի համար սահմանված տազնապային արժեքների գրանցում “SensorAlarm” աղյուսակում,
6. տազնապային հաղորդագրությունների հասցեատերերի տվյալների (անուն, ազգանուն, կազմակերպություն, պաշտոն, հեռախոսահամար, էլեկտրոնային փոստի հասցե) գրանցում “SMS setting” աղյուսակում,
7. դիտարկվող բոլոր սողանքների տազնապային ինֆորմացիայի (սողանքների և սենսորների անունները, տազնապի մակարդակը (1-ին, 2-րդ կամ 3-րդ) և համապատասխան տազնապային հաղորդագրության բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն) գրանցում “DeviceRegulate” աղյուսակում:

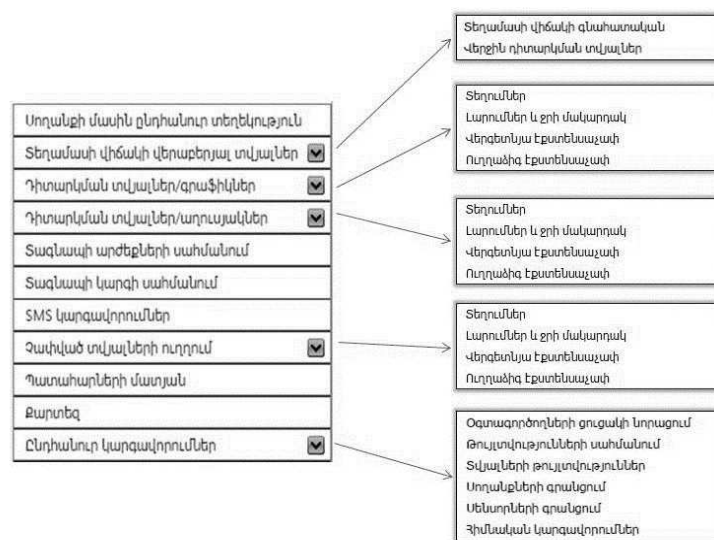


Նկ.3. ՄՄՀ տվյալների հենքի կառուցվածքը

**Երկրորդ խմբի** գործառնություններն են սենսորներից տվյալների ընդունումը և գրանցումը տվյալների հենքի համապատասխան աղյուսակներում (“Precipitation”, “StrainWater”, “Extensometer”), և այդ գործողությունների փաստի գրանցումը գրանցամատյանում (“SensorDataEntry”):

Այս խմբին են պատկանում նաև ծրագրի բոլոր այն գործառնությունները, որոնց միջոցով ավտոմատ կերպով հայտնաբերվում է վտանգավոր սողանքային իրադրություն: Այդ մասին տեղեկացվում են սահմանված հասցեատերերը և այդ գործողությունները գրանցվում են համապատասխան էլեկտրոնային մատյաններում:

- “LogSensorAlarm” աղյուսակում գրանցվում են սենսորներից ստացված տազնապային շեմը գերազանցող արժեքները և համապատասխան հաղորդագրությունները:
- “LogUserAlert” աղյուսակում գրանցվում է օգտագործողներին տազնապային հաղորդագրությունների ուղարկման փաստը:
- “ListMessage” աղյուսակում գրանցվում է ուղարկված հաղորդագրությունների բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն),
- “LogSMS” աղյուսակում գրանցվում է ուղարկված SMS հաղորդագրությունների վերաբերյալ ինֆորմացիան (հաղորդագրության բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն), ժամը, ուղարկվել է, թե ոչ):
- “LogDeviceRegulate” աղյուսակում պահպանվում է գրանցված ահազանգերի վերաբերյալ ինֆորմացիան:



Նկ.4. «LMS Soft»-ի մենյուի կառուցվածքը

**Երրորդ խմբի** գործառնությունները հասանելի են ծրագրի գլխավոր էջից, որից սկսվում և կառավարվում է ծրագրի աշխատանքը (նկ.2): Գլխավոր էջը կազմված է երկու պատուհաններից, որոնցից ձախ պա-

տուհանը ներկայացնում է հիմնական մենյուն, որը տրամադրում է կարգավորված կառուցվածքով տեղեկատվություն (նկ.4): Ստորև նկարագրվում է «LMS Soft»-ի գործառնությունների միջոցով առանձին էջերի տեսքով ստացվող տեղեկատվությունը, ինչպես նաև ծրագրային կապերը SՀ աղյուսակների և ծրագրի գործառնությունների միջև (նկ.3):

**«Սողանքի մասին ընդհանուր տեղեկություն»** էջում տրվում են սողանքների դինամիկ ցուցանիշների սահմանային՝ վտանգավոր արժեքների առկայությունը կամ բացակայությունը, ինչպես նաև դրանց մասին տրված ահազանգերը: Այս էջում նաև տրվում է տեղեկատվություն դիտարկումների կանոնավոր կերպով ստացման և ընդհատման վերաբերյալ:

**«Սողանքային տեղամասի վիճակի վերաբերյալ տվյալներ»** ներկայացնող գործառնությամբ կազմված է երկու ենթաբաժնից: Առաջինը ներկայացնում է ընտրված սողանքային տեղամասում սենսորներով արձանագրված վտանգավոր գործընթացները:

**«Վերջին դիտարկման տվյալները»** էջը ներկայացնում է ընտրված տեղամասի վերջին դիտարկումների արժեքները և դրանց համար սահմանված տազնապի արժեքները:

Տվյալների հենքում գրանցված տվյալները օգտագործողին են ներկայացվում երկու բաժիններում՝ գրաֆիկների և աղյուսակների տեսքով: Դրանք կազմված են 4-ական էջերից, որոնցից յուրաքանչյուրը ներկայացնում է մեկ սենսորի տվյալներ:

Այս էջերում ներկայացված տեղեկատվությունը կազմվում է SՀ հետևյալ աղյուսակներում պահպանվող տվյալներից. “Landslide”, “Sensor”, “ListNames”, “Sensor DataEntry”, “Precipitation”, “Strain&Water”, “Extensometer”:

**«Տազնապի արժեքների սահմանում»** գործառնության միջոցով առանձին սողանքի յուրաքանչյուր սենսորի համար օգտագործողը սահմանում է տազնապային արժեք, որը գերազանցելու դեպքում համակարգը ավտոմատ կերպով՝ համապատասխան տեսքով և բովանդակությամբ ահազանգում է:

**«Տազնապի մակարդակի սահմանում»** գործառնությամբ թույլ է տալիս օգտագործողին կազմել տազնապի յուրաքանչյուր մակարդակին համապատասխանող հաղորդագրության բովանդակությունը, ինչպես նաև սահմանել այն իրավիճակները, որոնց դեպքում հայտարարվում է սահմանված տազնապը:

Տազնապային արժեքների սահմանման և ահազանգերի կազմման գործառնություններն իրականացվում են տվյալների հենքի “SensorAlarm”, “SensorAlarmTypes”, “LogSensorAlarm”, “ListMassage”, “DeviceRegulate” և “LogDeviceRegulate” աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

**«SMS կարգավորումներ»** էջում տրվում է այն պատասխանատու անձանց ցուցակը, ում համակարգը կարճ հաղորդագրություններ (SMS) է ուղարկում վտանգավոր սողանքային իրադրության ծագման մասին: Յուրաքանչյուր հասցեատեր ստանում է իր գործառնությունների

վերաբերվող հաղորդագրություն: Ցուցակը ըստ անհրաժեշտության կարող է լրացվել և փոփոխվել: Գործառույթն իրականացվում է “SMSsetting” (15), “SMSsettingChid” (16) և “LogSMS” (17) աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

«**Չափված տվյալների ուղղում**» գործառույթը ծառայում է տեխնիկական պատճառներով առաջացած դիտարկումների սխալներն ուղղելու կամ հեռացնելու համար և իրականացվում է տվյալների հենքի “ChangeData” (21) աղյուսակի միջոցով:

«**Պատահարների մատյան**» էջում ներառված են երկու մատյաններ՝ «Տվյալների ստուգման մատյան» և «Ահազանգերի մատյան»: Առաջինն ընդգրկում է տեղեկություն դիտարկման տվյալների ստացման ամբողջականության, իսկ երկրորդը՝ գրանցված ահազանգերի մասին: Գործառույթն իրականացվում է տվյալների հենքի “LogUserAlert” և “SesnorDataEntry” աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

«**Ընդհանուր կարգավորումներ**» բաժինը ներառում է օգտագործողների ցուցակի կարգավորումը (նոր օգտագործողների ավելացում կամ գրանցված օգտագործողների հեռացում), նրանց թույլտվությունների սահմանումը, ինչպես նաև նոր սողանքների և սենսորների գրանցումը: Այս գործառույթն իրականացվում է “User”, “UserPermission” և “PageControl” աղյուսակների գրանցումների միջոցով: “Landslide” աղյուսակում գրանցված սողանքային տեղամասերի կոորդինատների միջոցով ծրագիրը դրանց տեղադիրքը ներկայացնում է քարտեզի վրա:

### **Դիտարկման տվյալների վերլուծություն**

Մոնիտորինգի համակարգի դաշտային դիտարկման կայանները տեղակայված են Առափի, Գետահովիտ և Ողջաբերդ գյուղերի տարածքի սողանքային մարմինների վրա: Լրիվ գործիքային կազմով (աղ.1) դիտակայանները տեղակայված են Առափի և Գետահովիտ սողանքային տեղամասերում: Ողջաբերդի տեղամասում տեղակայված է ոչ լրիվ գործիքային կազմով մեկ դիտակայան: Դիտակայանները նախատեսված մոնիտորինգի ռեժիմով սկսել են գործել՝ Առափիում և Գետահովիտում 2016թ. սեպտեմբերից, իսկ Ողջաբերդում՝ 2017թ. մարտից:

Ստացված տվյալները թույլ են տվել կատարել ստորև ներկայացված վերլուծությունը:

1. Երեք սողանքների դինամիկան տարբերվում է միմյանցից, սակայն գրունտների վտանգավոր մեծության տեղաշարժեր տեղի չեն ունեցել: Միջազգային փորձի հիման վրա որպես տեղաշարժի արագության վտանգավոր շեմ սահմանվել է ժամում 4մմ: Առավելագույն օրական տեղաշարժը վերգետնյա սենսորները գրանցել են Առափի սողանքում 6.2մմ (17.07.2017թ.), Գետահովիտում 9.3մմ (16.12.2016թ.), Ողջաբերդում 21.3մմ (4.01.2017թ.):

2. Առափի սողանքային տեղամասի օրինակով ներկայացվում են սողանքային պրոցեսը բնութագրող որոշ դիտարկման տվյալներ:

Աղյուսակ 6

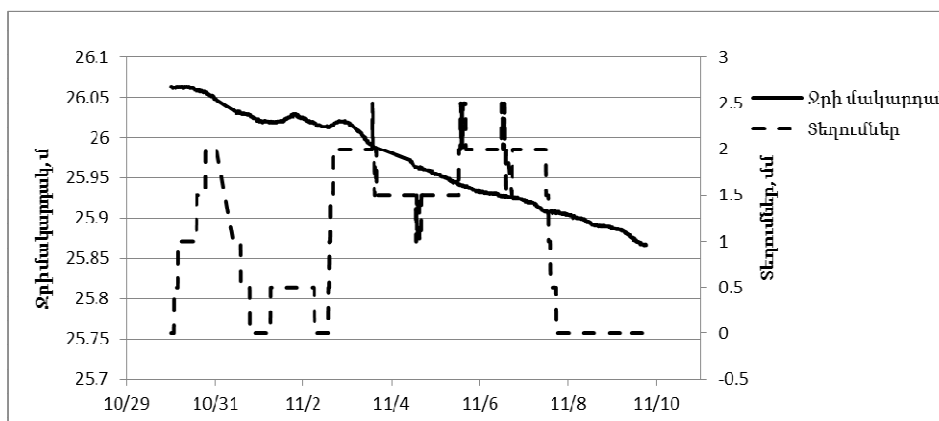
Առափի տեղամասում տեղադրված էքստենսաչափերի տվյալները

| Տեղաշարժ           | Առավելագույն արժեք |       |      |      | Միջին քառակուսային շեղում |        |       |       |
|--------------------|--------------------|-------|------|------|---------------------------|--------|-------|-------|
|                    | ՎԷ1                | ՎԷ2   | ՈԻԷ1 | ՈԻԷ2 | ՎԷ1                       | ՎԷ2    | ՈԻԷ1  | ՈԻԷ2  |
| Տեղաշարժը 1 ժամում | 5.1                | 4.8   | 0.3  | 0.2  | 0.134                     | 0.108  | 0.02  | 0.043 |
| Տեղաշարժը 1 օրում  | 5.1                | 6.2   | 2.1  | 1.8  | 0.706                     | 0.74   | 0.213 | 0.456 |
| Ընդհանուր տեղաշարժ | 87.5               | 130.5 | 20   | 57.9 | 9.883                     | 16.906 | 4.719 | 8.737 |

Էքստենսաչափերի տվյալներով նույն սողանքի տարբեր մասերի դինամիկան միմյանցից էապես չի տարբերվում: Առավելագույն տեղաշարժը մեկ օրում վերգետնյա էքստենսաչափերի համար կազմում է 5.1մմ (ՎԷ1) և 6.2մմ (ՎԷ2) և ուղղաձիգ էքստենսաչափերի համար՝ 2.1մմ(ՈԻԷ1) և 1.8մմ(ՈԻԷ2):

### Լարումներ

Հորատանցք 1-ում, ինչպես ցույց են տալիս միջին քառակուսային շեղման արժեքները, 7 մետր խորությունից սկսած լարումները ավելի թույլ են և ավելի կայուն: Հորատանցք 2-ում վերին՝ անկայուն լարումների ենթարկվող սահմանը նույնքան հստակ չէ, սակայն եթե հաշվի առնենք միջին քառակուսային շեղման և առավելագույն արժեքները, 6 մետրից հետո լարումները ավելի կայուն են:



Նկ.5. Տեղումների քանակի և ջրի մակարդակի փոփոխությունների գրաֆիկ

Առափի տեղամասում, որտեղ հորիզոնական հորատանցքի միջոցով կազմակերպված է մեծ դեֆիտով դրենաժ, ստորգետնյա ջրերի մակարդակի տատանումները չեն գերազանցում 10սմ և կապված չեն տեղումների առկայության ու քանակի հետ (նկ.5):

Աղյուսակ 7

Առափի տեղամասում գրանցված լարումների տվյալները

| Խորություն, մ | Հորատանցք 1      |                    |             |                           | Հորատանցք 2      |                    |             |                           |
|---------------|------------------|--------------------|-------------|---------------------------|------------------|--------------------|-------------|---------------------------|
|               | Նվազագույն արժեք | Առավելագույն արժեք | Միջին արժեք | Միջին քառակուսային շեղում | Նվազագույն արժեք | Առավելագույն արժեք | Միջին արժեք | Միջին քառակուսային շեղում |
| 1             | -86              | 264                | 1.25        | 22.63                     | Մխալ տվյալներ    |                    |             |                           |
| 2             | -70              | 158                | -0.43       | 14.60                     | -524             | 1369               | 4.18        | 56.96                     |
| 3             | -209             | 86                 | -1.39       | 12.92                     | -1163            | 468                | -2.45       | 45.45                     |
| 4             | -382             | 93                 | -0.32       | 33.56                     | -25              | 64                 | 0.45        | 6.47                      |
| 5             | -405             | 103                | 0.44        | 36.86                     | -46              | 46                 | 0.67        | 5.91                      |
| 6             | -71              | 36                 | 0.21        | 8.45                      | -150             | 161                | -0.20       | 6.99                      |
| 7             | -101             | 555                | -0.18       | 46.52                     | -45              | 34                 | 0.49        | 5.23                      |
| 8             | -41              | 14                 | -0.21       | 2.92                      | -39              | 39                 | 0.12        | 4.32                      |
| 9             | -7               | 8                  | 0.05        | 1.10                      | -51              | 38                 | 0.38        | 5.12                      |
| 10            | -18              | 6                  | -0.04       | 1.62                      | -41              | 43                 | 0.16        | 4.50                      |
| 11            | -6               | 10                 | 0.07        | 1.10                      | -30              | 25                 | 0.04        | 2.85                      |
| 12            | -5               | 9                  | -0.03       | 1.01                      | -10              | 11                 | 0.01        | 1.88                      |
| 13            | -18              | 21                 | 0.01        | 1.53                      | -22              | 21                 | -0.16       | 2.99                      |
| 14            | -270             | 255                | -0.10       | 3.73                      | -14              | 12                 | 0.05        | 1.89                      |
| 15            | -14              | 7                  | 0.00        | 1.39                      | -9               | 10                 | 0.13        | 1.58                      |
| 16            | -6               | 5                  | 0.02        | 1.04                      | -15              | 20                 | -0.02       | 1.70                      |
| 17            | -11              | 20                 | 0.03        | 1.36                      | -9               | 8                  | -0.02       | 1.73                      |
| 18            | -65              | 24                 | 0.01        | 4.44                      | -7               | 6                  | 0.06        | 1.53                      |
| 19            | -11              | 7                  | 0.01        | 1.26                      | -8               | 8                  | -0.05       | 1.75                      |
| 20            | -14              | 42                 | 0.07        | 2.76                      | -11              | 25                 | -0.11       | 2.29                      |
| 21            | -7               | 12                 | 0.00        | 1.36                      | -8               | 9                  | -0.03       | 1.66                      |
| 22            | -10              | 41                 | 0.13        | 3.20                      | -8               | 9                  | -0.01       | 1.65                      |
| 23            | -20              | 10                 | 0.00        | 2.40                      | -16              | 29                 | -0.26       | 2.51                      |
| 24            | -6               | 13                 | -0.10       | 1.36                      | -9               | 7                  | -0.06       | 1.63                      |
| 25            | -15              | 66                 | 0.16        | 3.66                      | -12              | 10                 | 0.03        | 1.77                      |
| 26            | -20              | 54                 | -0.18       | 3.01                      | -9               | 8                  | -0.01       | 1.70                      |
| 27            | -29              | 14                 | -0.13       | 2.17                      | -10              | 11                 | 0.11        | 1.85                      |
| 28            | -12              | 11                 | 0.15        | 1.62                      | -13              | 12                 | -0.04       | 1.78                      |
| 29            | -7               | 7                  | 0.01        | 1.39                      | -16              | 12                 | -0.03       | 2.11                      |
| 30            | -7               | 8                  | 0.03        | 1.40                      | -16              | 12                 | 0.13        | 2.09                      |

### Եզրակացություն

ՀՀ տարածքում սողանքների մոնիտորինգի նորաստեղծ համակարգը ժամանակակից տեխնիկական համալիր է, որն ունի մեծ հեռանկար սողանքային և այլ բնական գործընթացների ուսումնասիրության ասպարեզում:

Համակարգի դիտարկման գործիքների կազմը թույլ է տալիս ստանալ համալիր տվյալներ մակերևույթի և մինչև 30մ խորության գրունտների դինամիկայի, լարումների և ստորերկրյա ջրերի մակարդակի փոփոխությունների վերաբերյալ:

Համակարգի ծրագրային ապահովումը իրականացնելով տվյալների անընդհատ հոսքի ընդունում, որակի գնահատում և բովանդակության վերլուծություն, միևնույն ժամանակ ավտոմատացված կերպով իրականացնում է օգտագործողների իրազեկում սողանքային իրադրության վտանգավոր զարգացումների վերաբերյալ:

Այսպիսով, ներկայացվող համակարգի գործիքային և ծրագրային բաղադրիչների համադրության շնորհիվ իրական ժամանակում երկարաժամկետ մոնիտորինգը սողանքների ուսումնասիրության և աղետի վտանգի նվազեցման համար ձեռք է բերում առաջնային դեր:

Մենստրներից ստացվող տվյալների բազմությունը և դրանց մշակման համար օգտագործվող սարքածրագրային համալիրն ամբողջությամբ համապատասխանում են ներկայումս ակտուալ «Մեծ տվյալներ» («Big Data») գաղափարի հայեցակարգին: Կուտակվող մեծ ծավալի տվյալները և արդի տեխնոլոգիական միջոցները հետագայում հնարավորություն կստեղծեն իրագործել նոր, առավել մանրամասն և հիմնավորված գիտական ուսումնասիրություններ սողանքային պրոցեսների վերաբերյալ:

### Գրականություն

- Торгоев И.А.** 2013, Система мониторинга оползней в Кыргызстане, Технологии гражданской безопасности, том 10, № 4 (38), с.68-71.
- Резник. Б., Эфендян П.С., Герасимов А.** 2009, Геодезические методы непрерывного высокоточного мониторинга оползней, Известия Государственного Аграрного Университета Армении, с.119-123.
- Baum R. L., Coe J. A., Collins B., Godt J. W., Kean J. W., Smith J. B.** Real-time Monitoring for Potential Landslides
- Bednarczyk Z.** 2013, New Real-Time Landslide Monitoring System in Polish Carpathians, Landslide Science and Practice, Volume 2: Early Warning, Instrumentation and Monitoring, p.3-14.
- Boynagryan V.R.** 2009, Landslides in Armenia, Revue Roumaine, de Geographie Romanian Journal of Geography, v. 53, N 2, p.197-208.
- Corominas J., Moya J., Lloret A., Gili J.A., Angeli M.G., Pasuto A., Silvano S.** 2000, Measurement of landslide displacements using a wire extensometer, Engineering Geology 55, p.149-166.
- Intrieri E., Gigli G., Casagli N., Nadim F.** 2013, Landslide Early Warning System: toolbox and general concepts, Natural Hazards Earth System Sciences, 13, 85, p.85-90.
- Intrieri E., Gigli G., Mugnai F., Fanti R., Casagli N.,** 2012, Design and implementation of a landslide early warning system, Engineering Geology, p.124-136.
- Medina-Cetina Z., Nadim F.** 2007, Stochastic Design of Early Warning Systems, First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk, p.353-362.

- Moya J., Corominas J., Gili J.A., Ledesma A., Lloret A.** 2017, Twenty years of continuous monitoring of the Vallcebre landslide (Eastern Pyrenees): lessons learned, JTC1 Workshop on Advances in Landslide Understanding, p.4.
- Ramesh M.V.** 2009, Real-time Wireless Sensor Network for Landslide Detection, Third International Conference on Sensor Technologies and Applications, p.405-409.
- Reid M.E., LaHusen R.G., Baum R. L., Kean J. W., Schulz W.H., Highland L.M.** 2012, Real-Time Monitoring of Landslides.
- Savvaidis P. D.** 2003, Existing Landslide Monitoring Systems and Techniques, From Stars to Earth and Culture In honor of the memory of Professor Alexandros Tsioumis, p.242-258.
- Smith J. B., Godt J. W., Baum R. L., Coe J. A., Burns W. J., Lu N., Morse M.M., Sener-Kaya B., Kaya M.** 2013, Hydrologic Monitoring of Landslide-Prone Hillslopes in the Elliott State Forest, Southern Coast Range, Oregon, 61p.
- Yueping Y., Wang H., Gao Y., Li X.** 2010, Real-time monitoring and early warning of landslides at relocated Wushan town, the Three Gorge Reservoir, China, Journal of Southeast Asian Applied Geology, Vol. 2(3), 99. p.170-184.

*Հրախուսող՝ Ղ.Անտրեյան*

## О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**А.А.Авакян, А. А. Мкртумян, Н.А. Тарасян, Г.Г. Ерицян,  
А. А. Аракелян**

Резюме

В статье представлена структура и основные функции программного обеспечения для мониторинга оползней в режиме реального времени, онлайн-обработки и использования данных. Приведено краткое описание сенсоров системы мониторинга оползней и принципа передачи данных.

Сенсоры, установленные на оползневом участке, позволяют выполнять систематические измерения смещения грунтов на поверхности и в вертикальной скважине на глубине до 30 м. На эту же глубину с интервалом в 1м измеряются напряжения, действующие на грунты, а также уровень грунтовых вод. Система передает данные, регистрируемые сенсорами (поверхностным и вертикальным экстенсometрами, тензометром и датчиком осадков), установленными на оползневых участках в селах Арапи, Гетаовит и Вохчаберд, на компьютеры наблюдательных станций, находящихся в указанных населенных пунктах, а затем на центральную станцию мониторинга в МЧС.

Программное обеспечение системы мониторинга состоит из функциональных модулей обеспечивающих: (1) связь станций наблюдения с центральной станцией мониторинга, (2) передачу данных от станции наблюдения в центральную станцию мониторинга, (3) проверку передачи данных и их ввода в базу данных на центральной станции, (4) управление программным обеспечением мониторинга оползней через веб-портал.

Веб-приложение организует пользование системой: составляет и обновляет список пользователей и режим доступа к функциям и информации, устанавливает условия и организует оповещение пользователей об

оползневой опасности по электронной почте и мобильной связи, а также просматривать полученные данные в текстовом и графическом формате.

Система полностью соответствует концепции «Больших данных». Ее основные принципы и программные модули могут также использоваться для организации автоматизированного мониторинга других видов природных процессов и систем.

## **ON THE SOFTWARE OF LANDSLIDE REAL-TIME AUTOMATED MONITORING SYSTEM**

**A.A.Avagyan, A.A.Mkrtumyan, N.H.Tarasyan, H.H.Yeritsyan,  
A.A.Arakelyan**

### **Abstract**

The article outlines structure and main functionalities of software for real-time landslide monitoring and online data processing and use. A brief description of landslide monitoring sensors and the principle of data transfer is also presented.

The sensors installed at landslide area allows obtaining systematic measurements on the earth surface and the groundwater level up to 30m depth. The system transfers data logged by sensors (surface and vertical extensometer, strain gauge, water gauge and rain gauge) installed at landslide sites in Arapi, Getahovit and Voghjaberd to observation stations (located in respective communities) and subsequently to central monitoring station at MES.

The software consists of functional modules providing (1) connection of observation stations to central monitoring station, (2) background service for transfer of data from Observation station to Monitoring stations, (3) a service for validating data transfer and its input into database at monitoring station, (4) a web application designed for managing the landslide monitoring software through a single web portal.

The web application allows adding and removing users to the system, setting of alert levels for each measurement equipment, sending alarms via e-mail and sms messages to system users, viewing collected data from each sensor in table and graph format.

The implemented system fully complies with “Big Data” concept. Its basic principles and software modules can also be used to organize automated monitoring of other natural processes and systems.

**ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ ՀՆԱՀՈՒՆԵՐԻ  
ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ ԷԼԵԿՏՐԱԶԵՏԱԽՈՒՋՈՒԹՅՈՒՆԸ  
ՈՐՊԵՍ ԱՆՀՐԱԺԵՇՏ ՄԵԹՈԴ**

© 2018 թ. Ս.Ս. Դեմիրճյան

*Երևանի պետական համալսարան  
ՀՀ, ք. Երևան, 0025, Ալեք Մանուկյան 1  
E-mail: sam.demirtshyan@gmail.com  
Հանձնված է խմբագրություն 04.10.2018թ.*

Տվյալ աշխատանքում ջրաերկրաբանական խնդիրների լուծման նպատակով հաստատված է էլեկտրահետախուզական մեթոդների կիրառման անհրաժեշտությունը: Հիմնավորված է, որ հրաբխային տարածաշրջաններում հնահուների հայտնաբերման նպատակով լուծված է երկրաէլեկտրական կտրվածքների երկչափ մոդելավորման խնդիրը, որը հնարավորություն է տալիս հաստատել հնահուների առկայությունը և դրանց տարածական դիրքը:

**Հանգուցային բառեր.** երկչափ մոդելավորում, էլեկտրահետախուզություն, հնահուներ, երկրաֆիզիկական մեթոդներ, ֆիզիկա-ջրաերկրաբանական մոդելներ:

Ներկայացված հոդվածի նպատակն է հրաբխային տարածքներում էլեկտրահետախուզական մեթոդների կիրառմամբ ջրաերկրաբանական խնդիրների լուծման արդյունավետության բարձրացումը, առաջին հերթին, հնահուների հայտնաբերման համար: Ինչպես ցույց է տալիս փորձը, էլեկտրահետախուզական մեթոդի կիրառումը, երբ շերտերի նման կտրվածքում հնահուների ռելիեֆի թեքությունը գերազանցում է 15-20°-ը, դրանց հայտնաբերումը հանգեցնում է զգալի դժվարությունների:

Գիտական ուսումնասիրությունների տեսակետից կարևոր է դառնում նոր մեթոդիկայի առաջարկությունը և դրա գործնական կիրառումը: Դրված խնդրի լուծման համար հիմք են ծառայել իրականացված էլեկտրահետախուզական մոդելավորման և դաշտային աշխատանքների արդյունքները:

Երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառմամբ հրաբխային տարածքներում ստորերկրյա ջրերի ուսումնասիրման նպատակով լուծվող խնդիրները, հիմնականում հետևյալն են.

- լավատակ ռեզիոնալ ջրամերժ շերտի ռելիեֆի քարտեզագրում և խորքային հոսքի տարածական բաշխվածության պարզաբանում
- ջրատար և ջրամերժ հորիզոնների առանձնացում և հետափոխում
- լավային ապարների ջրաերկրաբանական բնութագրերի գնահատում

- լեռնային ջրամբարների և ջրանցքների ֆիլտրացիոն հոսքերի ուսումնասիրություն՝ որպես ստորերկրյա ջրերի լրացման հավելյալ աղբյուրներ
- ստորերկրյա ջրերի ջրառ հորատանցքերի տեղադրման նպատակով մանրակրկիտ ուսումնասիրություններ հիպոստեոտիկ բարձր նիշերում

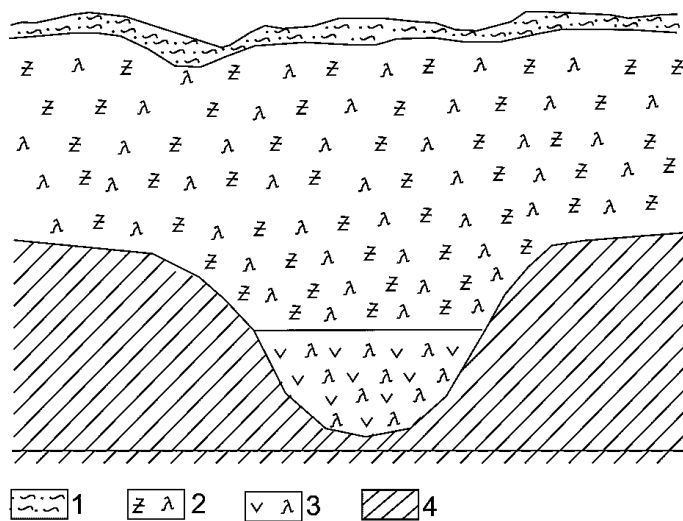
Նշված խնդիրների լուծումը պահանջում է երկրաֆիզիկական մեթոդների արդյունավետ համալիրի ընտրություն, որը հնարավորություն կտա տվյալներ ստանալ ապարների պետրոֆիզիկական հատկությունների, ստորերկրյա ջրերի ձևավորման, հոսքի և բեռնաթափման շրջանների վերաբերյալ: Առաջարկված են այդ տարածքներին բնորոշ ֆիզիկա-ջրաերկրաբանական մոդելները (ՖՋԵՄ) (Минасян, Барданян, 2003):

**ՖՋԵՄ-1** – Բնութագրում է հրաբխային կառույցի ստորերկրյա ջրերի ներթափանցման շրջանը: Տարածականորեն դրանք ջրբաժանային շրջաններն են, որտեղ ժամանակակից նստվածքները գործնականում բացակայում են կամ ունեն փոքր հզորություններ: Այստեղ մթնոլորտային տեղումների հիմնական մասը ճեղքավորված և ծակոտկեն լավային ապարների միջով ներթափանցում է կառույցի խորը հորիզոններ, ձևավորելով խորքային հոսք: Խնդրի լուծումը պահանջում է դրանց ընդհանուր ուղղվածության որոշում, ժամանակակից ու հին ջրամբժ շերտերի ռելիեֆների տարածական կառուցվածքի համեմատական պարզաբանում:

**ՖՋԵՄ-2** – Բնութագրում է նախալեռնային ու միջլեռնային տարածքները՝ քարտեզագրելով ստորերկրյա ջրերի տարանցիկ (հոսքի) տեղամասերը: Ուսումնասիրությունները միտված են բացահայտելու խորքային հոսքի տարածական բաշխվածությունը, միջլավային և լավատակ կենտրոնացված հոսքերի (ջրատար հորիզոնների) հայտնաբերումը և դրանց հետամտումը:

**ՖՋԵՄ-3** – Բնութագրում է ստորերկրյա ջրերի բեռնաթափման շրջանները: Դրանք սովորաբար ներկայացված են միջլեռնային իջվածքներով, որտեղ հաճախ առկա են ճնշումային ջրատար հորիզոններ:

Հայտնի է, որ հրաբխային ապարների ֆիզիկական հատկությունները՝ խտությունը, մագնիսական, առաձգական (սելսմիկ) և էլեկտրական, պայմանավորված են վերջիններիս միներալային և քիմիական կազմով, կառուցվածքա-ձևաբանական առանձնահատկություններով և այն փոփոխություններով, որոնք տեղի են ունեցել բարձր ջերմաստիճանի և ճնշման պայմաններում: Լավային ապարների ֆիզիկական ցուցանիշների համար որոշիչ են հանդիսանում նաև նրանց հասակը և ջրա-ֆիզիկական վիճակը (Дортман и др., 1964; Справочник геофизических..., 1969):



Նկ.1 Հրաբխային շրջաններին բնորոշ հնահունի ընդհանրացված ֆիզիկա-ջրաերկրաբանական մոդել:  
1 – ժամանակակից նստվածքներ, 2 – ճեղքավոր հրաբխային ապարներ, 3 – լավային ջրատար հորիզոն, 4 – ռեզիդուալ ջրամերժ շերտ:

Հրաբխային ապարների խտության ընդհանուր աճ դիտվում է ռիոլիթներից դեպի բազալտներ, ինչը պայմանավորված է թեթև միներալների պարունակության անկմամբ և ծանր միներալների պարունակության աճով: Այդ ցուցանիշի միջին արժեքները հետևյալն են՝ ռիոլիթներ՝ 2.33-2.36գ/սմ<sup>3</sup>, անդեզիտներ՝ 2.17-2.57գ/սմ<sup>3</sup>, անդեզիտային պորֆիրիտներ՝ 2.6-2.7գ/սմ<sup>3</sup>, բազալտներ՝ 2.4-2.96գ/սմ<sup>3</sup>, անդեզիտաբազալտներ՝ 2.03-2.74գ/սմ<sup>3</sup> և դիաբազներ՝ 2.73-2.78գ/սմ<sup>3</sup>:

**Մագնիսական հատկություններից** հրաբխային տարածքներում քարտեզագրման համար մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մագնիսական ընկալունակությունը ( $\chi$ ) և բնական մնացորդային մագնիսականության արժեքն ու ուղղությունը ( $J_n$ ): Հետազոտություններ ցույց են տալիս, որ նշված պարամետրերը ( $\chi$ ,  $J_n$ ) պայմանավորված են ապարում ֆերոմագնիսական միներալների առկայությամբ, քանի որ ապարառաջացնող միներալների հիմնական մասը պարամագնետիկ են և զգալի ազդեցություն չեն ունենում մագնիսական դաշտի ինտենսիվության վրա:

Մասնավորապես հրաբխային ապարների մագնիսական ընկալունակության և մնացորդային մագնիսականության արժեքները հետևյալներն են՝ բազալտներ 3-120\*10<sup>3</sup> ՄԻ միավոր և 3-200\*10<sup>3</sup> Ա/մ, դիաբազներ՝ 3-120\*10<sup>3</sup> ՄԻ միավոր և 3-30\*10<sup>3</sup> Ա/մ, անդեզիտներ՝ 7-120\*10<sup>3</sup> ՄԻ միավոր:

**Առաձգական (սեյսմիկ) հատկությունները** հրաբխային ապարների համար, մասնավորապես առաձգական ալիքների տարածման արագությունների արժեքները, հիմնականում որոշված են դաշտային սեյսմահետախուզական աշխատանքների և հորատանցքերի սեյսմիկ կարոտաժի տվյալների հիման վրա: Հրաբխային շրջաններում սեյսմահետախուզությունը մասնավորապես ջրաերկրաբանական խնդիրների լուծման նպատակով, լայնորեն կիրառում չի գտել: Հայտնի են որոշ

հրաբխային ապարների առաձգական հատկությունները՝ այդ թվում երկայնական (P) և լայնական (S) ալիքների տարածման արագությունները  $V_p$ ,  $V_s$  - անդեզիտներ՝ 4.72-5.33կմ/վ, 2.52-3.15կմ/վ, անդեզիտաբազալտներ՝ 3.96-5.85կմ/վ, 2.38-3.32կմ/վ, բազալտներ՝ 5.79-5.89կմ/վ, 3.30-3.38կմ/վ:

**Էլեկտրական հատկությունները** հրաբխային ապարների համար պայմանավորված են գլխավորապես ապարառաջացնող միներալներով, որոնք ունեն բարձր էլեկտրադիմադրություն: Լավային ապարների տեսակարար էլեկտրական դիմադրության ( $\rho$ ) որոշիչ գործոններն են հատկապես շրջանի ջրաերկրաբանական պայմանները: Դրանք են ապարների ջրահագեցվածությունը և ստորերկրյա ջրերի հանքայնացման աստիճանը, որոնք փոխվում են ջրավազանների ջրբաժանային մասերից մինչև բեռնաթափման տեղամասեր: Կարևոր են նաև լավաների ձևաբանությունը և տեղադրման պայմանները: Լավային, համեմատաբար «չոր» ապարների էլեկտրական դիմադրությունը հիմնականում գերազանցում է միջինը 1000 Օհմ մ մեծությունը, իսկ ջրատարների դեպքում միջինը՝ 100-300 Օհմ մ:

Փորձը ցույց է տալիս, որ նշված երկրաֆիզիկական մեթոդներից առաջին երեքը հրաբխային տարածքներում կիրառվում են հիմնականում ընդհանուր երկրաբանական կառուցվածքային խնդիրների լուծման նպատակով, և օգտագործվում են փոքր և միջին մասշտաբների հանույթների ժամանակ: Հրաբխային կառույցների կտրվածքների ֆիզիկա-ջրաերկրաբանական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ գլխավոր պետրոֆիզիկական հատկությունները էլեկտրական հատկություններն են: Վերջիններիս մեծությունները պայմանավորված են տարածքի ապարների կառուցվածքա-ձևաբանական տեսակով և հիդրոդինամիկ պայմաններով: Ջրաերկրաբանական տեսանկյունից լավային ապարների ճնշող մեծամասնության էլեկտրական դիմադրությունները առաջին հերթին կախված են ապարում (շերտում) պարունակվող ջրի քանակից և դրա տեսակարար էլեկտրական դիմադրությունից ( $\rho$ ): Կախված այդ պայմաններից, դրանք փոխվում են միջինը 700-800 Օհմ մ - ից մինչև 5000-6000 Օհմ մ (առանձին դեպքերում ավելի մեծ): Լավատակ ջրամերժ առաջացումների՝ կավերի, տուֆաբեկչիաների և տուֆավազաքարերի համար՝  $\rho=10-20$  Օհմ մ, 60-150 Օհմ մ: Ջրաերկրաբանական խնդիրներ լուծելու նպատակով նշված ապարների էլեկտրադիմադրությունների տարբերությունները թույլ են տալիս կիրառել տարբեր էլեկտրական մեթոդներ: Մասնավորապես կարևորագույն խնդիր է համարվում լավատակ գետահովիտների հայտնաբերման հիմնահարցը: Հայտնի է, որ լավային հզոր արտահոսքերի արդյունքում, բազմաթիվ տեղամասերում, լավաների տակ է մնում հին հիդրոգրաֆիկ ցանցը՝ հնահունները (Святковский, 1975): Դրանց ընդհանրացված կտրվածքը հիմնականում ներկայացված է լինում ապարների երեք համալիրներով՝ լավատակ ջրամերժ (ստորին համա-

լիք), լավային, այդ թվում ջրատար (միջին համալիր) և վերին, ներկայացված ժամանակակից առաջացումներով (վերին համալիր):

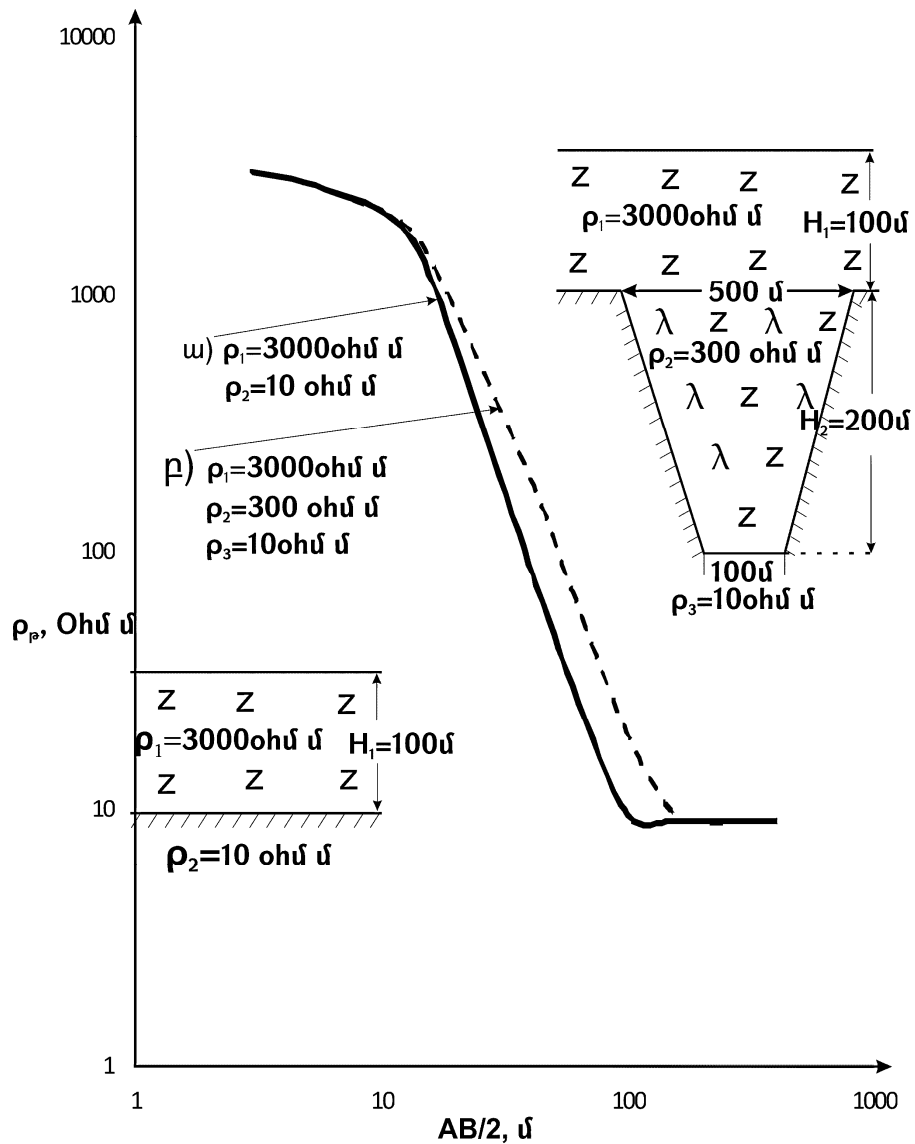
Բազմաթիվ տարիների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ լավատակ հնահուների հայտնաբերման համար էլեկտրահետախուզական լավագույն մեթոդներից է էլեկտրագոնդավորման մեթոդը (ՈւէԶ), որի կիրառման արդյունքում կառուցվում են տարածքների ռեզիդուալ ջրամերժ շերտի ռելիեֆի քարտեզներ, առանձնացնելով փնտրվող հնահուները: Սակայն փորձը ցույց է տալիս, որ ստացված դաշտային կորերի (գրաֆիկների) մեկնաբանումները ոչ բոլոր դեպքերում են հիմնավորված լինում, քանի որ հաճախ հնահուների շերտերի անկման անկյունները գերազանցում են 20-25°-ը, որը ընդունելի չէ ՈւէԶ մեթոդով ստացված կորերի քանակական մշակման համար: Նման դեպքերում առաջարկվում է դաշտային կորերի միաչափ մեկնաբանումից անցնել գրաֆիկների մշակման երկչափ մոդելի (Электрическое зондирование..., 1992): Այդ նպատակի համար մեր կողմից լուծված է հնահուներին բնորոշ կտրվածքների երկչափ մաթեմատիկական մոդելավորման խնդիրը: Նման մեկնաբանմանը բնորոշ օրինակ է բերված նկ.2-ում:

Մոդելում հնահուների երկրաէլեկտրական կտրվածքը դիտարկված է որպես շերտավոր միջավայր, որի համար ապարների տեսակարար էլեկտրադիմադրությունների ( $\rho$ ) փոփոխությունը կախված է միայն մեկ կոորդինատից՝ մասնավորապես խորությունից (նկ.2,ա) (Минасян, Варданян, 2003): Նման դեպքում հրաբխային շրջաններում հնահուների առանձնացումը ավելի հիմնավորված է, եթե ուսումնասիրությունների վերլուծությունը կատարվում է երկու ուղղության համար, որոնցով փոխվում են ապարների էլեկտրական հատկությունները: Տվյալ պարագայում ուղիղ խնդիրը դիտարկվում է որպես երկչափ: Հնահուների մի քանի տիպիկ մոդելների համար մեր կողմից երկչափ մաթեմատիկական մոդելավորման մեթոդով հաշվարկված են էտալոնային էլեկտրագոնդավորման կորեր: Նկ.2,բ)-ում բերված է հնահունի մորֆոմետրիայից կախված այդպիսի գրաֆիկի օրինակ: Ընդունված են հետևյալ նշանակումները.

- $\rho_1, \rho_3$  – վերլավային և լավատակ երկրաէլեկտրական շերտեր, Օհմ մ:
- $\rho_2$  – հնահունի կտրվածքի ջրատար հորիզոն:
- $a, b, H=H_1+H_2$  – հնահունի մորֆոմետրիկ պարամետրերը, համապատասխանաբար՝ լայնությունը վերնից, ներքևից և հնահունի հատակի տեղադրման խորությունը:

Տվյալ մոդելի համար հաշվարկային էլեկտրագոնդավորման (նկ.2,բ) գրաֆիկը հնահունի առկայության դեպքում իր արտաքին տեսքով հիշեցնում է երկշերտ կոր (նկ.2,ա): Սակայն երկշերտ տեսական կորերի օգնությամբ դրա մեկնաբանումը բերում է սխալների, պայմանավորված միջանկյալ շերտի ազդեցությամբ:

Նշենք, որ, ընդհանուր առմամբ, երկչափ մոդելային հաշվարկների արդյունքների վերլուծությունը թույլ է տալիս մտցնել ճշգրտումներ՝ նաև դաշտային աշխատանքների իրականացման մեթոդիկաներում՝ մասնավորապես հանույթի մասշտաբի ընտրման և էլեկտրազոնդավորման ավելի դիֆերենցիալ սարքավորման կիրառմամբ, որը հատկապես անհրաժեշտ է փոքր հզորության միջլավային ջրատար հորիզոնների հայտնաբերման համար:



Նկ.2. Հնահունի երկչափ մաթեմատիկական մոդելավորման օրինակ՝ ա) հնահունի բացակայության դեպքում բ) հնահունի առկայության դեպքում:

## Եզրակացություն

Հրաբխային կառույցների ՖՁԵՄ-երի ընդհանրացված կտրվածքի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ գլխավոր ֆիզիկական հատկությունները, որոնք տարաբաժանում են ապարների ջրաերկրաբանական պայմանները հանդիսանում են դրանց էլեկտրական հատկությունները: Վերջիններիս փոփոխությունները հիմնականում կախված են հրաբխային ապարների պետրոգրաֆիական կազմից, կառուցվածքա-ձևաբանական և հիդրոդինամիկ պայմաններից:

Հաստատված է, որ էլեկտրահետախուզական մեթոդները հրաբխային տարածաշրջաններում ջրաերկրաբանական խնդիրների լուծման համար ամենաարդյունավետն են: Այդ շրջաններում հնահունների հայտնաբերման նպատակով անհրաժեշտ է զոնդավորման միաչափ մոդելներից անցնել երկչափի, որը հնարավորություն է տալիս բացահայտել դրանց առկայությունը և հնարավոր խորությունները: Նման սվալներն անհրաժեշտ են ջրաերկրաբանական խնդիրների լուծման համար:

## Գրականություն

- Дортман Н.Б., Васильева В.И., Вейнберг А.К. 1964, Физические свойства горных пород и полезных ископаемых СССР. М., “Недра”, 326с.
- Минасян Р.С., Варданян В.П. 2003, Палеорельеф и распределение подземного стока центрального вулканического нагорья Армении (по данным дистанционных методов исследований). Ереван, “Асогик”, 151с.
- Святковский А.Е. 1975, Региональная вулканология. М., “Недра”, 224с.
- Справочник геофизических констант горных пород. (Под ред. С.Кларка), 1969. М., “Недра”, 544с.
- Электрическое зондирование геоэлектрической среды, 1992, М., Изд. МГУ, 200с.

*Գրախոսող՝ Մ. Գևորգյան*

## ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА КАК НЕОБХОДИМЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПАЛЕОДОЛИН В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

С.М. Демирчян

Резюме

В данной работе в целях решения гидрогеологических задач утверждается необходимость применения электроразведочных методов.

Показано, что в вулканических областях для выявления палеодолин решена задача двумерного моделирования геоэлектрических разрезов, что дает возможность установить наличие палеодолин и их пространственное расположение.

## **THE ELECTRICAL EXPLORATION AS A NECESSARY METHOD TO DETECT PALEOCHANNELS IN VOLCANIC REGIONS**

**S.M. Demirtshyan**

### **Abstract**

In this work the necessity of the electrical exploration methods is approved in order to solve hydrogeological problems.

It is demonstrated, that in volcanic regions, in order to detect paleochannels, the problem of the two-dimensional modeling of geoelectric cuts is solved which allows to confirm the existence of paleochannels and their spatial place.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ (на примере Меградзорского месторождения РА)

© 2018 г. К.А. КАРАПЕТЯН

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА  
Гюмри, 3115, ул. В. Саргсяна, 5, Республика Армения  
e-mail: Kara.Karapetyan@gmail.com  
Поступила в редакцию 12.10.2017г.  
Окончательный вариант 30.08.2018г.*

На основании разложения исходного поля на региональные и локальные составляющие с помощью энергетического фильтра решена задача выделения полезного сигнала для сложных электрических полей. Представлены результаты двумерной энергетической фильтрации данных площадных наблюдений, полученных на Меградзорском золоторудном месторождении Армении. В статье даны сравнительные оценки значений дисперсий по использованным методам (комбинированное электропрофилирование, естественное электрическое поле, магниторазведка).

**Ключевые слова:** аномалия, слабый сигнал, помеха, статистическая обработка, линейный фильтр, собственные значения

Одна из основных задач обработки любого геофизического поля – это выделение аномалий на фоне помех. Для решения этой задачи в последнее время в разведочной геофизике широко применяются линейные фильтры. Учитывая неизбежное изменение физических свойств горных пород и геометрических характеристик исследуемых объектов по площади наблюдений, наиболее обоснованным следует считать задание статистической модели наблюдаемого поля по формуле (1) (Гольцман, 1971; Robinson, Treitel, 1980)

$$f_j = S_{\text{рег}} + S_{\text{лок}} + n_j, \quad (1)$$

где  $f_j$  – исходное поле;  $S_{\text{рег}}$  – региональная составляющая исходного поля,  $S_{\text{лок}}$  – локальная составляющая исходного поля,  $n_j$  – помехи.

Наша задача – выделение локальных сигналов (аномалий), когда прежде всего важно установить наличие или отсутствие сигнала, искаженного помехами. При этом исходят из того, что фильтрация должна обеспечить максимальное отношение сигнал/помеха даже при существенном искажении формы сигнала, что очень важно. При такой постановке задачи требуется выбор фильтра, оптимального по критерию максимума пикового отношения сигнал/помеха –  $\rho(\lambda)$ , который на выходе фильтра вычисляется по формуле (Гольцман, 1971)

$$\rho = \lambda = \frac{\bar{h}'[R_a]\bar{h}}{\bar{h}'[R_n]\bar{h}}, \quad (2)$$

где  $\vec{h}'$  - вектор строка,  $\vec{h}$  - вектор столбец весовых коэффициентов фильтра,  
 $R_a$  – корреляционная матрица аномалий исходного поля,  
 $R_n$  - корреляционная матрица помехи исходного поля.  
После последующих преобразований имеем

$$[R_a]\vec{h} - \lambda[R_n]\vec{h} = \vec{0} \text{ или } ([R_a] - \lambda[R_n])\vec{h} = \vec{0}, \quad (3)$$

При этом максимум  $\lambda$  ищут среди функций  $h$ , удовлетворяющих условию нормирования

$$\sum_{i=1}^m h_{ij}^2 = 1; j = 1, \dots, m; \text{ где } m - \text{порядок матрицы } [R_a] \text{ (Никитин, 1979).}$$

При статистической обработке геофизических данных для облегчения задачи помехи считают некоррелированные, с единичной дисперсией. Тогда выражение (3) превращается в уравнение

$$([R_a] - \lambda[I])\vec{h} = \vec{0}, \quad (4)$$

где  $R_a$  и  $R_n$  – корреляционные матрицы соответственно сигнала и помехи,  $[I]$  - единичная диагональная матрица.

Выражения (3) и (4) позволяют вычислить весовую функцию энергетического фильтра как собственный вектор  $h_{ik}$ , соответствующий максимальному собственному значению  $\lambda_{\max}$  корреляционной матрицы  $[R_a] - \lambda[R_n]$ .

Таким образом, задача нахождения весовой функции выбранного нами энергетического фильтра (как одного из вариантов из линейных фильтров), сводится к определению максимального собственного значения  $\lambda_{\max}$  некоторой корреляционной матрицы и соответствующего ему собственного вектора  $h_{ik}$  (Никитин, Петров, 2013).

Энергетический фильтр осуществляет сглаживание со среднеквадратической погрешностью, незначительно превосходящей погрешность фильтра Колмогорова – Винера, в то же время он позволяет решить задачу обнаружения при незначительном искажении формы сигнала, поскольку основан на максимизации энергии сигнала к мощности помехи в отличие от максимизации пикового отношения сигнал/помеха для фильтра обнаружения (Карапетян, 2011; Карапетян, Чилингарян, 2014; Lines, Castagna, 2001).

При обработке данных площадных наблюдений матрица исходных данных умножается на вектор – столбец фильтра  $h_{ik}$ , образуя вектор  $Y_{ik} = (Y_{11}, Y_{21}, \dots, Y_{n1})$ , т.е.

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{21} & \dots & f_{N1} \\ f_{12} & f_{22} & \dots & f_{N2} \\ - & - & - & - \\ f_{1n} & f_{2n} & \dots & f_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ \vdots \\ h_{1N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \\ \vdots \\ Y_{n1} \end{bmatrix} \text{ или } Y_{i1} = \sum_{k=1}^N f_{ki} h_{1k}, (i = 1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

Для решения поставленной нами задачи, региональная составляющая вычисляется по формуле (6)

$$Y_{ij}^{per} = \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{21} \\ \vdots \\ Y_{n1} \end{bmatrix} [h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1N}] + \bar{F}_k = \begin{bmatrix} Y_{11}h_{11} + \bar{F}_1 & Y_{11}h_{12} + \bar{F}_2 & \dots & Y_{11}h_{1N} + \bar{F}_N \\ Y_{21}h_{11} + \bar{F}_1 & Y_{21}h_{12} + \bar{F}_2 & \dots & Y_{21}h_{1N} + \bar{F}_N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1}h_{11} + \bar{F}_1 & Y_{n1}h_{12} + \bar{F}_2 & \dots & Y_{n1}h_{1N} + \bar{F}_N \end{bmatrix} \cdot \quad (6)$$

При использовании линейных фильтров, обычно используется только первый (максимальный) собственный вектор -  $\lambda_{max}$ , что приводит к потере полезной информации. Для получения полной оценки исследуемого поля в данной работе исследованы возможности фильтра при использовании всех собственных значений матрицы  $R_a$ .

Для этого, располагая собственные значения матрицы исходных данных  $R_a$  по их убыванию  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_m$  и решая для каждого из них систему уравнений из (6), находим соответствующие им весовые функции  $h_{ik}$ .

Цель работы - оценка возможностей линейных фильтров при повышении информативности геофизических наблюдений, в частности, при интерпретации результатов наблюдений электроразведочными методами.

Научная новизна представленных исследований состоит в том, что энергетический фильтр, в основном, используется при статистической обработке данных гравиразведки и магниторазведки (Никитин, 1979). В представленной работе изучены возможности использования данного фильтра при обработке весьма сложных электрических полей.

В статье по изложенной выше методике решена эта задача при обработке и интерпретации данных полевых наблюдений, полученных на Меградзорском золоторудном месторождении Армении. Выбран Участок 1, где наблюдения проводились по одиннадцати профилям, ориентированным в крест простирания "слепого" рудного тела. На месторождении оруденение представлено кварцевыми жилами, прожилками и линзами, заключенными в зонах гидротермально измененных пород (Амирян, 1984). Из большого объема данных площадных наблюдений выбраны геофизические методы естественного электрического поля (ЕЭП), сопротивления (комбинированное электропрофилирование - КЭП) и магниторазведки (Карапетян, Чилингарян, 1998; Карапетян, 2007; Фонды ИГИС, 1986; Фонды ИГИС, 1993).

При магниторазведке измерялась вертикальная составляющая напряженности магнитного поля, которая характеризуется сравнительно низкими значениями  $\Delta Z_a$ . В ходе статистической обработки данных  $\Delta Z$  было подтверждено и уточнено расположение предполагаемой рудной зоны.

Данные наблюдений по методам комбинированного электропрофилирования и естественного электрического поля также нуждались в более надежной оценке и количественной интерпретации, так как аномалии по этим методам выражены нечетко (Фонды ИГИС, 1986).

Результаты обработки данных магниторазведки в виде карт изолиний исходных значений (а) вертикальной составляющей напряженности геомагнитного поля  $\Delta Z$  и локальных аномалий и (б), полученные после фильтрации исходных данных, представлены на рис.1. Как видно из рисунка, нулевая изолиния на карте (рис.1б) проходит от восточной границы участка до западной, рядом с рудным телом, известным по геолого – геофизическим данным. Наблюдается вытянутость изолиний по направлению рудного тела.

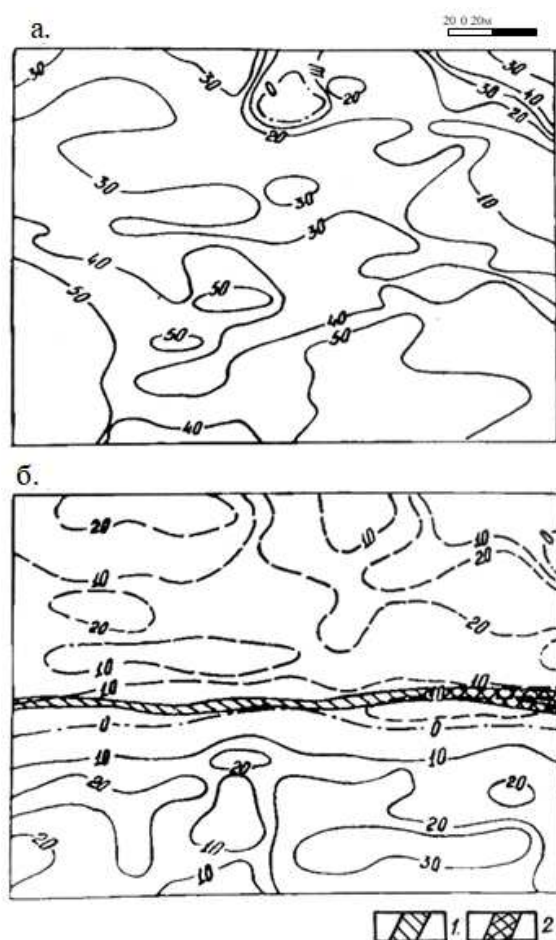


Рис.1. Выделение локальных аномалий  $\Delta Z$  на основе разложения поля по собственным векторам.

а - исходное поле  $\Delta Z$  (нТл); б- локальная составляющая, полученная после фильтрации данных  $\Delta Z$ .

1- предполагаемая кварц-сульфидная зона по геофизическим данным

2- известная рудная зона.

На рис.2а представлена карта изолиний исходных значений кажущегося удельного сопротивления  $\rho_k$ . После фильтрации получены локальные значения поля, представленные изолиниями на рис.2б. Рудное тело

прослеживается по нулевой изолинии с переходом на высокие значения кажущегося сопротивления. Здесь, кроме четко выраженного известного рудного тела, которое на рис.2б обозначено (2), нами выделяется предполагаемое рудное тело, заштрихованное как (1).

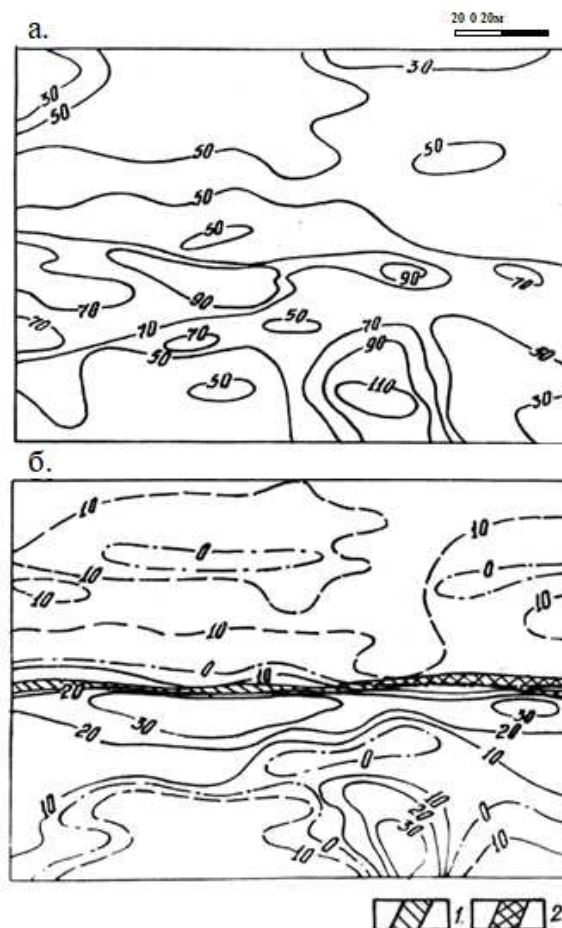


Рис.2. Выделение локальных аномалий  $\rho_k$  на основе разложения поля по собственным векторам.

а- исходное поле  $\rho_k$  (ом.м); б- локальная составляющая, полученная после фильтрации данных  $\rho_k$ .

1-предполагаемая кварц-сульфидная зона по геофизическим данным,

2- известная рудная зона.

Результаты исследований по методу естественного электрического поля представлены на рис.3. Карта изолинии исходных значений ЕЭП приведена на рис.3а, для локальной составляющей – на рис.3б. Из рис.3б видно, что после статистической обработки данных метода комбинированного электропрофилирования рудное тело прослеживается между нулевой и отрицательной изолиниями по всем 11 профилям.

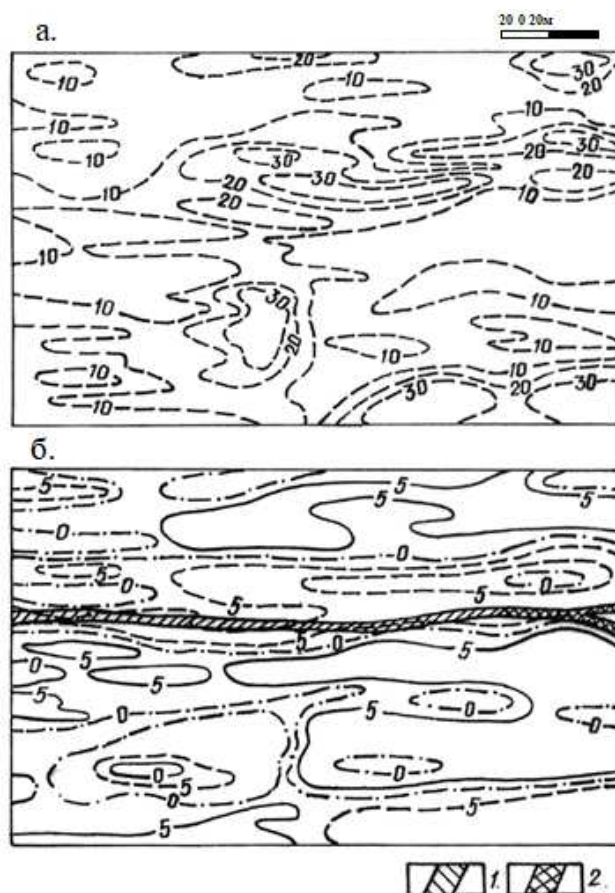


Рис.3. Выделение локальных аномалий ЕЭП на основе разложения поля по собственным векторам.  
а- исходное поле ЕЭП; б- локальная составляющая, полученная после фильтрации данных ЕЭП.  
1-предполагаемая кварц-сульфидная зона по геофизическим данным,  
2- известная рудная зона.

Результаты статистической обработки по всем трем методам подтверждают положение известного рудного тела (2), а также уточняют расположение предполагаемого рудного тела (1), определяя его протяженность по всем одиннадцати профилям наблюдений.

Надо отметить, что аномалии, полученные методом естественного электрического поля совпадают с аномалиями кажущегося электрического сопротивления с некоторым расхождением, что связано с наклонным падением околорудной вкрапленной минерализации.

Оценены также собственные значения и соответствующие им собственные векторы корреляционной матрицы исходных данных. Сопоставлены суммы вкладов собственных значений в общую дисперсию для каждого геофизического метода.

Проведенные исследования показали, что при применении метода магниторазведки первые два собственных значения дают более 98% суммы вкладов в общую дисперсию, т.е. можно ограничиться первыми двумя собственными значениями. Для метода электрического сопротивления же сумма вкладов достигается при трех собственных значениях, а при методе ЕЭП этот результат получается с учетом всех шести собственных значений.

#### **Выводы:**

- Вычисление по корреляционной матрице исходного поля целого ряда собственных значений и соответствующих им собственных векторов, т.е. весовых функций позволяет использовать энергетический фильтр для решения задачи выделения полезных сигналов по их энергии для весьма сложных электрических полей.
- Линейные фильтры можно эффективно использовать для уточнения электроразведочных аномалий и повышения достоверности геофизической информации.
- По сравнительным оценкам суммарных дисперсий можно определить достаточное число используемых собственных значений при энергетической фильтрации геофизических данных.

#### **Литература**

- Амирян Ш. О.** 1984, Золоторудные формации Армянской ССР, Ереван, Изд. АН АрмССР, 303с.
- Гольцман Ф. М.** 1971, Статистические модели интерпретации. М., Наука, 327с.
- Карапетян К.А., Чилингарян А.З.** 1998, Применение корреляционного способа обработки геофизических данных на Меградзорском месторождении (Армения). Изв. НАН РА, Науки о Земле, LI, №1-2, с.114-117
- Карапетян К.А., Чилингарян А.З.** 2007, Определение оптимальных параметров окна для самонастраивающейся фильтрации. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LX, № 3, с.53-58
- Карапетян К.А.** 2011, Результаты одномерной энергетической фильтрации данных электроразведки. Геоинформатика, М., Изд. ВНИИГеосистем, № 3, с.23-28
- Карапетян К.А., Чилингарян А.З.** 2014, Статистические методы обработки данных наблюдений при сравнительной оценке возможностей геофизических методов. Геофизика, ЕАГО, М., «Издательство ГЕРС», № 4, с.59-63
- Комплексные геофизические исследования на флангах и подземных выработках Меградзорского месторождения. 1986, Договорной отчет, фонды ИГИС, Ленинакан, 98с.
- Никитин А.А.** 1979, Статистические методы выделения геофизических аномалий. М., Недра, 280с.
- Никитин А.А., Петров А.В.** 2013, Теоретические основы обработки геофизической информации. М., Изд. ВНИИГеосистем, 118с.
- Оценка перспективности флангов действующих рудных месторождений с использованием комплексных геолого-геофизических данных наземных и подземных наблюдений, (на примере Меградзорского золоторудного месторождения). 1993, Науч.-техн. отчет, фонды ИГИС, Гюмри, 78с.
- Lines Larry, Castagna John P., Treitel Swen** 2001, Geophysics in the new millennium. Geophysics, № 1, p.14
- Robinson E.A. and Treitel S.V.** 1980, Geophysical signal analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.Y., 486p.

*Рецензент С.Назаретян*

**ԵՐԿՐԱՏԻԶԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ  
ԳԾԱՅԻՆ ՖԻԼՏՐԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ  
(ՀՀ Մեղրաձորի հանքավայրի օրինակով)**

**Կ. Ա. Կարապետյան**

Ամփոփագիր

Հոդվածում ներկայացված են ՀՀ Մեղրաձորի ոսկու հանքավայրում մակերևութային չափումներից ստացված տվյալների երկչափ էներգետիկ ֆիլտրացիայի արդյունքները: Նախնական դաշտի արժեքները էներգետիկ ֆիլտրով մշակմամբ ռեգիոնալ և լոկալ բաղադրիչների անջատելու միջոցով լուծվել է բավական բարդ էլեկտրական դաշտերի համար օգտակար ազդանշանի անջատման խնդիրը: Հիմնավորվել է գծային ֆիլտրերի կիրառման արդյունավետությունը: Ներկայացված երկրաֆիզիկական մեթոդների համար (կոմբինացված էլեկտրապրոֆիլավորում, բնական էլեկտրական դաշտ, մագնիսահետախուզություն) տրվել է դիսպերսիայի արժեքների համեմատական գնահատականը:

**POSSIBILITIES OF LINEAR FILTERS USING/APPLICATION  
IN THE PROCESSING OF GEOPHYSICAL PROSPECTING DATA  
(On the example of the Megradzor deposit)**

**K. A. Karapetyan**

Abstract

The paper presents the results of two-dimensional energy filtering of the data from area observations, obtained at the Megradzor gold deposit in Armenia. Decomposition of the original field on the regional and local components through energy filter solves the problem of separating the useful signal for a very complex electric fields. The application of linear filters is substantiated. A comparative estimation of the dispersion values for the used geophysical methods (combined electrical profiling, natural electric field, magnetic prospecting) is given.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АРУЧСКОМУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЮ 972г.

© 2018 г. С.В. Баласанян

Институт геологических наук НАН РА  
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail: sergeybalasanyan6@gmail.com  
Поступила в редакцию 20.03.2018г.

Изучение Армавирского (северо-западного) сегмента для оценки сейсмотектонического потенциала Ереванского разлома (значение  $M_{\max}$ ) выявило ряд проблем, требующих детального реанализа всех имеющихся материалов. В частности, были критически пересмотрены все имеющиеся данные с учетом новых сведений об одном из загадочных исторических сейсмических событий X века – Аручском землетрясении 972г., которое возможно произошло в зоне Ереванского разлома. Полученные в данной работе результаты позволяют сделать следующее предположение: учитывая что реальность землетрясения 972г. маловероятна, разрушение кафедральной церкви Св. Григора не связано с сейсмическим воздействием. Следует переоценить  $M_{\max}$  северо-западного сегмента Ереванского разлома в сторону понижения ее численного значения.

**Ключевые слова:** Аручское землетрясение, Ереванский разлом, Армавирский сегмент, макросейсмика, сейсмическое воздействие, церковь Св. Григора, Даштадемская крепость, Араратское землетрясение.

Впервые сведения о сейсмическом событии 972г. появляются в результате макросейсмических исследований С.А. Пирузяна в районе к СЗ от г. Ереван. После этого, представленные С.А. Пирузяном данные (Пирузян, 1969; Пирузян и др., 1984) фиксируются в ряде каталогов под названием “Аручское землетрясение 972г.”. В табл. 1 представлены основные параметры Аручского землетрясения по разным каталогам, которые, как видно, значительно отличаются друг от друга.

Таблица 1

| Дата  | Каталоги                         | Lat   | Lon   | $M_s$ | H (км.) | I (бал.) |
|-------|----------------------------------|-------|-------|-------|---------|----------|
| 972г. | С.Пирузян и др. (1976г., 1984г.) | 40.30 | 44.10 | -     | -       | 8        |
|       | Новый каталог (1977г.)           | 40.30 | 44.10 | 5.0   | 8       | 7-8      |
|       | Н.Амбресейс, К.Мелвил (1982г.)   | 40.30 | 44.10 | 5.4   | -       | >7       |
|       | Н.Карапетыан (1986г., 1990г.)    | 40.30 | 44.10 | 5.0   | 10      | 7-8      |
|       | НССЗ (кат.-1)                    | 40.29 | 44.30 | 5,0   | -       | -        |
|       | НССЗ (кат.-2)                    | 40.30 | 43.90 | 6.5   | 8       | -        |

При этом следует отметить, что в ряде каталогов сведения об Аручском землетрясении 972г. вообще отсутствуют (Мушкетов и др., 1893;

Ստեփանյան, 1964; Berberian, 1997; Guidoboni et al., 1995; Shebalin et al., 1997).

Дальнейшая хронология изучения этого сейсмического события начинается в 1994г. с работ по сбору и анализу всей возможной исторической информации. Затем в 2003г. и потом в 2009г. были проведены дополнительные исследования в архивах, а также полевые макросейсмические обследования в плейстосейстовой зоне Аручского землетрясения. Ниже приводится реанализ всех имеющихся материалов по этому сейсмическому событию.

Итак, реальность (датировка и локализация) Аручского землетрясения обосновывается С.А. Пирузяном на основании следующего анализа: на западном участке северной стены кафедральной церкви Св. Григора (VII век, сел. Аруч) кладка выше оконных перемычек разорвана и переложена заново; в кладке восстановленной части использован хачкар, на котором имеется надпись “Я, Горем, восстановил святой Католик в 973 году” (Пирузян и др., 1984).

Кроме того, в основе сейсмической версии С.А. Пирузяна лежит следующая аргументация:

1) в сел. Аруч через западный фасад церкви Св. Григора и примыкающую к нему северную стену проходит зияющая трещина, возникшая в результате землетрясения, в результате которого также вырван купол кафедральной церкви монастыря Аруч;

2) в соседнем поселении Талин разрушены большая часть южной и западной стен, а также купол кафедрального собора Талинского монастыря, на одной из сохранившихся колон с южной стороны обнаружена старая надпись, датированная 970 годом;

3) землетрясение разрушило церковь в сел. Даштадем, а также храм Звартноц.

#### **В результате:**

а) причиной вышеперечисленных разрушений является Аручское землетрясение;

б) лишь по двум сохранившимся записям в церквях Аруча и Талина был сделан вывод о том, что сильное Аручское землетрясение произошло в временном интервале 970 - 973гг.

Анализ старых фотографий церкви Аруч до и после реконструкции в XX веке, а также результатов полевых макросейсмических обследований плейстосейстовой зоны Аручского землетрясения, приводят к выводу о недостаточной обоснованности, представленной С.А. Пирузяном версии о разрушении от землетрясения в X веке. В пользу такого заключения можно привести ряд аргументов.

I. Сел. Аруч располагалось на большой торговой дороге и представляло собой крупное поселение с элементами городского уклада (Матевосян, 1988). В VII веке здесь была резиденция правителя Армении Григора Мамиконяна, включавшая помимо крепости несколько крупных, монументальных гражданских и культовых зданий. В Аруче расположена

одна из самых больших церквей в Армении (Собор Св. Григория – Аручаванк), построенная в 666 году. До конца VII века рядом с ней были построены здания дворца с колонным залом и наружной галереей. В V—VII вв. Талин был центром армянского княжества Камсараканов. В VII веке ими были построены Большой Талинский храм (кафедральная церковь) и Малая трехапсидная церковь. Временной период 901 – 1100гг. (X–XI века) был для Армении относительно спокойным и благополучным – не было междоусобиц и серьезных внешних вторжений. Поэтому очень удивительно, что в летописях и других исторических документах этого времени нет никаких сведений о сильном землетрясении в районе таких известных и крупных поселений как Аруч и Талин. Следует также отметить, что в фактографической базе данных С.А. Пирузяна практически не освещается положение дел с разрушениями в находящемся всего в 5км. от Талина селе Даштадем, историческими памятниками которого являются три церкви VI–VII вв. (Св. Христофора, Св. Саркиса, Св. Григора).

II. Во время полевых макросейсмических работ при обследовании отреставрированного в XX веке (1946 - 48гг.) Аручаванка выяснилась важная деталь – восстановленные участки X-го века имеют форму перевернутого треугольника и отличаются тем, что камни, использованные Горем, намного меньше по размеру, чем изначальный строительный материал VII века, сохранившийся при современной реставрации.

Исходя из этого, трудно предположить, что мастер Горем с гордостью вмуровал хачкар с сообщением об окончании реставрационных работ, отремонтировав лишь часть северной стены и не восстановив купол и барабан, а также сильно пострадавший западный фасад кафедральной церкви Св. Григора. Таким образом, напрашивается вывод, что только верхние участки северной стены – западный с надписанным хачкаром и восточный (относительно входной двери) – были повреждены к 973г.

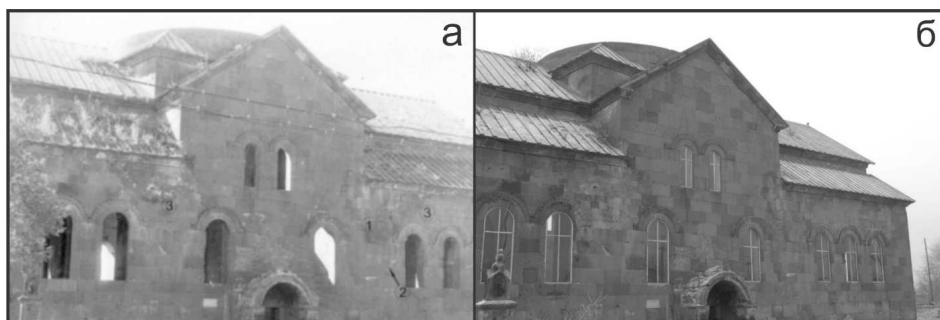


Рис.1. а) Северный фасад церкви в Аруче. Цифрами 1 и 2 отмечен участок стены с камнями меньших размеров, восстановленный Горемом в 973 году. 3 – отреставрированные Горемом участки треугольной формы, переувлажненные из-за стекания воды с крыши церкви (снимок сделан в период реставрации 1946-48гг.); б) Северный фасад церкви в Аруче (снимок сделан в 2017г.)

По мнению А.С. Караханяна основная причина этих повреждений – процесс переувлажнения и эрозии верхнего участка северной стены по обе

стороны от фронтона церкви из-за стекающей с кровли дождевой воды (рис.1а) (Karakhanyan A. et al., 2010).

Во время дополнительных макросейсмических обследований, проведенных в 2017г. нами была подготовлена ретроспективная серия фотографий, которые, на наш взгляд, дают достаточно подробное представление о сегодняшнем состоянии Аручаванка.

На рисунке 1б представлен тот же северный фасад кафедральной церкви Св. Григора в Аруче (фотография 2017г. сделана приблизительно в том же ракурсе, что и на рис.1а).

Теперь более детально визуализируем контраргументацию А.С. Караханяна. Как видно на рисунках 2а-г «...процесс переувлажнения верхнего участка северной стены по обе стороны от фронтона церкви, из-за стекающей с кровли дождевой воды...» (Seismic Hazard Assessment, 2011) продолжает действовать и сегодня, что подтверждает наличие определенных изъянов в конструкции крыши, возможно, еще со времен строительства кафедрального собора или частичной реконструкции во временном интервале 666 – 972гг.

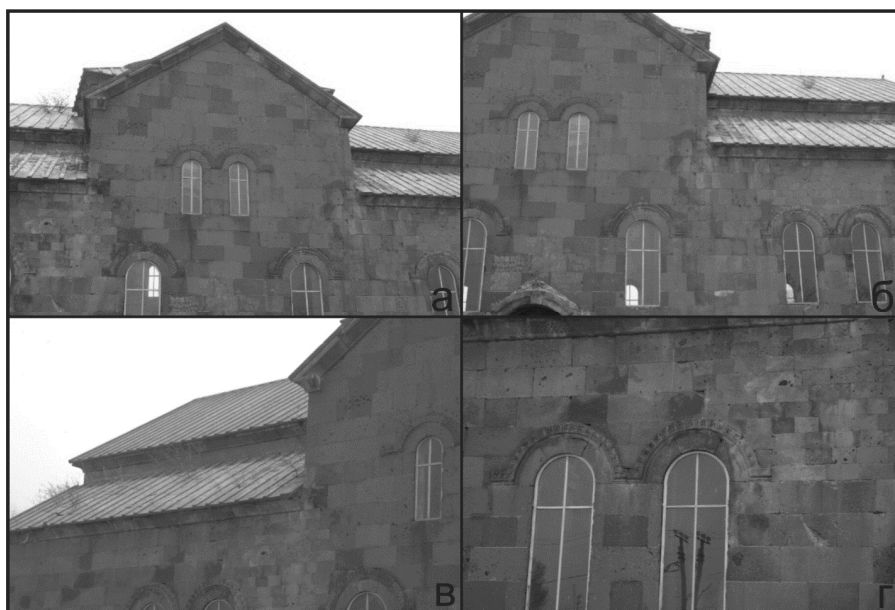


Рис.2. а) Дождевые подтеки в верхней части северной стены - и с западной, и с восточной стороны от фронтона собора; б) Укрупненный фрагмент переувлажненного верхнего участка западной стороны северной стены; в) Укрупненный фрагмент переувлажненного верхнего участка восточной стороны северной стены; г) Находящиеся по соседству (на восточной стороне северной стены) – старые и новые эродированные туфовые блоки (снимки сделаны в 2017г.).

Как видно на рис. 2б процесс переувлажнения затрагивает строго ограниченную площадь в верхнем углу фронтона и не распространяется на соседний участок (справа), где контрастно располагаются современные туфовые блоки (реконструкция XX века). И наоборот, на затронутом про-

цессом переувлажнения верхнем угловом участке фронтона восточной стороны почти все старые блоки заменены новыми образцами (самые маленькие по размерам туфовые блоки - реконструкция XX века). Как видно на рис.2г эти новые блоки уже носят следы начавшейся эррозии.

III. По версии С.А. Пирузяна получается, что Аручаванк находился в полуразрушенном состоянии вплоть до XX века. Однако, многочисленные настенные надписи в соборе Св. Григория датируемые 987, 1281, 1285 и 1336гг. свидетельствуют о том, что в течении всего этого времени церковь оставалась центром религиозной, образовательной и общественной жизни региона. Кроме того, одна из надписей, датируемая XV веком, информирует о восстановительных работах, проведенных под руководством вардапета Хачатура (Матевосян, 1988). В XX веке (1946-1948 гг.) была проведена частичная реставрация, в ходе которой удалось воссоздать первоначальный облик кафедрального собора, за исключением барабана и купола.

На наш взгляд, Аручаванк действительно неоднократно реставрировался, о чем свидетельствует визуальный анализ различных туфовых блоков, имеющих в современной кладке стен кафедрального собора (рис.3).

На рисунке 3 представлена “галерея” различных туфовых блоков, отличающихся друг от друга своими геометрическими размерами. К 1-ой генерации следует отнести самые крупные пористые туфовые блоки прямоугольной формы (непосредственно над входом в церковь)

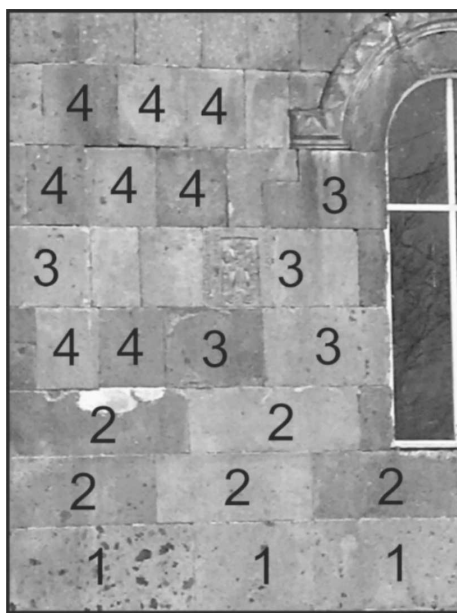


Рис.3. Укрупненный фрагмент участка северной стены с хачкаром мастера Горема (снимок сделан в 2017г.).

Кладка основания северной стены (нижние 4-5 рядов) также состоит именно из таких блоков. К 2-ой генерации следует отнести туфовые блоки средней пористости и прямоугольной формы той же длины, но меньшей

высоты, чем блоки первой группы (рис.3). Плотные туфовые блоки 3-ей и 4-ой генераций идентичны по высоте, но различаются по длине. Учитывая то, что в обрамлении блока – хачкара (3-я группа) есть туфы 4-ой группы, можно предположить, что блоки этих двух групп относятся к “Горемовской” реконструкции. И наконец, самые маленькие туфовые блоки 5-ой генерации относятся к реконструкции XX века (рис.3).

Таким образом, из вышесказанного следует, что Аручаванк реконструировался несколько раз, и одной из этих реконструкций могли быть восстановительные работы, проведенные под руководством вардапета Хачатура.

Кроме того, была сделана попытка получить дополнительную информацию о разрушении кафедрального собора в Аруче с помощью изучения старых фотографий. Известно, что большая часть фотографий *армянских храмов* сделаны Д.И. Ермаковым (1845-1916гг.) и Т.А. Тораманяном (1864-1934гг.). Есть также частные коллекции фотографий отдельных путешественников, таких как британец (ирландец) Линч Генри Финис Блос – известный географ и путешественник, общественно-политический деятель (член английского парламента в 1906–1910гг.), член-корреспондент Королевского Географического общества. В 1893-1894гг. и в 1898г. он совершил две научно-исследовательских экспедиции в Армению, результаты которых вскоре опубликовал в Тифлисе (Линч, 1910, 2015).

В результате наших поисков были отобраны старые фотографии, на которых есть изображения всех 4-х стен Аручаванка до восстановительных работ в XX веке (рис.4,5). Сравнительный анализ фотографий на рис.4а и 4б показывает, что они сделаны в разное время, причем рисунок 4б – позже. Отметим наиболее существенные отличительные детали этих 2-х снимков:

1) на фотографии 4б обвалились некоторые фрагменты – на правой стороне крыши, над вторым и третьим окнами справа от двери, в верхнем углу стены слева от входной двери;

2) расщелина в верхнем углу стены слева от входной двери, переходящая на крышу, увеличилась и почти достигла вершины крыши;



Рис.4. а) Снимок южной стены и фрагмента восточного торца Аручаванка; б) Снимок южной стены и фрагмента восточного торца Аручаванка (более поздняя фотография); в) Современный снимок верхней части восточной стены Аручаванка (снимок 4в сделан в 2017г.).

3) на рис.4а с правой стороны фотографии почти наполовину закрывает обзор большей части восточного торца Аручаванка некое строение, напоминающее крепостную башню, а на рис.4б это строение уже частично разрушилось и закрывает обзор всего лишь на треть;

4) на рис.4а видно, что внутреннее пространство большинства сводчатых окон южной стены замурованы плотной кладкой из камня, тогда как на рисунке 4б большинство этих окон уже открыты.

Как было показано выше, на фотографиях 4а и 4б невозможно полностью и детально рассмотреть состояние кладки восточного торца кафедрального собора в с. Аруч. Однако, очевидно, что в верхней части восточной стены церкви (над сводами арок) разрушения минимальны. Поэтому имеет смысл провести визуальный анализ соответствующего фрагмента современного снимка восточной стены (рис.4в).

Как видно на фотографии кладка верхней надсводовой части восточного торца собора в Аруче практически не нарушена и представлена в основном туфовыми блоками 2-ой и 3-ей групп.

На рисунке 5а представлен снимок (20-30гг. XX века) Аручского кафедрального собора с северо-западной стороны. Данный ракурс не позволяет подробно разглядеть центральный и дальний (восточный) сегменты северной стены, однако, западный торец храма может быть проанализирован достаточно детально.

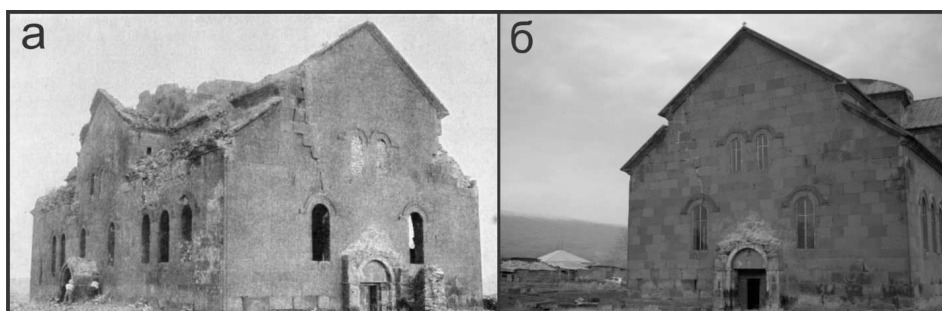


Рис.5. а) Фотография северной стены и западного торца Аручаванка; б) Современный снимок западной стены Аручаванка (снимок 5б сделан в 2017г.).

Вернемся к одному из главных пунктов в аргументации С.А. Пирузяна: «...в селе Аруч, через западный фасад церкви Св. Григора и примыкающую к нему северную стену проходит зияющая трещина, возникшая в результате землетрясения» (Пирузян и др., 1984). Визуальное восприятие фотографии на рис.5а позволяет сделать следующие выводы:

а) на примыкающей к западному фасаду северной стене (во всяком случае – в пределах ее ближнего западного сегмента) никакой зияющей трещины не наблюдается;

б) на левой верхней стороне западного фасада фиксируется близвертикальная трещина – от крыши до верхней кромки сводового окна, находящегося слева от входной двери;

в) рассматривая трещину под большим увеличением, трудно ее квалифицировать как *“зияющая трещина”*.

Последний вывод подтвердился после внимательного изучения фрагмента с *“зияющей”* трещиной на современном снимке западной стены Аручаванка (рис.5б). При современных (XX век) восстановительно-реставрационных работах было сделано следующее:

а) на верхнем отрезке мастера выправили исходные (материнские) туфовые блоки и закрепили их цементирующим раствором;

б) на нижнем отрезке (3 ряда блоков) – начиная от верхнего обрамления сводового окна – трещину просто залили цементирующим раствором.

IV. Интересные данные были выявлены при изучении материалов Государственного архива истории Армении. Одна запись свидетельствует, что в 1831г. Аручаванк был в сохранности (фонд 90, опись 1, дело 96, 1831г.), а другая запись, датируемая 1870г., фиксирует значительные разрушения церкви. Таким образом, землетрясение, разрушившее собор Св. Григория в Аруче произошло во временном интервале 1831-1870гг., но никак не в 972г. Анализ региональных каталогов сильных землетрясений указывает, что этим сейсмическим событием является Араратское землетрясение 04.07.1840г. ( $M=7,4$ ;  $I=9-10$  баллов). Очевидец этого катастрофического землетрясения Абел Мхитарян пишет: *«...южная и западная стены кафедрального собора в Талине разрушены до восточной двери от землетрясения 1840г.»* (Мхитарян, 1870). Описываемые А. Мхитаряном разрушения кафедрального собора в Талине зафиксированы на старой фотографии (рис.6а).

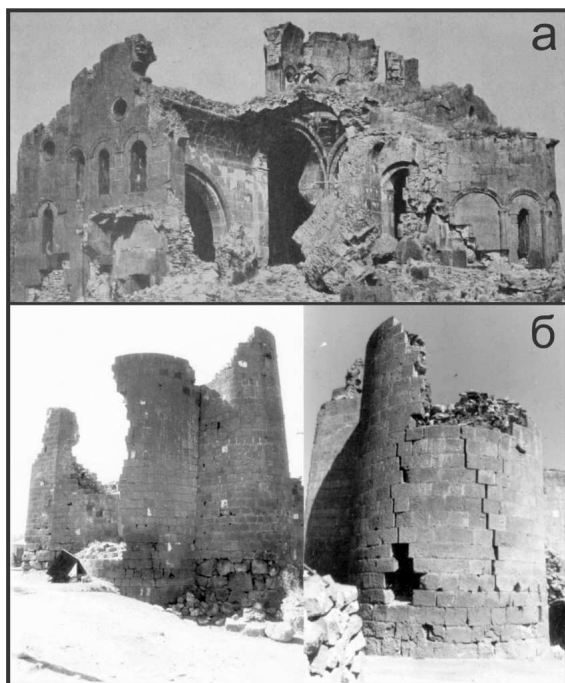


Рис.6. а) Руины кафедрального собора в Талине; б) Крепость XI – XIII веков в селе Неркин Талин (Даштадем). Видны следы разрушения от сильного землетрясения.

А ведь именно эти разрушения С.А. Пирузян относит к Аручскому землетрясению 972г. в качестве одного из своих главных аргументов: «...в соседнем поселении Талин разрушены большая часть южной и западной стен, а также купол кафедрального собора Талинского монастыря.» (Пирузян и др., 1984).

Разрушения церквей в Даштадеме также привязываются к сейсмическому событию 04.07.1840г. (Karakhanyan A. et al., 2010).

Полевые макросейсмические обследования стен и оборонительных башен Даштадемской крепости (XII век) позволили зафиксировать отчетливые следы разрушения от сильного сейсмического события – скорее всего землетрясения 04.07.1840г. (рис.6б). На наш взгляд, в этом случае двух мнений быть не может. Так как крепостные стены – это фортификационные сооружения, выполняющие важную роль при оборонительных действиях во время войны, то трудно себе представить, что Багратиды не восстановили крепостные стены Даштадема после их разрушения от землетрясения 972г. в целях безопасности юго-восточных границ Анийского царства.

### **Заключение**

В результате реанализа всех имеющихся сведений (включая фотофакты) по Аручаванку, кафедральному собору в Талине и другим историческим сооружениям региона, можно со всей определенностью утверждать, что основной причиной их разрушений является Араратское землетрясение 04.07.1840г.

Учитывая перманентный характер русско-турецких войн в XIX веке (1806-1812гг.; 1828-1829гг.; 1853-1856гг.; 1877-1878гг.; 1914-1918гг.) и назревающую революционную ситуацию внутри страны, по нашему мнению Российская империя уже была неспособна оказывать реальную помощь в реконструкции и восстановлении разрушенных землетрясением церквей, имеющихся в армянских провинциях и придавать этому особо важное значение. Сама Армения была активно вовлечена в это противостояние из-за угрозы геноцида, и все имеющиеся силы и средства уходили на борьбу с турецкими захватчиками. Поэтому можно предположить, что после Араратского землетрясения 04.07.1840г. и до частичной реконструкции Аручаванка (в 1946-48гг.), никаких других восстановительных работ не проводилось.

Следовательно, фотофакты (старые снимки), использованные нами при данном реанализе можно считать прямыми “отпечатками” макросейсмических последствий Араратского землетрясения 04.07.1840г.

Полученные в данной работе результаты позволяют заключить, что реальность землетрясения 972г. маловероятна, и, соответственно, разрушения церквей и храмов в Аруче и Талине являются следствием сейсмических воздействий Араратского землетрясения 04.07.1840г.

## Լիտերատուրա

- Լինչ Գ. Փ. Բ. 1910, Արմենիա: Փութեվե օչերկի և էյուդյ. (վ 2 տ.) / Տ. 1: Րուսկիե քրովինցի. — 599 ս.; ս իլլ. վ տեքստե և 61 Լիստ իլլ., քլանօվ և կարտ.; Տ. 2: Տուրեքկիե քրովինցի. — 676 ս.; ս իլլ. վ տեքստե և 55 Լ. իլլ., քլանօվ և կարտ. /Տիֆլիս, Իզդանիե Տորգօվոյո Դօմա " Ի.Է.Քիտօև և Կ° ", 1306 սթր.
- Լինչ Գ. Փ. Բ. 2015, Արմենիա: Փութեվե օչերկի և էյուդյ. (վ 2 տ.) / Րեքրինտնօվ իզդանիե 1910դ. ՏՔԲ.: Ալֆարետ, /Տ. 1: Րուսկիե քրովինցի. — 636 ս., իլ., 60 Լ. իլ., կարտ.; Տ. 2: Տուրեքկիե քրովինցի. — 696 ս., իլ., 55 Լ. իլ., կարտ.
- Մաթեվօսյան Ա.Տ. 1988, Քլանտնյե շաքիսի Արմենյանսկի Րուքօքիսեյ. V-XII դար. Եր., իզդ. ԱՊ ԱրՄՏՏՐ, ս. 97-98.
- Մուսկետօվ Ի.Վ., Օրլօվ Ա.Ք. 1893, Կատալօգ շեմլետրյասենի Րուսկիյոյ Իմքերի (Ցաքիսկի Րուսկօյո Դեօգրաֆիչեսկօյո Օբշչեստվա, տօմ XXVI, Տ.-Քետերբուրգ).
- Մխիտարյան Ա. 1870, Օքիսանիե Մարմարաշենա վ Տիրաքե. Վադարաքաթ, ս.24.
- Քիրուզյան Տ.Ա. 1969, Օքիտ զետալնօյո շեյսմիչեսկօյո րայօնիրօվանիա տերրիտօրի Օղնօյոյ Երևանսկօյո րայօնա (յօդօ-շաքադնա շաքթ ԱրՄ.ՏՏՐ և քրիլեգադյօյո րայօնյ). Երևան, 92 ս.
- Քիրուզյան Տ.Ա., Մաթեվօսյան Ա.Տ. և Տաքսուվարյան Լ.Վ. 1984, Տրաք Ցվարտնօ: քրիչինյա և Րեքսիա զարուքանի. / Իստօրիկօ-ֆիլօլօգիչեսկիյ յուրնալ, № 3, ս.189-194.
- Ստեփանյան Վ. Ա. 1964, Երկրաշարժերը Հայկական լեռնաշխարհում և նրա Մերձալպյան: Երեվան, "Հայաստան" իր., 247 էջ:
- Berberian M. 1997, Seismic sources of the Trans-Caucasian historical earthquakes, in Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, edited by D. Giardini and S. Balassanian, ILP Publ. 333, NATO ASI Ser. 28 (Kluwer Academic Publishers), p. 233-311.
- Guidoboni E. and Traina G. 1995, A new catalogue of earthquakes in the historical Armenian area from antiquity to the 12th century, Ann. Geofis., XXXVIII (1), p. 85-147.
- Karakhanyan A., Abgaryan E., Arakelyan, A., Balasanyan V., Avagyan, A., Nazaretyan S., Mkhitarayan K., Tigranyan M. 2010, Seismic hazard assessment for the construction site of a new power unit of the Armenian NPP/ Final Report/Seismological database/"NorAtom" Consortium, Draft Version, marsh, 300p.
- Seismic Hazard. 2011, Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP, "NorAtom" Consortium, Final Report, Yerevan.
- Shebalin, N. and R. Tatevossian. 1997, Catalogue of large historical earthquakes of the Caucasus, in Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, edited by D. Giardini and S. Balassanian, ILP Publication 333, NATO ASI Ser. 28 (Kluwer Academic Publishers), p.201-232.

Րեցենզենտ Ա. Ավադյան

## 972թ-ի ԱՐՈՒՃԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՄԱԿՐՈՍԵՑՄԱՐԿ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Մ.Վ. Բալասանյան

Ամփոփում

Երևանի խզվաճքի սեյսմօտեկտօնիկայի ներուժի ( $M_{max}$ -ի արժեքը) զնահատմանն ուղղվաճ Արմավիրի (հյուսիս-արևմտյան) սեզմենտի ուսումնասիրությունը բացահայտեց մի շարք խնդիրներ, որոնք պահանջում են հասանելի նյութերի մանրամասն վերլուծություն: Մասնավորապես, քննադատորեն վերանայվել են բոլոր առկա տեղեկությունները՝ հաշվի առնելով 972թ-ի Արուճի երկրաշարժի մասին նոր տվյալները, որը, հավանաբար, գտնվում է Երևանի խզվաճքի գոտում: Այս

աշխատանքից ստացված արդյունքները թույլ են տալիս կատարել հետևյալ ենթադրությունը. հաշվի առնելով այն, որ 972թ. երկրաշարժը քիչ հավանական է, և, համապատասխանաբար, Սուրբ Գրիգոր եկեղեցու ավերումը կապված է 1840թ-ի Արարատի երկրաշարժի սեյսմիկ ազդեցության հետ, հետևաբար, Երևանի խզվածքի հյուսիս-արևմտյան հատվածի  $M_{\max}$ -ը պետք է վերագնահատվի իր թվային արժեքի իջեցման ուղղությամբ:

## **THE RESULTS OF MACROSEISMIC RESEARCH OF THE ARUCH EARTHQUAKE IN 972**

**S.V. Balasanyan**

### **Abstract**

The study of the Armavir (north-western) segment, to assess the seismotectonic potential of the Yerevan fault (the value of  $M_{\max}$ ), revealed a number of problems requiring detailed reanalysis of all the available materials. In particular, all available data were critically reviewed, taking into account new information about the Aruch earthquake in 972, which is probably located in the zone of the Yerevan fault. The results obtained in this work allow us to make the following assumption: given that the reality of the earthquake in 972 is unlikely, and, accordingly, the destruction of Cathedral of Aruch is connected with the seismic influence of the Ararat earthquake in 1840, therefore, the  $M_{\max}$  of the north-western segment of the Yerevan fault should be re-evaluated to the direction of lowering its numerical value.

**ԼԵՎՈՆ ԱՐՄԵՆԻ ՎԱՐԴԱՆՅԱՆՑ**  
(ծննդյան 125-ամյակին)



Լրացավ ականավոր գիտնական, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից անդամ, պրոֆեսոր Լևոն Արսենի Վարդանյանցի ծննդյան 125 ամյակը: Լ.Ա. Վարդանյանցը ծնվել է 1883թ. սեպտեմբերի 28-ին Եկատերինոդարում (այժմ Կրասնոդար), ծագումով հայ քահանայի ընտանիքում: 1911թ. ավարտել է Եկատերինոդարի արական գիմնազիան, ապա, 1918թ. Նովոչերկասկի պոլիտեխնիկական ինստիտուտի լեռնային ֆակուլտետը, ստանալով լեռնային ինժեների որակավորում: Հետագա տարիներին, ընդհուպ մինչև Լենինգրադ (այժմ Սանկտ-Պետերբուրգ) տեղափոխվելը (1927թ.) Լ.Ա.

Վարդանյանցը աշխատել է Կրասնոդարի արդյունաբերական հետախուզման Հարավ-Արևելյան մարզային վարչությունում (1921-1927թթ.), Արևմտյան Սիբիրի երկրաբանական վարչությունում (1931թ.), ՍՍՀՄ ԳԱ Մեյմոլոգիական ինստիտուտում, Հյուսիս-Կովկասյան և Ազով-Սև-ծովյան երկրաբանական վարչություններում (1932-1936թթ.): 1936-ից մինչև իր վախճանը (1971թ. մայիսի 18ը), նրա գիտական գործունեությունը կապված է եղել Լենինգրադի համամիութենական գիտահետազոտական երկրաբանական ինստիտուտի հետ (ВСЕСИ): Այստեղ 1939թ. նա հաջողությամբ պաշտպանել է իր դոկտորական թեզը, ստանալով նաև պրոֆեսորի կոչում (1940թ.): Հայրենական Մեծ պատերազմի տարիներին նա Հյուսիս-Կովկասյան երկրաբանական վարչության խորհրդատուն էր, Ուզբեկստանի երկրաբանական վարչության գլխավոր երկրաբանն ու խորհրդատուն (1941-1942թթ.): 1926թ. Լ.Ա. Վարդանյանցը անդամագրվել է Երկրաբանական Կոմիտեի կազմում և դարձել Կովկասի երկրաբանական դպրոցի հիմնադիր, պրոֆ. Ա.Պ.Գերասիմովի կողմից կազմակերպված Ղրիմ-Կովկաս բաժնի ակտիվ մասնակից:

Զարմանալի է Լ.Ա. Վարդանյանցի գիտական հետաքրքրությունների չափազանց լայն շրջանակը՝ սեյսմատեկտոնիկա, շերտագրություն և երկրաբանություն, մագմայականություն և մետաղածնություն, բյուրեղաօպտիկա և երկրաքիմիա, գեոմորֆոլոգիա և չորրորդական երկրաբանություն - ահա նրա հետազոտությունների և գիտական

հրապարակումների ոչ լրիվ ցանկը: Լ.Ա. Վարդանյանը հեղինակ է ավելի քան 200 գիտական աշխատանքների այդ թվում Կովկասի երկրաբանությանը նվիրված առաջին ծավալուն ընդհանրացումներին, բյուրեղօպտիկայի տեսական հարցերին, Ռուսական պլատֆորմի բյուրեղային հիմքի երկրաբանությանը և կառուցվածքին, սեյսմատեկտոնիկային:

Սովորաբար ընդգծում են Լ.Ա. Վարդանյանցի գիտական գործունեության երեք հիմնական ուղղությունները՝ Կովկասի երկրաբանություն, բյուրեղօպտիկա եւ ֆյոդորովյան մեթոդի տեսություն, Ռուսական պլատֆորմի բյուրեղային հիմքի կառուցվածք: Այս շարքը անհրաժեշտ է լրացնել նաև Կովկասի սեյսմատեկտոնիկային նվիրված նրա հետազոտությունները:

Լ.Ա. Վարդանյանը քարտեզագրել է Կովկասի առավել դժվարամատչելի մասը՝ լեռնային Օսիան, անջատել Կազբեկի և Կախեթիայի դիաբազային գոտիները, քարտեզագրել և նկարագրել Կովկասի նեոփնտրոզիվները, քննարկել առանձին մարզերի մետաղածնության առանձնահատկություններն ու հեռանկարները: Չորրորդական ժամանակաշրջանի երկրաբանության վերաբերյալ իր բազմամյա հետազոտությունները նա ամփոփել է „Постмиоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области“, մենագրության մեջ, բացահայտելով մի կողմից նստվածքագոյացման, մյուս կողմից երոզիայի, օրոգենեզի և հրաբխայնության ինտենսիվությունը: Նշելով սառցապատման ժամանակահատվածների կապը լեռնագոյացման դարաշրջանների հետ, առաջարկել է ձյան սահմանի դեպրեսիաների սահմանի հաշվարկի նոր եղանակ:

Հարկ է հատուկ նշել Լ.Ա. Վարդանյանցի „Сейсмоструктурная Кавказа“, (1935թ.) մենագրությունը գիտական այդ ուղղության առաջին աշխատությունը: Ելնելով Կովկասի տարածքի դիսլոկացման աստիճանից նա անջատել է չորս կառուցվածքային համալիրներ՝ 1. Հյուսիսկովկասյան պլատֆորմ, 2. Մեծ Կովկասի համալիր, 3. Ռիոն-Քուրի համալիր, 4. Փոքր կովկասի համալիր, տվել նրանց բաղկացուցիչ մասերի մանրակրկիտ նկարագրությունը: Առաջին անգամ նա կազմել է Կովկասի ստրուկտուրային քարտեզը, անջատել դեպրեսիաների, ծալքավոր գոտիների խզվածքների, մեծաբեկորների առանցքային գծերը, հաշվարկել սեյսմիկ ցնցումների նվազեցման արագությունը, ենթադրել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների փոքր խորությունները, կազմել Կովկասի սեյսմիկ օջախների առաջին սխեման, բացահայտելով մի քանի օջախներում ցնցումների միաժամանակությունը՝ նրա պատկերավոր արտահայտությամբ երկրաշարժերի «համերգը»:

Լ.Ա. Վարդանյանցի հետազոտությունների մյուս կարևոր ուղղություններն հանդիսացան բյուրեղօպտիկան, միներալների հետազոտման ֆյոդորովյան մեթոդի տեսությունը և գործնական մասը: Անցյալ դարի 50-ական թվականներին հրատարակվեցին „Триадная теория двойниковых образований минералов“, (1950թ.) և „Триадный метод иссле-

дования двойников плагиоклаза,, (1951թ.) մենագրությունները: Մշակվեց կրկնաբյուրեղների առաջացման նոր տեսություն, ըստ որի կրկնաբյուրեղների առաջացումը ոչ թե պատահական պրոցես է, այլ տարածության մեջ բյուրեղային նյութի զարգացման աստիճանականության դրսևորում:

Լ.Ա. Վարդանյանցի բյուրեղօպտիկայի հետազոտություններին նվիրված ցիկլը ավարտվեց “Теория федоровского метода” (1959թ.) մենագրությամբ, որտեղ առաջին անգամ տրվեց մեթոդի մաթեմատիկորեն մշակված տեսությունը, ֆյոդորովյան սեղանիկի միջոցով բյուրեղների օպտիկական ինդիկատրիսայի որոշման մեթոդաբանությունը:

Լ.Ա. Վարդանյանցի կողմից մշակված նոր մեթոդաբանության սկզբունքներով հրատարակված “Тектоническая карта Кавказа” (Մ 1:1000000) քարտեզը կարևոր նշանակություն ունեցավ այդ տարածքի երկրաբանա-ստրուկտուրային կառուցվածքի վերծանման գործում:

Չափազանց մեծ է Լ.Ա. Վարդանյանցի վաստակը Ռուսական պլատֆորմի բյուրեղային հիմքի ուսումնասիրման գործում: 1957թ. նա կազմեց այդ տարածաշրջանի առաջին երկրաբանական քարտեզը (Մ 1:5000000): 600 հորատանցքերի, այդ թվում ավելի քան 350 հորատանցքերի կետերի անմիջական ուսումնասիրման ու գոյություն ունեցող երկրաֆիզիկական տվյալների հիման վրա առանձնացվեցին չորս ստրուկտուր-հասակային կոմպլեքսներ՝ 1. Ստորին արխեյի գնեյսերի և գրանիտագնեյսերի, 2. Վերին արխեյի պարագնեյսերի և պարաթերթաքարերի, 3. Ստորին պրոտոերոզոյի նստվածքա-մետամորֆային, 4. Վերին պրոտոերոզոյի թույլ փոփոխված նստվածքային ապարների: Հատկապես ընդգծվեց բյուրեղային հիմքի բարդ, բազմահարկային ներքին կառուցվածքը: Այդ աշխատանքն արժանացավ Միջազգային երկրաբանական կոնգրեսի XXI նստաշրջանի բարձր գնահատականին (Կոպենհագեն, 1960թ.): 1964թ. հեղինակների մեծ կոլեկտիվի մասնակցությամբ, Լ.Ա. Վարդանյանցի խմբագրությամբ, կազմվեց Ռուսական պլատֆորմի բյուրեղային հիմքի առավել մանրակրկիտ երկրաբանական քարտեզը (Մ 1:2500000):

Ժամանակակիցները նշում էին Լ.Ա. Վարդանյանցի անսպառ աշխատասիրությունը, պահանջկոտությունը իր և իր շրջապատի հանդեպ, ազնվությունը և սկզբունքայնությունը, գիտությանն անսահման նվիրվածությունը: Հենց այդ սկզբունքայնությունն ու խստությունը որոշակի ազդեցություն ունեցան Լ.Ա. Վարդանյանցի գիտական նվաճումների առավել արժանի գնահատման վրա, քանզի նա, անկախ հեղինակների գիտական կոչումներից և զբաղեցրած պաշտոններից, հատկապես պահանջկոտ ու սկզբունքային էր գիտական աշխատանքների գնահատման հարցում:

Լ.Ա. Վարդանյանցը սերտորեն կապված էր ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական ինստիտուտի (այժմ ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների ինստիտուտ) հետ: Նրա հիմնական աշխատությունները, այդ թվում յոթ մենագրություններ, լույս են տեսել Երևանում ՀՍՍՀ ԳԱ

հրատարակչությունում: Երևան այցելությունների ընթացքում նա կազմակերպում էր երկրաբանական հրատապ պրոբլեմների քննարկումներ, արժեքավոր խորհուրդներ տալիս ինստիտուտի աշխատակիցներին և ասպիրանտներին, մնալով նրանց աշխատանքների խիստ և միաժամանակ բարյացկամ գրախոս:

1945թ. Լ.Ա. Վարդանյանցը ընտրվեց ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից անդամ: Նրա բեղմնավոր աշխատանքային վաստակն արժանացել է Լենինի և Աշխատանքային Կարմիր Դրոշի շքանշանների:

Ներկայումս, տասնյակ տարիներ անց, Լ.Ա. Վարդանյանցի առաջարկած մի շարք դրույթներ և եզրակացություններ այլ կերպ են մեկնաբանվում, և դա բնական է ու հասկանալի, սակայն նրա հետազոտությունների մանրակրկիտությունը, հետևությունների խստությունը ու անաչառությունը այսօր ևս հիանալի օրինակ են երկրաբանների երիտասարդ սերնդի համար:

ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ռ. Լ. Մելքոնյան

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

**К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
АКАДЕМИКА НАН РА Э.Е. ХАЧИЯНА**



Исполнилось 85 лет со дня рождения Хачияна Эдуарда Ефремовича, одному из классиков современной теории сейсмостойкого строительства, академика НАН РА, доктора технических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки РА, лауреата Государственной премии РА.

Э.Е. Хачиян родился 17 августа 1933 года в Арцахе (сел. Аракел).

В 1956г. с отличием окончил физико-математический факультет Ереванского государственного университета. В 1956-2002гг. – зав. Лабораторией, зам. директора по науке АрмНИИ сейсмостойкого строительства, в 1972-1988гг. –

профессор Ереванского государственного университета архитектуры и строительства (ЕрГАСУ) и ЕГУ. С 1997г. по настоящее время зав. Кафедрой строительной механики ЕрГАСУ, главный научный сотрудник Института геологических наук НАН РА

Сфера его исследований: прикладная сейсмология, строительная механика, теория колебаний, динамика сооружений, сейсмостойкое строительство. Он автор более 265 опубликованных работ, в том числе 12 монографий, 5 авторских свидетельств, 15 нормативно-инструктивных документов, 60 научных статей на английском языке, опубликованных в разных странах.

Э.Е. Хачиян прошёл путь в науке о сейсмостойком строительстве от ее зарождения в СССР и стоял у истоков современных представлений о сейсмостойкости зданий и сооружений. Он воспитал не одно поколение инженеров и научных работников. После распада СССР и советской научной школы сейсмостойкого строительства Э.Е.Хачиян остался одним из немногих ее представителей. Его учителями были К.С.Завриев, И.Л.Корчинский, С.В.Медведев, И.И.Гольденблат, лидер армянской школы сейсмостойкого строительства академик А.Г.Назаров. Уже в начале 60-х годов Э.Е.Хачиян стал заметной фигурой в области сейсмостойкого строительства. К тридцати годам он опубликовал труд «Некоторые прикладные задачи теории сейсмостойкости сооружений» (1963), а к сорока годам - «Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения» (1973). Эти работы стали базовыми как для него, так и для его последователей.

Э.Е.Хачияну свойственны трудолюбие и целеустремлённость, добро-

желательность и скромность. Его работы базируются на изучении реальных землетрясений и всегда ориентированы на практическое внедрение в сейсмостойкое строительство. Примером может служить детальное изучение Ереванского (1973) и Спитакского (1988) землетрясений. Э.Е.Хачиян сделал сейсмологию более инженерной, что является главным предназначением этой науки. Нельзя не отметить прозорливость юбиляра: его работа «Вращательные движения грунта и крутильные колебания сооружений» (1987) предвосхитили эти эффекты, реально наблюдавшиеся при Спитакском землетрясении. Вся его профессиональная деятельность построена на сочетании глубоких теоретических исследований и обоснований того, что в дальнейшем включается в строительные нормы и проверяется практикой сейсмостойкого строительства. Этот профессиональный, эффективный, наиболее результативный подход был реализован им в новых национальных нормах сейсмостойкого строительства Армении.

Именно Э.Е.Хачиян, единственный из советских специалистов сейсмостойкого строительства, понял и поддержал инициативы IDNDR на территории бывшего СССР, правильно оценил новую, лидирующую роль инженеров для уменьшения сейсмических бедствий.

Его активная, творческая, профессиональная позиция, безусловно, плодотворно повлияла на разработанные в разных странах СНГ новые сейсмические нормы. Созданные им национальные нормы сейсмостойкого строительства Армении являются сегодня значимым, и мы убеждены, далеко не последним результатом его плодотворной научно-практической деятельности. Э.Е.Хачиян считает, что главное его богатство – это его ученики, и мы желаем, чтобы это богатство непрерывно приумножалось.

**Отделение химии и наук о Земле НАН РА, Институт геологических наук, редколлегия журнала “Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений” (Москва), редколлегия журнала Известия НАН РА Науки о Земле поздравляют Эдуарда Ефремовича Хачияна с знаменательной датой, желают ему крепкого здоровья и новых творческих успехов.**

**ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ УЧЕНОГО**  
**(к 70-летию члена-корреспондента НАН РА С.М.Оганесяна)**



Известному специалисту в области теоретической и прикладной геофизики, геофизического моделирования и инженерной сейсмологии, советнику директора и зав. отделом инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства Института геофизики и инженерной сейсмологии (ИГИС НАН РА), член-корреспонденту Национальной академии наук Республики Армения, доктору физико-математических наук, профессору Севада Мкртичевичу Оганесяну исполнилось 70 лет.

С.М.Оганесян родился 30 июля 1948г. в г. Ленинакане (ныне Гюмри). В 1955г. поступил в среднюю школу N 14 г. Ленинакана, которую окончил в 1966г. с серебряной медалью и поступил в Ереванский политехнический институт на факультет технической кибернетики. В 1971г. с отличием окончил институт получив квалификацию инженера-математика.

С.М.Оганесян в 1977г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, в 1987г. – доктора физико-математических наук по специальности “геофизика”, в 1992г. утвержден в звании профессора.

С.М.Оганесян свою научную деятельность начал с исследования нелинейных обратных задач, к которым сводится интерпретация данных гравиметрических и магнитных наблюдений. Он впервые на основе объединения идей оптимизации и регуляризации ввел в рассмотрение общий итерационный процесс, пригодный для решения линейных и нелинейных систем уравнений, установил его сходимость и регуляризующие свойства и достаточные условия корректности постановки задач геофизики, сформулированных в виде переопределенных систем уравнений. Результаты этих исследований были обобщены в его кандидатской диссертации, которую он защитил в 1977г. в Москве.

С.М.Оганесян одним из первых начал исследования по одной из актуальных проблем построения пространственной плотностной модели исследуемой среды – разработке теоретических и технологических основ устойчивых эффективных алгоритмов решения трехмерных обратных задач гравиметрии (ОЗГ) в рамках концепции математического моделирования. Разработанный и обоснованный им двойственный метод решения линейных и нелинейных некорректных задач геофизики (математической физики) позволяет использовать специфику ОЗГ, уменьшить размерность

решаемых задач на единицу, чем и определяется преимущество двойственного метода по сравнению с известными прямыми методами.

С.М.Оганесян впервые обосновал выбор в качестве условного стабилизатора для решения трехмерных ОЗГ функционал энергии деформации тонкой изогнутой пластинки на упругом основании, разработал вычислительные схемы и программы для решения различных трехмерных ОЗГ.

Изучил свойство оператора решения задачи гравиметрии и его сопряженного оператора, которые позволили ответить на ряд вопросов о размерности ОЗГ и учитывать их при его постановке и решении. Результаты этих исследований были обобщены в докторской диссертации, которую он защитил в Киеве в Институте геофизики АН УССР.

Решением Специализированного Совета диссертационная работа С.М.Оганесяна была квалифицирована как новое, перспективное научное направление в геофизике.

Монография С.М.Оганесяна: “Регулярные методы решения трехмерных задач гравиметрии” (2004), являющаяся переработанным вариантом его докторской диссертации, имеет важное значения для решения практических трехмерных обратных задач гравиметрии и магнитометрии.

После катастрофического Спитакского землетрясения 1988г. научные интересы С.М.Оганесяна были направлены на решение практических геофизических и сейсмологических задач.

Комплекс технологических программ, разработанный С.М.Оганесяном и руководимой им группой открыли возможность развернуть в ИГИС широкомасштабные исследования по построению трехмерной структурно-динамической модели земной коры территории Армении, на основе которой удалось оценить возможные очаговые зоны и сейсмический риск территории Армении и составить соответствующие карты сейсмического районирования масштаба 1:200000.

На основе проведенного широкого круга экспериментальных и методических работ было доказано, что на увеличении сейсмической интенсивности в Ширакской котловине, особенно четко зафиксированное при Спитакском землетрясении, играет мощный слой озерных отложений, который увеличивает длительность, периоды и амплитуды колебаний во всей котловине.

С.М.Оганесян разработал методику позволяющую, исходя из сейсмо-тектонических, сейсмологических, инженерно-геологических условий, оценить ожидаемые количественные параметры колебаний грунтов в виде акселерограмм землетрясений.

С.М.Оганесяном, совместно с соавторами, на основе базовой модели, комплекса геофизических методов построена геофизическая модель Джермакбюрского геотермического поля, выделены его основные геоструктурные элементы и локализованы наиболее перспективные участки для заложения поисково-разведочных скважин.

С.М.Оганесяном опубликовано 196 работ, в том числе одна монография и три методических разработок, подготовлено три кандидата наук.

Некоторые его работы переведены на английский язык и переизданы в США С.М.Оганесян один из авторов фундаментального издания “Грави-разведка. Справочник геофизика” (1981, 1990).

Находясь на посту директора (1989-2013гг.), а затем советника директора ИГИС НАН РА С.М.Оганесян проявил себя инициативным, чувствующим перспективы развития науки, вдумчивым и чутким руководителем.

С.М.Оганесян является членом Отделения химии и наук о Земле НАН РА и его бюро, председателем Специализированного Совета 040 “Геофизика”, членом редколлегии журнала Известия НАН РА Науки о Земле и международного журнала “Геофизический журнал” НАН РУ.

За плодотворную научную деятельность С.М.Оганесян в 1998г. награжден премией им. В.Амбарцумяна, в 2006г. избран член-корреспондентом НАН РА, в 2010г. Европейской академией естественных наук награжден серебряной медалью им. Л.Эйлера.

Свой юбилей С.М.Оганесян встречает полный научных замыслов и творческой активности. Его друзья и коллеги желают ему доброго здоровья, благополучия и дальнейших успехов.

**Отделение Химии и Наук о Земле НАН РА**

**Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А.Г.Назарова НАН РА**

**Редакционная коллегия журнала Известия НАН РА Науки о Земле**

**ԲՈՐԻՍ ՄԱՆՈՒԿԻ ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ**  
(ծննդյան 90-ամյակին)



2018թ. դեկտեմբերի 9-ին լրանում է միներալոգիայի, երկրաքիմիայի և պետրոլոգիայի բնագավառներում ճանաչված գիտնական, ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի իզոտոպային երկրաբանության լաբորատորիայի վարիչ, գիտության բնագավառում ՀՍՍՀ Պետական մրցանակի դափնեկիր, Հայկական միներալոգիական ընկերության նախագահ, երկրաբանա-հանքաբանական գիտությունների դոկտոր Բորիս Մանուկի Մելիքսեթյանի 90-ամյակը:

Բ.Մելիքսեթյանը ծնվել է 09.12.1928թ. Թբիլիսիում: 1944թ., հոր մահից հետո, ընտանիքով տեղափոխվել և բնակություն է հաստատել Երևանում: 1946թ. ընդունվել է Երևանի լեռնամետալուրգիական տեխնիկում, որը գերազանցությամբ ավարտել է 1950թ. և ընդունվել Երևանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտի լեռնային ֆակուլտետի երկրաբանահետախուզական բաժինը: 1955թ. Բ.Մելիքսեթյանը, գերազանցությամբ ավարտելով ԵՊԻ լեռնային ֆակուլտետը, գիտական խորհրդի երաշխավորությամբ նույն թվականին ընդունվում է ՀՍՍՀ ԳԱ ԵԳԻ ասպիրանտուրա «Պետրոգրաֆիա, միներալոգիա» մասնագիտությամբ: Ուսումնառության կուրսը Բ.Մելիքսեթյանն անցել է Լվովի պետական համալսարանում, պետրոգրաֆիայի և միներալոգիայի ականավոր մասնագետ, ակադեմիկոս Վ.Ս.Սոբոլևի ղեկավարությամբ, ինչպես նաև Մոսկվայում, ՍՍՀՄ ԳԱ Հազվագյուտ տարրերի միներալոգիայի և երկրաքիմիայի (ИМГПЭ) ինստիտուտում, պրոֆեսոր Վ.Վ.Լյախովիչի մոտ:

Ասպիրանտական ուսումնառության տարիներին ստացած հիմնավոր գիտելիքները Բ.Մելիքսեթյանը հաջողությամբ զարգացրել է հետագա գործունեության ընթացքում:

Ասպիրանտից մինչև առաջատար գիտաշխատող և լաբորատորիայի վարիչ, մոտ քառասնամյա նրա գործունեությունը մշտապես ուղեկցվել է գիտական հետաքրքրությունների շրջանակների ընդլայնմամբ:

Նա առաջիններից էր, ով Հայաստանի տարածքի տարբեր մագմատիկ համալիրների միներալոգիային, երկրաքիմիային և ակցետոր

միներալներին, ինչպես նաև հազվագյուտ և մետաղածին տարրերին նվիրված ուսումնասիրությունները բարձրացրեց գիտական նոր մակարդակի: Մեղրու խոշոր ինտրուզիվ զանգվածներ կազմող ապարներին նվիրված աշխատանքները Բ.Մելիքսեթյանին լայն ճանաչում բերեցին Հայաստանում և նրա սահմաններից դուրս: Այդ աշխատանքների արդյունքներն ամփոփվեցին «Մեղրու պլուտոնի միներալոգիան և երկրաքիմիան» թեկնածուական ատենախոսության մեջ, որը նա 1961թ. հաջողությամբ պաշտպանեց Մոսկվայի Պետական համալսարանում: Ատենախոսության մակարդակն այնպիսին էր, որ հիմք տվեց համալսարանի Գիտական խորհրդին միջնորդելու ՍՍՀՄ ԲՈՀ-ի առջև թույլ տալու ատենախոսության պաշտպանությունն արդեն որպես դոկտորական ատենախոսություն, սակայն այդ գործընթացն այն ժամանակ չիրականացավ:

Հետագա տարիներին Բ.Մելիքսեթյանն ավարտեց «Թեժսարի ակալային զանգվածի միներալոգիան, երկրաքիմիան և պետրոլոգիական յուրահատկությունները» (1971թ.) և «Կենտրոնական Հայաստանի պորֆիրանման գրանիտոիդային ինտրուզիվների պետրոլոգիան, միներալոգիան և երկրաքիմիան և նրանց մետաղածնական նշանակությունը» (1976թ.) մենագրությունները:

Գործընկերների հետ միասին Բ.Մելիքսեթյանը մշակեց Հայաստանի մագմայականության ֆորմացիոն անալիզի և տարածաշրջանի երկրատեկտոնական զարգացման հիմնական փուլերի հետ նրանց կապի առավել ընդհանուր հիմնահարցերը:

1970-1971թթ., ՀՍՍՀ ԳԱ Նախագահության որոշմամբ, Բ.Մելիքսեթյանը նշանակվում է ՀՍՍՀ ԳԱ ԵԳԻ N 1 արշավախմբի ղեկավար և սկսում Հայաստանի տարածքում հազվագյուտ մետաղական հումքի համալիր երկրաբանական-կանխատեսումային հետազոտական աշխատանքները ՍՍՀՄ ԳԱ առաջատար (ИГЕМ, ВЦЕГЕИ, ВИПГ) ինստիտուտների և ՍՍՀՄ Երկրաբանության մինիստրության Կոլցովյան արշավախմբի հետ համատեղ: Այս աշխատանքների արդյունքները Բ.Մելիքսեթյանն ամփոփել է «Կենտրոնական Հայաստանի տարածքում հանքային հումքի կանխատեսման սկզբունքները» աշխատության մեջ, որի արդիականությունը և նշանակությունը երկրի տնտեսական զարգացման համար դժվար է գերազնահատել:

Այդ տարիների պետրոլոգիական հետազոտությունները հիմք հանդիսացան ՀՍՍՀ տարածքի մագմայականության և մետամորֆիզմի 1:200000 մասշտաբի քարտեզի, ինչպես նաև պալեոգեն-նեոգենի հասակի ինտրուզիվ և ենթահրաբխային համալիրների ռադիոերկրաքիմիական տիպերի հատուկ քարտեզի կազմման համար, որոնք էլ, իրենց հերթին, օգտագործվեցին Հայաստանի և Կովկասի ընդհանուր և հատուկ կանխատեսումային-մետաղածնական քարտեզների կազմման ընթացքում:

1989թ. Բ.Մելիքսեթյանը Թբիլիսիում, Վրաստանի ԳԱ Երկրաբանական ինստիտուտի գիտական խորհրդի նիստում փայլուն պաշտ-

պանեց «Փոքր Կովկասի պալեոգեն-նեոգենի հրաբխահնտրուզիվ ֆորմացիաների պետրոլոգիան, երկրաքիմիան և հանքաքերությունը (կոլիզիայի զոնաների մագմատիզմ)» դոկտորական ատենախոսությունը և ստացավ գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճան: Այդ աշխատության մեջ Բ.Մելիքսեթյանը մշակել ու համակարգել է հսկայական ծավալով հեղինակային և գրական նյութ Փոքր Կովկասի և Ռոդոպիից մինչև Հիմալայներ ձգվող ծալքավոր գոտու մագմայականության, կառուցվածքային, երկրաքիմիական և միներալոգիական առանձնահատկությունների վերաբերյալ, ի հայտ է բերել կայուն օրինաչափություններ, ինչպես նաև ստեղծել է ՀՀ տարածքի կայնոզոյան հասակի հանքամագմային մոդելը: Առաջին անգամ Փոքր Կովկասի համար կազմվել է ինտրուզիվ ապարների պետրոլոգաերկրաքիմիական տիպերի քարտեզ՝ կալիումի, արգոնի և ստրոնցիումի իզոտոպների հարաբերության վարիացիաների տրենդներով: Ընդհանրացվել են մագմայականության էվոլյուցիայի գլխավոր օրինաչափությունները սեդիման և ընդարձակման երկրադինամիկ ռեժիմների ժամանակ, ուսումնասիրվել ապարկազմող և ակցեսոր միներալների կազմը և տիպամորֆ հատկությունները՝ որպես պետրոգենեզի ցուցիչներ, հիմնավորվել մագմաների ծագման և կեղևի հետ նրանց փոխազդեցության մոդելները, գնահատվել է ուսումնասիրված ֆորմացիաների պոտենցիալ և իրական հանքաքերությունը: Այս բազմակողմանի հետազոտությունները մեծ ճանաչում գտան ՍՍՀՄ առաջատար պետրոլոգների մոտ, արժանացան նրանց բարձր գնահատականին և Փոքր Կովկասի կայնոզոյան մագմատիզմի մասին մեր գիտելիքները բարձրացրեցին նոր աստիճանի:

Կյանքի վերջին տարիներին Բ.Մելիքսեթյանը սկսեց մինչքեմբրյան և ֆաներազոյան մագմատիկ և հանքային ֆորմացիաների իզոտոպային-երկրաքիմիական հետազոտությունների հետևողական իրականացումը: Այս հետազոտությունների նպատակը մանթիա-կեղև-ջրոլորտ համակարգում Փոքր Կովկասի լիթոսֆերայի էվոլյուցիայի մոդելի մշակումն էր: Այս աշխատանքները, ինչպես և շատ այլ գիտական ծրագրեր, մնացին անավարտ, բայց իրենց նորարական մոտեցմամբ նրանք այժմ էլ կարող են հիմք հանդիսանալ հետագա պետրոլոգիական հետազոտությունների իրականացման համար:

Բ.Մելիքսեթյանը հեղինակ է ավելի քան 110 գիտական հոդվածների և մենագրությունների: Նրա հետազոտությունների արդյունքները բազմիցս ներկայացվել են միջազգային, համամիութենական և հանրապետական գիտաժողովներում: Բ.Մելիքսեթյանը «Հայկական միներալոգիական ընկերության զեկուցագրի» 11-րդ և 12-րդ պրակների պատասխանատու խմբագիրն էր, ԵԳԻ մասնագիտացված երկրաքիմիական սեկցիայի գիտական խորհրդի նախագահը, ՀՍՍՀ ԳԱ «Գիտություններ Երկրի մասին» տեղեկագրի խմբագրական կոլեգիայի և ԵԳԻ գիտական խորհրդի անդամ:

ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Հ.Մադաթյանի ղեկավարությամբ կազմված և հրատարակված «Հազվագյուտ և ազնիվ տարրերը Հայկական ՄՍՀ հանքային ֆորմացիաներում» (1972) աշխատության համար Բ.Մելիքսեթյանը, համահեղինակների հետ միասին, արժանացել է ՀՍՍՀ Պետական մրցանակի գիտության բնագավառում: Նրա գիտական նվաճումները նշվել են նաև ՀՀ ԳԱ «Գովեստագրով» և «Վաստակագրով»:

Բ.Մելիքսեթյանը ճանաչված, մեծ հեղինակություն ու համբավ վայելող գիտնական էր ինչպես Հայաստանում, այնպես էլ նրա սահմաններից դուրս: Նրա հետ երկար տարիներ համագործակցել են նախկին ԽՍՀՄ խոշոր գիտական կենտրոնների այնպիսի ճանաչված գիտնականներ, ինչպիսիք էին Վ.Կոպտև-Դվորնիկովը, Լ.Տաուսոնը, Վ.Լյախովիչը, Մ.Տավրսկայան և ուր.:

Բ.Մելիքսեթյանի ողջ կյանքը և բազմամյա գործունեությունը նշագրված էր ընկերների նկատմամբ ջերմ և բարյացկամ վերաբերմունքով, նոր գաղափարներով շռայլորեն կիսվելու պատրաստակամությամբ և հատուկ ուշադրությամբ երիտասարդ գիտնականների հանդեպ:

Բ.Մելիքսեթյանին բնորոշ էին համեստ պահվածքը աշխատանքային կոլեկտիվում և հատկապես դաշտային արշավախմբային պայմաններում: Տարիները չեն ստվերել բարի հիշողությունները նրան ճանաչող ընկերների սրտերում և այսօր, ծննդյան 90-րդ տարեդարձին, նրան ճանաչողները խոր հարգանքով ու երախտագիտությամբ են հիշում իրենց ավագ գործընկերոջը՝ մեծ գիտնականին, քաղաքացուն, իր գործին նվիրված անձնավորությանը՝ Բորիս Մանուկի Մելիքսեթյանին:

**ՀՀ ԳԱԱ Քիմիական և Երկրի մասին գիտությունների բաժանմունք**

**ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ**

**ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություններ Երկրի մասին» տեղեկագրի խմբագրություն**

## ԳԻՏԱԿԱՆ ԽՐՈՆԻԿԱ

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում հունիս-հոկտեմբեր ամիսներին տեղի են ունեցել հետևյալ սեմինարները:

1. Հունիսի 29-ին «Հայաստանի բնության հատուկ պահպանվող տարածքների հիմնախնդիրները, տարածական տվյալների բազայի կառուցվածքը»  
Զեկուցող՝ Երկրաբանական տեղեկատվության լաբորատորիայի աշխատակից, ճարտարագետ՝ **Հարություն Ուլոյան**
2. Օգոստոսի 2-ին «Նայելով անցյալ և ետ: Մեյսմոլոգիական ուսումնասիրությունների մեկ տարին երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում» (Looking Back and Ahead: One Year of Seismology Research in the Institute of Geological Sciences)  
Զեկուցող՝ Գեոարխեոլոգիայի և գեոմոնիթորինգի լաբորատորիայի պրակտիկանտ՝ **Նատաշա Բեդնարց** (Natasha Bednarz)
3. Օգոստոսի 30-ին «Հայաստանի կենտրոնական և հյուսիսային տարածաշրջանների չորրորդական հասակի տուֆ-ինգնիֆերիտային առաջացումների պետրոլոգիական և շերտագրական առանձնահատկությունները»  
Զեկուցող՝ Հրաբխագիտության լաբորատորիայի կրտսեր գիտաշխատող՝ **Հրիսիսինե Գևորգյան**
4. Հոկտեմբերի 19-ին Ակադեմիկոս Ա.Ա. Գաբրիելյանի ավանդը Հայաստանի շերտագրության և տեկտոնիկայի ասպարեզում  
Հեղինակներ՝ Ա. Գրիգորյան, Հ.Հ. Մելիք-Ադամյան, Ն. Ավագյան  
Զեկուցող՝ **Ա. Գրիգորյան**

## Վոնֆերանսների մասնակցություն

- Մայիսի 22-30 Լիթվոլոգիայի և ռեգիոնալ երկրաբանության լաբորատորիայի վարիչ Լ. Սահակյանը մասնակցել է “IGCP 630 CONFERENCES AND FIELD EXCURSION ON THE PERMIAN-TRIASSIC EXTINCTION EVENT IN ARMENIA” զեկույցով Վուհանի համալսարանում (Չինաստան) կազմակերպված “Deep-time extreme event & biotic responses” միջազգային կոնֆերանսին, հեղինակներ՝ Lilit Sahakyan, Aymon Baud
- Օգոստոսի 26-29 Լիթվոլոգիայի և ռեգիոնալ երկրաբանության լաբորատորիայի աշխատակիցներ Հայկ Հովակիմյանը և Քրիստինա Սահակյանը որպես կամավորներ մասնակցել են Վրաստանում կազմակերպված PRIDE-RCMNS միջազգային կոնֆերանսին: Ներկայացվել է զեկույց “NEW DATA ON THE UPPER MIOCENE CONTINENTAL RECORD OF ARMENIA” թեմայով,

հեղինակներ՝ Davit Vasilyan, Lilit Sakahyan, Hayk Hovakimyan, Lutz Maul, Jeremy Kesner

- Մեպտեմբերի 23-27-ը Լիթոլոգիայի և ռեգիոնալ երկրաբանության լաբորատորիայի աշխատակիցներ Լիլիթ Սահակյանը և Քրիստինա Սահակյանը մասնակցել են կենտրոնական Եվրոպայի կոնֆերանսին նվիրված Գեոմորֆոլոգիային և չորրորդական երկրաբանությանը (Գիսսենի Ջուստուս-Լայբիխ համալսարան, Գերմանիա)։ Ներկայացվել են հետևյալ աբստրակտները։

1. Geo-archaeological and archaeometric studies at the Aknashen settlement (Armenia)

*\*Lilit Sahakyan, Ara Avagyan, Arkadi Karakhanyan, Ruben Badalyan, Andreas Iordanidis, Tatul Atalyan, Kristina Sahakyan*

2. Pollen and plant diversity in terrestrial sediments of the Jradzor area (Armenia) *Kristina Sahakyan, Anahit Atoyants, Hayk Hovakimyan*

Նոյեմբերի 6-7, Լիոն (Ֆրանսիա) տեղի կունենա միջազգային կոնֆերանս նվիրված երկրաբ. գիտ. դոկտոր Արկադի Կարախանյանին

Կոնֆերանսի կազմակերպիչներից է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտը (Խաչատուր Մելիքսեյան)

Ինստիտուտի գիտաշխատողների կողմից կներկայացվեն հետևյալ 5 զեկույցները

1. *1.Kh. Meliksetian, A. Karakhanyan, R. Badalyan, I. Neill, A. Avagyan, A. Harutyunyan, Kh. Makaryan, S. Balasanyan, G. Navasardyan, D. Miggins, A. Koppers.* Holocene volcanism and human occupation in Armenia: new data.
2. *Avagyan1, J.-F. Ritz, P.-H. Blard, K. Meliksetian, P. Munch, P. Valla, K.S. Tokhatyan, M. Mkrtchyan, T. Atalyan.* Volcanic eruptions witnessed by prehistoric people in Armenia.
3. *S. Balasanyan, A. Karakhanyan, Kh. Meliksetian.* Archaeoseismological studies of the eastern branch of the Syunik pull-apart basin structure.
4. *Kh. Makaryan, A. Karakhanyan, S. Balasanyan.* Analysis of soil liquefaction effect: new evidence on the seismic activity of the Syunik highland (Armenia).
5. *S. Joannin, V. Ollivier, O. Bellier, P. Tozalakian, A. Karakhanyan, B. Perello.* Upper Holocene vegetation history from the Kalavan Red Lake in Armenia.

**ՀՀ ԳԱԱ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏԸ  
ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄ Է ԳԻՏԱԺՈՂՈՎ ՆՎԻՐՎԱԾ ԱԿԱՆԱՎՈՐ  
ԳԻՏՆԱԿԱՆ ԵՎ ՊԵՏԱԿԱՆ ԳՈՐԾԻՉ ԱԿԱԴԵՄԻԿՈՍ՝  
ԱՇՈՏ ՏԻԳՐԱՆԻ ԱՍԼԱՆՅԱՆԻ ԾՆՆԴՅԱՆ 100-ԱՄՅԱԿԻՆ**

Գիտաժողովի բացումը՝ 2019թ փետրվարի 7-ին

ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ դահլիճում

Գիտաժողովի թեմատիկան՝ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ

Կնքվել է համագործակցության հուշագիր ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական  
գիտությունների ինստիտուտի և Շվեդարիայի Ջուրասիկ  
թանգարանի (ք. Պուտենտոյ) միջև:

Լ. Սահակյան

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ

Заказ N 876

Подписано к печати 18.07. 2018 г. 4,5 печ. л.  
Бумага офсетная N 1. Тираж 150 экз. Цена договорная.  
Типография издательства “Гитутюн” НАН РА.  
0019, Ереван, пр.Маршала Баграмяна 24.