

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
აა(ი)პ ასოციაცია მეცნიერებისათვის

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
Technical University of Georgia
Institute of Hydrometeorology
N(N)LE Association for Science

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

**ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში:
მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შარბილება**

ეძღვნება საქართველოში რეგულარული მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური და
სეისმური დაკვირვებების ორგანიზების 175-ე და 120-ე წლისთავს

შ რ ო მ ე ბ ი

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**NATURAL DISASTERS IN GEORGIA:
MONITORING, PREVENTION, MITIGATION**

Dedicated to 175 and 120 Anniversary of the Organization in Georgia
of Regular Magneto-Meteorological and Seismological Observations

Proceedings

დეკემბერი – 12-14 – December
2019
თბილისი – Tbilisi

© ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2019
Publish Hous of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2019

ISBN 978-9941-13-899-7

სამეცნიერო კომიტეტი და სარედაქციო საბჭო:

- თამაზ ქელიძე** – აკადემიკოსი, სამეცნიერო კომიტეტის თავმჯდომარე, მთავარი რედაქტორი.
ავთანდილ ამირანაშვილი – მდივანი.
დემური დემეტრაშვილი, ზურაბ კერესელიძე, ნოდარი ვარამაშვილი – თსუ, მ. ნოდია სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო.
ნანა ბოლაშვილი – სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე, თსუ, ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველო.
თენგიზ ცინცაძე – სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე.
ელიზბარ ელიზბარაშვილი, მარიკა ტატიშვილი, გიორგი მელაძე – სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო.
ლიანა ქართველიშვილი, ემილ წერეთელი – გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო.
თამარ ნადირაძე, მაგდა დავითაშვილი – ი. გოგებაშვილის სახ. თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო.
ბეჟან ასანიძე – შპს ბპ ექსპლორეიშნ კასპიის ზღვა – საქართველო.
ომარ ლანჩავა – გ. ნულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, საქართველო.
ქეთევან ხაზარაძე – საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი, საქართველო.
ნინო ჯაფარიძე – თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, საქართველო.
ბახტიერ ნურტაევი – უზბეკეთის რესპუბლიკის გეოლოგიისა და მინერალური რესურსების სახელმწიფო კომიტეტის გეოლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი, უზბეკეთი.
სერგეი სტანკევიჩი – უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დედამიწის კვლევის აეროკოსმოსური სამეცნიერო ცენტრი, უკრაინა.
ბახრამ ნურტაევი – ჰელიოკლიმატოლოგიის ინსტიტუტი, გერმანია.

SCIENTIFIC COMMITTEE AND EDITORIAL BOARD:

- Tamaz Chelidze** – Academician, Chairman of the Scientific Committee, Editor-in-Chief.
Avtandil Amiranashvili – secretary.
Demuri Demetrashvili, Zurab Kereselidze, Nodar Varamashvili – TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia.
Nana Bolashvili – Co-Chairman of the Scientific Committee – TSU, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Georgia.
Tengiz Tsintsadze – Co-Chairman of the Scientific Committee.
Elizbar Elizbarashvili, Marika Tatishvili, Giorgi Meladze – GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia.
Liana Kartvelishvili, Emil Tsereteli – National Environmental Agency, Georgia.
Tamar Nadiradze, Magda Davitashvili – Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia.
Bezhan Asanidze – BP Exploration Caspian Sea LTD – Georgia.
Omar Lanchava – G. Tsulukidze Mining Institute, Georgia.
Ketevan Khazaradze – Georgian State Teaching University of Physical Education and Sport, Georgia.
Nino Japaridze – Tbilisi State Medical University, Georgia.
Bakhtier Nurtaev – Institute of Geology and Geophysics, State Committee on Geology and Mineral Resources of Uzbekistan, Uzbekistan.
Sergey Stankevich – Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine.
Bakhram Nurtaev – Institute of Helioclimatology, Germany.

საორგანიზაციო კომიტეტი

ნუგზარ ღლონტი – საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელი.

მანანა ნიკოლაიშვილი – საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელის მოადგილე.

სოფიკო მათიაშვილი, ეკატერინე მეფარიძე, ირმა ღლონტი, ინგა ჯანელიძე – თსუ, მ. ნოდია ინსტიტუტის ინსტიტუტი, საქართველო.

თამარი ხახუტაშვილი – საორგანიზაციო კომიტეტის თანახელმძღვანელი.

ნინო ბერიანიძე – კოორდინატორი – ა(ა)იპ ასოციაცია მეცნიერებისათვის.

მიხეილ ფიფია – საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელის მოადგილე.

ნარინე არუთინიანი – სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო.

რუსუდან კახიშვილი – ეროვნული უსაფრთხოების საბჭოს აპარატი, საქართველო.

ნოდარი ჯავახიშვილი – სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“, საქართველო.

ნინო თანიაშვილი – საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაცია.

ORGANIZING COMMITTEE

Nugzar Ghlonti – Chairman of Organizing Committee.

Manana Nikolaishvili – Deputy Chairman of Organizing Committee.

Sophiko Matiashvili, Ekaterine Mepharidze, Irma Glonti, Inga Janelidze – TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia

Tamari Khakhutashvili – Co – Chairman of Organizing Committee.

Nino Berianidze: Coordinator – N(N)LE Association for Science, Georgia.

Mikheil Pipia – Deputy Chairman of Organizing Committee.

Narine Arutiniani – GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia.

Rusudan Kakhishvili – Office of the National Security Council, Georgia.

Nodar Javakhishvili – State Military Scientific Technical Center "DELTA", Georgia

Nino Taniashvili – Georgian Geophysical Association

სექციები და თემები

I. მონიტორინგი (გაზომვები, ანალიზი, მოდელირება, პროგნოზი)

- მინისძვრა და მასთან დაკავშირებული მოვლენები;
- ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფები;
- კლიმატის ცვლილება და მასთან დაკავშირებული კატასტროფები;
- ჰელიოკოსმოსური კატასტროფები;
- ტყის ხანძრები;
- ბუნებრივი კატასტროფების მათემატიკური, ემპირიული, ლაბორატორიული (მათ შორის ტრიგერირება და ინდუცირება) მოდელირება;
- სატელიტური და მინისპირა დისტანციური გაზომვები;
- მინისპირა ქსელური გაზომვები;
- ნერტილოვანი გაზომვები;
- ბუნებრივი კატასტროფებით გამოწვეული სოციალური და ეკონომიკური დანაკარგების შეფასება.

II. პრევენცია

- ამინდის მოდიფიცირება;
- ბუნებრივი კატასტროფებისაგან საინჟინრო დაცვა ;
- ადრეული შეტყობინების სისტემები.

III. შედეგების შერბილება

- ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების შერბილებისათვის ღონისძიებების დაგეგმვა;
- საგანგებო სიტუაციებზე რეაგირების სამსახურების საქმიანობის სრულყოფა;
- საერთაშორისო თანამშრომლობა;
- საკანონმდებლო ბაზის სრულყოფა.

SECTIONS AND THEMES

I. Monitoring (measurements, analysis, modeling, forecast)

- Earthquake and related events;
- Hydrometeorological Disasters;
- Climate change and related disasters;
- Helioscosmic Disasters;
- Forest fires;
- Mathematical, empirical, laboratory modeling of natural disasters (and induction among them);
- Satellite and ground distant measurements;
- Geological networking measurements;
- Point Measurements;
- Assessment of social and economic losses caused by natural disasters

II. Prevention

- Weather modification;
- Engineering protection from natural disasters;
- Early Notification Systems;

III. Mitigate results

- Planning events for mitigating natural disasters results;
- Improvement of Emergency Response Services Activities;
- International cooperation;
- Improve the legislative basis.

შესავალი

კონფერენცია ეძღვნება კ. გაუსის, ა. ჰუმბოლტის და სხვა დიდი მეცნიერების დახმარებით საქართველოში რეგულარული ინსტრუმენტული გეომაგნიტური და მეტეოროლოგიური დაკვირვებების ორგანიზების 175 წლისთავს (თბილისი, 1844 წ.) და სეისმური დაკვირვებების 120 წლისთავს (თბილისი, 1899 წ.). აღსანიშნავია, რომ თბილისის მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური ობსერვატორია იყო ზუსტი მეცნიერებების აკვანი საქართველოში. ეს ობსერვატორია იყო ი. სტალინის პირველი სამუშაო ადგილი (1899 წლის ბოლოდან თითქმის 1900 წლის ბოლომდე). თბილისის (შემდგომში დუშეთის) ობსერვატორიის ბაზაზე შეიქმნენ გეოფიზიკის ინსტიტუტი (1933 წ.) და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი (1953 წ.).

საქართველო მდებარეობს ბუნებრივი კატასტროფებით აქტიურ რეგიონში. საქართველოს მეზობელ და არა მარტო მეზობელ ქვეყნებში სტიქიურ უბედურებებთან ბრძოლასთან დაკავშირებით მსგავსი პრობლემებია.

კონფერენციის მიზანია:

საქართველოს იმ ისტორიული მონაპოვარისა და მისი დღევანდელი სამეცნიერო-ტექნიკური პოტენციალის პოპულარიზაცია, რომლებიც დაკავშირებულია კონფერენციის თემის საკითხებთან;

მსოფლიო სამეცნიერო საზოგადოების, სამთავრობო სტრუქტურებისა და სხვა დაინტერესებული ორგანიზაციების და პიროვნებების გაცნობა იმ პრობლემების თანამედროვე მდგომარეობასთან, რომლებიც დაკავშირებულია საქართველოში ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების მონიტორინგის, პრევენციისა და შერბილების საკითხებთან;

კონფერენციის თემის საკითხების გარშემო საერთაშორისო სამეცნიერო თანამშრომლობის გაძლიერება;

საშიში ბუნებრივი მოვლენების შესახებ მოსახლეობის ერთიანი ოპერატიული გაფრთხილების სისტემის ორგანიზების შესაძლებლობის გამოვლენა;

კონფერენციის თემის საკითხების მიმართ საშუალო და უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებების სამეცნიერო-საგანმანათლებლო სფეროს გაუმჯობესების შესაძლებლობების გამოვლენა.

მოსალოდნელი შედეგები:

ბუნებრივი კატასტროფების გამოკვლევის საკითხებზე საქართველოს ისტორიული და თანამედროვე მიღწევების პოპულარიზაცია;

მსოფლიოს ფართო საზოგადოებისათვის იმ პრობლემების თანამედროვე მდგომარეობასთან გაცნობა, რომლებიც დაკავშირებულია შავი და კასპიის ზღვების რეგიონში ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების მონიტორინგის, პრევენციისა და შერბილების საკითხებთან;

საერთაშორისო თანამშრომლობის გაღრმავება შავი და კასპიის ზღვების რეგიონში ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების მონიტორინგის, პრევენციისა და შერბილების საკითხებზე თანამედროვე მიღწევების სამეცნიერო და პრაქტიკული გამოყენებისათვის;

ბუნებრივი კატასტროფების სოციალური და ეკონომიკური რისკის შეფასება;

ბუნებრივი კატასტროფების პრევენციისათვის საერთო მოქმედებების ორგანიზაციის შესაძლებლობების გამოვლენა;

ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებულ საკითხებთან საშუალო და უმაღლესი სასწავლებლების სამეცნიერო-საგანმანათლებლო ბაზის გაუმჯობესების შესაძლებლობების გამოვლენა.

კონფერენციის წამყვანი ორგანიზატორები

საქართველო: თსუ, მ. ნოდუას სხ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი; სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი; აა(ი)პ ასოციაცია მეცნიერებისათვის.

კონფერენციის მხარდამჭერი ორგანიზაციები

საქართველო: სსიპ სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“; სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო; თსუ, ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი; სსიპ იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; შპს ბპ ექსპლორეიშნ კასპის ზღვა საქართველო; გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი; საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტრო; სსიპ თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი; საგანგებო სიტუაციების მართვის სამსახური; ეროვნული უსაფრთხოების საბჭო, საქართველო; საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაცია.

სხვა ქვეყნები: უზბეკეთის რესპუბლიკის გეოლოგიისა და მინერალური რესურსების სახელმწიფო კომიტეტის ნ.მ. აბდულაევის სახელობის გეოლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი; უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დედამიწის კვლევის აეროკოსმოსური სამეცნიერო ცენტრი; ჰელიოკლიმატოლოგიის ინსტიტუტი, ფრეჩენი, გერმანია.

INTRODUCTION

The conference is dedicated to the 175th anniversary of organizing regular instrumental Geomagnetic and Meteorological observations in Georgia (1844) and the 120th anniversary of seismic observations (Tbilisi, 1899) with the help of K. Gauss, A. Humboldt and other great scientists.

It should be noted that the Tbilisi Magnetic-Meteorological Observatory was the cradle of exact science in Georgia. This Observatory was first work place of I. Stalin (from 1899 till the end of 1900). The institute of Geophysics (1933) and the institute of Hydrometeorology (1953) were established on the base of Tbilisi (Later of Dusheti) Observatory.

Georgia is located in the disaster region of natural disasters. In Georgia and its adjacent countries have similar problems in the fight against of natural disasters.

Goal of the Conference:

Promoting the historical achievement of Georgia and its current scientific-technical potential related to the theme of the conference.

Introducing the World Scientific, Governmental Structures, and the other interested organizations and individual persons with the current state of the problems related to the monitoring, prevention and mitigation of natural disasters in Georgia.

Strengthen international scientific cooperation around the theme of conference.

Identify the possibility of organizing a unified operational warning system on the hazardous natural phenomena.

Identify opportunities for improvement of scientific and educational fields of secondary and higher education institutions in the topic of the conference.

Expected Results:

Promotion of historical and modern achievements of Georgia on natural disaster survey issues

Introducing a wide range of problems for the world. What is connected to monitoring, prevention and mitigation of natural disasters in the Black Sea and Caspian Sea areas.

Extend International Cooperation for scientific and Practical usage of modern advances on monitoring, prevention and mitigation of natural disasters in the Black and Caspian Seas.

Assessment of social and economic risk of natural disasters

Identify the organization's common cause for prevention of natural disasters

Identify opportunities for improvement educational and academic base of secondary and higher education of the issues related to natural disasters

CONFERENCE ORGANIZERS

Georgia: TSU, Institute of Geophysics; GTU, Institute of Hydrometeorology; N(N)LE Association for Science.

CONFERENCE SUPPORTING ORGANIZATIONS

Georgia: LEPL State Military Scientific Technical Center "DELTA"; LEPL National Environmental Agency; TSU, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography; LEPL Iakob Gogebashvili Telavi State University; BP Exploration Caspian Sea LTD – Georgia; G. Tsulukidze Mining Institute; Ministry of Internally Displaced Persons from Occupied Territories, Labour, Health and Social; LEPL Tbilisi State Medical University; Emergency Management Service of the Ministry of Internal Affairs of Georgia; National Security Council, Georgia; Georgian Geophysical Association.

Other Countries: Institute of Geology and Geophysics, State Committee on Geology and Mineral Resources of Uzbekistan; Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, National Academy of Sciences of Ukraine; Institute of Helioclimatology, Germany.

დუშეთის (თბილისის) მაგნიტური ობსერვატორია მსოფლიოს ობსერვატორიათა ქსელში

გოგუა რ.

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: სტატიაში მოყვანილია დუშეთის (თბილისის) მაგნიტური ობსერვატორიის და ზოგადად გეომაგნეტიზმის მოკლე ისტორია. საუბარია, მაგნიტური ობსერვატორიების მსოფლიო ქსელის მნიშვნელობაზე, დუშეთის ობსერვატორიის როლზე კავკასიაში მოგნიტური ველის ვარიაციების კვლევაში და მის დღევანდელ მდგომარეობაზე.

საკვანძო სიტყვები: ობსერვატორია, გეომაგნეტიზმი, პალეომაგნეტიზმი.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა შორის გეოფიზიკას და მის ერთ-ერთ განშტოებას – გეომაგნეტიზმს უდიდესი როლი უკავია კაცობრიობის მატერიალურ და კულტურულ ცხოვრებაში. გეომაგნეტიზმი არის ერთ-ერთი ყველაზე ძველი (თავისი ისტორიით) და ყველაზე ახალგაზრდა (კვლევის მეთოდებით). იგი მოიცავს, როგორც დედამიწის მუდმივი მაგნიტური ველის თეორიას მისი პრობლემებით: მთავარი ველის წარმოშობა, საუკუნეობრივი ვარიაციები, მაგნიტომეტრია, პალეომაგნეტიზმი, ისე ატმოსფეროს გამტარი ფენების ელექტროდინამიკის საკითხებს, პლაზმის ფიზიკის და დედამიწის ახლო კოსმოსური სივრცის შესწავლას [1-3]. გეომაგნეტიზმის განვითარებას ახალი იმპულსი მისცა დედამიწის აგებულების და სასარგებლო ნამარხების, მაგნიტური კარტოგრაფიის, ნავიგაციის და ბოლო დროს ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა თანამგზავრებით და კოსმოსური აპარატებით.

მოკლედ შევჩერდები გეომაგნეტიზმის ისტორიის ზოგიერთ მნიშვნელოვან ეტაპზე.

როდესაც ვსაუბრობთ გეომაგნეტიზმის ისტორიაზე აუცილებელია ერთმანეთისაგან გავმიჯნოთ ორი სხვადასხვა მოვლენა. პირველი ესაა – ბუნებრივი მაგნიტების (დამაგნიტებული ქანის ნატეხები) უნარი მიიზიდონ ერთმანეთი და რკინის ნაჭრები და მეორე – ბუნებრივი მაგნიტების ტენდენცია გაჩერდნენ, რამდენადმე ზუსტად, თავისი მაგნიტური ღერძით ჩრდილოეთი-სამხრეთის მიმართულებით. პირველი მოვლენა ცნობილი იყო ჩვენს ერამდე რამდენიმე საუკუნით ადრე (სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა დროს). მეორე მოვლენის აღმოჩენის ისტორიაც ბურუსითაა მოცული, თუმცა მიიჩნევენ, რომ კომპასის თვისება უჩვენოს მიმართულება ჩინელებისათვის ცნობილი იყო მხოლოდ XI საუკუნეში (ახ.სტილით).

გეომაგნეტიზმის ისტორიაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეტაპი იყო წერილი, რომელიც დაიწერა 1269 წელს ფრანგი მეცნიერის პიერ დე მარიკურის, იგივე პეტრიუს პერეგრინუსის მიერ. ამ წერილში მარიკური წერდა, რომ ბუნებრივ მაგნიტს აქვს ორი უნიკალური წერტილი, ამ წერტილებს მან უწოდა პოლუსები. მან აღმოაჩინა აგრეთვე, რომ მაგნიტის სხვადასხვა პოლუსი ერთმანეთს იზიდავს, ერთსახელიანი პოლუსები კი განიზიდავს. გამოიკვლია მაგნიტის გარშემო სივრცე დამაგნიტებული რკინის ისრის საშუალებით, დაამზადა სფერული ფორმის მაგნიტი, რომელსაც უწოდა „ტერრელა“, თუმცა იგი მაგნიტზე მოქმედ ძალას დედამიწასთან არ აკავშირებდა.

მარიკურმა პირველად დაამზადა და აღწერა კომპასის დამზადების მეთოდი. თუმცა ამ ნერილის შინაარსი XVI ს-მდე დარჩა უცნობი ფართო საზოგადოებისათვის. ამიტომ ისტორიკოსები დიდხანს დავობდნენ კომპასის დამზადების დროზე და ადგილზე.

ბევრი თვლის, რომ კომპასი გამოჩნდა 2637 წ. (ჩვ. ერამდე) და 1100 წ-ს (ახ. სტილით) შორის პერიოდში ჩინეთში. ზოგიერთი კი თვლის, რომ საზღვაო კომპასი გამოგონებული იქნა იტალიელი ფლავიო ჯოიას მიერ XIV საუკუნის დასაწყისში და ა.შ.

გეომაგნეტიზმის ისტორიაში დიდი აღმოჩენა მოხდა ხ. კოლუმბის ევროპიდან ამერიკისაკენ გემით მოგზაურობის დროს (1498 წ.). ამ მოგზაურობით ცნობილი გახდა, ორი ფაქტი: პირველი – მაგნიტური ისრის გადახრა ქვემარტივი (გეოგრაფიული) ჩრდილოეთიდან და მეორე – ამ გადახრის სიდიდის ცვლილება დედამიწის სხვადასხვა წერტილში. ამით აღმოჩენილი იქნა დედამიწის მაგნიტური ველის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი, როგორც მეცნიერებისათვის ისე პრაქტიკული საქმიანობისათვის, მაგნიტური ველის მდგენელის, მიხრილობის კუთხის ცვლილების ფაქტი, როგორც სივრცეში ისე დროში. ამიტომ ეს ფაქტი ითვლება გეომაგნეტიზმის, როგორც მეცნიერების საწყისად.

1544 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა ნორმანმა აღმოაჩინა, რომ მაგნიტის ისარი, დედამიწის სხვადასხვა წერტილში, იხრება არა მარტო ჰორიზონტალურ, არამედ ვერტიკალურ სიბრტყეში. ამით იგი მიხვდა, რომ ძალა, რომელიც მოქმედებს მაგნიტურ ისარზე, არის დედამიწის შიგნით და არა გარეთ.

შემდეგ მნიშვნელოვან ნაბიჯად ითვლება დედამიწის მაგნეტიზმის ისტორიაში 1600 წელს გამოქვეყნებული უ. გილბერტის წიგნი „მაგნიტის შესახებ, მაგნიტურ სხეულებზე და დიდ მაგნიტზე – დედამიწაზე“. ამ ნაშრომში პირველად არის მოცემული დედამიწის მაგნეტიზმის მიზეზების თეორიული წარმოდგენები. გილბერტმა წამოაყენა აგრეთვე ვარაუდი, მატერიკების დამაგნიტების შესახებ. მისი მთავარი დამსახურებაა ის, რომ მან დაადგინა მაგნიტური ველის კავშირი დედამიწასთან, რის შემდეგაც გაჩნდა დიდი ინტერესი მთლიანად დედამიწის გამოკვლევისა.

1909 წელს ამერიკელებმა ააგეს არამაგნიტური გემი „კარნეგი“ და დაიწყო ოკეანის აგეგმვა. შედეგად 1700 წელს გამოაქვეყნეს ატლანტიკის, ხოლო 1702 წელს დედამიწის მაგნიტური ველის მიხრილობის და დახრილობის მსოფლიო რუკები.

XVII საუკუნის ბოლომდე დედამიწის მაგნეტიზმზე დაკვირვება შემოიფარგლებოდა მხოლოდ მიხრილობის და დახრილობის კუთხეების განსაზღვრით, რადგან არ არსებობდა მაგნიტური ძალის განსაზღვრის მეთოდი. მხოლოდ 1785 წელს, როდესაც შ. კულონმა შეიმუშავა ბრუნვითი მომენტის გაზომვის მეთოდი შესაძლებელი გახდა მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრა.

მეცხრამეტე საუკუნის დასაწყისში ალექსანდრე ფონ ჰუმბოლდტმა იმოგზაურა ამერიკის კონტინენტზე და პირველად ჩაატარა დედამიწის მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრა კონტინენტის სხვადასხვა წერტილში. მიღებულმა ინფორმაციამ დედამიწის მაგნიტური ველის შესახებ ძლიერ დააინტერესა დიდი მეცნიერი და მოაზროვნე კარლ ფრიდრიხ გაუსი. შედეგად 1839 წელს გამოჩნდა კ. გაუსის კლასიკური ნაშრომი „დედამიწის მაგნიტური ველის დაძაბულობა, მიყვანილი აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე“. ამ ნაშრომთან ერთად მან დაწერა მეორე ნაშრომი, სათაურით „დედამიწის მაგნეტიზმის ზოგადი თეორია“, სადაც მან სრულიად ახლებურად დასვა დედამიწის მაგნიტური ველის ინტერპრეტაციის საკითხი, დაუშვა რა ვარაუდი, რომ დედამიწის მაგნეტიზმის მიზეზი არის დედამიწის შიგნით და არა გარეთ. კ. გაუსმა მაგნიტური პოტენციალი წარმოადგინა როგორც ფუნქცია განედისა და გრძედის. ამით შესაძლებელი გახდა, დედამიწის ნებისმიერ წერტილში, მაგნიტური პოტენციალის თეორიული განსაზღვრა.

ამის შემდეგ XIX საუკუნის დასაწყისიდანვე მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ დედამიწის მაგნიტური ველის ყველა ასპექტის შესწავლა შესაძლებელია მხოლოდ მსოფლიოს მთელს ტერიტორიაზე თანაბრად განაწილებული ობსერვატორიული დაკვირვებების შედეგად. ამ პერიოდში ა. ჰუმბოლდტისა და კ. გაუსის მიერ წარმოდგენილი იქნა იმ დროისათვის

უპრეცედენტო პროექტი ე.წ. „მაგნიტური კავშირი“, რომლის საფუძველზეც მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში დაიწყო მანგიტური ობსერვატორიების მშენებლობა. ამ ობსერვატორიებიდან ერთ-ერთი იყო ტიფლისის მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური ობსერვატორია, რომლის დაარსების თარიღია 1844 წლის 1 მაისი, თუმცა ობსერვატორია ტიფლისში სხვადასხვა ადგილას 1836 წლიდან ეპიზოდურად ფუნქციონირებდა.

1904 წლისათვის ობსერვატორიის მაგნიტური ნაწილის ნორმალურ ფუნქციონირებას საფრთხე შეექმნა, თბილისის ქუჩების ელექტროფიკაციის გამო. ამიტომ იგი გადატანილი იქნა მცხეთის ახლოს სოფ. კარსანში, ხოლო კარსანიდან გადატანილი იქნა ქ. დუშეთში 1935 წელს თბილისი-ფოთის რკინიგზის და ზემო ავჭალის ჰიდროელექტროსადგურის ექსპლუატაციაში შესვლის გამო.

ობსერვატორიის დუშეთში გადატანამდე შეიქმნა სახელმწიფო კომისია პროფ. მ. ნოდის თავმჯდომარეობით, რომელმაც დეტალურად გამოიკვლია ქ. დუშეთის მიმდებარე ტერიტორია და ჩათვალა იგი ნორმალურად მაგნიტური ობსერვატორიის ფუნქციონირებისათვის.

თავიდან ობსერვატორიაში მაგნიტური დაკვირვებები წარმოებდა დროებით მოწყობილ კარვებში. შემდგომში კი ობსერვატორიის ტერიტორიაზე აშენდა აბსოლუტური და სავარიაციო პავილიონები და მოეწყო ნორმალური ფუნქციონირებისათვის საჭირო ინფრასტრუქტურა. ამავ დროს ობსერვატორია აღიჭურვა საჭირო აპარატურით.

დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორია თბილისის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შემადგენლობიდან 1956 წლის 15 ოქტომბერს გადავიდა საქ. მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შემადგენლობაში.

მაგნიტურმა ობსერვატორიამ ფუნქციონირების ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე მონაწილეობა მიიღო ყველა საერთაშორისო და საკავშირო პროგრამაში. აქედან მისი მონაწილეობა მნიშვნელოვანია პირველ (1882-1883 წწ.) და მეორე (1932-1933 წწ.) საერთაშორისო პოლარული წლის პროგრამით გათვალისწინებულ სამუშაოების ჩატარებაში. ობსერვატორიამ აქტიური მონაწილეობა მიიღო აგრეთვე კავკასიის ტერიტორიის გენერალური მაგნიტური აგეგმვის ჩატარების დროს 1930-1935 წლებში, როგორც საყრდენმა პუნქტმა.

დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორიის ფუნქციონირების ისტორიაში ყველაზე საპასუხისმგებლო, შრომატევადი და მნიშვნელოვანი იყო მონაწილეობა უპრეცედენტო საერთაშორისო პროექტში, სახელწოდებით – საერთაშორისო გეოფიზიკური წელი (ს.გ.წ.), პროგრამით გათვალისწინებულ სამუშაოებში. პროექტი დაიწყო 1957 წლის 15 ივლისს და დამთავრდა 1958 წლის 31 დეკემბერს, რამაც სრულიად მოიცვა მზის აქტივობის მაქსიმუმი. პროექტში მონაწილეობა მიიღო 56 ქვეყანამ. პროგრამის წარმატებით შესრულებისათვის შეიქმნა სპეციალური საერთაშორისო კომიტეტი, რომლის ხელმძღვანელად დაინიშნა ცნობილი ინგლისელი მაგნიტოლოგი პროფ. ს. ჩეპმენი. ობსერვატორიებში დაკვირვებები წარმოებდა ზუსტად ფიქსირებულ დროში და შესაძლებლობის ფარგლებში ერთნაირი სიზუსტის აპარატურით. საკავშირო გეოფიზიკური კომიტეტი დიდ ყურადღებას აქცევდა დუშეთის მაგნიტურ ობსერვატორიას, როგორც ერთადერთს მთელს კავკასიაში. ამის ნათელი დადასტურება იყო მოსკოვში, დედამიწის ფიზიკის ინსტიტუტში დამზადებული მაღალი სიზუსტის ექვსი ეგზემპლარი ფლუქსმეტრული სადგურიდან ერთის დუშეთის ობსერვატორიისათვის გადმოცემა.

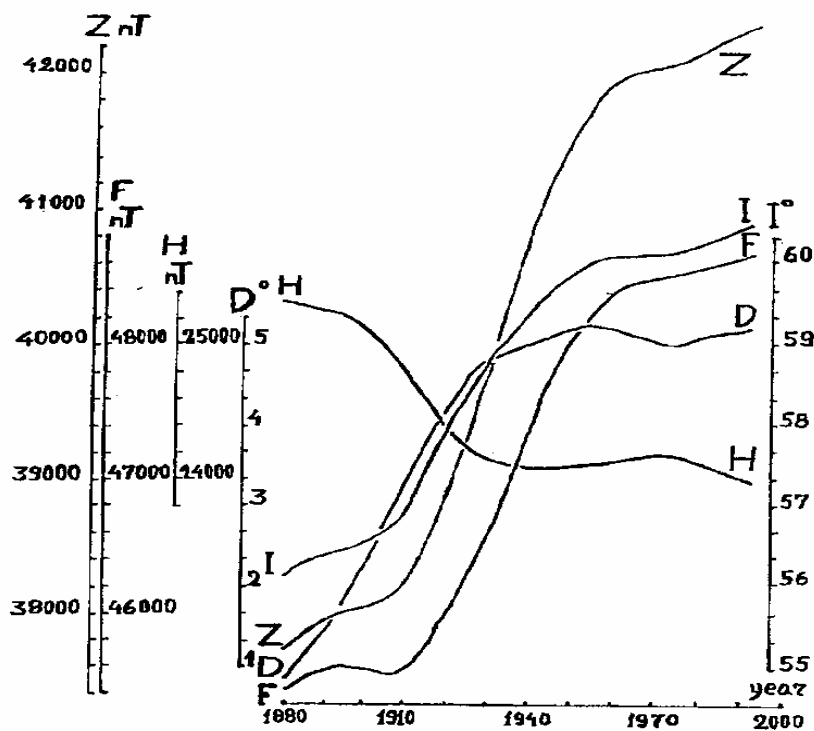
საერთაშორისო გეოფიზიკური წლის პერიოდში დაგროვდა აქამდე არნახული რაოდენობის ფაქტობრივი ინფორმაცია დედამიწაზე მიმდინარე ბუნებრივი მოვლენების შესახებ, რაც მოითხოვდა მოპოვებული ინფორმაციის შეკრებას, შენახვას და ერთობლივ დამუშავებას, რის გარეშეც შეუძლებელი იქნებოდა რაიმე დასკვნის გაკეთება. ზემოთქმულის გათვალისწინებით მეცნიერები შეთანხმდნენ, რომ თანამშრომლობა გაეგრძელებინათ კიდევ ერთი წლით, 1959 წლის ბოლომდე. ამ პერიოდში დაფუძნდა გეოფიზიკურ მონაცემთა მსოფლიო ცენტრები მოსკოვში და ვაშინგტონში.

მონაცემთა მსოფლიო ცენტრების გახსნის შემდეგ დ.მ.ო.-ს მონაცემები რეგულარულად იგზავნებოდა მონაცემთა ცენტრში ქ. მოსკოვი (МЦДБ). ობსერვატორიის (1957–1959 წლე-

ბის) მონაცემები დაიბეჭდა, აგრეთვე 1961, 62 და 63 წლებში გეოფიზიკურ დაკვირვებათა წელიწადეულების სახით.

დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორიის მონაწილეობა საერთაშორისო ღინისძიებებში მაღალ დონეზე იქნა შეფასებული, როგორც საკავშირო, ისე საერთაშორისო გეოფიზიკური კომიტეტის მიერ.

დ.მ.ო.-ს ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე ობსერვატორიაში დაგროვდა დიდი მოცულობის ფაქტიური მასალა დ.მ.ვ.-ის ცვლილებების შესახებ, რომლის საფუძველზეც შედგენილია ელექტრონული ბაზები: 1. დედამიწის მაგნიტური ველის H , D , Z მდგენელების დღეღამური საშუალო მნიშვნელობის ბაზა 1880–2003 წ.წ-ის პერიოდისათვის; 2. H , D , Z მდგენელების საშუალოსათვის მნიშვნელობების ბაზა 1971–2003 წ.წ-ის პერიოდისათვის. სურ. 1-ზე წარმოდგენილია დედამიწის მაგნიტური ველის F , Z , H , D , I ელემენტების საშუალო წლიური მნიშვნელობები გრაფიკული სახით 1880–2003 წ-ის პერიოდისათვის.



სურ. 1.

როგორც სურათიდან ჩანს, დედამიწის მაგნიტური ველის ინტენსივობა 120 წლის მანძილზე მნიშვნელოვნად შეიცვალა. ასე, მაგალითად დ.მ.ვ.-ის სრული მდგენელი F გაიზარდა 4300 ნტლ-ით, Z -5000 ნტლ-ით, D -6°-ით, I -4,5°-ით.

დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორია რიგი წლების მანძილზე ატარებდა დ.მ.ვ.-ის საუკუნეობრივი ვარიაციების შესწავლას კავკასიის ტერიტორიაზე 16 პუნქტში. მიღებული ინფორმაცია გამოიყენებოდა მსოფლიოს ნორმალური მაგნიტური ველის რუკის დასაზუსტებლად.

დღეისათვის დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორია აღჭურვილია თანამედროვე ციფრული, როგორც სავარიაციო, ისე აბსოლუტური მაგნიტომეტრებით. მიღებული გეომაგნიტური ინფორმაცია იგზავნება მონაცემთა მსოფლიო ცენტრში (ქ. კიოტო, იაპონია) და ინერგება საერთაშორისო გაცვლის სისტემაში.

დუშეთის მაგნიტურ ობსერვატორიაში დაფიქსირებული გეომაგნიტური ინფორმაციის მთავარი მნიშვნელობა გამოიხატება დაკვირვებული მასალის დიდ პერიოდსა და მის ერთადერთობაში მთელი კავკასიის მასშტაბით. გარდა ამისა, ამ ინფორმაციას აქვს დიდი თეორი-

ული და პრაქტიკული ღირებულება ჩვენი პლანეტის შესწავლისათვის. იგი გამოიყენება დედამიწის მაგნიტური ველის ანალიზური მოდელების შექმნისათვის, დედამიწის შიგნით და მის გარეთ – მაგნიტოსფეროში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების შესასწავლად, მაგნიტური რუკების შესადგენად საზღვაო და საჰაერო ნავიგაციისათვის, დედამიწის აგებულების შესასწავლად და სასარგებლო წამარხების კვლევადობაში, ამინდის პროგნოზში, მიწისძვრების წინამორბედების კვლევაში, მაგნიტური ველის ბიოსფეროზე გავლენის შესასწავლად და სხვა.

საიუბილეო წელს არ შეიძლება არ დავასახელოთ ის ადამიანები, ვინც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა დუშეთის მაგნიტური ობსერვატორიის წარმატებულ ფუნქციონირებაში, ესენია: მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, პროფესორი მ. ნოდია, მაგნიტოლოგები: ნ. კაციაშვილი, მ. ქელიშვილი, გ. ბერიშვილი, ნ. ხვედელიძე, ე. ხახუტაშვილი, ი. გოგატიშვილი, ნ. ნამგალაური, რ. გოგუა, თ. მათიაშვილი და სხვა.

ლიტერატურა

1. ნოდია მ. თბილისი – ერთ-ერთი უძველესი გეოფიზიკური ცენტრი სსრკ-ში და მსოფლიოში. // თბილისი, 1970.
2. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм.// Москва “Мир”, 1986, 498 с.
3. Яновский Б.М. Земной магнетизм. //Изд-во Ленинградского ун-та, 1978, 590 с.

DUSHETI (TBILISI) MAGNETIC OBSERVATORY IN THE WORLD OBSERVATORY NETWORK

Gogua R.

Summary

Summary: The article gives a brief history of Dusheti (Tbilisi) Magnetic Observatory and geomagnetism in general. It is about the importance of the World Wide Web of Magnetic Observatories, the role of the Dusheti Observatory in the study of variations in the magnetic field in the Caucasus and its present state.

Key words: observatory, geomagnetism, paleomagnetism.

PROBABLE INFLUENCE OF THE EARTH'S ELECTROMAGNETIC IMPEDANCE ON PC3- PC5 PULSATION SPECTRUM DURING AN EARTHQUAKE PREPARATION PROCESS

Jimsheladze T., Melikadze G., Kobzev G., Matiashvili T.

Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Summary: *Connection between the variation of the geomagnetic field and seismic activities is an essential element of the fundamental problem of earthquake forecasting. It, in its turn, is divided into separate blocks such as **specific geomagnetic pulsations** generated in a certain area. Consequently, in order to consider them as an earthquake indicator it is necessary to clearly distinguish their properties from the ones of global geomagnetic pulsations.*

Key words: *geomagnetic field, earthquake indicator.*

There is diversity in the geomagnetic field pulsation spectrum and its generation area is mostly distributed in the space near the Earth. The Earth also may possibly be a source of some types of pulsations, namely, in some cases, in order to consider the local geomagnetic field perturbation as an indicator of an upcoming earthquake it is necessary to have inductive connection between the Earth and ionosphere, the modeling of which is quite difficult and inexplicit in regard to the mechanisms. During an earthquake preparation process, especially at its final stage, the medium parameters change. We can simply consider the local geomagnetic pulsations as a result of the mechanical vibrations of the upcoming earthquake focus, the high-frequency part of which is not shown in seismic records. However, there is another version, according to which the pulsation generator is the high-frequency variation of telluric current intensity. In any case, geomagnetic field perturbation is an induction impact of the Earth processes. Firstly, we should admit the connection between the mechanical vibrations of the seismic activity focus and the variation of the electromagnetic properties of the geological medium. Polarizability, electric conductivity, piezo-electric and electro-kinetic properties of the medium are significant here, for example, electro-osmosis phenomenon may develop in a disperse medium consisting of solid and liquid phases, which contributes to the generation of spontaneous electric fields and stray currents. Here, the geomagnetic pulsations may show up in either a direct or indirect way in the form of the modulators of very low frequency (VLF) electromagnetic radiation. Recently, there has been a significant progress in the studies of the mechanisms of the VLF radiation accompanying earthquakes. However, in the studies of the mechanisms of geomagnetic pulsation generation there is no other alternative than the variation of the Earth's electrical impedance [1], for example, the pulsations connected with an earthquake with frequency (1-0.001) Hz diapason, first revealed in the records of Dusheti Observatory [2], could not be explicitly explained. An electrical impedance variation model was first used for the interpretation of electromagnetic telluric sounding data, though, as it appeared, it could only enable to qualitatively explain, e.g., Pc 3, 4, 5, 6 pulsation generation. Later, at Dusheti Observatory it was revealed that the shortest-period Pc1 pulsations [3] may also be connected with earthquakes. Thus, we can conclude that seismic processes may cause geomagnetic pulsations with any frequency. However, it does not mean that pulsations definitely generate before any earthquake.

Variation in electrical impedance means variation in the Earth's electric inductivity. The inductivity effect on the ionosphere changes in accordance with the depth, where the impedance variation takes place,

i.e., according to so called skin layer, VLF electromagnetic waves may break out from the Earth's depth and cause ω frequency geomagnetic pulsations on the basis of the following formula:

$$\omega = 2 \left(\frac{c}{\Delta} \right)^2 \frac{\epsilon_0}{\mu_m} \rho, \quad (1)$$

Where c is the light speed, Δ is the skin layer thickness, ρ is the medium resistivity, ϵ_0 is the vacuum dielectric constant and μ_m is relative magnetic conductivity. Consequently, it means that in an inhomogeneous medium, where the electric conductivity is variable, electromagnetic waves may generate in a wide spectrum of frequencies, in extremely low frequency (ELF) and very low frequency (VLF) diapasons. It does not mean that all the frequencies will clearly appear in geomagnetic pulsations. As the observation data show in most cases there are the same situations as described above. However, these frequencies probably appear in an unobvious form in geomagnetic field values. Correctness of this assumption can be verified by Fourier analysis of the geomagnetic field records, namely, we can determine variation of spectral intensity density in accordance with the frequency. This makes it possible to determine whether geomagnetic pulsations had generated before a certain earthquake. On the local basis we can speak about the similarity of geomagnetic field pulsations at Dusheti Geophysical Observatory and the ones at Oni Seismic Station. Moreover, we verified the above said assumption for the earthquake $M=3.7$ that occurred on March 4, 2019 at 166 km distance (Lat41.8, Long41.7 Black Sea) from Oni Station. *Figure 1* shows middle-latitude Dst index variation (black) and X components of the geomagnetic field variations at Dusheti Observatory (blue, Lat42.088 Long44.701) and at Oni Station (green, Lat42.573 Long43.437). Although the pulsation levels are different, there is an obvious synchronicity in the variations of the vibration intensity and frequency. The global magnetosphere effect is also obvious in the given time interval according to the Dst index. However, the effect of this source is not strong as far as the Dst index depression does not exceed the statistical middle value ≈ 25 nT. Therefore, the records of both the observatory and the station were reduced to the global index level.

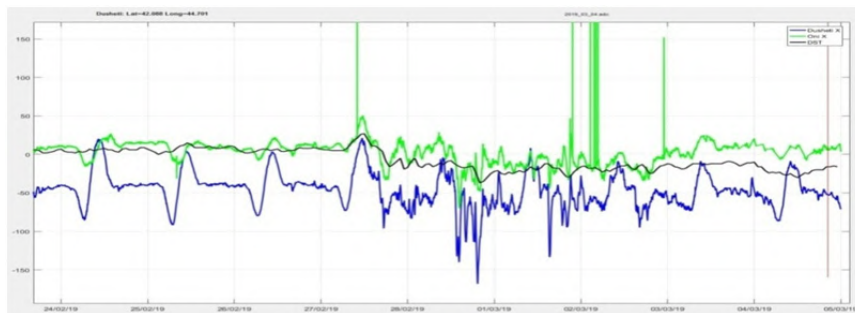


Fig. 1.

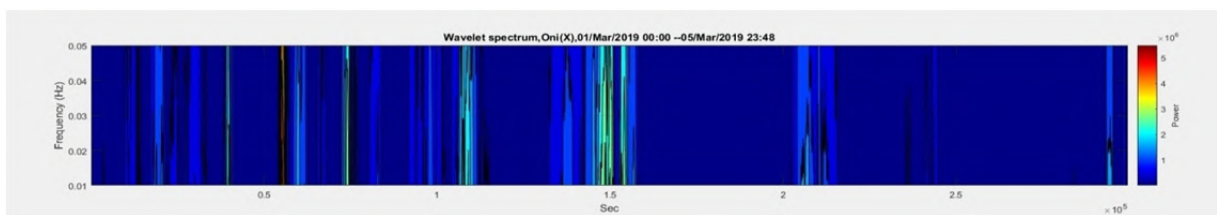


Fig. 2 a

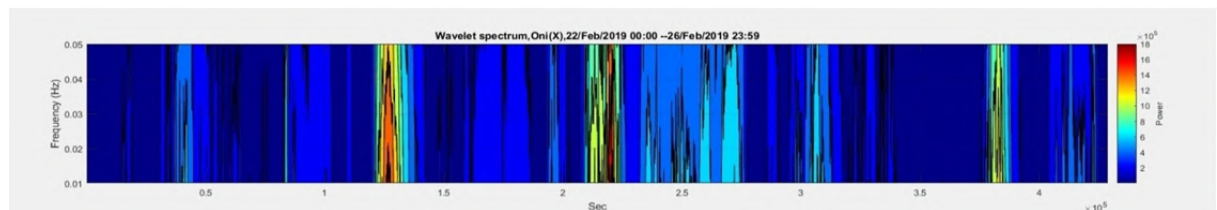


Fig. 2 b

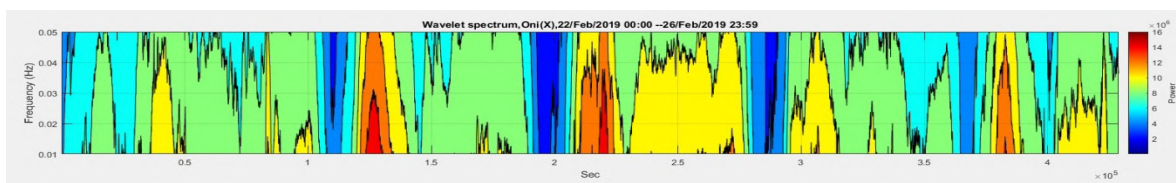


Fig. 2 c.

Figure 2 is a Fourier scheme illustrating the variation of the spectral intensity density of the pulsations at Oni Station. Comparison of Figure 2a and Figure 2b shows that before the above mentioned earthquake the spectral density significantly increases in the middle- and long-period pulsation diapason. Figure 2c shows the pulsation count level effect, namely, 50 nT level variation increases the spectral intensity density by one order. Such an effect, although, comparatively less (\approx half an order), also corresponds to Figure 2a. We should note that at Dusheti Geophysical Observatory the effect of the given earthquake has not been recorded. It makes us suppose that there was a local geomagnetic effect. However, the mentioned above cannot be categorically argued, as the intensity of variations in Dusheti in comparison to Oni, is higher, which may be due to the differences in both local and different level of magnetometer counts. It should also be noted that the pulses, the effect of which was observed in Oni, under condition of a quieter background than Dusheti, are clearly irregular in nature, the indicator of which is the level of DST index. As for the amplitude of the pulses, their separation is a difficult task, although we can assume that their magnitude does not exceed 10 nT, as in the case of the Borok observatory [4].

Conclusion:

We can consider an abstract magnetic tube, the base of which is a certain area, including the epicentrum zone of an earthquake. As a matter of fact, we should consider a hypogenic phenomenon, leading to a change in the structure of the given magnetic field tube. Such a phenomenon, the most correct in physical concepts, is a change in the characteristic electrical impedance in the hypocenter zone. It becomes obvious that in the hypocenter of the earthquake, mechanical mixing of rocks takes place, which also causes thermodynamic transformations.

Let us assess the pulsation diapason from *Formula (1)* for the following parameters: the depth of the given earthquake $\Delta \approx 2$ km, $\rho - /1-10/$ Ohm*meter, which is characteristic of the Black Sea coastline [5]. Thus, we received the diapason characterizing frequencies $\omega(\rho) \approx 2 \cdot 10^{-2} \rho \approx /2-2 \cdot 10^{-2}/$ Hz. Accordingly, *Figure 2* shows the low frequency part of the geomagnetic pulsation spectrum, i.e., Pc3-Pc5 diapason of the regular pulsations. Thus, the example studied by us shows that the geomagnetic pulsations generated before an earthquake may appear in either an obvious or unobvious forms in the records of nearby geomagnetic stations.

Acknowledgement:

The authors as recipients of a Research State Grant №FR17_633 („**Study of geodynamical processes evolution and forecasting**”) thank the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG), Tbilisi/Georgia.

References

1. Лихтер Я.И., Гульельми А.В., Ерухимов Л.М., Михайлова Г.А. Волновая диагностика приземной плазм. // Москва, Наука, 1998, 217 с.
2. Гогатишвили Я.М. Геомагнитные предвестники интенсивных землетрясений в спектре геомагнитных пульсаций с частотами [1-0,02] Гц. // Геомагнетизм и аэрономия”, т. 24, №4, 1984, с. 697-700.
3. Копытенко Yu. A., Matiashvili T.G., Voronov P.M., Копытенко E.A., Molchanov O.A. Detection of ultra-low-frequency emissions connected with the Spitak earthquake and its aftershock activity, based on geomagnetic pulsations data at Dusheti and Vardzia observatories. // Physics of the Earth and Planetary Interiors. Volume 77, Issue 1-2, publisher-Elsevier, 1993/4/1, pp.85-95.
4. Куражковская Н.А., Клайн Б.И., Лавров И.П. Длиннопериодные иррегулярные пульсаций в условиях спокойной магнитосферы. // Геомагнетизм и аэрономия”, т.56, №3, 2016, с. 314-323.
5. Kereselidze Z.A. Local Geomagnetic Anomaly of Tskaltsminda-Ureki as a Possible Source of VLF Electromagnetic Waves Generation. // Electronic Scientific Journal GESJ, No 2 (7), 2012, (in Russian)

TEMPORAL ANALYSIS OF STICK-SLIP RECORDS

*Mepharidze E., *Sborshchikovi A., *Chelidze T., *Zhukova N., **Davitashvili I.,
*Tepnadze D., *Laliashvili L., *Matcharashvili T.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

ekamep@gmail.com

Summary: In this research the results of analysis of time interval (interevents sequences) between bursts of Acoustic Emission (AE) data sets were investigated. External influences on laboratory stick-slip processes induce changes in dynamical features of AE record. Stick-slip laboratory experiments have been carried out for three types of stiffness of driving springs (78.4 N/m, 235.2 N/m and 1705.2 N/m). The records have been investigated under different conditions: frequency in range 5-120 Hz and voltage in range 0-3V applied on the 20 Hz vibrator attached on upper (sliding) plate. For the analysis of interevents sequences of Acoustic Emission (AE) we have carried out dynamical, nonlinear methods: DFA (Detrend Fluctuation Analysis), Recurrence plot (RP) analysis.

Key Words: Stick-slip, nonlinear analysis, interevents sequences.

Introduction. Dynamical characteristics of nonlinear stick-slip process under a weak external forcing were investigated. The stick-slip process of rock samples represents a model for the seismic process [1]. From the results of laboratory experiments the stick-slip process was observed at relatively low velocities of movement and at low stiffness. Natural seismic activity may be influenced by different external, including periodic, impacts. External influences on laboratory stick-slip processes induce changes in dynamical features and investigate by nonlinear analysis of interevents sequences of Acoustic Emission (AE) records. Analysis of the dynamics of interevent sequences is an important subject of researches in geosciences and in geocomplexity [2,3].

Methods. In the present research we analyzed AE data sets recorded from the laboratory set up, which represents a system of two horizontally oriented saw-cut basalt plates with height of surface about 0.1-0.2 mm. Influence force was applied to the upper (sliding) plate on 20 Hz vibrator. The weight of the sliding plate was 700 gr. In our experiments we have changed the frequency and the amplitude of periodical mechanical forcing [4].

Stick-slip records were registered as acoustic bursts by the sound card of personal computer (PC). For testing three types of springs were chosen: 78.4 N/m, 235.2 N/m and 1705.2 N/m. The forcing frequency varied in range 0.5-120 Hz for different 0-3V voltages, applied to 20 Hz vibrator. The experimental records on PC were transferred by 100 Hz Piezo-Transmitter.

Nonlinear analysis have been carried out on time intervals (interevents sequences) between the bursts of laboratory AE records of stick-slip processes. $\Delta t = t(i+1) - t(i)$

Long-term correlation and scaling features of the interevents sequences of AE have been assessed by DFA method [5]. Analysis represent quantitative parameters (DFA scaling parameter) and include full information about correlation of signals and used in different research fields: geophysics, meteorology, biology, economics, etc. The analysis shows self-similarity of the part of the system and it finds long-range correlations embedded in non-stationary time series.

The qualitative assessment and analysis of dynamic features of interevents sequences of AE of stick-slip process, we have used Recurrence Plot (RP) analysis method, which represents the best method of qual-

tative analysis of complex time series and allows us to assess the behavior of complex dynamic systems [6]. RP plots represent graphs with horizontal and vertical lines/clusters which correspond to different states of stick-slip process, which shows system regulation. From this plots we got information about changes structure of the stick-slip acoustic emission complex system under different external influence.

Results and discussion. Nonlinear analysis of interevents sequences of laboratory AE records of stick-slip processes clearly shows changes in dynamical structures. From the results of DFA analysis of interevents sequences AE records, we can see that long-range correlation and scaling features of AE undergoes clear changes under external influences (applied different voltage and frequency) and creates the regularity of the system. In the present research DFA has been accomplished at a polynomial fitting $p=2$ (see Fig. 1).

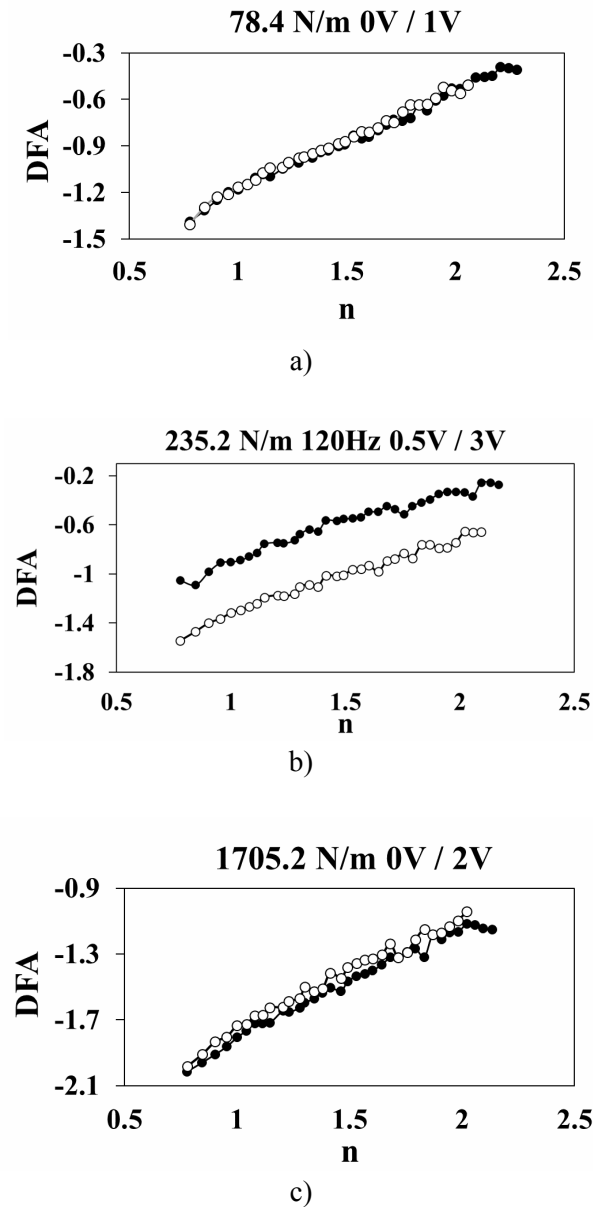


Fig.1 DFA analysis of interevents sequences of AE records: a) spring stiffness 78.4 N/m (white circles –natural conditions 0V, black circles – applied voltage 1V on 20Hz vibrator); b) spring stiffness 235.2 N/m (white circles – applied voltage 0.5V, black circles – applied voltage 3V and frequency 120Hz on 20Hz vibrator); c) spring stiffness 1705.2 N/m (white circles – natural conditions 0V, black circles – applied voltage 2V on 20Hz vibrator).

Results of RP analysis shows qualitative changes in regularity of interevents sequences of AE records. From RP plots we can see changes of recurrence structures at frequencies 20Hz and 120Hz (spring

stiffness 235.2 N/m) under forcing intensity 01V, 2V). The recurrence structures are not clear for spring stiffness 78.4 N/m and 1705 N/m and the plots are similar to RP of random sequences (see Fig.2 – Fig.4).

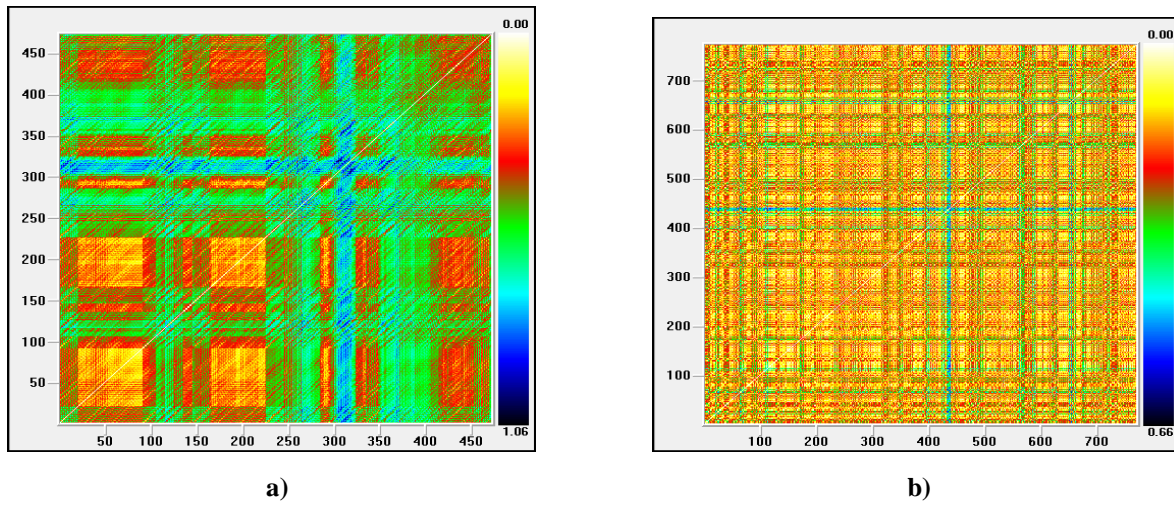


Fig. 2. RP analysis of interevents sequences of AE records, spring stiffness 78.4 N/m: a) natural conditions 0V and b) – applied voltage 1V on 20 Hz sensor.

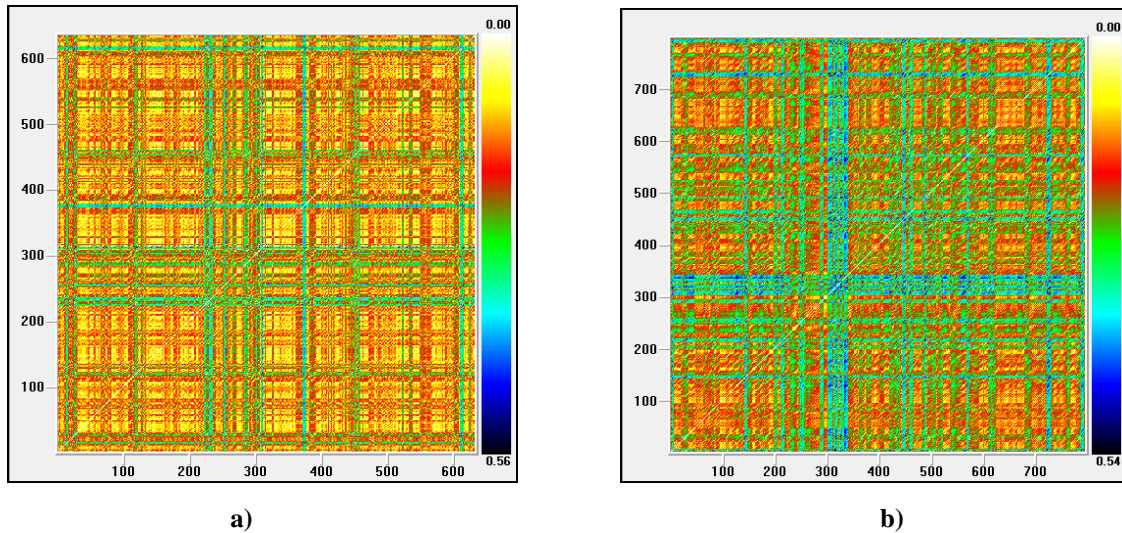


Fig. 3. RP analysis of interevents sequences of AE records, spring stiffness 235.2N/m: a) applied voltage 0.5V and frequency 120Hz on 20 Hz sensor and b) – applied voltage 3V and frequency 120Hz on 20 Hz sensor.

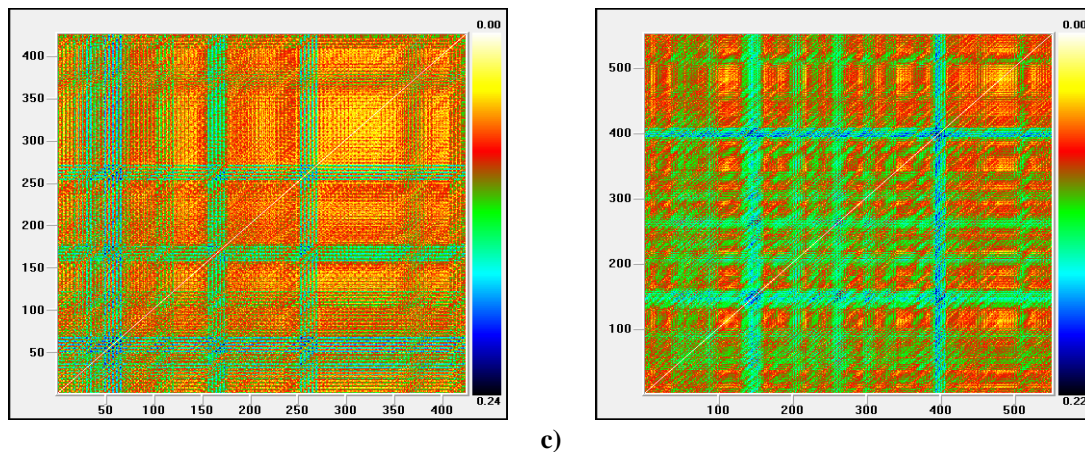


Fig. 4. RP analysis of interevents sequences of AE records, spring stiffness 1705.2 N/m: a) natural conditions 0V and b) – applied voltage 2V on 20 Hz sensor.

Conclusion. Time interval (interevents sequences) of laboratory AE records of stick-slip process have been analyzed. Results were observed at different applied voltage and frequency. For nonlinear analysis of laboratory AE data were used DFA and RP analysis. We observed changes occurred in the regularity of stick slip process under different external influences.

Acknowledgement. This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF), grant 217838 “Investigation of dynamics of earthquake’s temporal distribution”.

References

1. Chelidze T., Matcharashvili T., Varamashvili N., Mepharidze E., Tephnadze D., Chelidze Z. Complexity and Synchronization Analysis in Natural and Dynamically Forced Stick-Slip: A Review; // In: Complexity of Seismic Time Series, Elsevier, 2018, pp. 276-321.
2. Matcharashvili T., Hatano T., Chelidze T., Zhukova N. Simple statistics for complex Earthquake time distributions. // Nonlinear Processes in Geophysics, 25(3), 2018, pp. 497-510.
3. Matcharashvili T., Chelidze T., Javakhishvili Z., Zhukova N., Jorjiashvili N., Shengelia I., Mepharidze E., Sborshchikovi A. Analysis of the Complexity of Seismic Data Sets: Case Study for Caucasus. // In: Complexity of Seismic Time Series, Elsevier, 2018, pp. 3-25.
4. Chelidze T., Matcharashvili T., Javakhishvili Z., Zhukova N., Jorjiashvili N., Shengelia I., Mepharidze E., Chelidze Z., Sborshchikovi A. Temporal and Spatial Variations of Scaling Behavior of Seismic Process in Caucasus. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 9(2), 2015, pp. 59-64.
5. Lan T.-H., Gao Z.-Y., Abdalla A. N., Cheng B., Wang S. Detrended fluctuation analysis as a statistical method to study ion single channel signal. // Cell Biology International, 32, 2008, pp. 247-252.
6. Marwan N., Wessel N., Meyerfeldt U., Kurths J. Recurrence Plot Based Measures of Complexity and its Application to Heart Rate Variability Data. // Phys. Rev. E, 66 (2), 2002, pp. 026702.

EVALUATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION POWER IN CONNECTION WITH SEISMIC ACTIVITY IN THE TSKALTSMINDA-UREKI GEOMAGNETIC ANOMALY AREA

Kereselidze Z., Melikadze G., Jimsheladze T.

Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Summary: *The atmospheric electrical field inversion of analogous circuit model distinguishes a local segment from the unique lithosphere-atmosphere-ionosphere (LAI) system. The reason of the polarity variation of the Earth surface can be the generation of telluric current caused by the activity of thermoionized channel activated by seismic processes. The local LAI segment corresponds with an electromagnetic circuit, the characterizing frequency diapason of which is compatible with very low frequency (VLF) telluric electromagnetic radiation [1]. Consequently, we aim to determine in which cases the electromagnetic radiation energy accompanying the telluric current generated in the sea is sufficient for anomalous variation of the electron concentration in the lower ionosphere.*

Key words: *electromagnetic radiation, telluric currents, ionosphere.*

In our opinion, the telluric currents probably generated in the focal zone of earthquakes can serve as such an agent. This assumption is supported by existence of local magnetic anomaly at coastal zone in Tskaltsminda-Ureki resort, the physical properties of which can contribute to the resonant emission of VLF electromagnetic waves generated in the focal zone. It seems that, specific geophysical characteristics of this place add up due to interrelated factors: magnetite-rich sands from western part of the Adjara-Trialeti fold and thrust belt, carried by the Supsa River; seepage of seawater to the coastal area; the polarization effect arising from the movement of a conducting fluid in a magnetized porous rock [2].

Intensity of telluric currents is higher in the sea than on the land. Therefore, the ionospheric effect of the very low frequency (VLF) electromagnetic radiation close to seas and oceans is higher than in the depth of the land [3]. When the focus of an upcoming earthquake is located beneath water layer, besides the ultra-low frequency (ULF) diapason waves expressed in geomagnetic field pulsations, VLF electromagnetic radiation is probably also generated. In case there is sufficient depth, the high conductivity sea water layer absorbs the VLF waves and conducts only ULF electromagnetic radiation. However, when the telluric current circuit includes a part of a land or shallow, in certain geophysical conditions there is a probability that the spectrum of the VLF radiation is fully manifested. Therefore, total electron concentration (TEC) anomaly may locally take place. It may be caused in the ionosphere by “heating” of lightly ionized medium due to the increase in the magnetic viscosity of the plasma. During the recent years such a phenomenon has been considered as the indicator, which is extremely sensitive to an earthquake preparation process [4]. Such a conclusion is acceptable only in case the activity of the cosmic mechanism causing TEC anomaly is excluded. Therefore, there arises a question: in what circumstances does telluric current have sufficient energy to create local TEC anomaly in the lower ionosphere? It seems that there is a simple answer to this question: in case TEC anomaly appears in the area of a seismic-active zone then the telluric VLF electromagnetic radiation energy has been sufficient for its generation. However, only a qualitative analysis of the problem is not sufficient to prove this assumption and relevant quantitative assessments are also required. Therefore we used the geophysical characteristics of the local Tskaltsminda-Ureki geomagnetic anomaly.

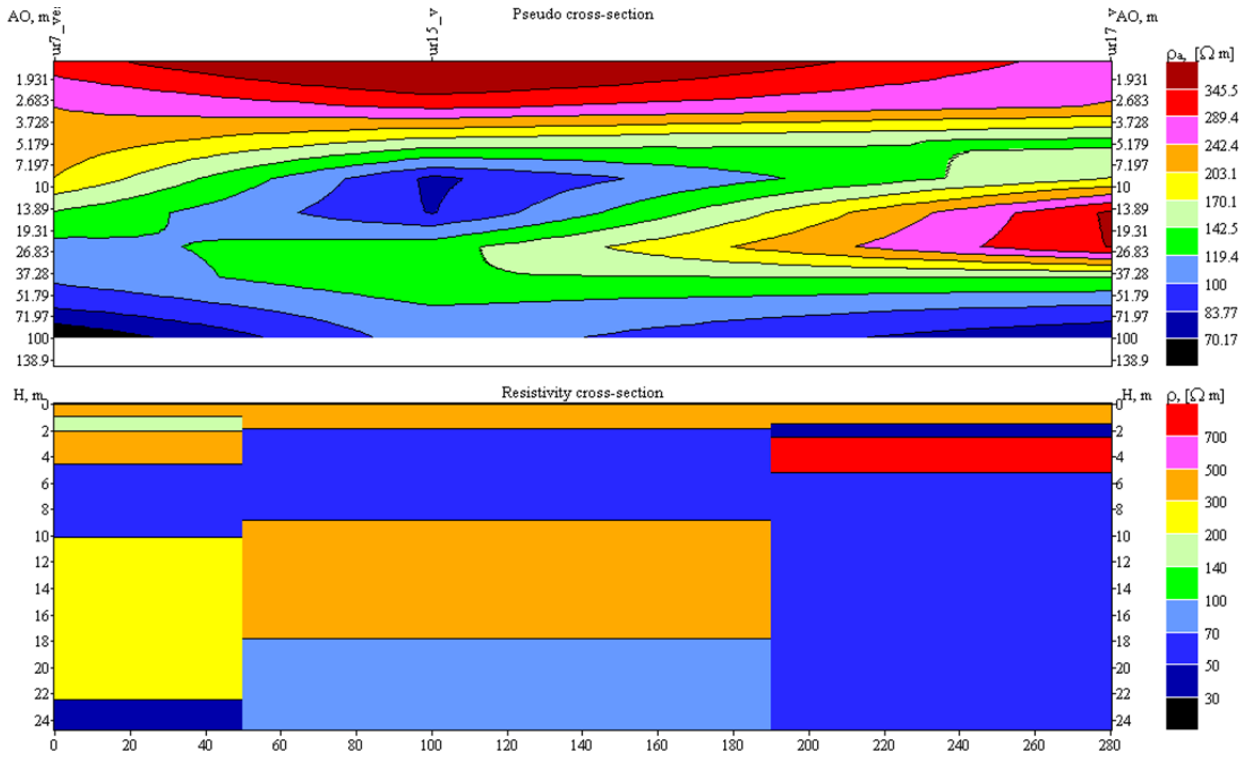


Fig.1 a,b. Deep transverse cross-section for central part of Tskaltsminda-Ureki geomagnetic anomaly.

For example, Fig. 1a, b shows a typical transverse cross section of the central part of the geomagnetic anomaly (conditional center “Magnetite” N-41 58 979; E-41 45 570). Apparent (a) and imaginary images (b) show a variety of specific electrical resistivity (ρ), which is likely to be reflected in the intensity of the telluric currents [2]. It should be noted that for more persuasion we consider it is necessary to build a deeper cross section, although this will probably only be possible along the longitudinal direction.

Tskaltsminda-Ureki geomagnetic anomaly dipole model. Let us imagine, that in the depth of the sea, quite close to the geomagnetic anomaly, there appeared a generator of free polarization charges – a thermoionized channel connected to the upcoming earthquake focus. Thus, in the geomagnetic anomaly area estimated to a first approximation by electric and magnetic dipole moments, a telluric current source was activated. Let us assume that the telluric current circuit, besides the sea, includes the land as well, namely covers an anomaly area, which can be identified with the inhomogeneous system of polarization charges characterized with a certain charge relaxation time interval. Quasi-neutrality requires to satisfy condition $\tau \ll T$, where T is telluric current variation time, which is in the relaxation time interval of free

and bound polarized charges, $\tau = \frac{L}{c}$ is the time characteristic of electromagnetic signal distribution, L is longitudinal linear measure of the system and c is light speed.

Generally, electromagnetic radiation power W of a charge system is determined by multi-pole moments. Let us assume that the telluric current circuit is closed in the charge system area. It simplifies to assess the energy effect of the electromagnetic radiation of the system, especially far from the system. In this case the electromagnetic radiation power (ohmic loss) of the model system and consequently, the geo-electric anomaly on the ionosphere level is determined by dipole electric and magnetic moments [5]. Their role in the magnetic effect is depended on the radiation emission frequency and wave length, namely, in the high frequency approximation the power of the electromagnetic radiation of the quasi-neutral system of charges is mainly determined by electrical dipole moment $\mathbf{P}^e \cdot \mathbf{P}$

$$W^e = \frac{\omega^4}{12\pi} \mu \sqrt{\epsilon \mu} |\mathbf{P}^e|^2, \quad (1)$$

ω is frequency of electromagnetic radiation, ϵ and μ are dielectric and magnetic constants of the medium.

Concrete assessments of (1) formula requires determination of the equivalent electric dipole value. However, this task is rather difficult as far as it depends on number of parameters: polarization charge density, the electric conductivity and geomagnetic anomaly measures of the medium. However, there are circumstances enabling to simplify this problem. According to the model, in the geomagnetic anomaly area there are necessary physical conditions for conducting the telluric current generated in the upcoming earthquake focus. Consequently, a telluric current circuit element or independent loop is localized here. According to the structure and measures of the geomagnetic anomaly the role of the current in the radiation loss of the system, compared to the polarization effect, may significantly increase, i.e., the magnetic dipole factor may become commensurable with or even more than the electric dipole factor. In this case the power of the electromagnetic radiation of the system depends on the wave number determined by the latitudinal linear measure l of the system: $k = \frac{2\pi}{l}$

$$W^m = \frac{k^4}{12\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} |\mathbf{P}^m|^{(2)}. \quad (2)$$

The geomagnetic anomaly of Tskaltsminda-Ureki contains great quantity of magnetite. Therefore, by indirect assessment, compared to vacuum, the relativity of the constants characteristic of the medium may increase by at least one order: $\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \approx \sqrt{10^3} \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \approx 3800$ Ohm. Determination of the P^m magnetic moment, like electric moment, is difficult. However, we can imagine the magnetic dipole approximating the anomaly as the sum of the elementary dipoles. Therefore, we should virtually imagine that in the geomagnetic anomaly area the circuit of the telluric current generated in the sea is a spool of current, the separate coil radius r_0 of which is much less than the latitudinal linear measure of the geoelectrical anomaly. Each coil magnetic moment $m = \pi r_0^2 I_0$, where I_0 is periodically variable telluric current amplitude. In this case (2) expression is simplified and gains classical form $W = 0.5 \Omega I_0^2$ where Ω is ohmage.

$$W^m = 5000 \pi^6 (r_0/l)^4 I_0^2 \quad . \quad (3)$$

In order to assess the total $Q = \sum W^m$ power of the electromagnetic radiation characteristic of the model magnetic dipole we may use the geophysical parameters of the Tskaltsminda-Ureki anomaly. According to the electrical sighting data the value characteristic of the telluric current density amplitude is $I_0 \approx 0.01$ A, while the relativity of the latitudinal and longitudinal linear measures is $r_0/l \approx 0.3$ [4]. Consequently, the power of the electromagnetic radiation corresponding the virtual coil is $(4 \cdot 10^4) \text{ Ohms} \cdot (10^{-4}) \text{ A}^2 \approx 4$ Watt.

Conclusion. It is known that in order to make influence on the upper ionosphere 4.5-9 MHz frequency is needed, which requires nominal conductor power of 750 watt [6]. Consequently, in order to have effective influence on the plasma medium at the lower ionosphere level (D, E-layers), in the VLF diapason, minimum ≈ 25 -100 kilowatt power is required. Magnetic anomaly we can imagine as a virtual vertically oriented antenna. By physical analogy, in case of $G = 100$ amplification coefficient value, such radiation can emit an antenna of approximately 10 megawatts of capacity that fully covers the entire space [7]. On the basis of physical analogy we can assume that within the limits of the above described model, for the local perturbation of the ionosphere medium from the Tskaltsminda-Ureki geomagnetic anomaly area, which can be considered as the seismic activity increase indicator, a $L \approx 15$ km long virtual current spool will be sufficient. As far as the radiation power of each coil is $W^m \approx 4$ watt e.g., when the coil number is $n = 1.5 \cdot 10^4$ then the total power of the electromagnetic radiation corresponding the total magnetic moment of the spool is $Q \approx 60$ kW. The electromagnetic process will be impulsive, while the leader in frequency spectrum will probably be the VLF diapason frequency, which is characteristic of the electromagnetic circuit corresponding to the local segment of the LAI system [1].

Acknowledgement.

The authors as recipients of a Research State Grant №FR17_633 („**Study of geodynamical processes evolution and forecasting**”) thank the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG), Tbilisi/Georgia.

References

1. Kachakhidze M., Kereselidze Z., Kachakhidze N., Ramishvili G., Kukhianidze V. In connection with identification of VLF emission before L'Aquila earthquake. // J "Natural Hazards and Earth System Science", 12, 1009 – 1015, 2012. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/1009/2012/
2. Кереселидзе З.А. Локальная геомагнитная аномалия Цкалцинда-Уреки, как возможный источник ОНЧ электромагнитных волн. // GESJ: Physics, No.1(7), 2012, с. 34-48.
3. Hayakawa M., Hobara Y., et al. The ionospheric precursor to the 2011 March 11 earthquake as based on the Japan-Pacific subionospheric VLF/LF network observation. // *Thaales*, in honor of Prof. Emeritus Michael E. Contadakis, ISBN 978-960-89704-1-0, 2013, p.191- 212
4. Kereselidze Z., Kachakhidze N., Kachakhidze M., Kirtskhalia V. Model of Geomagnetic Field Pulsations Before Earthquakes Occurring. // *Georgian International Journal of Science and Technology*, Volume 2, Issue 2, Nova Publishers USA, , 2010, pp.167-178.
5. Стеттон Дж. Теория электромагнетизма. // М.-Л., ОГИЗ-Гостехиздат, 1948, 539 с.
6. Лихтер Я.И., Гульельми А.В., Ерухимов Л.М., Михайлова Г.А. Волновая диагностика приземной плазмы. // Москва, Наука, 1998, 217 с.
7. Гуревич А.В. Нелинейные явления в ионосфере. // УФН.Т., 177 #11. 2007, с. 1145-1177.

**თბილისის მიწისქვეშა მიმოქცევითი ლაბორატორიის 1989–1991 წლების
ვერტიკალური ექსტენზომეტრის მონაცემების
ერთი ეფექტური შეფასების შესახებ**

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ლომაძე ე.

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო*

ანოტაცია: სტატიაში შესწავლია თბილისის მიწისქვეშა მიმოქცევითი ლაბორატორიის 1989-1991 წლების ექსტენზომეტრული მონაცემები და მათი ქცევის ბუნება. წარმოდგენილია შერჩევითი ძალდებული სტატისტიკური მეთოდის გამოყენება წინასწარ დასახელებულ ჰიპოთეზათა შესრულების არეების განსასაზღვრავად. აღნიშნული წლების მონაცემებში მეტწილად დაფიქსირებულია მცირე ინტენსივობის მოძრაობები, თუ არ ჩავთვლით იშვიათ ეპიზოდურ ძლიერ გადახრებს, საბოლოოდ პროცესი სტატისტიკურად სტაციონარულია და მასში იკვეთება სტატისტიკური სტრუქტურები, რომელიც ძირითადად დამახასიათებელია გარკვეული პერიოდული (მონაცვლეობითი) ფაქტორების მოქმედების დროს. სხვა სიტყვებით ეს იმას ნიშნავს, რომ მაღალი ალბათობით მიმოქცევითი მონაცემებში დაიკვირვება შემომსაზღვრელი ქანების მხრიდან ერთნაირი სიმძლავრის ზემოქმედებათა შედეგად მიღებული სტაციონარული სტოქასტური ქცევა. განვიხილეთ T სტატისტიკით სასარგებლო სიგნალის აღდგენა, რომელიც გენერირებულია სწორედ დეტერმინისტული ხასიათის ზეგავლენით. მოყვანილია სტატისტიკური შეფასებების მოდელი ნორმალური განაწილებასთან შედარების მეთოდით, როცა ცნობილია ამ განაწილების პარამეტრები (სინჯი განაწილების მეთოდი).

საკვანძო სიტყვები: დედამიწის მიმოქცევითი პროცესები; სტოქასტური ქცევა; ექსტენზომეტრი.

1989-1991 წლების თბილისის მიწისქვეშა მიმოქცევითი ლაბორატორიის ვერტიკალური მიმოქცევითი ფაქტორების დასადგენად აქტიურად გამოვიკვლიეთ მონაცემები, სადაც მოყვანილია ვერტიკალური ექსტენზომეტრული ყოველსაათობრივი ანათვალის. ცხრილი წარმოდგენილია 22766 მონაცემის სახით.

აღნიშნული მონაცემების დამუშავების მიმართულებით მნიშვნელოვანი შრომები დაგვიტოვა თბილისის მიწისქვეშა მიმოქცევითი ლაბორატორიის მთავარმა ფუძემდებელმა, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორმა კარლო ქართველიშვილმა, სადაც გამოთვლილია მიმოქცევითი ცხრა ძირითადი ტალღის ამპლიტუდის განსაზღვრა ჰარმონიული ანალიზის გამოყენებით. ასევე გამოთვლილია შემომსაზღვრელი ქანების პუასონის კოეფიციენტი და ლიავას რიცხვის მეოთხე მნიშვნელობები. ჩვენთვის საინტერესო იყო ამ მონაცემების დამუშავება უახლესი სტატისტიკური მეთოდებით. როგორც ვიცით, სტატისტიკაში არსებობს ობიექტიური, სუბიექტური და ძლიერად ობიექტური შეფასებების თეორია [1,2], რომლებიც უკანასკნელი სიტყვაა შემთხვევით პროცესთა სტატისტიკაში. მაგალითად, ამ თეორიით მტკიცდება, რომ საშუალო შერჩევითი შეფასება ძალდებულია, მაგრამ ის სუბიექტურია („ცუდი შეფასება“). არსებობს შერჩევის ელემენტებზე მოდებული T სტატისტიკად ნოდებული ფუნქცია, რომელიც აფასებს სტოქასტური პროცესების პარამეტრებს ალბათობით [1].

სანამ უშუალოდ გადავალთ კონკრეტიკაზე, მოვიყვანოთ ზოგიერთი განმარტება ზოგადი სტოქასტური მოდელის შესახებ.

$$\xi_k = Q_k + \Delta_k, \quad k \in N \quad (1)$$

სადაც, ξ_k არის გარდაქმნილი სიგნალი, მიღებული Q_k სასარგებლო და Δ_k თეთრი ხმაურით, მოდელი (1). ამ პროცესისთვის შევაფასოთ Q საშუალო და σ სპ. კვადრატული გადახრა.

ცხადია, ყოველ დაკვირვებას თან ახლავს ორიგინალური ემპირიკა, რომელიც მოითხოვს მრავალხრივ დამუშავებას. მათ შორისაა შერჩევიდან გამოიყოს რეგულარული ნაწილი, რითაც გვეძლევა საშუალება უფრო კარგად შევისწავლოთ პროცესის შედარებით რთული ნაწილი. პროცესთა თეორიაში ის ცნობილია როგორც დახლეჩა რეგულარულ და სინგულარულ ნაწილებად. ამის მისაღწევად მივმართავ შემდეგ მეთოდს.

პირველ რიგში ჩვენი დაკვირვების ნევრებისთვის ვპოულობთ შემდეგ შეფასებით ფუნქციას

$$T_n = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \# \left(\{ \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n \} \cap (-\infty; 0] \right), \quad (2)$$

სადაც $\#$ აღნიშნავს რაოდენობის მთვლელ ზომას. თუ (2)-ში ჩავსვამთ ჩვენს რეალურ მონაცემებს მივიღებთ (1) პროცესის Q -ს ობიექტურ შეფასებას. სხვა სიტყვებით, ეს არის ჩვეულებრივ შერჩევითი ჩეზაროს საშუალოს უკეთესი შეფასება. ზოგადად, შეიძლება ითქვას, რომ რთული პროცესების პარამეტრების შეფასებისას ასეთი შეფასებათა კლასი უფრო საინტერესო და სანდოა. ანალოგიურად შეგვიძლია შევაფასოთ (1) პროცესისთვის საშუალო კვადრატული გადახრა. მისი ოპტიმალური შეფასებისთვის გამოვიყენოთ ცნობილი განმეორებითი ლოგარითის კანონი:

$$T_n(\xi_k) = \frac{\sum_k^n \xi_k}{\sqrt{2n \log \log n}}. \quad (3)$$

შეფასება (3) არის საშუალო კვადრატული გადახრის უსასრულო შერჩევითი შეფასება განმეორებადი ლოგარითის კანონის გამოყენებით.

ამრიგად, (2) და (3) გვაძლევს ჩვენი მონაცემებისთვის პარამეტრების (საშუალო, საშუალო კვადრატული გადახრის) ძალდებულ შეფასებებს.

იმისათვის, რომ (1) მოდელიდან გამოვიყოთ რეგულარული ნაწილი, მივმართოდ შემდეგ მეთოდს. ავაგოთ ახალი პროცესი:

$$\eta_k = \phi_{(Q, \sigma)}^{-1}(\text{rand}(0,1)) \quad k \in N, \quad (4)$$

სადაც $\phi_{(Q, \sigma)}^{-1}$ არის ნორმალური განაწილების ფუნქციის წინარე სახე. ხოლო $\text{rand}(0,1)$ არის ფსევდო შემთხვევითი (0,1) ინტერვალზე განაწილებული რიცხვები.

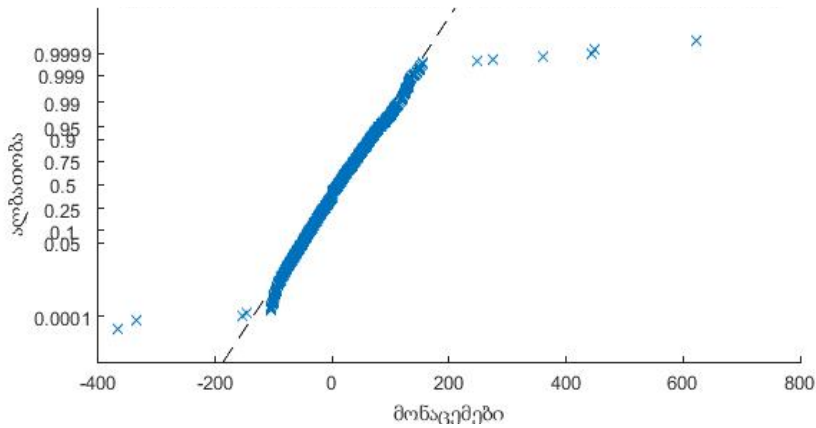
(4) ფორმულით შეგვიძლია არგუმენტის ხარჯზე მივიღოთ სხვადასხვა პროცესის გათამაშება. ჩვენი ამოცანაა ვიპოვოთ ისეთი η_k , რომ სამართლიანი იყოს შემდეგი:

$$\sum_{k=1}^n (\xi_k - \eta_k)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

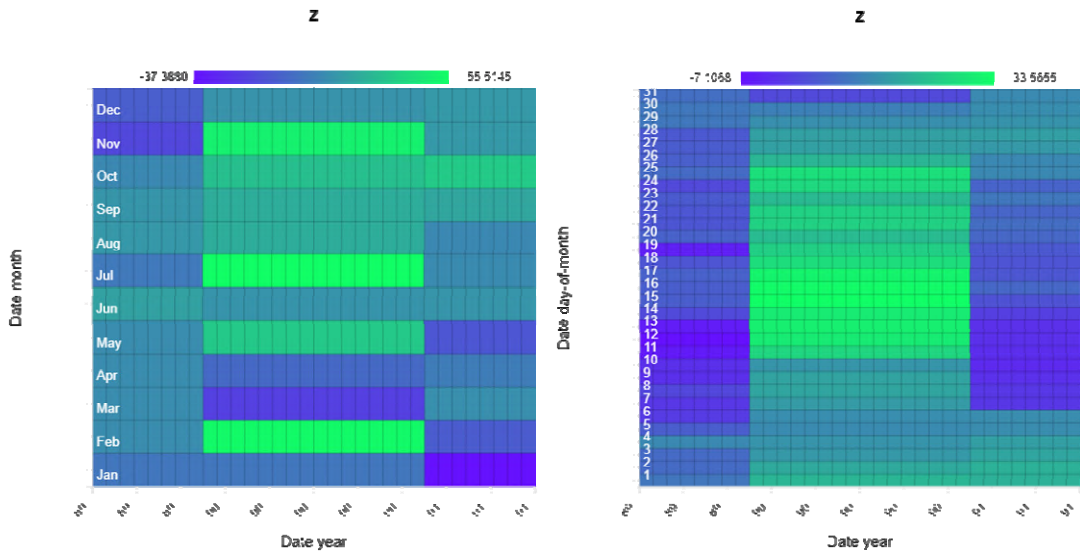
ასეთი $\text{rand}(0,1)$ -ეული პოვნის შემდეგ, როცა (5)-ში მიღწეული იქნება მინიმალური მნიშვნელობა, მაშინ შეგვიძლია დარწმუნებით ვთქვათ, რომ საკვლევ ξ_k -დან გამოვიყავით η_k არადეტერმინისტული ნაწილი (თეთრი ხმაური), საბოლოოდ, ამ მეთოდიკით მივიღეთ ჩვენი შერჩევის დახლეჩა რეგულარულ და სინგულარულ ნაწილებად Q_k და Δ_k შერჩევის ყველა k ნერტილში. ასევე შეგვიძლია მთელი დაკვირვების სიგრძეზე ვიპოვოთ ნორმალურად განაწილებული მაქსიმალური (მსგავსი) შემადგენელი, რომლითაც რეგულარულ ნაწილთან ყოველ ნერტილში შეჯამებით მივიღებთ მთლიან სტოქასტურ პროცესს.

ზემოთმოყვანილი მათემატიკური ნაწილის კომპიუტერული რეალიზაციით ავაგეთ სინგულარული შემადგენლისთვის განაწილების კუმულატიური ფუნქცია. სურ.1 გვიჩვენებს, რომ მისი განაწილების ფუნქცია დიდწილად ემთხვევა ცნობილ ნორმალური განაწილების

კუმულატიურ ფუნქციას. რაც მიუთითებს, რომ ჩვენ შერჩევიდან მაქსიმალურად გამოვყავით, გათამაშების გზით, ნორმალური შემადგენელი.



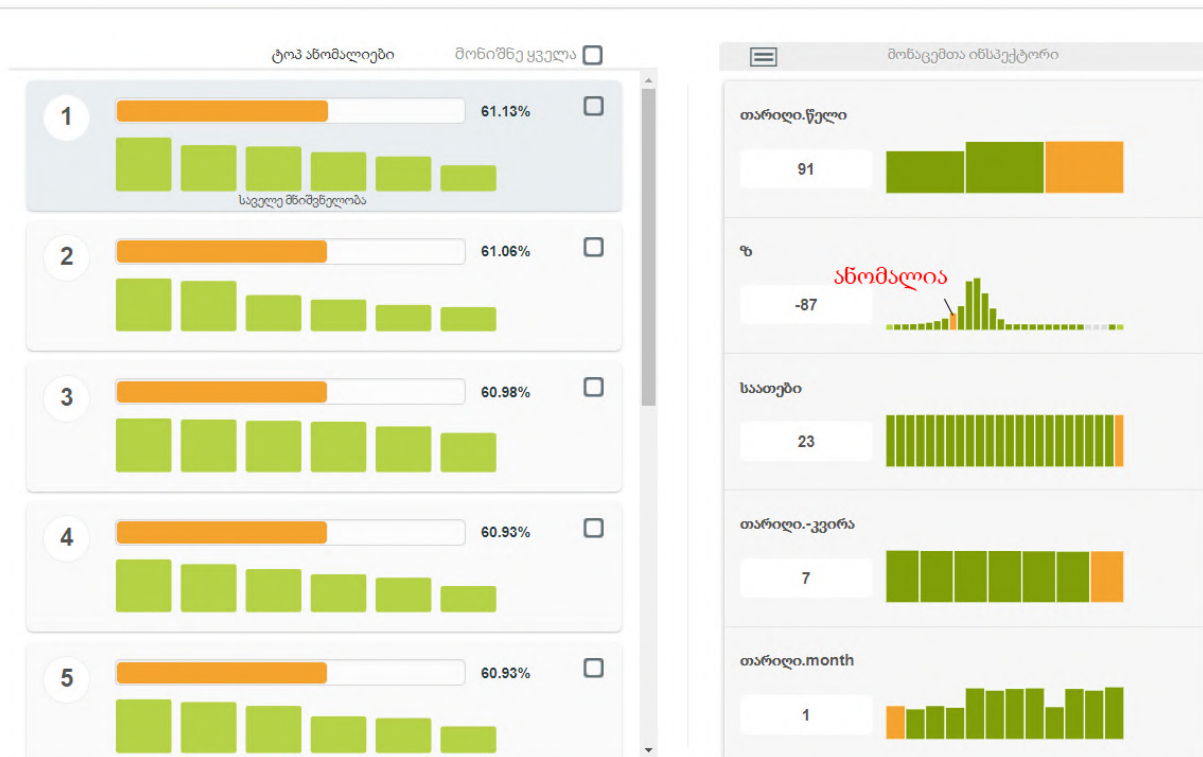
სურ. 1. ვერტიკალური ექსტენზომეტრის ანათვალეებში სიდიდეების განაწილების კუმულატიური ფუნქცია.



სურ. 2. ვერტიკალური ექსტენზომეტრის ანათვალეებში სიდიდეების კლასტერული კავშირები პრინციპით : 1. თვე-წლებთან ; 2. თვის დღეები – წლებთან.

ზემოაღნიშნულმა დახლევამ მოგვცა საშუალება გვეპოვა მნიშვნელოვანი კანონზომიერებები მინისქვეშა მიმოქცევების ჩანაწერებთან. სურ.2-ის მარცხენა გრაფიკაზე აშკარად ჩანს მონაცემთა ზემოაღნიშნული მონაცვლეობითი გადასვლები თვეების მიხედვით. განსაკუთრებით კონკრეტულად, თვალშისაცემია თებერვლის, ივლისის და ნოემბრის თვის ანათვალთა ძლიერი მსგავსება. მთლიან მონაცემთა ბაზაში ეს 3 კლასტერული ნაწილი, რომელთა შორის დროითი ინტერვალი თანაბარია, მეტყველებს დროის ამ ეპიზოდებში ისეთი პროცესების არსებობაზე, რომელიც გენერირებულია არალოკალური ფაქტორებით. ვინაიდან, პროცესი ამჟღავნებს მკაფიოდ Z ვერტიკალური მნიშვნელობის ერთი დადებითი მიმართულებით მოძრაობას სურ. 2, აშკარაა პერიოდული ფაზური გადასვლები დადებითი პოლუსიდან უარყოფითისკენ. სურ. 2-ის მარჯვენა გრაფიკი არის მარცხენა გრაფიკის ჩაშლა დღეების მიხედვით. აქაც, თვის შუა პერიოდში (12-20 რიცხვებში) ექსტენზომეტრის ანათვალეები 90% შემთხვევაში იმყოფება საშუალო მონაცემზე მაღლა. ასეთი ფაქტები მონაცემებში დაიკვირვება განსაკუთრებით 1990 წლის ანათვალეებში, სადაც დიდი წილი ზემოხსენებულ

თვეებზე მოდის. ეს ფაქტი იწვევს დამატებითი მრავალფაქტორული ანალიზის ჩატარების ინტერესს, რომელიც იქნება ჩვენი კვლევის შემდეგი ეტაპი.



სურ. 3 ვერტიკალური ექსტენზომეტრის ანათვლებში არაკორელირებადი და ტოპ 5 ანომალური ნაწილები

მონაცემთა ამ ანალიზში ნაპოვნია ურთიერთ არაკორელირებადი ნაწილები. ასევე, მონაცემთა ინსპექტირების ნაწილში ვიპოვეთ ძლიერი ანომალიები (იხ. სურ. 3-ის მარჯვენა სვეტში). საბოლოოდ მოხერხდა დეტერმინისტული (სურ.3-ზე მწვანე შეფერილობით დაახლოებით 40%) და არადეტერმინისტული (ნორმალურად განაწილებული მონაცემთა 60%) პროცესების დახლეჩვა. ცხადია, ცალკე კვლევის საკითხია ამ ანომალიების კავშირი სხვა გეოფიზიკურ-გეოლოგიურ პროცესებთან.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ 1989-1991 წლების მინისქვეშა მიმოქცევით დაკვირვების მონაცემებში ნაპოვნია მთელი რიგი ფარული კანონზომიერებები და ისინი ყურადღებას იმსახურებენ. მიმოქცევით პროცესის ფაქტორთა შორის უპირატესის გამოსავლენად მიზანშეწონილია დავაკვირდეთ ფაზათა ცვალებადობას, გავარკვიოთ რა ხარისხის კავშირი შეიძლება ჰქონდეს მთვარე-დედამინის და მზე-დედამინის საკითხებთან.

ლიტერატურა:

1. Ibramkhallilov I.Sh., Skorokhod A.V. On well-off estimates of parameters of stochastic processes. // Naukova Dumka, Kiev, 1980, (in Russian).
2. Pantsulaia G., Kintsurashvili M. An objective infinite sample well-founded estimates of a useful signal in the linear one-dimensional stochastic model. // Rep. Enlarged Sess. Semin. I. Vekua Appl. Math. 28, 2014.
3. ქართველიშვილი კ. დისლოკაციის თეორიის გამოყენება დედამინაში მიმდინარე ნახტომისებური დეფორმაციული პროცესების კვლევებში. // თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, ტ. LXVII, 2017, გვ. 105-115.
4. Hassani H. Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison, Cardiff University and Central Bank of the Islamic Republic of Iran. // Journal of Data Science 5, 2007, pp. 239-257.
5. Olyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure. // CHAPMAN & HALL/CRC Boca Raton London New York Washington, D.C., 2001.

ON ONE EFFECTIVE EVALUATION OF 1989-1991 DATA BY VERTICAL EXTENSOMETER OF THE UNDERGROUND CIRCULATORY LABORATORY IN TBILISI

Kiria T., Nikolaishvili M., Lomadze E.

Summary

Summary: *The article studies the 1989-1991 extensometric data and the nature of their behavior at the Tbilisi underground circulation laboratory. The use of selective robust statistical methods to determine the predicted hypothesis performance areas is presented. The data for these years are mostly low intensity movements, except for rare episodic strong deviations, eventually the process is statistically stationary and reveals statistical structures that are mainly characteristic of certain periodic (alternating) factors. In other words, this means that most probably the stationary stochastic behavior resulting from the same power impacts on the boundary rocks are observed in the circulation data. We have discussed the recovery of a useful signal from T statistics that is generated by the very deterministic effect. The statistical estimation model is compared with the normal distribution method when the parameters of this distribution are known (sampling method).*

Keywords: *Earth circulatory processes; Stochastic behavior; Extensometer.*

აცანის ძლიერი ლოკალური მაგნიტური ანომალიის კვლევა ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტის საბაზო მოდელის შექმნის მიზნით

ქართველიშვილი კ., ბერიშვილი გ., მებალიშვილი ნ., ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ლომაძე ე.

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: დაბალმთიანი გურიის (სოფ. აცანა) ტერიტორიაზე ლოკალური ინტენსიური გეომაგნიტური ანომალიების ფაქიზი სტრუქტურის შესასწავლად ჩატარებულია მაგნიტომეტრული კვლევები. აღნიშნული კვლევების საფუძველზე გამოვლენილია მრავალი ინტენსიური ლოკალური ანომალია მნიშვნელოვანი სიდიდის ჰორიზონტალური გრადიენტებით.

აცანის ანომალიების ტერიტორიაზე, კოსმოსური ამინდის ძირითადი ელემენტის – გეომაგნიტური ველის ვარიაციების ლოკალური ბიოსამედიცინო ეფექტების თავისებურებების კვლევები საშუალებას მოგვცემს დავსვათ საკითხი ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტის ბაზისური მოდელის შექმნის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: გეომაგნიტური ველი; მაგნიტოთერაპია; მაგნიტური ველის ანომალია.

მეცნიერების სხვადასხვა დარგში მიღწეული წარმატებების ბაზაზე, XX საუკუნის ბოლოს ბუნებრივი მოვლენების ფართო სპექტრის ანალიზისათვის ჩამოყალიბდა პრინციპულად ახალი სინერგეტიკული მიდგომა. ეს მიდგომა ითვალისწინებს კონკრეტული მოვლენების ზემოქმედების განსაზღვრას.

ნებისმიერი ცოცხალი სისტემა გარკვეული პირობებში შეიძლება იყოს ემ (ელექტრომაგნიტური) გამოსხივების არა მხოლოდ მიმღები, არამედ გენერატორიც. ჩვენი ამოცანაა, რომ შევიმუშაოთ ბიოლოგიური ველის მახასიათებელი პარამეტრების კონტროლის საიმედო მგრძნობიარე მეთოდები, რათა გამოვიკვლიოთ გარეშე ემ ველის ზემოქმედების მექანიზმი და ბიოლოგიური სისტემის საპასუხო რეაქცია. მრავალწლიანი ექსპერიმენტები ადასტურებენ ცოცხალი სისტემების, მათ შორის, ადამიანის მაღალმგრძნობიარობას სუსტ ემ ზემოქმედებებზე, რომლებიც დაძაბულობის მიხედვით, ბუნებრივი ველების რიგისაა, თუმცა ცოდნის თანამედროვე ეტაპზე ცნება ზემოქმედების შესახებ ხშირად დაიყვანება კორელაციური კავშირების დადგენაზე გარეშე ზემოქმედების სტიმულსა და ბიოსისტემის რეაქციას შორის.

კვლევების ამოცანებში უპირველეს ყოვლისა საჭიროა მოიძებნოს სხვადასხვა წყაროდან გენერირებული ველების კოორპერატიული ურთიერთქმედებები, განისაზღვროს ამ პროცესების დინამიკა და ამ ველების ბიოლოგიურ ობიექტებზე ზემოქმედების ხარისხი უჯრედიდან ადამიანამდე.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ჩვენს კვლევებში ენიჭება გეომაგნიტურ და ლითოსფეროს სტრუქტურების მიერ გენერირებული ველებით გამოწვეულ ეფექტებს. როგორც ცნობილია, დედამიწის მაგნიტური ველი შედგება შიდა და გარე კომპონენტებისგან. შინაგანი განპირობებულია დედამიწის აგებულებით და განსაზღვრავს მისი მუდმივი ველის ვარიაციებს.

გეომაგნიტური ველი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის არსებობის გარემოა. ადამიანი განსაკუთრებით მგრძნობიარეა გეომაგნიტური ველის ყოველგვარი შეშფოთების მიმართ, მით უმეტეს, თუ ეს შეშფოთებები გართულებულია (განსაკუთრებით ტექნოგენური) სხვადასხვა ზემოქმედებით. ასევე, სერიოზულ გავლენას ახდენს სასიცოცხლო პროცესებზე მნიშვნელო-

ვანი ზომების მქონე გეოლოგიური სხეულების მიერ გამოწვეული გეოფიზიკური ანომალიები. ასეთი ანომალიებისათვის დამახასიათებელია გეომაგნიტური ველის მდგენელების გრაფიკების მკვეთრი ცვლილებები – რამდენიმე ასეულ ან ათას გამა კილომეტრზე. მაგალითად, კურსკის მაგნიტური ანომალიის ფარგლებში გეომაგნიტური ველის ვერტიკალური მდგენელი რამდენჯერმე აღემატება ნორმალური ველის ვერტიკალური მდგენლის მნიშვნელობას. შესაბამისად, ამ რაიონის მოსახლეობის დაავადება ჰიპერტონიით, რევმატიზმით და ნერვულ-ფსიქიური ავადმყოფობებით 120% – 160%-ით აღემატება ნორმალურ რაიონებში გამოვლენილ დაავადებულთა რაოდენობას.

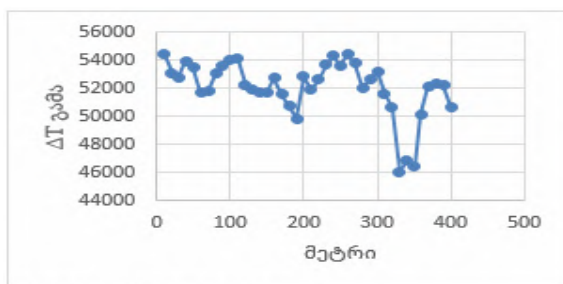
საქართველოს ტერიტორიაზე ფართოდაა გავრცელებული ინტენსიური მაგნიტური ანომალიები, რომლებიც დაკავშირებულია სხვადასხვა გეოლოგიურ პერიოდში წარმოქმნილ ფუძე და ულტრაფუძე ვულკანოგენურ ქანებთან.

გურიის და აჭარის ანომალიები, განსაკუთრებით მთაგორიან რაიონებში, შესწავლილია შედარებით სუსტად. წარმოდგენილი ნაშრომის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა გურიის ტერიტორიაზე გამოვლენილი აცანის ინტენსიური ლოკალური ანომალიის თავისებურებების კვლევა. გურიის რეგიონალური მაგნიტური ანომალიის ტერიტორიაზე პირველი მაგნიტომეტრული მარშრუტული სამუშაოები ჩატარდა გასული საუკუნის 30-იან წლებში პროფ. მ. ნოდის მიერ და მოიცვა რეგიონის როგორც მთაგორიანი, ასევე დაბლობი ნაწილები. 2003–2009 წლებში გეოფიზიკის ინსტიტუტის დედამიწის ფიზიკის და გეომაგნეტიზმის სექტორის თანამშრომლების მიერ სისტემატურად ტარდებოდა რეგიონის მაგნიტომეტრული კვლევები. აღნიშნული კვლევების საფუძველზე გამოვლენილია მრავალი ინტენსიური ნიშანცვლადი ლოკალური ანომალია მნიშვნელოვანი სიდიდის ჰორიზონტალური გრაფიკებით.

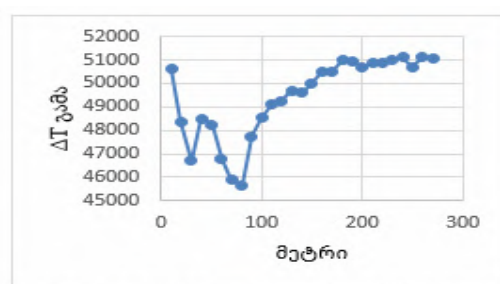
2014-2015 წლებში დაბალმთიანი გურიის (სოფ. აცანა) ტერიტორიაზე ლოკალური ინტენსიური გეომაგნიტური ანომალიების ფაქიზი სტრუქტურის შესასწავლად ჩატარებულია მაგნიტური გაზომვები ერთდროულად ორი ციფრული, პროტონური მაგნიტომეტრით.

საველე გაზომვის ტიპური ბიჯია 10 მეტრი (დეტალური კვლევის შემთხვევაში ბიჯი 5 მეტრია), ერთ ნერტილზე საჭიროა 5 ანათვალი, რომელიც შეესაბამება ერთ საშუალო ჯამურ ანათვალს; თითო ფიზიკური ნერტილის აგეგმვას, ანუ ერთ ჯამურ ანათვალს, ხელსაწყოს პრეცეზიულობისა და ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით, მინიმუმ 3 წუთი სჭირდება.

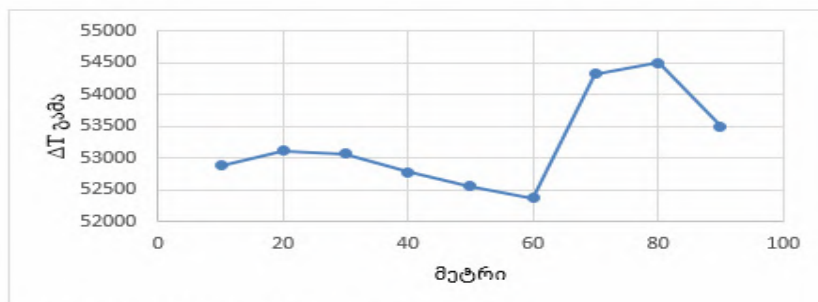
აცანის ანომალიაში რამდენიმე უბანია განსაკუთრებით საინტერესო: აცანის ჩრდილო ფერდობი, სადაც ველის მნიშვნელობა იცვლება 46000-54400 გამის ფარგლებში (გრაფიკი 1); აცანის აღმოსავლეთით, ე.წ. სერბეთის უბანში (გრაფიკი 2) მაგნიტური ველი 51000 გამას რიგისაა; ყველაზე ძლიერი ველი აღმოჩნდა მდ. აცაურას სათავეში (ეს აცანას ცენტრია), სადაც ველის მნიშვნელობამ 54500 გამას მიაღწია (გრაფიკი 3).



გრაფ. 1. სოფ. აცანა

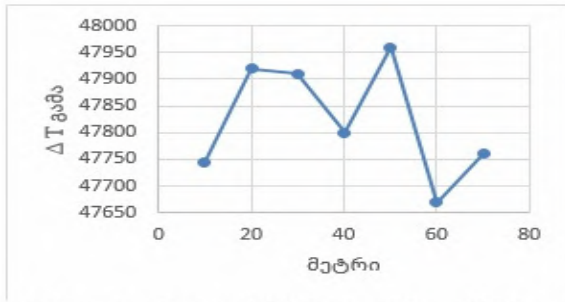


გრაფ. 2. აცანა (სერბეთის უბანი),

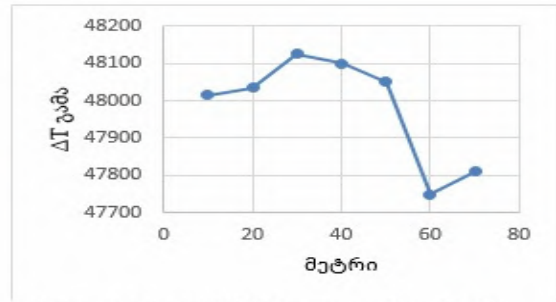


გრაფიკი 3. მდინარე აცაურა N-S

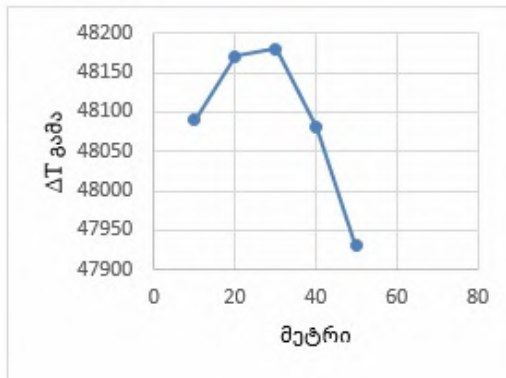
აქ ერთი სინტერეოსო ფაქტია აღსანიშნავი, იმავე მდ. აცაურას შუანელში, სათავიდან 300 მ-ში სტადიონზე ველი ეცემა 47000 გამამდე.



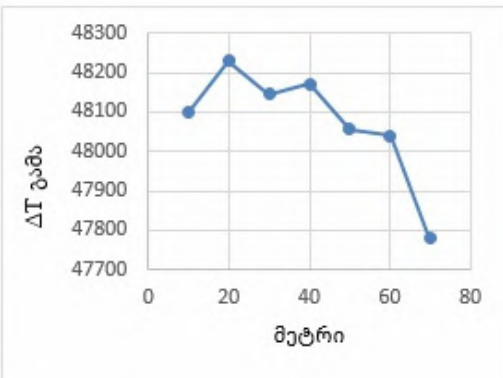
გრაფიკი 4. აცანას სტადიონი. პრ 1



გრაფიკი 5. აცანას სტადიონი პრ 2



გრაფიკი 6. აცანას სტადიონი. პრ. 3



გრაფიკი 7. აცანას სტადიონი. პრ. 4

სტადიონის პროფილების მიხედვით, მხოლოდ ერთ გარბენაზე დათვლილი ($V=2მ/წმ$) მაგნიტური ველის გრადიენტები და სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავ ადამიანზე მაგნიტური ველის გამჭოლი ნაკადები:

$$\overline{\Delta P} = (\Delta H)^2 / 8\pi$$

ცხრილი 1

პროფილის №	l მ	t წმ	V მ/წმ	ΔH გამა/მ	ΔH გამა/წმ	$\overline{\Delta P} = (\Delta H)^2 / 8\pi$ კტ 10^{-4}
I	60	30	2	186	55,79	1,38
II	60	30	2	148	44,31	2,7
III	40	20	2	301	60,11	3,6
IV	50	25	2	235	58,65	2,3
V	60	30	2	188	56,33	1,4

აღნიშნული ნაკადები თუ რა გავლენას ახდენს ადამიანზე (სასარგებლოს თუ მავნეს), ეს ალბათ უნდა დაადგინოს კვალიფიციურმა მედიკოსებმა.

დედამინის ანომალური მაგნიტური ველის ასეთი ცვლილებები 46000-54500 გამის ფარგლებში, ვფიქრობთ გამოწვეულია აქ გავრცელებული მძლავრი შუა ეოცენის ვულკანოგენური ქანებით, რომელიც ხასიათდება მაღალი მაგნიტური თვისებებით. როგორც სამეცნიერო,

ასევე სახელმწიფო ინტერესებიდან გამომდინარე, საჭიროა გურიის რეგიონალურ მაგნიტურ ანომალიაში შემაჯავლი ინტესიური ლოკალური ანომალიების დეტალური მაგნიტური და ელექტრომეტრული კვლევა, რათა შეიქმნას საკვლევო პოლიგონი, შემუშავდეს გეომაგნიტური კვლევის სრულყოფილი მეთოდიკა, შედგენილ იქნას შესაბამისი დეტალური მაგნიტური რუკები, ჩამოყალიბდეს სამეცნიერო დასკვნები და მიღებულ იქნას რეკომენდაციები.

დაბალმთიანი გურიის ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტის გაშენების ბაზისური სამეცნიერო კონცეფცია აუცილებელია საკურორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებისათვის, რამდენადაც ეფუძნება განსაკუთრებულ, ლოკალურ გეოფიზიკურ პირობებს (ლოკალური გეომაგნიტური ანომალიისა და კოსმოსური ამინდის ფაქტორების ადგილობრივ კომბინირებულ ზემოქმედებას) და გულისხმობს ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტის ეკონომიკურ სარგებლიანობას და კონკურენტუნარიანობას საერთაშორისო საკურორტო ბაზარზე.

საჭიროა მიღებული შედეგები გამოყენებულ იქნეს მედიკოსების, ეკოლოგების, მშენებლებისა და სხვა სამსახურების მიერ.

ლიტერატურა:

1. Kartvelishvili K., Berishvili G., Lominadze J., Tabagua G., Tarkhishvili A., Mebagishvili N. Some results of electrometric survey of the territory of magnetic sands of the Ureki seaside resort. // Bulletin of Georgian national academy of sciences, new series, vol.2, N 3, Tbilisi, 2008, pp.70-74.
2. Kartvelishvili K., Berishvili G., Lominadze J., Gabisonia I., Tarkhishvili A., Kereselidze Z., Lomouri M., Mebagishvili N., Tabaghua G., Chkhitudze M. Research of some characteristics of Guria magnetic anomaly. // Bulletin of Georgian national academy of sciences. New series, vol.2, N2, Tbilisi, 2008, pp. 49-52.
3. Беришвили Г., Гванцеладзе Т., Гогуа Р., Картвелишвили К., Кириа Дж., Матиашвили Т., Мебагишвили Н., Николаишвили М., Табагуа Г. Исследование тонкой структуры геомагнитного поля в прибрежной зоне курорта Уреки. // Труды Института Геофизики им.М.Нодиа, т.LXII, 2010, pp.48-55.
4. Lominadze G., Kartvelishvili K., Lomouri M. Complex investigation of some strong local magnetic anomalies in Georgia. // Abstract of papers of International conference “Influence of cosmic weather on the man in cosmic space and on the Earth”, Moscow 4-8 June 2012, pp.111.
5. Lominadze G., Kartvelishvili K., Berishvili G., Mebagishvili N., Nikolaishvili M., Tabagua G., Tarkhishvili A. Complex Geophysical Investigation of Some Characteristics of some Strong Local Guria (Georgia) Magnetic Anomalies. // Journal of Georgian Geophysical Society, Issue (A), Physics of Solid Earth, v.15a, 2011-2012, pp.106-113.
6. Картвелишвили К.З., Ломинадзе Д.Г., Глonti Н.Я., Беришвили Г.Г., Мебагишвили Н.Н., Николайшвили М.М. О возможности основания базисной модели магнитотерапевтического курорта в низкогорной Гурии. // Сборник трудов Ин-та геофизики им. М. Нодиа, т. 64, 2013, с. 23-29.

STUDY OF STRONG LOCAL MAGNETIC ANOMALY IN ORDER TO CREATE A BASELINE MODEL OF A NATURAL MAGNETOTHERAPY RESORT IN ATSANA REGION

Kartvelishvili K., Berishvili G., Mebhagishvili N., Kiria T., Nikolaishvili M., Lomadze E.

Summary: Magnetometric studies were carried out to study local intense geomagnetic anomalies in the Guria Lowhill (Atsana village). Based on these studies, numerous intensity local anomalies with significant horizontal gradients were identified.

Studying the features of the basic element of space weather – the biomedical effects of the local variations of the geomagnetic field in the area of Atsana anomalies will allow us to solve the problem of creating the basic model of the natural magnetotherapeutic resort.

Key words: geomagnetic field; magnetotherapy; magnetic field anomaly.

SOME BASELINE DATA FOR A EFFECTIVE RESPONSE OF EMERGENCY SERVICES IN A SEISMIC DISASTER IN SOUTHERN CAUCASUS

*Nazaretyan S.N., *Nazaretyan S.S., **Mirzoyan L.B.

*Territorial Survey for Seismic Protection of MES RA, Yerevan, Armenia

**Yerevan State University, Yerevan, Armenia

Summary: On the base of statistical materials of 1988 Spitak earthquake suggesting some important data for an effective response of emergency services in a disaster are suggested: dynamics of casualties (irreversible human losses) in the ruins during the first days of earthquakes; the dynamics of rescue force expansion during the first two weeks for earthquake zone with 500000 population; an estimate of minimum necessary medication and medical accessories per 5000 patients; forecasting the degree of damage to different types of residential buildings depending on the intensity of the earthquake and the number of possible victims.

Key words: services, earthquake, response, losses.

Based on the post-earthquake situation and the impact assessments, it is necessary to estimate the approximate volumes of assistance to be provided to the disaster zone, including time for rescue operations, quantity of rescue forces and equipment, medical assistance, medicines and medical supplies, various services: specialists, technicians and materials, food, water, clothing, financial minds, fuel, overnight accommodation, evacuation of population from the disaster zone, temporary housing, vehicles and fuel, etc. For the calculation of all these needs, in addition to international standards, estimation methods have been developed in the Republic of Armenia in account of local conditions [5,6].

The first 2-3 days are the most important in terms of effective responses to earthquakes, in particular saving lives, reducing or preventing negative effects (when the rescue, pre-medical, engineering and other assistance is primarily provided by the local population and services), and the organization of works locally, at different levels of government [3]. By effectively crisis management, losses of strong earthquake can be substantially reduced [4,5]. There are both methods and approaches developed in Armenia for the preliminary assessment of earthquake effects and important data for an effective response of emergency service a disaster [1,5,6].

Time for effective rescue operations.

As a shown in figure 1, the first 5 days after earthquake are very important for saving the lives of population in ruins. Usually the first two days, before the arrival of professionals, the main rescue operations lie with the local unprepared population.

Required rescue forces.

In seismic catastrophes it is important to quickly determine the necessary rescue forces – specialists (rescuers, firefighters, civil engineers, seismologists, life support engineers, etc.) and rescue equipment (cranes, loaders, bulldozers, trucks, excavators, etc.) [2,6]. The number of rescue forces depends on the scale of the destruction of buildings, the construction (structural) type of destroyed buildings, the condition of the implementation of rescue operations, etc. To calculate the rescue forces, we can take as a guide the data on the dynamics of rescue force during the 1988 Spitak earthquake (table # 1). Which

shows that for an earthquake zone with a population of 500,000, the number of rescuers needed is 38,000, and for heavy equipment – 3,100.

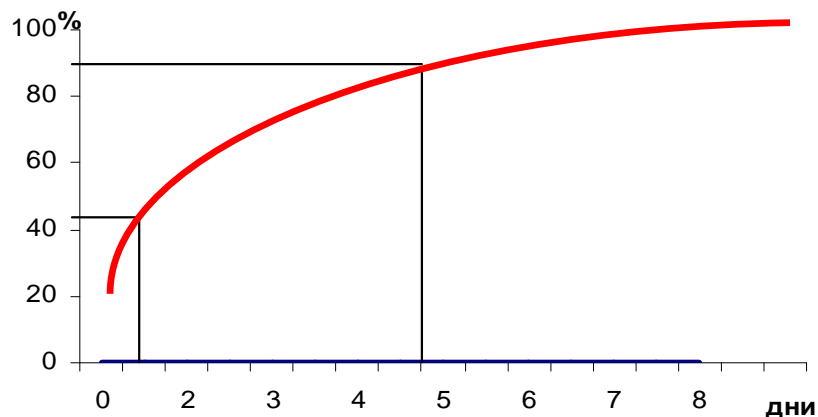


Fig. 1. Dynamics of Casualties (irreversible human losses) in the ruins during the first 10 days of earthquakes [3].

Table 1. The dynamics of rescue force expansion and survivors number during the first two weeks after the 1988 Spitak earthquake [5].

Date	Number of Rescue forces		Number of extracted people		Comments
	Specialists	Heavy Rescue Equipment	Alive	Dead	
07.12. 1988	11 000	1200	20 000	3 900	1. Unprepared residents carried out main rescue operations by themselves; 2. Lack of adequate organization and rescue forces.
08.12. 1988	33 000	2100	5 000	6 000	1. Lack of adequate organization, lack of rescuers and vehicles/equipment, their uneven distribution in the destruction zone.; 2. Heavy traffic; 3. Arrival of civil defense forces.
09.12. 1988	35 000	3000	4 800	3 400	1. Start of Traffic regulation; 2. Start of rescue operations;. 3. Assistance of professional rescuers.
10.12. 1988	37 000	3100	5 700	750	1. Control of the situation, management of rescue operations. 2. Sufficient human, material, and technical resources.
11.12. 1988	38 000	3150	1 800	2 600	1. Operative rescue actions, organization of works:
12 -21. 12. 1988	-	-	1 000	8 350	1. Sharp decline of survival ability of those remaining in the ruins.
Total	-	-	38 300	25 000	

Minimum necessary medication and medical accessories.

Table 2 provides a list of the most needed first aid medicines and medical accessories per 5000 patients affected by the earthquake.

Table 2. An estimate of minimum necessary medication and medical accessories per 5000 hospitalized patients based on the 1988 Spitak earthquake experience [3,5].

Name of the drug or accessory	Quantity
Blood	5000 liter
Medicine droppers	3750 pcs
Syringes	10000 pcs
Needles	20000 pcs
Pain Relief and other Medications	
Analgin;	1000 bundles with 10 ampoules
Promedol;	1250 package
Physiological solution	2500 bottles
Ringer solution;	1200 bottles
Pilglyukin	2500 bottles
Reopoliglyuks	750 bottles
Glucose solution	1250 bottles
Manitol;	250 bottles
Vitamin C;	250 bottles
B1, B6 vitamins;	125 package
Lasix	250 ampoules
Bandage	15000 pcs
Gauze	2500 metr
Gypsum	250 kg
Splint	250 pcs
Iodine solution	25 liter
Hydrogen peroxide	50 liter
Stretchers	250pcs

Assessment of damage to different types of residential buildings and number of possible human losses.

Damage to various types of residential buildings common in the Southern Caucasus and the number of victims with an earthquake intensity of 8-10 units was predicted based on statistics from the 1988 Spitak earthquake [5,7]. For the assessment of damage degree five point scale was used [5]. The number of victim in day-time and night-time was calculated (table 3).

Table 3. The degree of damage of different types of residential buildings depending on the intensity of the earthquake and the number of possible victims on the base of 1988 Spitak earthquake statistical data.

N	Types of residential buildings, story and number of apartments	The degree of damage(D) of different types of residential buildings depending on the intensity (EMS-98) and number of victim's* V_d -in day, V_n -in night) in a collapses building								
		8 unit			9 unit			10 unit		
		D	V_d	V_n	D	V_d	V_n	D	V_d	V_n
Multistory buildings										
1	Large-panel 9-storey buildings, 36 apartments	1		0	2	0	0	-	-	-
2	Large-panel 6-storey buildings, 24 apartments	1		0	2	0	0	-	-	-
3	Frame-panel 5-storey buildings, 20 apartments (build up to 1991)	1		0	5	54	108	-	-	-
4	Frame-panel 5-storey buildings, 20 apartments (build up to 1991)	1-2		0	4	30	60	-	-	-
5	Frame-panel, 14-storey buildings, 48 apartments (build up to 1991)	2		0	4-5	72	144	-	-	-
6	Stone 5 storey buildings of series A-450, 60 apartments (build up to 1991)	2		0	3-4	63	126	5	90	180
7	Stone 5 storey buildings of series A-451, 90 apartments (build up to 1991)	2		0	3-4	95	189	5	135	270
8	Buildings, constructed by the "floor lifting" method, 16-storey, 128 apartments (build up to 1991)	-		-	3-4	134	269	-	-	-
9	Buildings, constructed by the "floor lifting" method, 10-storey, 80 apartments (build up to 1991)	-		-	5	120	240	-	-	-
Apartments										
10	Stone 1-2 storey buildings with sand-clay and lime mortar without metal (1000 apartments)	-3		0	3-4	30	60	5	100	200
11	1-2 storey stone buildings with concrete mortar and metal (1000 apartments).	-2		0	2-3	15	30	3-4	50	100

References

1. Krimgold. F. Economic and social impacts of Armenian earthquake. Earthquake Engineering. // Tenth World Conference. Rotterdam, 1994, pp. 221-230
2. Nazaretyan S.N., Nazaretyan S.S. The Public and Liquidation of Consequences of Seismic Catastrophe. Engaging the Public to Fight the Consequences of Terrorism and Disasters.// IOS Press, NATO Science for Peace and Security Series, Vol. 120, Netherlands, 2015, pp. 250-256.
3. Nazaretyan S. The 1988 Spitak earthquake in photos, facts and comments. // Yerevan, publishing house, «Gitutyun-Science» National Academy of Science RA, 2018, 140 p.
4. Баласаян С. Ю., Назаретян С. Н., Амирбекян В. С. Сейсмическая защита и ее организация. // Изд. Эльдorado, 2004, 440 с.
5. Назаретян С.Н. Сейсмическая опасность и риск территории городов зоны Спитакского землетрясения 1988 г. // Изд. "Гитутюн" НАН РА, Ереван, 2013, 201 с.
6. Назаретян С.Н., Мхитарян К.А., Назаретян С.С. Оценка опорных данных для для организации и планирования спасательных работ при сейсмической катастрофе. // "Кризисное управление и технологии" N1(2), Ереван, 2011, с. 248-252.
7. Трагедия Спитака не должна повториться. // (редак. Э.Е. Хачияна). Изд. „Воскан Ереванци“, Ереван, 1998, 481с.

METHODOLOGY FOR PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF A STRONG EARTHQUAKE IN ARMENIA

Nazaretyan S.N., Mkhitaryan K.A., Nazaretyan S.S.

Territorial Survey for Seismic Protection of MES RA, Yerevan, Armenia

Summary: Based on the analysis of statistical data on the effects of the earthquake in Armenia, the authors developed technologies for the express preliminary assessment of the following important parameters of the destruction zone: the boundaries and the most heavily affected settlements; the scale of the destruction of buildings; destruction of main lifelines, human losses. In our opinion, these technologies can also be used for the countries in the territory of the South Caucasus.

Key words: assessment, material losses, victims.

After a strong earthquake, there is an urgent need to carry out preliminary assessment of some important parameters of the destruction zone for the organization of rescue operations. The first stage, concerns the determination of the parameters of the destruction zone, the most affected settlements, the extent of the destruction of buildings, human losses, the areas of damaged main lifelines [2,4,6.]. The methods developed are based on the statistical data on the consequences and effects of strong earthquakes in Armenia and on the results of analysis of these data.

Determination of the area of destruction and the most heavily affected settlements.

Problem is implemented on the basis of coordinates of the epicenter, magnitude and isoseist models. Based on the analysis of the isoseist maps of 14 earthquakes in the territory of Armenia with an intensity of 6 or more by EMS-98 scale, the average and maximum radii of the isoseist models of earthquakes with an intensity of 9 and 10 t are calculated (table 1).

Table 1. Maximum and average radii of statistical models of the isoseist of strong earthquakes in the territory of Armenia [5,6].

Earthquake intensity at the epicenter	Iseoseists axis	Maximum and average radii of isoseist axes in km					
		10		9		8	
		Max.	<u>Mav.</u>	Max.	<u>Mav.</u>	Max.	<u>Mav.</u>
10	Large	27	20	100	48	130	63
	Small	10	6	35	18	65	30
9	Large	-	-	13	9	20	22
	Small	-	-	5	4	10	15

The scale of the destruction of the buildings.

The 1988 Spitak earthquake caused noticeable damage to buildings located in the zone of intensities higher than 7 (by EMS-98). Large-scale destruction was determined by the 8-9 and greater intensity

shaking) [3,7]. More than 50% of residential areas were destroyed in the 9-intensity zone, and 100% in the 10-intensity zone. The most likely destruction included: multi-storey (5 and more) residential buildings, public buildings (educational, health, department stores), buildings of factories build in 1957-1991(Soviet period) [3,5]. Damages to 1-2-storey private stone houses built with concrete mortar were relatively low even in the 9-intensity zone. Among the state-sector constructions, 9-storey frame buildings appeared the most vulnerable: 85% of those buildings collapsed immediately after the intensity 9 shaking, and the remaining 15% became unsuitable for rehabilitation. The 9-storey large-panel buildings withstood the same intensity shaking, and had damages of Categories 1 or 2. Taking into consideration the earthquake damage statistics for different types of buildings within the same intensity zone, specialists of the Seismic Survey of the MES of the Republic of Armenia compiled diagrams of damage of five common types of buildings in the earthquake zone depending on the earthquake intensity (figure # 1). This is a very important data for seismic vulnerability assessment of multi-apartment buildings, as in practice other methods and calculations cannot offer a reliable assessment of the seismic vulnerability of poorly constructed buildings.

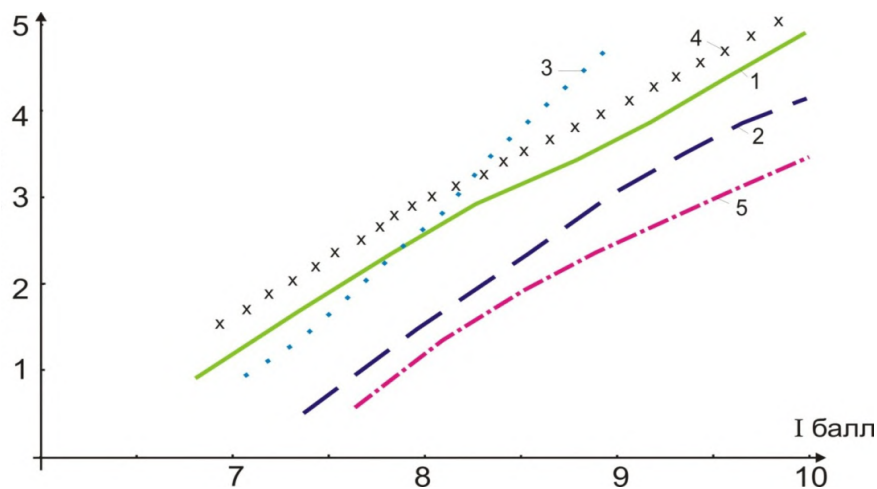


Fig. 1. Damage statistics data for various types of residential buildings in the 1988 Spitak earthquake depending on seismic intensity) [3,5]. Type of buildings: 1-Stone 1-2 storey buildings with sand-clay and lime mortar without metal; 2-stone 1-2 storey buildings with concrete mortar and metal; 3- frame-panel 4-12-storey buildings; 4- stone 4-5 storey buildings of series 450 and 451; 5-Large - panel multi-storey buildings.

Destruction of lifelines.

Urban infrastructure is significantly damaged, from the intensity 8 EMC-98. Railways and highways, gas pipelines, high-Voltage lines, and water supply lines are damaged from the intensity 9 (table 2). Possible damage of external lifelines ar given in table 3:

Table 2. Estimated data on damages to the infrastructure caused by earthquake intensity of 8-10 by EMS-98 scale [5].

N	Infrastructure elements	Damage level at earthquake intensity by EMS-98		
		8	9	10
1	Water lines	weak	average	strong
2	Sewer lines	weak	average	strong
3	Power cables (10 000-30 000 V)	average	strong	strong
4	Medium pressure gas lines	average	strong	strong
5	Cables of Telephone lines	average	strong	strong
6	Streets	average	strong	strong

Table 3. Estimated data on damages to the external lifelines caused by the earthquake intensity of 8-10 by EMS-98 scale [5].

N	Lifelines	Damage level at earthquake intensity by EMS-98		
		8	9	10
1	Water pipes	weak	average	strong
2	Sewer lines	weak	average	strong
3	High Voltage Power Lines	weak	average	strong
4	Gas supply pipelines	weak	strong	strong
5	Cable telecommunication lines	weak	strong	strong
6	Railways	weak	weak	average
7	Highways	weak	weak	average

Assessment of human losses.

The number of earthquake victims depends on many factors. The most important are: number of destroyed buildings, time and season of the year, rescue potential, public preparedness, degree of preparedness of the local authorities to manage rescue operations. The main victims at night-time are in multi-apartment buildings, and in the day-time in multi-apartment buildings, in educational institutions, hospitals, department stores, factories, etc) [1,5]. On the base of statistical data of the 1988 Spitak earthquake to assess the number of victims in one destroyed apartment, it is necessary to 2.0-2.5 people in one destroyed flat in the day-time. At night, the number of victims will be even greater, about 3 people. According to the same statistics, with 10 victims, there will be 15 injured to be hospitalized.

References

1. Krimgold. F. Economic and social impacts of Armenian earthquake. Earthquake Engineering. // Tenth World Conference. Rotterdam, 1994, pp. 221-230
2. Nazaretyan S.N., Nazaretyan S.S. The Public and Liquidation of Consequences of Seismic Catastrophe. Engaging the Public to Fight the Consequences of Terrorism and Disasters.// IOS Press, NATO Science for Peace and Security Series, Vol. 120, Netherlands, 2015, pp. 250-256.
3. Nazaretyan S. The 1988 Spitak earthquake in photos, facts and comments. // Yerevan, publishing house, «Gitutyun-Science» National Academy of Science RA, 2018, 140 p.
4. Баласаян С. Ю., Назаретян С. Н., Амирбекян В. С. Сейсмическая защита и ее организация. // Изд. Эльдorado, 2004, 440 с.
5. Назаретян С.Н. Сейсмическая опасность и риск территории городов зоны Спитакского землетрясения 1988 г. // Изд. “Гитутюн” НАН РА, Ереван, 2013, 201 с.
6. Назаретян С.Н., Мхитарян К.А., Назаретян С.С. Оценка опорных данных для для организации и планирования спасательных работ при сейсмической катастрофе. // “Кризисное управление и технологии” N1(2), Ереван, 2011, с. 248-252.
7. Трагедия Спитака не должна повториться. // (редак. Э.Е. Хачияна). Изд. „Воскан Ереванци”, Ереван, 1998, 481с.

EFFECT OF SOLAR FORCES ON EARTHQUAKES

Nurtaev Bakhran

Institute of Helioclimatology, Frechen, Germany

nurtaev@gmx.net

Summary: *Information about effect of solar forces on global seismicity are presented.*

Key Words: *solar activity, earthquakes.*

The sun radiates energy uniformly in all directions and the Earth intercepts and receives part of this energy during rotation around the sun. The source of almost all the energy on Earth is the sun. Changes in the Earth's system atmosphere, hydrosphere, biosphere and lithosphere (sedimentary rocks) depend on continuous stream of particles flowing outward from the Sun.

Sun loses about 5.5 million tones of mass every second or about 174 trillion tones of mass every year.

1. The radiation pressure of sunlight.

The radiation pressure of sunlight on earth is equivalent to that exerted by about a thousandth of a gram on an area of 1 square meter (measured in units of force: approx. $10 \mu\text{N}/\text{m}^2$).

Taking into account Earth's surface area – 510 072 000 km^2 , the total pressure acts on the surface of the earth with force of many billions kg/force in year.

Thus, the solar radiation reaching Earth's upper atmosphere exerts a pressure (force) of sufficient magnitude to perturb equilibrium of the Earth's tectonic plates.

2. Magnetic field of earth.

The continuous stream of solar particles (solar wind) pushes Earth's magnetic field. As a result, the geomagnetic field, acting as an electromagnetic barrier, is compressed in the direction towards the Sun and is stretched into a (tail) in the direction away from the Sun. Fluctuations in its speed, density, direction, and entrained magnetic field strongly affect Earth's local space environment.

The pressure of the solar wind on Earth's magnetic field compresses the field on the dayside of Earth and stretches the field into a long tail on the nightside. On the dayside of Earth, rather than extending to infinity, the magnetic field is confined to within about 10 Earth radii from the center of Earth and on the nightside, the field is stretched out to hundreds of Earth radii, well beyond the orbit of the moon at 60 Earth radii.

The interaction between the solar wind and Earth's magnetic field, and the influence of the underlying atmosphere and ionosphere, creates various regions of fields, plasmas, and currents inside the magnetosphere such as the plasmasphere, the ring current, and radiation belts.

3. Gravity changes

Gravity change also deforming the Earth and cause earthquakes. Einstein envisioned gravity as a bending of space-time by mass. The geodetic effect is the warping of space and time by the gravitational field of a massive body (in this case, Earth).

GRACE detected a migration pattern of gravity changes due to deep and crustal processes a few months prior to the 2011 Tohoku (Japan) earthquake [Panet et al.2018].

Most earthquakes occur along the edge of the oceanic and continental plates.

Sediment transport is the movement of solid particles due to a combination of gravity acting on the sediment and the movement of the fluids in which the sediment is entrained. The force of gravity acts to move the particles along the sloping surface on which they are resting. Sediment transport due to fluid motion occurs in rivers, oceans, lakes, seas, and other bodies of water.

The aim of this study, to identify the Sun generated forces contribution on total amount of earthquakes occurred on the Earth. As a main physical value of presented forces effected on the Earth was chosen Total Solar Irradiance.

World quakes growth trend over the period 1700-2010 can be described as:

$$Eq=7E-08e^{0,01x}$$

Relationship between solar activity and global seismicity in 1680-2012 reveals a good correlation:

$$EQ= 33,45TSI - 45667, r = 0,79.$$

-where Eq-amount of significant World quakes, TSI-total solar irradiance in W/m², r – correlation coefficient.

Geomagnetic activity.

Relationship of earthquakes from aa-index over the period of instrumental observation 1867-2008 shows also good correlation:

$$EQ = 1,15aa + 0,55; r= 0,75$$

References

Panet I., Bonvalot S., Narteau C., Remy D., Lemoine J. M. Migrating pattern of deformation prior to the Tohoku-Oki earthquake revealed by GRACE data. // Nature Geoscience, 11(5), 2018, 367.
<https://doi.org/10.1038/s41561-018-0099-3>

LANDSLIDES TRIGGERED BY DISTANT EARTHQUAKES IN CENTRAL ASIA

Nurtaev B.S., Kurbanova D.U.

*Institute of Geology and Geophysics, State Committee on Geology and Mineral Resources of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan*

Summary: *Acquiring data on the triggers of slope failures, such as intensive snow falls, earthquakes and melting snow are essential to understand the mechanism of the failure and predict future natural hazards. Sudden landslides formed simultaneously in different areas triggered by deep foci Pamir-Hindu Kush earthquakes create great danger in the foothill areas of the Central Asian region. The role of distant deep-foci Pamir-Hindu Kush earthquakes as a "trigger" for formation and mechanism in dispersive soils under the influence of prolonged, low-frequency vibrations is examined. Microseismic measurements on 7 landslide sites (by Nakamura method) mainly on landslide sites with a depth of 17-30 m showed the dominant frequency characteristics 1.5-2.2Hz, which coincide with the dominant frequency of deep-focus Hindu Kush earthquakes at these distances from source. Numerical simulation used to assess and comprehend the flow behaviour and some flow-like landslides backcalculated with RAMMS: HillSlope simulation tools.*

Key words: *earthquake, landslide, numerical simulation.*

Central Asia is particularly sensitive to the effects of natural and man-made climate change: the degradation of glaciers, landslides, the dying of the Aral sea and desertification. The effects, whether gradual or catastrophic, on the fragile economies of Central Asia countries, including Uzbekistan, can lead to the collapse of the socio-economic systems and infrastructures of these countries.

The area of the Republic of Uzbekistan is 450 thousand square kilometers of which 20% of total land is mountainous. Of that landslide prone zone, from 15,000 to 17,000 square kilometers is subject to the landslide disaster risk with a population of 3 million. The landslide hazard area includes more than 500 villages, 152 recreation facilities, more than 200 sites of roads and canals and more than 22 mines and water resource facilities. In Uzbekistan, from 100 to 300 active landslides and avalanches occur every year [6].

Acquiring data on the triggers of slope failures, such as intensive snow falls, earthquakes and melting snow are essential to understand the mechanism of the failure and predict future natural hazards. It is time to take a different view at the problem of seismic safety of mountain areas. It is necessary to amend seismic hazard maps with the probability estimate of dangerous slope processes and take it into account at the identification and calculation of seismic risks. It is especially relevant to mountain river valleys with the existing and planned cascades of hydro-technical facilities.

In Uzbekistan, the influence of earthquakes in the formation of landslides has gained little attention, mostly because the studies focused on the role of rainfall and groundwater in the formation of new landslides. For the Central Asian region the largest center of seismic activity is the zone of Pamir-Hindu Kush deep-earthquakes[5]. Every year in this area occur about 200 earthquakes at depths of 180-250 km and 35-40% of it occurs in the spring. Some events are reaching M-7 and in the Central Asia territory, they produce ground motions such as 3-4 MSK units of intensity (Fig.1). Among the four known intercontinental zones where earthquakes occur in intermediate focal depth (Burma, Romania, Spain and the Pamir-Hindu Kush), the latter is the most active and best covered by instrumental measurements and fairly well understood. Comparative analysis of time synchrony of Pamir-Hindu Kush earthquakes and forma-

tion of large landslides in the period from 1969 to 2018 showed that more than 200 cases of landslides formed in South Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan [7,8].

Landscape sensitivity, in terms of the degree to which it can cope with these rates of change, should therefore be considered as a consequence of combined changes in the preparatory factors (e.g. precipitation events, antecedent groundwater conditions) and triggers (e.g seismic vibrations at this time). Relationships between rainfall patterns and slope instability are reported in the literature for a range of slope failure mechanisms and climates[2]. These studies demonstrate the importance of considering the likely impact of future climate change on slope instability. However, triggers and antecedent rainfall thresholds are highly site-, region-and material-specific and therefore it is not possible to use studies reported in the literature as a guide to future behaviour of other landslides in regions that experience different climates and triggers.

The mechanism of the effects of climate change to the growth in the number of landslides at the turn of the twenty-first century is connected with the increased frequency of turnover of wet and dry years, number of years, when the amount of precipitation in preceding period between November and February was more than 550-600mm. In March – April heavy rainfalls fall more often around 30-40 mm, for a few hours with an intensity of 8-15 mm / hour. Increased cases where the value of rainfall for two – three days was 90-110 mm. This large volume of precipitation was significant enough to saturate the soil or weathered rock, and the higher water table thus contributed much to soil (debris) flows and made steep slopes potential to fail after earthquake shaking.

Seismic effect of the impact was determined by the parameters of amplitude, dominant frequency and duration of vibrations [3]. The latter factors could be decisive for the stability of slopes in the wet spring season, but short-term impact with high frequency, even with very high acceleration may be not dangerous. Therefore, drop-out of abnormally large amount of precipitation or severe earthquake in this region may not cause landslide, and may form several landslides. Much depends on whether the slope has reached a critical state of stability.

For the main part seismically generated landslides usually do not differ in their morphology and internal processes from those generated under non-seismic conditions. However, they tend to be more widespread and sudden. Almost every type of landslide is possible, including highly disaggregated and fast-moving falls; more coherent and slower-moving slumps, block slides, and earth slides; and lateral spreads and flows that involve partly to completely liquefied material Features of combination of two external spatial factors (atmospheric) rainfall and earthquakes on the time and place of formation of the local slope of the landslide have a very complex relationship. Since the seasonal conditions of moisture saturation of slopes can increase its susceptibility to seismic vibrations for the orders.

For example, three groups of landslides were considered. The first – massive landslides in wet years with frequent earthquakes. The second – mass manifestation of landslides in wet years, but with the lack of strong earthquakes. The third one – activation of man-made major landslides at earthquakes vibrations.

This study shows the relationship between the timing of large landslides and formation of mud flows in the mountainous areas of Central Asia to the timing of long-duration, low-frequency distant Pamir-Hindu Kush earthquakes. Fifty-six cases of landslide liquefaction, extrusion, and mud flows at the time of earthquakes were found in which there are complex relationships between precipitation and earthquakes, in the time, place and mechanisms of the landslide development.

The main risk of landslides and mud flows caused by the Pamir-Hindu Kush earthquakes is in the suddenness of their formation, and it is very difficult to predict their place and time. As a result, it is suggested that agencies devote more attention and resources to early detection, warning, and loss prevention of landslide hazards associated with Pamir-Hindu Kush earthquakes [5].

Landslides are one of the most damaging collateral hazards associated with earthquakes. In fact, damage from triggered landslides and other ground failures has sometimes exceeded damage directly related to strong shaking and fault rupture. Seismically triggered landslides damage and destroy homes and other structures, block roads, sever pipelines and other utility lifelines, and block stream drainages. Predicting where and in what shaking conditions earthquakes are likely to trigger landslides is a key element in regional seismic hazard assessment.

Factors contributing to slope failure at a specific site are generally complex and difficult to assess with confidence; therefore, regional analysis of a large group of landslides triggered in a well-documented earthquakes is useful in estimating general conditions related to failure.

Landslides can occur during an earthquake where shaking reduces the strength of the slope. A preliminary comparative analysis of the synchronicity in time of deep foci Pamir – Hindu Kush earthquakes and the dates of formation of large landslides in the period from 1969 to 2017 showed that more than 100 cases of landslides formed in the south of Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan. These earthquakes in the Central Asia territory induced low-frequency (1-5 Hz) prolonged (2-3 min) ground motions and in the spring time on the moist slopes causes processes of compaction, liquefaction and displacement of loess soils. Complex relationship of two spatial factors – precipitation and earthquake to origin time, place and mechanism of landslides, occurred in last years in Central Asia, are presented in examples. Seismically generated landslides usually do not differ in their morphology and internal processes from those generated under non-seismic conditions. However, they tend to be more widespread and sudden. Thus, even a small earthquake, although its consequences are not considered by building codes, can lead to adverse effects and have catastrophic consequences. A relatively modest Gissar earthquake of 1989 with the magnitude of $M=5.5$ triggered the liquefaction of loess soils resulting in landslides and a huge (3.5 km) debris-flow on a slope with the gradient of only $5-6^0$. This led to 274 human casualties [5].

The analysis of a specific site generally usually requires a probabilistic approach, but a deterministic check on the resulting decision is appropriate. Generally many tectonic faults and unidentified seismic sources contribute to the seismic hazard and risk at a site, and the integration of these through a probabilistic analysis provides the most insight.

These phenomena can lead to changing of earthquake hazard assessment results and constitutes a major portion of the seismic risk to the structures. Sometimes it required reconsideration of seismic zoning maps for providing seismic safety of constructions.

A complex of geophysical work was carried out to study the structure of the site, to identify waterlogged zones, and the propagation velocities of longitudinal and transverse waves were determined. Seismometric measurements were carried out with digital seismic station CMG-6TD, manufactured by Guralp. We determined the frequency of oscillations (F_0), the ratio of the horizontal to vertical spectra (HVSP) and seismic liquefaction factor (K_g) in 7 landslide sections at 60 points.

Microseismic measurements on 7 landslide sites by Nakamura method [4] showed the dominant frequency characteristics 1.5-2.5Hz, which coincide with the dominant frequency characteristics of deep-focus Hindu Kush earthquakes (Table 1). The exception is the landslide Old Station, where the frequency characteristics do not match, because the thickness of the dislocating layer of this landslide is more than 100 m.

Table 1

Year	Date	M	T,sec	f,hz	Site	H ,m	Volume, m ³	f ,Hz
1995	16.05	5.9	130	1.3-2.4	Naugarzan	30	20 mln.	1.7
2011	21.03	5.8	120	1.5-2.5	Old station	100	120 mln.	1.1
2012	23.03	4.4	120	1.5-2.5	Altynbel	20-24	1.8 mln.	1.9
2013	04.04	5.4	150	1.5	Parkent	20-22	250 thous.	1.45
2016	17.01	5.0	130	1.3-2.5	Karagli	18-23	1.8 mln.	-
2017	17.04	5.1	120	1.8	Dovut	5-8	4.5 mln.	-
2018	24.03	5.1	95	2.1	Achiyak	17-22	86 thous.	2.2-2.5

The mechanism of displacement of landslides during earthquakes is characterized by almost simultaneous deformation of rocks throughout the landslide area. Liquefaction of soils occurs in thin layers inside the massif or the entire mass, with the simultaneous appearance of a large amount of water on the area of

the landslide. At some sites, the first signs are temporary springs, cracks, and settling of the ground surface above cavities, i.e. there is first a vertical deformation, which disrupts the movement of groundwater. Then, there is subsurface erosion, the water issuing from springs becomes turbid, and within 5–10 days flows occur. Under the influence of low-frequency, long-term seismic vibrations, landslides such as block slides, liquefaction and mud flows are generated. For extrusion types of landslides, the beginning of their formation is always associated with a seismic impact. These are deep, long, large-scale landslides with bulging ridges in the floodplains of gullies and a graben-like wall of separation at the top of the slope. They are formed in old and ancient landslide hollows. All investigated in this paper landslides are characterized by a one-time simultaneous displacement, occurred at dominant frequency of earthquakes vibrations 1.5–2.5 Hz and duration nearly 180 s.

Modeling of flow-like landslides is one of the possible approaches that can be used to simulate landslide instability and flow development. Large landslides often assume a complex behaviour showing a continuum passage from sliding to flowing. Numerical simulations can be used to assess and comprehend the flow behaviour of flow-like landslides. These models can also predict landslide runout and runup to perform an hazard zonation. The landslide Khandiza in South Uzbekistan is located close to village Khandiza. The beginning of the landslide movement was recorded on March 31, 2017, when mudflow with volume of 1.8 million m³ occurred. During 22 hours the mass of loess soil with a height of 3 to 5 m moved for a distance of 110 m. 257 persons living in the expected hazard zone (66 houses) were temporarily evacuated. Within the next 3 days (April 3) the landslide moved for a distance of 230 m, with heights up to 10m, destroying a school building. Within another 3 days (April 6) the landslide reached the river and covered half of it's bed. The landslide soil was partially washed away by the the main river and was moved by excavators in order to prevent the full blocking of the river bed. The overall runout of the mudflow within 18 days was 2200 m.

Khandiza 2017 mud flow events in Uzbekistan was back calculated with RAMMS: HillSlope simulation tools[1]. These results are based on the assumption that the entire landslide fails instantaneously and not progressively as a sequence of smaller landslides with barriers over a longer period of time, so predicted the trajectories, runout distances, but not the velocities of such processes (Fig. 1).

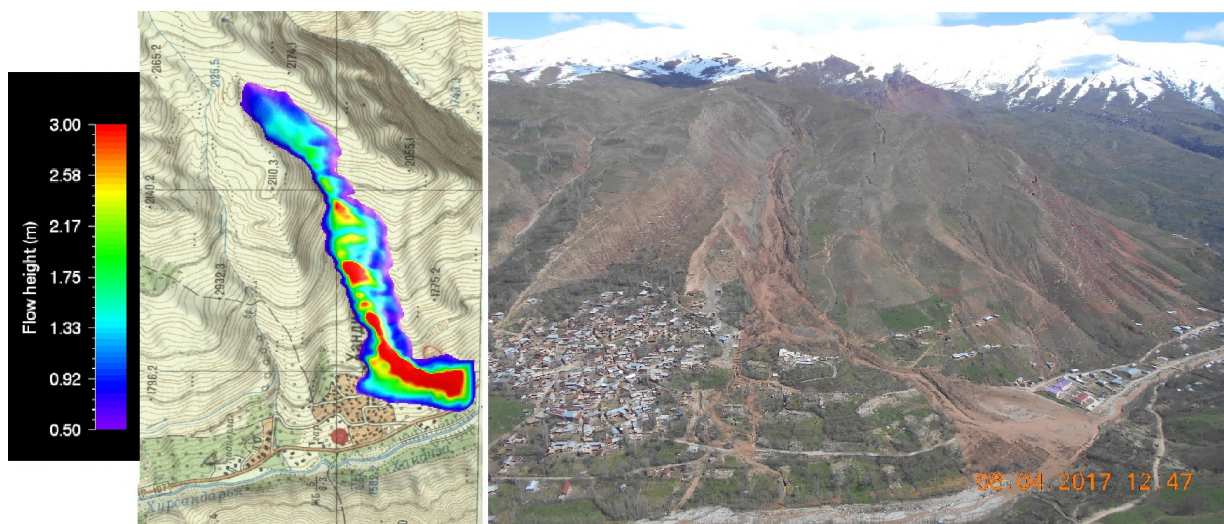


Fig. 1. Best-fit results of the mudflow event Khandiza, simulated with RAMMS: HillSlope.

Generally the runout prediction of simulation model for the Khandiza mud flow event show plausible result as compared to the observed deposition zones. These vital output parameters can be used to provide insight of the event and extent of run out zone of future potential flows. However, more case studies have to be conducted to develop a more comprehensive recommendation for modeling the runout of mud flows in natural terrain.

References

1. Christen M., Bühler Y., Bartelt P., Leine R., Glover J., Schweizer A., Graf C., McArdell B. W., Gerber W., Deubelbeiss Y., Feistl T., Volkwein A. Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool “RAMMS” for gravitational natural hazards. // edited by: Kobltschnig, G., Hübl, J., and Braun, J., 12th Congress INTERPRAEVENT, 23–26 April 2012 Grenoble, France, Proceedings, Vol. 1, Klagenfurt, International Research Society INTERPRAEVENT, 2012, pp.77–86.
2. Del Gaudio V.A., Wasowski J.B. Advances and problems in understanding the seismic response of potentially unstable slopes. // Eng. Geol., 122(1–2), 2011, pp.73–83
3. Hata Y., Wang G., Kawai K. Preliminary study on contribution of predominant frequency components of strong motion for earthquake-induced landslide. // Eng. Geol. Soc. Territory 2, 2015, pp. 685–689.
4. Nakamura Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. // Q. Rep. Railway Tech. Res. Inst., 30,1989, pp. 25–33
5. National Geophysical Data Center // World Data Service (NGDC/WDS), Significant Earthquake Database, National Geophysical Data Center, NOAA, doi:10.7289
6. Niyazov R.A., Nurtaev B.S. Landslides of liquefaction caused by single source of impact Pamir-Hindu-Kush Earthquakes in Central Asia. // In: Sassa et al (eds) Landslide Science for a safer geoinvironment, vol.3, Springer-Verlag, Switzerland, 2014, pp.225-232.
7. Niyazov R., Nurtaev B. The Role of Simultaneous Impact of Exogenous and Endogenous Forces in Landslide Process Activation. // In: Mikoš et al (eds). Advancing Culture of Living with Landslides, Vol. 4, Springer, 2017, pp. 5–14.
8. Torgoev A., Lamair L., Torgoev I., Havenith H-B. A review of recent case studies of landslides investigated in the Tien Shan using microseismic and other geophysical methods. // In: Earthquake-induced landslides, Springer, Berlin, 2015, pp.285–294.

ახლო ქვეზედაპირული განთავსების სამარხ/საცავთა მონიტორინგი სეისმოაქტიურ ტერიტორიაზე

ოდელავაძე დ., ლლონტი ნ., თარხან-მოურავი ა.

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: მომწამლავ ან რადიოაქტიურ სამარხ/საცავთა მონიტორინგი საშუალებას იძლევა გამოავლინოს მინისქვეშა განთავსების ნაგებობების მდგომარეობის მთლიანობის დარღვევის ნიშნები დააფიქსიროს და დაადგინოს მათი უარყოფითი გავლენა. სამარხ/საცავთა არაინვაზიური მონიტორინგის საშუალებას იძლევა ისეთი მძლავრი გეოფიზიკური მეთოდი, როგორც არის გეორადიოლოკაცია. საქართველოში გეორადიოლოკაციური მეთოდით გეორადარ Zond 12e-ის გამოყენებით, მონიტორინგის მიზნით, გამოკვლეულ იქნა გარემოს დამაბინძურებელი მასალების სამარხ/საცავი და აღმოჩენილ იქნა კონსტრუქციის მთლიანობის დარღვევის ნიშნები. შესაბამისი ორგანოების მიერ დაზიანებულ სამარხ/საცავებში გატარებული სარემონტო ღონისძიებების შედეგად, შემცირებულ იქნა გარემოს დამაბინძურების რისკის საშიშროება.

საკვანძო სიტყვები: დამაბინძურებელი მასალების სამარხი/საცავი, გეორადარი „ზონდ 12-ე“ (Zond 12e) გეორადიოლოკაციური (GPR) მონიტორინგი.

შესავალი

საქართველოს რესპუბლიკის საბჭოთა კავშირის შემადგენლობაში ყოფნის დროს, საქართველოს ტერიტორიაზე ხორციელდებოდა სპეციფიკური საკვლევი და სანარმოო დანიშნულების სამუშაოები, რომელთა შედეგად წარმოიშობოდა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებული საგნები, მასალები და სხვა. ვინაიდან დაბინძურებული ობიექტები მოითხოვდნენ უტილიზაციასა თუ დასაწყობებას, შეიქმნა გარემო სივრცისაგან მათი უსაფრთხოდ გამოყოფისათვის დამცავი ნაგებობები. ასეთი ნაგებობებისათვის **გამოიყენებოდა დაცული ტერიტორიები, მათ შორის ყოფილი საბჭოთა სამხედრო ბაზების შემოღობილი სივრცეები**. საცავთა ფორმა და დანიშნულება იყო სხვადასხვა საჭიროების, როგორც მყარი, ასევე, თხევად მასალათა თუ მათგან დაბინძურებული საგნების დასაწყობებისათვის. მსგავს სიტუაციასთან მოგვიხდა შეხება აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ერთ-ერთი ყოფილი სჭოთა სამხედრო ბაზის საზღვრებში მყოფი სამარხ/საცავის მონიტორინგის დროს. მყარი ნარჩენების დასაწყობებისთვის გამიზნული მინისქვეშა ნაგებობისთვის ჩატარებული გეოფიზიკური/გეოელექტრული კვლევებიდან მოგვყავს გეორადიოლოკაციური [1,2,3] არაინვაზიური მეთოდით შესრულებული სამუშაოს შედეგების ნაწილი.

მასალები და მეთოდები

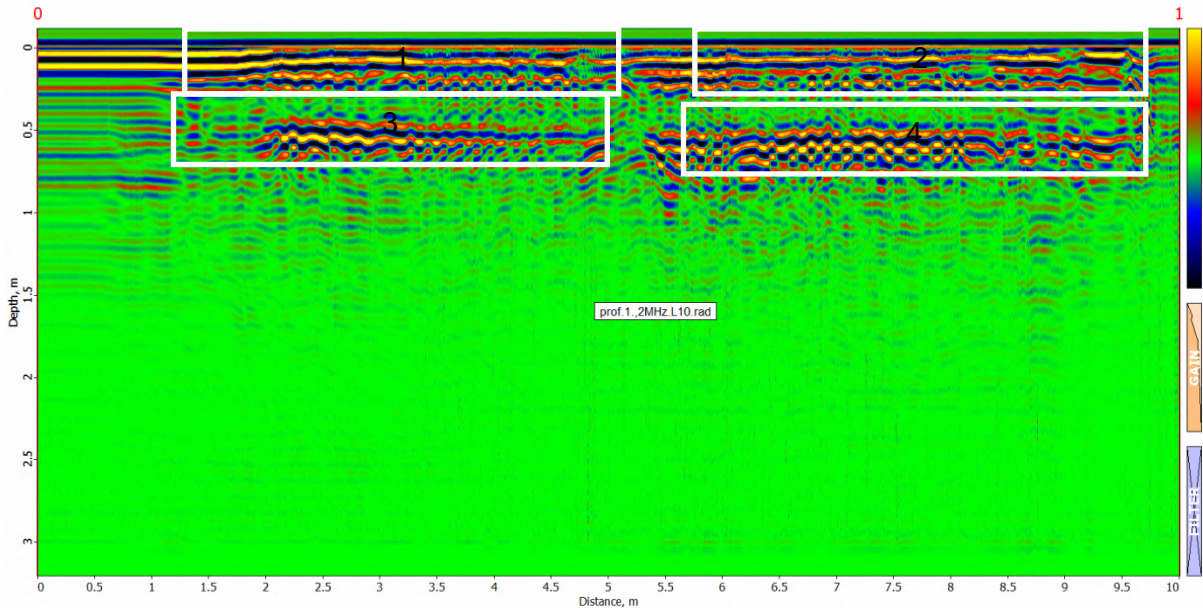
ახლო ქვეზედაპირული განთავსების სამარხი წარმოადგენს ბეტონის, 10-10 მეტრი სიგრძის სინკარის ტიპის ფილებით გადახურულ სივრცეს, შუაში ორი მხრიდან დაფენილს საყრდენ რიგელზე და პერიმეტრულად დაფუძნებულს ბეტონის ცოკოლზე.

სამარხის ნაგებობის სახურავის მთლიანობის გეორადიოლოკაციური კვლევისთვის [4,5,6.] გამოყენებულ იქნა გეორადარი „ზონდ 12ე“ თავისი საშტატო ზემალაღი სიხშირის 2გჰც ანტენით, მონაცემების მიღება-დამუშავება მოხდა გეორადარის საშტატო პროგრამული უზ-

რუნველყოფით „პრიზმ 2.5“ (“Prizm 2.5”). ახლო ქვეზედაპირული განთავსების სამარხის მიწისპირა ბიტუმით/ფისით დაფარული ბეტონის ფილებისგან შემდგარ სახურავზე გატარებულ იქნა 10-10 მეტრი სიგრძის ექვსი გეორადიოლოკაციური პროფილი.

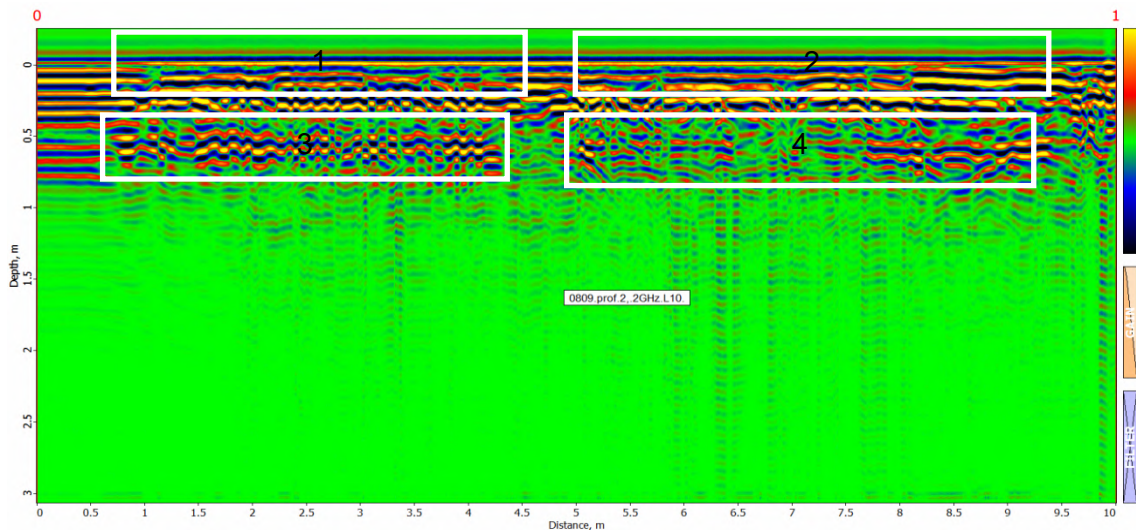
შედეგები და დისკუსია

გეორადარული პროფილების მონაცემების დამუშავებისა და ინტერპრეტაციის შედეგად გამოიკვეთა საცავის სახურავის კონსტრუქციული სახე. კერძოდ, საცავის ნაგებობის გადაფარვა/სახურავი შედგება არმირებული ბეტონის ორი პარალელური ერთმანეთის მიმართ ვერტიკალურად განლაგებული ფილებისგან, რომელთა შუაში განთავსებული უნდა იყოს დამცავი მასალის შევსებული არე.



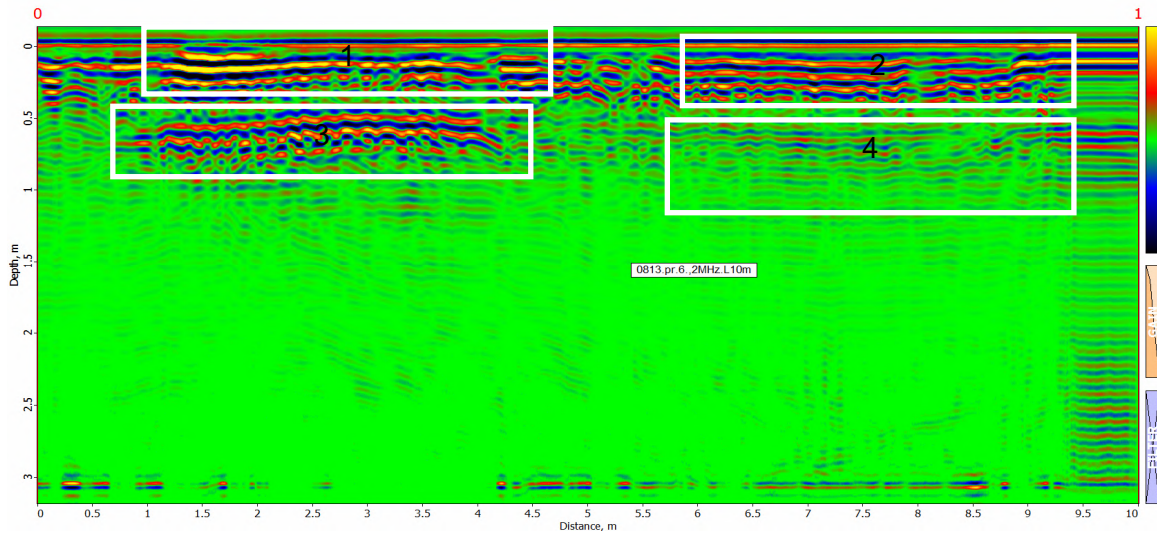
ნახ.1. რადაროგრამაზე წარმოდგენილია პროფილი-1 შესრულებული გეორადარ „ზონდ 12ე“, საშტატო ზემალალი სიხშირის 2გჰც ანტენით, პროფილის სიგრძე 10 მ.

ნახ.1 წარმოდგენილი რადაროგრამიდან ნათლად იკვეთება, რომ სახურავი/გადაფარვა შედგება 10 მ-იანი და ერთმანეთზე ვერტიკალურად განთავსებული არმირებული ფილების რადიოსახეებისგან. გამოვყავით ფილების მდებარეობა და შემოვაკონტურეთ მათი მარჯვენა და მარცხენა ნაწილები თეთრი მართკუთხედებით. სახეზეა ბეტონის დეზინტეგრაციის/დაშლის ნიშნები, რაც არღვევს ფილების მთლიანობას, მათ მონოლითურობას.



ნახ.2. რადაროგრამაზე წარმოდგენილია პროფილი-2 შესრულებული გეორადარ „ზონდ 12ე“, საშტატო ზემალალი სიხშირის 2გჰც ანტენით, პროფილის სიგრძე 10 მ.

რადაროგრამაზე, პროფილ 2-ის დამუშავებისა და ინტერპრეტაციის შედეგად ორივე ფილის ოთხივე ნაწილი შემოკონტურებულია თეთრი მართკუთხედებით. პირველი ფილის 2 ნაწილში აღინიშნება ძაბრის ფორმის დაშლის სახის არსებობა 7მ დისტანციაზე, ამავე დროს, მეორე ფილის ნაწილი – კონტური 4-ით შემოფარგლური ფილის მხარე ნახევრად დაშლილია 6 დან 8მ დისტანციების შესაბამის მონაკვეთზე, რაც შეიძლება მნიშვნელოვანი საფრთხის შემცველად იქნას აღქმული.



ნახ.3. რადაროგრამაზე წარმოდგენილია პროფილი-6 შესრულებული გეორადარ „ზონდ 12“, სამტატო ზემალალი სიხშირის 2გჰც ანტენით, პროფილის სიგრზე 10 მ.

რადაროგრამაზე, პროფილ-3 დამუშავებისა და ინტერპრეტაციის შედეგად, ორივე ფილის ოთხივე ნაწილი შემოკონტურებულია თეთრი მართკუთხედებით. ამავე დროს, მეორე ფილის ნაწილი 4-ით შემოფარგლური მხარე სრულიად დაშლილია, რაც შეიძლება უაღრესად მნიშვნელოვანი საფრთხის შემცველად იქნას აღქმული.

დასკვნა

მოტანილი პროფილების ინტერპრეტაციის შედეგად დგინდება, რომ არმირებული ფილებისაგან ფორმირებული საცავის სახურავის გადამფარავი ბეტონის ფილები შეიცავენ დაშლილ და არათანაბრად განლაგებულ არმატურას; სახეზეა ბეტონის მონოლითის დაშლის მკაფიო ნიშნები, ხოლო პროფ 6-ის მიხედვით მეორე, ქვედა ფილის ნახევრის არსებობა სრულიად არ აღინიშნება. ე.ი. იგი ან მთლიანად დეზინტეგრირებულია, ან ჩავარდნილია, ან არც დადებულია...

რეკომენდაცია: საცავი საჭიროებდა სასწრაფო სარემონტო დამცავი ღონისძიებების გატარებას.

დასასრულს ავლნიშნავთ, რომ გეორადიოლოკაციური მეთოდით მონიტორინგის რეკომენდაციის შედეგად მომწამლავ ნივთიერებათა შემცველი სამარხი/სათავსი გარემონტდა და დაფარულ იქნა 80 სმ სისქის რკინაბეტონის ფილით, რითაც აღმოიფხვრა სამარხის სახურავიდან გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების საფრთხის რისკი.

ლიტერატურა

1. Odilavadze D., Chelidze T., Glonti N., Kiria J., Tarkhishvili A. Physical modeling of the type "layer wedge" model in direct and reverse problems of georadiolocation. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXIX, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2018, pp. 44-61, (in Russian).

2. Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Physical modeling of lava tubes in the GPR. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2017, pp. 129-142.
3. Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Физическое моделирование георадиолокационного поля в прямой и обратной задачах электродинамики. // Geophysical Journal, V. 35, №4, Kiev, 2013, (in Russian).
4. ქელიძე თ. გეოფიზიკური მეთოდები ბუნების დაცვაში. //თბილისი, 2004.
5. Neal A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress Earth-Sci. // Rev. 66, 2004, pp. 261—330.
6. Sharma P.V. Environmental and engineering geophysics. // Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

SUBSURFACE MONITORING OF NEAR-SURFACE BURIAL SITES / STORAGEES IN SEISMICALLY ACTIVE TERRITORIES

Odilavadze D., Ghlonti N., Tarkhan-Mouravi A.

Summary: *Monitoring of toxic or radioactive burial sites / storages allows to detect signs of violation of the structural integrity of underground storages and to identify the possibility of their negative impact on the environment. In this case, we used a powerful geophysical method, such as GPR, which is a non-invasive method for monitoring underground structures including burials / storages. In Eastern Georgia, the GPR method using Zond 12e georadar was used to monitor the burial / storage of environmental pollutants in order to identify part of underground structures. Due to the conclusion of GPR monitoring, the risk of environmental pollution was reduced after the corresponding repair work on the burial / storage site.*

Key words: *Pollutant burial ground / storage, Georadar (GPR) monitoring with the Zond 12e.*

LABORATORY MODEL OF SELF-ORGANIZED CRITICALITY PARAMETRIC MODULATION AND THE RESULTS OF EXPERIMENTS FOR APPLICATIONS IN SEISMOLOGY

*Oragvelidze M., *Gheonjian L., *,**Paatashvili T.

* Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**Abastumani Astrophysical Observatory of Ilia State University, Tbilisi, Georgia

Summary: The paper represents the laboratory model of self-organized criticality parametric modulation for applications in seismology. The main characteristics of the Earth's seismic process show that earthquakes should be attributed to phenomena of self-organizing criticality. In accordance with this representation, an earthquake, or the energy discharge of fault, is an unpredictable phenomenon determined by entire system development. But periodic tension modulation can synchronize the triggering moments and change the behavior of system near the critical state. Earthquake statistics of Caucasus demonstrates such changes caused by tidal periodicities and indicates the existence of a class of natural phenomena of self-organized criticality with parametric modulation of criticality conditions. This class of phenomena was investigated and its existence was confirmed on the laboratory model by the use of sand avalanches in cylinder with modulated rotation. This model can serve as a basis for creating an idea of partial predictability of self-criticality. We represent the model and the results of criticality parametric modulation experiments.

Key words – self-organized criticality model; parametric modulation; critical state laboratory experiment.

1. INTRODUCTION

In the Caucasus we have all physical conditions for the existence of self-organizing criticality processes [1]. Also, the important factor determining the dynamics of this system is constant stress caused by tectonic plates; the variable tension caused by Earth luni-solar solid tide and revealed earthquakes tidal triggering synchronization mechanism [2]. The region represents a system of connected, continuously charging and changing their physical states “faults-relaxators”. The discharge of each fault-relaxator we observe as an earthquake. The power and time of discharges is determined by the evolution of the entire system, proceeds in accordance with the laws of self-organizing criticality, which in principle excludes predictability. However, tidal, or other external excitement can synchronize the time moments of discharges [2] and provide conditions for predictability. In general, external factors time behavior can be calculated or may be known.

The simple model is used to describe the principles of used triggering synchronisation approach. The stress $P(t)$ increases monotonically as time function, with constants P_0 – initial stress in start moment t_0 , and the stress rise velocity b . If the process undergo the influence of external variable stress with amplitude, frequency and phase, correspondingly a , ω and f , the resulting stress and the stress limit P_m , which determines the discharge time moment are connected by equation

$$P_0 + b(t - t_0) + a \cos(\omega t + f) = P_m .$$

The process is described more clearly, if we represent the equation in the form

$$b(t - t_0) = P_m - P_0 - a \cos(\omega t + f) .$$

The solutions of equations for relaxators with different start moments t_0 correspond to discharge moments. If one represents both parts of the equation graphically, the intersection of the graphs will correspond to the instants of the discharge time. Figure 1 demonstrates the process: inclined lines (3) correspond to a set of charge processes with different t_0 , sinusoid (1) – to variable external stress, horizontal line (2) – to stress limit. Solutions – discharge time moments, obviously reveal time “gaps” (4), or – time intervals when discharges are “forbidden” and critical, discharge time interval (5). Figure also demonstrates that the width of the time gap depends on the coefficient b – stress growth velocity.

This known approach underlies the nature of synchronization of the variety of technical devices. We found similar mechanism it in the synchronization of earthquakes [2], in phenomena belonging to the class of self-organizing criticality [1]. The model will help to take a fresh look at the predictability of self-organized processes and substantiate our and many other research projects.

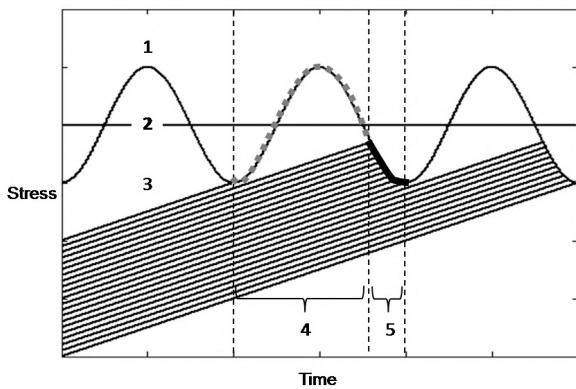


Fig 1.

Fig. 1. External synchronization of relaxator by quasi periodic modulation factor (1) of stress near the breaking limit value of charge process (2). Each relaxator (3) may exist and be charged inside time interval (4), and discharged in time interval (5).

2. THE MODEL

The model and the laboratory device should be as simple as the models and experiments of self-organizing criticality. Granular structures, in particular sea or river sand, are considered as the main working substances of experiments [3-9]. In some experiments, the criticality was studied with the help of a granular structure placed in a rotating cylinder [6-9]. This approach is acceptable for us – modulation of critical state can be carried out by modulating cylinder rotation speed.

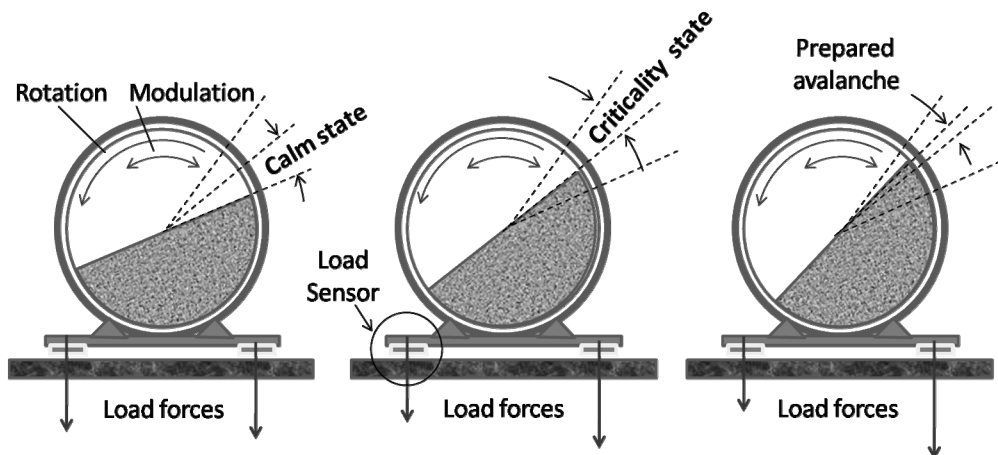


Fig. 2. Sand avalanche laboratory model for self-organized criticality parametric modulation study.

Fig. 2 represents our model and experiment. Left picture corresponds to calm state of sand; load sensors signals difference increases with rotation and is modulated by a variable speed of rotation. Central picture corresponds to the sand reached critical state; load forces difference corresponds to experiment start and time series minimum value. Right picture corresponds to self-organized criticality state – the avalanche grows and prepares for destruction; load forces difference reflects the growth process and avalanche mass.

Fig. 3 represents the example of experiment time series without rotation modulation. Sand avalanches are discharges of different weights sand relaxators. Their distribution form corresponds to self-organized criticality and distribution characteristic to earthquake Gutenberg-Richter law – Fig. 4.

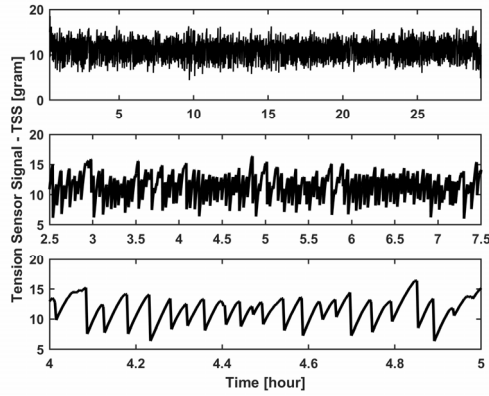


Fig. 3. Experiment time series examples, rotation without modulation

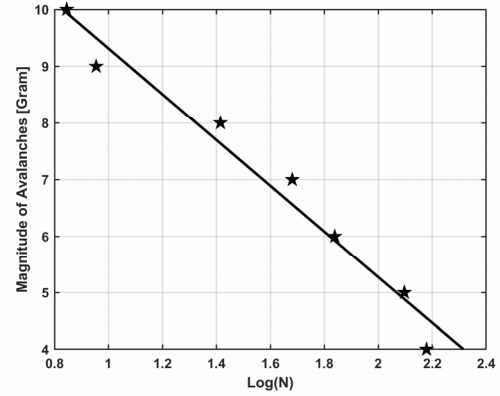


Fig. 4. Distribution of avalanches corresponds to self-organized criticality and distribution characteristic to earthquake Gutenberg-Richter law.

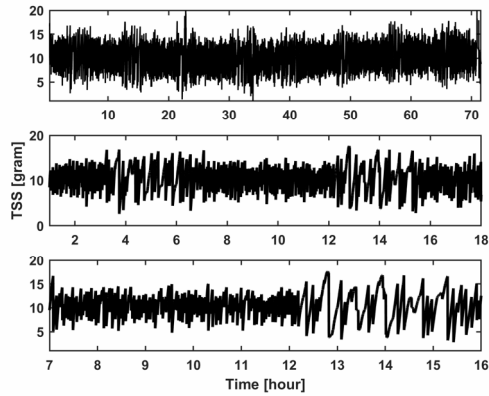


Fig. 5. Example of time series with modulation

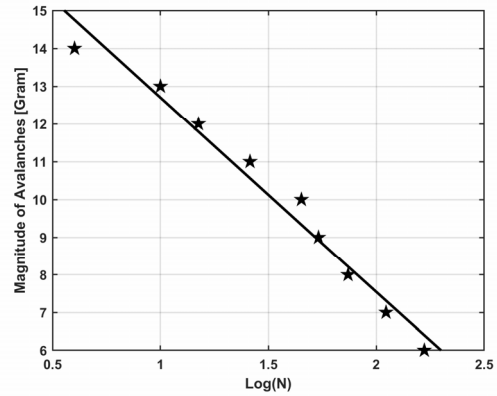


Fig. 6. Distribution of avalanches in experiment with modulation

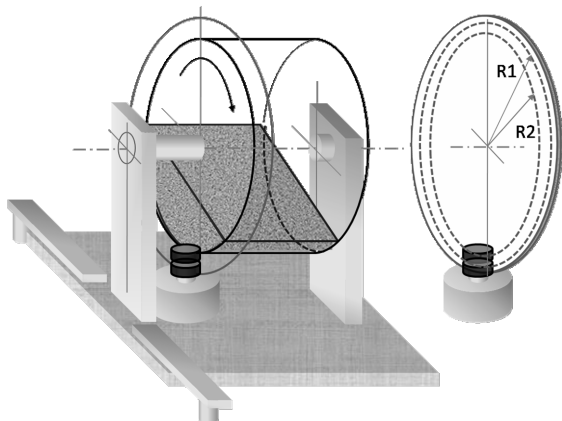


Fig. 7. Schematic representation of laboratory model.

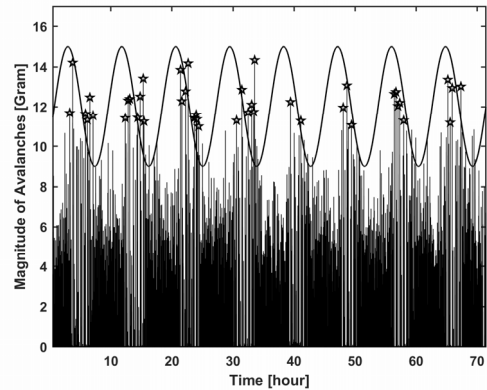


Fig. 8. The evidence of avalanche triggering synchronization mechanism existence.

In our experiment, the cylinder with sand has the diameter equal to 190mm. His thickness is equal to 50 mm. The sand mass is 600 gram. To perform the rotation, cylinder has 215 mm diameter wheel with friction coupling with stepper motor. The contact is made by means of a two rubber rings on an axis of the motor. Rings are in contact with the surface of the wheel. The modulation of rotation is obtained by using two friction rings. Friction rollers interfere with each other – their equal angular velocities set by the stepper motor, cannot provide rotation with different linear velocities corresponding to radii R1 and R2, see Figure

7. Their elasticity modulates the magnitude of the step of transmitted motion, correspondingly, the rate of approach to the critical state. The stepper motor rotates with velocity 1 step per 12 seconds. In the experiment modification without modulation, one revolution of the cylinder takes place in 6 hours. Using two friction rings, we obtained a modulation period of 9 hours, which is represented in Figure 5. Their distribution form still corresponds to self-organized criticality and the distribution characteristic for the earthquake is again the Gutenberg-Richter law – Figure 6.

In this modification of experiment, one can obviously see the existence of avalanche triggering synchronization mechanism. The process represented in Figure 8 is in full accordance with concept represented in Figure 1.

3. CONCLUSIONS

The experiment indicates the existence of a class of phenomena of self-organized criticality with parametric modulation of criticality conditions. Our laboratory model clearly demonstrates the existence of a specific class of phenomena of self-organizing criticality whose behavior can be partly predicted if the phenomenon of modulation exists and if the frequency of modulation of the physical variable responsible for the critical state is known.

The synchronization and triggering factor was not taken into account earlier in the study of self-organized criticality dynamics. It should be noted that the problem of synchronization of triggering was considered in the study of stick-slip problems [10], which also should be attributed to the tasks of self-organization.

References

1. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality. // *Physical review A*, vol. 38, July 1988, pp. 364-374.
2. Lursmanashvili O., Paatashvili T., Gheonjian L. Detecting quasi-harmonic factors synchronizing relaxation processes: application to seismology. In: de Rubeis V., Czechowski Z., Teisseyre R. (eds) *Synchronization and Triggering: from Fracture to Earthquake Processes*. // *Geoplanet: Earth and Planetary Sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 305-322.
3. Jaeger H. M., Nagel S. R. Granular solids, liquids, and gases. // *Reviews of Modern Physics*, Vol. 68, No. 4, October 1996, pp. 1259-1273,
4. Yoshioka N. A sandpile experiment and its implications for self-organized criticality and characteristic earthquake. // *Earth Planets Space*, 55, 2003, pp. 283–289.
5. Kadanoff L.P., Nagel S.R., Wu L., Zhou S. Scaling and universality in avalanches. // *Physical Review A*, Vol. 39, 1989, pp. 6524–6537.
6. Jaeger H. M., Nagel S. R. Physics of the granular state. // *Science*, Vol. 255, 20 March 1992, pp. 1523-1531.
7. Bretz M., Cunningham J.B., Kurczynsky P.L., Nori E. Imaging of avalanches in granular materials. // *Physical Review Letters*, Vol.69, 1992, 2431.
8. Feder J. The evidence for Self-Organized Criticality in sandpile dynamics. // *Fractals*, Vol. 3, No.3, 1995, pp.431-443,.
9. Bak P. *How Nature Works*. // Springer, New York, 1996.
10. Chelidze T., Lursmanashvili O. Electromagnetic and mechanical control of slip: laboratory experiments with slider system. // *Nonlinear Processes in Geophysics*, 20, 2003, pp. 1-8.

ქვემო სვანეთის რეგიონში ღვარცოფული საშიშროების ხასიათის შეფასება და მისი გავრცელების ზონების დადგენა

ხერხეულიძე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: მოხსენებაში აღწერილია შეგროვებული ინფორმაცია რეგიონში მდებარე მდ. ცხენისწყლისა და მისი შენაკადების აუზებში არსებული ღვარცოფნარმოქმნელი პირობებისა და ფაქტორების შესახებ, რომელიც სისტემატიზებულია და წარმოდგენილია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შემუშავებული სპეციალური მეთოდოლოგიით, მათ შორის: ღვარცოფული წყალსადინრებისა და მათი აუზების ამსახველი ძირითადი ინფორმაციის შემცველი (მაქსიმალური საპროგნოზო ჩამონადენის ჩათვლით) კატალოგისა და ხუთ კატეგორიაზე დაყოფილი ღვარცოფსაშიშროების გავრცელების ზონების რუკის სახით.

საკვანძო სიტყვები: ქვემო სვანეთი, ღვარცოფსაშიშროება აღრიცხვა, გავრცელების ზონები.

საქართველო შედის იმ ქვეყანათა რიცხვში, სადაც სტიქიური ჰიდროლოგიური მოვლენები (წყალდიდობები, ღვარცოფები) ფართოდ გავრცელებულია. ღვარცოფების მიერ მიყენებული საშუალო ზარალი წელიწადში ათეულ მილიონ დოლარს შეადგენს და ხშირად დასახლებული პუნქტების ნგრევასა და ადამიანთა მსხვერპლთანაც კი არის დაკავშირებული.

ინტენსიური ღვარცოფული მოვლენების გავრცელება კავკასიაში და, კერძოდ, საქართველოში განპირობებულია რელიეფის მაღალი დანაწევრებულობით, ფერდობებისა და კალაპოტების ციცაბო ქანობებითა და უხვი ნალექების მოსვლის შესაძლებლობებით გვალვიან რაიონებშიც კი. ღვარცოფების ინტენსიური წარმოქმნითა და მძლავრი ღვარცოფული პროცესების გამოვლინებით ხასიათდებიან ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე განლაგებული ზონები, მათ შორის ქვემო სვანეთი, რომელიც მდებარეობს საქართველოს ჩრდილო დასავლეთ ნაწილში, თითქმის ყველა მხრიდან შემოსაზღვრულია მაღალი ქედებით (სვანეთის, ეგრისის, ლეჩხუმისა და, ნაწილობრივ კავკასიონის) და იკავებს მდ. ცხენისწყლის აუზის ზედა ნაწილს სათავიდან მურის ხიდამდე (ქ. ცაგერის სიახლოვეს). აღვნიშნოთ, რომ ღვარცოფთა განსაკუთრებული აქტიურობით გამოირჩევა ქ. ლენტეხის ზევით განლაგებული თავად ცხენისწყლისა და მისი შესართავების ხელედულა-ლასკადურას აუზები.

ეროზიულ-გლაციალური და ეროზიულ-გრავიტაციული რელიეფით, რომელიც აგებულია იურული ასაკის ინტენსიურად დანაოჭებული ფიქლოვანი და ნაწილობრივ, პალეოზოური ღრმა მეტამორფული ქანებით. ღვარცოფთა ფორმირების ხელშემწყობია: თქეში, ხშირად თოვლის დნობის ფონზე; შედარებით ნაკლებ როლს თამაშობს თოვლის ნადნობი წყლები, ზოგჯერ – თოვლზვავებისა და მენყრების მიერ წარმოქმნილი ხერგილების გარღვევის შედეგად წარმოქმნილი ნიაღვრები, რომლებიც ძირითადად ფორმირდებიან სუბალპურ ზონებში. გამოტანილი მყარი მასალის მაქსიმალური დიამეტრები 0.3-დან 1,3 მ-მდე, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევებში 4 მეტრს აღწევენ (მაგალითად, ხევი სოფ. რცხმელურთან, წარმოქმნილი წყლის მიერ ჩახერგვის გარღვევის შედეგად) [1-4].

აღვნიშნოთ, რომ შენაკადების დიდძალი ღვარცოფული გამონატანი, დამენყრილი ციცაბო ნაპირებიდან ჩამოცვენილი გრუნტის მასები, ინვევენ ცხენისწყლის კალაპოტის ჩახერგვას, ხშირად შემდეგი გარღვევით, რის გამო ცალკეულ მონაკვეთებზე მდინარის წყალმომარაგების ჩამონადენი ღებულობს ღვარცოფულ ხასიათს, მყარი ჩამონადენის კალაპოტში პერიოდული დაგროვება მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს კალაპოტური პროცესების ხასიათზე, ფსკერის ნიშნულების მნიშვნელოვან მერყეობაზე, რაც შეიმჩნევა მდინარის ქვედა დინებაშიც – შესართავამდე.

მდ. ცხენისწყლის ღვარცოფული წყალსადინრების პირველი სისტემატიზირებული აღრიცხვა განხორციელდა – 1969 წ. კატალოგში [3], რომელშიც იმ დროისთვის არსებული წყაროების საფუძველზე (კავკასიის რეგიონის ღვარცოფსაშიმი მდინარეების შესახებ) შევიდა ინფორმაცია მდ. ცხენისწყლის 10 ღვარცოფული შენაკადის შესახებ. შემდგომში, კერძოდ ჰმი (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი), საქსპედიციო კვლევების, აეროფოტო სურათების დეშიფრირების, გამოქვეყნებული და სხვა მისანვდომი წყაროების გამოყენებით აგრძელებდა ღვარცოფული ნაკადების აღრიცხვასა და მათზე არსებული ინფორმაციის შეგროვება და სისტემატიზირებას, მათ შორის ქვემო სვანეთის ღვარცოფსაშიმი წყალსადინრების შესახებ.

წინამდებარე ნაშრომში მოყვანილი რუკა შედგენილია ჰმი-ს სპეციალისტების მიერ სხვადასხვა წყაროში მოძიებული და სპეციალური კატალოგის სახით სისტემატიზებული ინფორმაცია ქვემო სვანეთის 42 აღრიცხული ღვარცოფული წყალსადინრის 25 ჰიდროგრაფიული და მაქსიმალური ჩამონადენის პარამეტრების შესახებ. რუკის შესადგენად გამოყენებული ინფორმაცია წარმოდგენილია ცხრილებში 1 და 2. რუკა და მისი ჰმი-ში შემუშავებული ლეგენდა [1] – ქვემოთ ტექსტში.

ცხრილი 1. მდ. ცხენისწყლის აუზში მდებარე ღვარცოფული წყალსადინრების ჰიდროგრაფიული პარამეტრების განაწილება მახასიათებელი გრადაციების ფარგლებში

მახასიათებლები	მახასიათებლების გრადაციები/წყალსადინრების რაოდენობა							ჯამი
სიგრძე (კმ)	>20/2	20-15/3	15-10/5	10-5/15	<5/18	-/-	-/-	43
ფართობი (კმ ²)	>100/3	100-75/-	75-70/4	50-25/5	25-10/8	10-5/4	<5/19	43
ქანობები (0/00)	>400/9	400-250/15	250-200/6	200-150/8	<150/5	-/-	-/-	43

ცხრილი 2. აღრიცხული ღვარცოფული წყალსადინრების რაოდენობის განაწილება ძირითადი პარამეტრების საანგარიშო ინტერვალებში (მნიშვნელობა/რაოდენობა)

კატ. \ პარ.	F, კმ ²	L, კმ	Q, მ ³ /წმ	W, მლნ. მ ³
1	>10/19	>5/21	>1000/14	>1/23
2	10-3/13	5-3/9	1000-100/26	1-0.2/9
3	<3/9	<3/11	<100/1	<0.2/9
ჯამი	41	41	41	41

1-ლი კატეგორია – ტერიტორიები მსხვილი ღვარცოფების უპირატესი განვითარებით: სიგრძით – 3 კმ-ზე მეტი, წყალშემკრებით 5 კმ²-ზე მეტი, მორენული, მყინვარული, ნაგუბარი და სხვა წყალსატევების გაღვევის დიდი პოტენციალური შესაძლებლობით; ღვარცოფული ნაკადების ხარჯებით 1000 მ³/წმ-ზე მეტი, გამონატანის მოცულობით 1 მლნ. მ³-ზე მეტი, აუზის ფართობით – 10 კმ²-ზე მეტი.

მე-2 კატეგორია – ტერიტორიები, უპირატესად განვითარებული საშუალო ზომის ღვარცოფული კერებით და ჩამონადენის მაფორმირებელი ფართობები (სიგრძით ხეობის გას-

წვრივ) სიგრძით 1-3 კმ, წყალშემკრების ფართობით 2-5 კმ², გლაციალური ღვარცოფის წარმოქმნისა და წყალსატევის გარღვევის სუსტი პოტენციური შესაძლებლობით, ღვარცოფული ნაკადების ხარჯებით 200-1000 მ³/წმ, გამოტანილი მასის მოცულობით 0.2-1.0 მლნ. მ³, წყალშემკრების ფართობით 2-10 კმ².

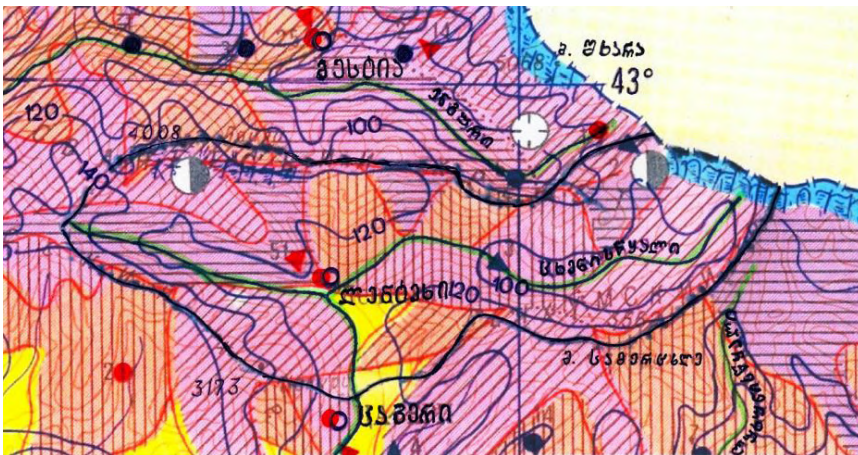
მე-3 კატეგორია – ტერიტორიები, სადაც განვითარებულია წვრილი ღვარცოფული კერები ხეობის გასწვრივ 1 კმ-მდე სიგრძით, წყალშემკრები ფართობით 2 კმ²-მდე, ღვარცოფული ნაკადის ხარჯით 200 მ³/წმ-მდე, გამოტანის მასალით – 0.2 მლნ. მ³-მდე, წყალშემკრების 2 კმ²-ზე ნაკლები ფართობით.

მე-4 კატეგორიას (პოტენციურად საშიშ) განეკუთვნება ის მთისა და მთისწინა ტერიტორიები, სადაც, არსებული მონაცემებით, ღვარცოფები არ არის დაფიქსირებული, მაგრამ აუზის ეროზიული პროცესებით დაზიანებიდან და მათი განვითარების ინტენსივობიდან გამომდინარე ღვარცოფების წარმოქმნა პრინციპულად შესაძლებელია უახლოეს პერსპექტივაში.

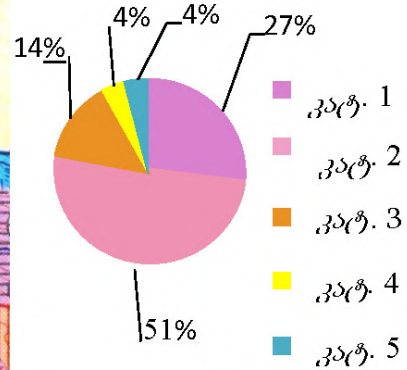
მე-5 კატეგორიის ტერიტორიაზე ღვარცოფები არ ვლინდება.



სურ. 1 ღვარცოფი მდ. ცხენისწყლის შენაკადი ბაბილილის ღვარცოფით გზიდან წაღეჭილი ავტომანქანა (ფოტო ნ. რუხაძის) 2001.



სურ. 2. ქვემო სვანეთის და მომიჯნავე ტერიტორიების ღვარცოფსაშიშროების რუკა.



სურ. 3. განაწილების დიაგრამა

(ქვემო სვანეთის რუკა /მომიჯნავე რაიონებით/ და მისი ტერიტორიის განაწილება (სურ 3) ღვარცოფსაშიშროების კატეგორიების მიხედვით: 1 – ძლიერი; 2 – საშუალო; 3 – მცირე; 4 – პოტენციური; 5 – არ შეიმჩნევა. ღვარცოფის ქარბი ტიპი: – ტალახქვიანი; – წყალქვიანი; – შერეული. ციფრებით 100, 120, ..., და ა.შ. იზოხაზებზე დატანილია ნალექთა 1%-ნ- დღეღამური ფენის იზოხაზებზე. შავი ხაზით აღნიშნულია რაიონის საზღვარი).

რუკიდან ჩანს, რომ ქვემო სვანეთის ტერიტორია თითქმის მთლიანად ძლიერ ღვარცოფსაშიშროა – მისი ტერიტორიის 78%-ზე გავრცელებულია 1-ლი (27%) და მე-2 (51%) კატეგორიის

ღვარცოფსაშიშროება. 1%-ი უზრუნველყოფის ნალექების დღელამური ჯამი განსახილველ რეგიონში შეადგენს 100-140 მმ. უმაღლესი, კატეგორიის რისკით ხასიათდება მდინარეთა ხელედულა, ლასკადურა, ზესხო, გობიშური, ცხენაური, აშხაშური, ხემლური, მუხრა, ჭოლმურა, რომლებზეც ზღვრული (პოტენციალურად შესაძლებელი აუზის ზღვრული ეროზიური დაზიანების შემთხვევაში) ღვარცოფის ხარჯი აჭარბებს 1000 მ³/წმ. ტერიტორიალურად, ღვარცოფსაშიშროების 1-ლი კატეგორიის ზონები ქარბობს ეგრისის ქედიდან კავკასიონამდე განლაგებულ სივრცეში (სვანეთის ქედის სამხრეთი კალთები და განშტოებები; მე-3 კატეგორიის ზონები განლაგებულია სვანეთის ქედის შუა სამხრეთი ნაწილის განშტოებების შუამთიანეთში, ეგრისის ქედის აღმოსავლეთ და ლეჩხუმის ქედის დასავლეთ ბოლოს კალთებზე, ხოლო მე-4, პოტენციალურად საშიში, მეტად მცირეოდენი ზონები განლაგებულია ცაგერსა და ლენტეხს შორის ხეობის ვიწრო ზოლში, თუმცა, ცხენისწყლის ზედა ნაწილიდან დიდძალი მყარი ჩამონადენის შემოტანის გამოეს ზონაც განიცდის პოსტღვარცოფული მოვლენების ძლიერ საზიანო ზემოქმედებას: ფსკერის აწევა-დანევის დიდ ამპლიტუდას, ნაპირების წარეცხვას, ქალებისა და დაბალი ტერასების შეტბორვას საზარალო შედეგებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს საზიანო გავლენა გრძელდება ქვედა დინებისკენ შესართავამდე. ვიწრო მყინვარული ზონა (4%) განლაგებულია კავკასიონის სამხრეთ კალთებზე სახელმწიფო საზღვრის გასწვრივ. მე-2 კატეგორიის ზონებით შევსებულია ზემოთ აღწერილი ტერიტორიებს შორის 51 %-ანი სივრცე. განსაკუთრებულ ზარალს ხშირად განიცდის საავტომობილო გზა ცაგერი-ლასდილი, რომლითაც იკვეთება რამდენიმე (15-მდე) ღვარცოფული წყალსადინარი, ზიანდება და ჩაიკეტება დასახლებული პუნქტებისკენ მიმავალი სასიცოცხლო მნიშვნელობის გზები, რადგან ამ პუნქტებთან სხვა მისასვლელი გზა არ არსებობს. ღვარცოფთა საზიანო მოქმედების მაგალითები მოცემულია ფოტოსურათებზე 4 და 5.



სურ. 4 და 5. ღვარცოფი მდ. ცხენისწყლის შენაკადი ბაბილილის ღვარცოფით დანგრეული ხიდი და გზიდან წალექილი ავტომანქანა (ფოტო ნ. რუხაძის) 2001 [3] და 17.08.1986 მდ. მაზაშის ღელეზე გავლილი ღვარცოფის დამახასიათებელი შედეგი.

ქვემო სვანეთის მხარე ხასიათდება რბილი ჰავითა, ხშირი ფოთლოვანი და წიწვოვანი ტყეებით, ალპური მდელოებით, და შეიძლება ქცეულ იქნას რეკრეაციულ და საკურორტო ზონად. დაგეგმილია და იგეგმება მხარის სოფლის მეურნეობისა და მისთვის დამახასიათებელი პერსპექტიული დარგების აღორძინება. მაგრამ, საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, აღორძინება შეუძლებელია ინტენსიური ტვირთბრუნვის გარეშე, რომელსაც უზრუნველყოფენ თანამედროვე გზები, კომუნიკაციები, თუნდაც მინიმალური დონის ინფრასტრუქტურა. საჭიროა აგრეთვე ადამიანის ბუნებაზე მავნე ზემოქმედების არა მარტო შეწყვეტა (უკანონო ტყის ჭრა და საქონლის ძოვება), არამედ ზომების მიღება მიწებისა და ტყის აღსადგენად, დასაცავად, გაუმჯობესებლად, საჭირო თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ლიტერატურა

1. Карта обеспеченности селеопасных районов Грузинской ССР гидрометеорологической информацией. // М I: 1млн., под ред. Г.И. Херхеулидзе, 1968, М., ГУГК СССР, 1989.
2. Карта инженерно-геологического районирования территории Грузии по степени селевой опасности и вероятности возникновения селей. //под. ред. Э.Д. Церетели, Тбилиси, Грузгипрозем, ф-ка №8 ГУГК, 1986.
3. Каталог селеопасных рек на территориях Северного Кавказа и Закавказья. //под. ред. Г.Н. Хмаладзе, Тбилиси, УГМС ГУГМС СССР, 1969, 340 с.
4. გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ხერხეულიძე გ., წერეთელი ე. ღვარცოფის რისკის შეფასების ზოგიერთი საკითხი (მდ. ცხენისწყლის მაგალითზე). // კავკასიის გეოგრაფიული ჟურნალი, №2, 2003 წ., გვ. 23–27.

Assessment of the nature of mudflow hazards in the Lower Svaneti region And identifying its spreading zones

Kherkheulidze G.

Summary: The report describes the information about Mudflows conditions and factors in the River Tskhenistskali and its tributaries Basin region, which was systematized and presented according to a special methodology developed by the Institute of Hydrometeorology of Georgia, including: catalog containing detailed information about mudflow rivers and their pools (including the maximum flow forecast), and five category divided mudflow Hazard distribution zones of Kvemo Svaneti in the form of a map.

Key words: Kvemo Svaneti, mudflow hazard, accounting, distribution zones.

მდინარეთა აუზებში ღვარცოფული სიტუაციის საწყისი შეფასება და შემდგომი განვითარების მოსალოდნელი ტენდენციები

ხერხულიძე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: მღვარცოფული მოვლენები, განვითარების ტენდენციები. ღვარცოფული საფრთხის პროგნოზირებისა და ჩამონადენის დამოკიდებულებების პარამეტრული ანალიზისა და მრავალ საინფორმაციო წყაროში აღწერილი ღვარცოფული მოვლენების ფენომენოლოგიური ანალიზის საფუძველზე, განიხილება ღვარცოფული სეზონის დასაწყისში მდინარის აუზში დაფიქსირებული ღვარცოფული სიტუაციის (და რისკის) შემდგომი განვითარების სავარაუდო მსვლელობა, რომლის ფაქტიური რეალიზება, პრაქტიკული პროგნოზის სახით, შესაძლებელია მხოლოდ საპროგნოზო მეთოდებში გამოყენებული საწყისი ინფორმაციის სისტემატური განახლების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ღვარცოფული მოვლენები, განვითარების ტენდენციები.

ტერმინი „ღვარცოფული საშიშროება“ ნიშნავს ღვარცოფის გავლით გამოწვეული ზიანის (ზარალის) მიღების შესაძლებლობას, ხოლო „რისკი“ – არის ასეთი შესაძლებლობის ცოდნის უგულებელყოფას, ზიანის ალბათობისა და მასშტაბის შეფასებით ან მის გარეშე. ღვარცოფი არის „თხევად-მყარი (ღვარცოფული) მასის ნაკადის მოძრაობა“; ან (ღვარცოფების გაბატონებული ტიპისთვის) „წყალ-გრუნტიანი ნარევის მოძრაობა“, რომელიც შეიძლება მოძრაობდეს როგორც სწრაფად, ისე ნელა და ნებისმიერი დახრილობის, მათ შორის უკუ დახრილობის, ფერდობზე (ინერციის ძალით). არის რთული მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური პროცესები (საერთო განმარტებითი პრინციპის თანახმად: პროცესები ატმოსფეროში, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო).

ღვარცოფული ნაკადების გამომწვევი პირობები და რისკის განვითარების შესაძლო და მოსალოდნელი სცენარების ჩამოყალიბება დამყარებულია: მრავალ საინფორმაციო წყაროში აღწერილი ღვარცოფული მოვლენების განხილვასა და ფენომენოლოგიურ ანალიზზე; საპროგნოზო დამოკიდებულებებში შემავალი პრედიქტორთა მნიშვნელობების არსებული და შესაძლო (მოსალოდნელი) დიაპაზონის დადგენასა და მათი გავლენის შეფასებაზე საგანგაშო სიტუაციის გამოცხადებაზე. ღვარცოფული ჩამონადენის საანგარიშო (მათ შორის კატასტროფული) მახასიათებლების დამოკიდებულებებში შემავალი პარამეტრთა დიაპაზონის დადგენასა და ჩამონადენის მასშტაბზე მათი გავლენის შეფასებაზე (მათ შორის კატასტროფული შედეგებით).

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, სცენარების რეალიზაცია პრაქტიკული პროგნოზის სახით, შესაძლებელია მხოლოდ სრულყოფილი საწყისი ინფორმაციის არსებობის შემთხვევაში, ხოლო სცენარების შემოწმების, დაზუსტებისა და განზოგადებისთვის საჭიროა ღვარცოფ-ნარმომქმნელ ფაქტორებზე მონიტორინგულ რეჟიმში ინფორმაციის მოპოვება მსხვილი (ღვარცოფული) რაიონების ან, სასურველია, მთლიანად საქართველოს ტერიტორიის მასშტაბით.

მოსალოდნელი კლიმატური ცვლილებების გავლენის შესახებ საერთო ღვარცოფულ სიტუაციაზე რეგიონში, ღვარცოფთა ფორმირების შესახებ ცნობილი მექანიზმიდან და ფაქტიური მონაცემებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია დავასკვნათ რომ: ა) კლიმატის გაცვივება ხელს შეუწყობს წყლის საერთო ბრუნვის, ეგზოგენური პროცესების, ღვარცოფული სეზონის, ღვარცოფთა გავლის სიხშირისა და, საერთოდ, ღვარცოფული რისკის მასშტაბის შემცირებას; ბ) კლიმატის დათბობა – პირველ ეტაპზე ხელს შეუწყობს წყლის საერთო ბრუნვის, თოვლის დნობის, ეგზოგენური (ეროზიული) პროცესებისა და ღვარცოფთა აქტივობის და, საერთოდ, ღვარცოფული რისკის მასშტაბის ზრდას, განსაკუთრებით მაღალმთიან ზონაში. შემდეგ ეტაპზე ღვარცოფული რისკის ხასიათი და მასშტაბი დამოკიდებული იქნება წყლის გაბატონებულ რეჟიმზე: გაიზრდება ღვარცოფთა გავლის სიხშირე ან მოიმატებს სიმძლავრე. ღვარცოფული რისკი გაიზრდება.

ცხრილი 1. რისკის შესაძლო განვითარების პროგნოზი ფენომენოლოგიური ანალიზის საფუძველზე (1 – In – ინდექსი).

In	საწყისი მდგომარეობა	ღვარცოფული მოვლენების განვითარება და რისკის შეფასება
1	2	3
K ₁	ღვარცოფული სეზონი იწყება მდინარის აუზში დიდი რაოდენობით დაგროვებული ზამთრის ნალექების პირობებში.	ღვარცოფული კერების უხვი დატენიანება მდინარეთა ზედა ზონაში თოვლ-ზვავური, მენყრული, მცირე ღვარცოფებით გამოწვეული ჩახერგვები. K ₁₁ – ტემპერატურის ინტენსიური მატების პირობებში, წყალდიდობა-ზე თავსხმის ნალექების ზედდების შემთხვევაში – მძლავრი, მათ შორის, ბმული ღვარცოფების ფორმირების მაღალი რისკი – უპირატესად ღვარცოფული სეზონის პირველ ნახევარში. K ₁₂ – გაბმული ნალექების შემთხვევაში – მყარი მასალის დიდი რაოდენობით ჩამორეცხვა ქვედა დინებაში წყალდიდობის ნატანგაჯერებული ნაკადით, ღვარცოფული შენაკადების გამოტანის კონუსების და მენყრული ფერდობების ძირის მოჭრა მათი შემდგომი აქტივიზაციით, ძირითადი მდინარის ქვედა დინებაში ფსკერის აწევით და ნაპირების მძლავრი შეტბორვის მაღალი რისკით. მძლავრი ღვარცოფების ფორმირების მაღალი რისკი – უპირატესად ღვარცოფული სეზონის პირველ ნახევარში.
K ₂	ღვარცოფული სეზონი იწყება წინა პერიოდის გვალვის შემდეგ	ღვარცოფულ კერებში ქანების გამოფიტვის და ფხვიერ-ნაშალი მასალის ინტენსიური დაგროვება, მცენარეული საფარის დაზიანება. ღვარცოფების ფორმირება დამოკიდებულია ტემპერატურისა და ნალექების რეჟიმზე. მძლავრი ღვარცოფების ფორმირების რისკი მნიშვნელოვნად მატულობს ღვარცოფული სეზონის მეორე ნახევრიდან (გრუნტის) ტემპერატურის, უხვი და (ან) მაღალინტენსიური ნალექების პირობებში.
K ₃	ღვარცოფული სეზონი იწყება ხანგრძლივი გვალვის შემდეგ, გვალვის შემდგომი გაგრძელებით.	ღვარცოფულ კერებში ქანების გამოფიტვის და ფხვიერ-ნაშალი მასალის ინტენსიური დაგროვება, მცენარეული საფარის დაზიანება, მყინვარების დნობის გაძლიერება, მყინვარული და მორენული ტბების გარღვევის საფრთხის გაძლიერება. ღვარცოფთა გავლის სიხშირის შემცირება, მათი სიმძლავრისა და მყარი გამოტანის მოცულობის მომატებით. მძლავრი ღვარცოფების ფორმირების რისკი, როგორც ღვარცოფული სეზონის დასაწყისში, ზამთრის უხვი ნალექების შემდეგ, ისე ზაფხულის უხვი ნალექების და (ან) დიდი ინტენსიურობის თავსხმის შედეგად.
K ₄	აუზების რეაქცია ხანგრძლივ გვალვაზე ჰაერის ტემპერატურა	ღვარცოფულ კერებში ქანების გამოფიტვის და ფხვიერ-ნაშალი მასალის ინტენსიური დაგროვება, მცენარეული საფარის დაზიანება, მყინვარების დნობის გაძლიერების შემდეგ – შემცირება, მყინვარული და მორენული ტბების რაოდენობის შემცირება და მათი სრული გაქრობა, ღვარცოფთა

რის მატების ან უცვლელობის რეჟიმში.	გავლის სიხშირის შემცირება, მათი სიმძლავრისა და მყარი გამოტანის მოცულობის მომატებით. მძლავრი და კატასტროფული ღვარცოფების ფორმირების დიდი რისკი იშვიათი, მაგრამ უხვი და (ან) დიდი ინტენსიურობის მქონე, თავსხმის შედეგად (უდაბნოს ლახარების მაგვარად).
------------------------------------	---

ცხრილი 2. საშიშროების საპროგნოზო დამოკიდებულების ანალიზზე დამყარებული სცენარები

In.	საწყისი მდგომარეობა	ღვარცოფული მოვლენების განვითარება და რისკის შეფასება
P ₁	საშიშროების ზრდა (ჰაერი-სა და გრუნტის) ტემპერატურის მომატების პირობებში	მატულობს წყლის შემდგენის გლაციალური გენეზისით გამოწვეული ბმული ღვარცოფების ფორმირების რისკი, ნალექების გარეშეც კი (როცა $t_{max} \geq 18^{\circ}$).
P ₂	ნალექების მნიშვნელოვანი რაოდენობის პირობებში განსაკუთრებით დიდი ინტენსივობის თქეში.	წვიმით (თქეშით) გამოწვეული ღვარცოფების ფორმირების რისკი, განსაკუთრებით დიდი (მძლავრი) ღვარცოფული ჩამონადენით, როცა ნალექების პარამეტრები აჭარბებს ცხრილში 3 მოყვანილ მნიშვნელობებს.
P ₃	პარამეტრთა კომპლექსური გავლენის პირობებში.	წყლის შერეული გენეზისის ღვარცოფთა ფორმირების რისკი განსაკუთრებით დიდი (მძლავრი) ღვარცოფული ჩამონადენით, როცა ნალექების პარამეტრები აჭარბებს, ცხრილში 2.6 მოყვანილიდან, რომელიმე კრიტიკულ მნიშვნელობას.

ცხრილი 3. ღვარცოფის ხარჯის დამოკიდებულების საფუძველზე აგებული საპროგნოზო სცენარები

In.	საწყისი მდგომარეობა	ღვარცოფული მოვლენების განვითარება და რისკის შეფასება
X ₁	ნალექების საანგარიშო დღელამური ფენის მომატება.	წყლის შერეული გენეზისის ღვარცოფთა ფორმირების რისკი განსაკუთრებით დიდი (მძლავრი) ღვარცოფული ჩამონადენით, როცა ნალექების პარამეტრები აჭარბებს, ცხრილში 2.6 მოყვანილიდან, რომელიმე კრიტიკულ მნიშვნელობას.
X ₂	აუზის ეროზიული დაზიანების მომატება – შემცირება.	ეროზიული დაზიანების მომატების შემთხვევაში, ღვარცოფული ჩამონადენი (ხარჯები და მყარი გამოტანის რაოდენობა), არსებულ შეფასებასთან შედარებით, მნიშვნელოვნად (1.5 ჯერამდე) იზრდება (წყლის ხარჯთან შედარებით 3-7 ჯერამდე), ხოლო ან-ტიეროზიული და ღვარცოფსანინალმდეგო ღონისძიებების განხორციელების შემთხვევაში, შესაბამისად, კლებულობს.
X ₃	ნალექების საანგარიშო დღელამური ფენის მომატება აუზის ეროზიული დაზიანების ზრდის ფონზე.	ღვარცოფული მოვლენებისა და ღვარცოფული ჩამონადენის მასშტაბის მნიშვნელოვანი გაძლიერება X ₁ და X ₂ სცენარების მიხედვით და მნიშვნელოვანი შემცირება ანტიეროზიული და ღვარცოფსანინალმდეგო ღონისძიებების განხორციელების შემთხვევაში.

ცხრილი 4. ძირითადი ღვარცოფწარმომქმნელი ფაქტორების საერთო და მაქსიმალური დანაკვირი მნიშვნელობების ამპლიტუდა

#	პარამეტრი	დიაპაზონი	
		საერთო	მაქსიმალური
1	ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა (%)	42-96	52-60
2	გრუნტის მაქსიმალური ტემპერატურა (t°)	32-66	44-52
3	გრუნტის მინიმალური ტემპერატურა (t°)	10-23	14-17
4	ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა (t°)	20-40	26-30



ნახ. 1. მდინარის კალაპოტის, ნაპირების, დამცავი ნაგებობების მდგომარეობა უხვთოვლიანი ზამთრის შემდეგ, ჰაერის ტემპერატურის სწრაფი მატების პირობებში.

წარმოდგენილ ნაშრომს არ აქვს პრეტენზია არც მასში გამოყენებული განსჯის, დასკვნებისა და ტერმინოლოგიის, არც ღვარცოფული ჩამონადენის ხასიათსა, მასშტაბზე და რისკზე სხვადასხვა განხილული პირობებისა და ფაქტორების გავლენის აბსოლუტურ სრულყოფაზე. იგი, მხოლოდ პირველ მიახლოებაში, ამახვილებს ყურადღებას რიგ, ავტორის თვალსაზრისით, ღვარცოფმცოდნეობისთვის მნიშვნელოვან საკითხებზე და მიდგომებზე, რომლებიც მოითხოვენ შემდგომ დაზუსტებას და სრულყოფას სპეციალისტების საერთო ძალებით, რომლებიც მოღვაწეობენ ღვარცოფთა ფორმირების და პირობების, ფაქტორების და მათ გავლასთან დაკავშირებული რისკების შესწავლის დარგში.

ლიტერატურა

1. Перов В.Ф. Селевые явления. // Изд-во Московского университета, Москва, 1996.
2. Херхеулидзе Г.И. Особенности использования дискриминантного анализа при разработке методов фоновый прогноза селевой опасности (на примере базы данных по бассейну р. Алазани). // Труды Международной конференции по эрозионно-селевым явлениям и некоторым смежным проблемам, Тбилиси, 2001, с. 229–235.
3. Херхеулидзе Г.И. Оценка параметров модели предельного насыщения в методах расчета максимального селевого стока. // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета, Том 117, 2011, с. 40–43.
4. Херхеулидзе Г.И. Проблемы и опыт оценки расчетных параметров селеформирующего водного стока. // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета, Том 119, 2013, с. 173–177.
5. Херхеулидзе Г.И. Задачи пространственно-временного прогнозирования селевой опасности в составе проблемы смягчения риска ущерба и оценка возможностей их выполнения. // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета, Том 120, 2014, с. 73–77.
6. Kherkheulidze G.I. // GEORISK International Scientific Journal, Vol. XII, No. 4, 2018, pp. 12-23 23.
7. Херхеулидзе Г.И. О влиянии возможных изменений селеформирующих условий и факторов на характер и масштабы селевого риска. // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета, Том 121, 2015, с. 10–14.

INITIAL ESTIMATION OF MUDFLOW SITUATION IN THE PONDS OF RIVERS AND THE EXPECTED TRENDS OF THEIR SUBSEQUENT DEVELOPMENT

Kherkheulidze G.

Summary: The possible (supposed) schemes for the further development of the mudflow situation that was fixed in the mudflow basin at the beginning of the mudflow season (taking into account the climatic conditions of the previous period) are analyzed. The forecast of possible development scenarios is given on the basis of a parametric analysis of the forecast formula and on the basis of a phenomenological analysis of mudflows described in print media. It is noted that the actual implementation of the forecast requires constant refinement source information in monitoring mode.

Key words: mudflow phenomena, trend of development.

მდ. ენგურის ჩამონადენის დინამიკის შეფასება ზაფხულის პერიოდში

ცინცაძე თ., გრიგოლია გ., გორგიჯანიძე ს., ცინცაძე ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: სტატიაში მოცემულია კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული მყინვარული საზრდოობის მდინარეების (თბილი პერიოდის) ჩამონადენის ცვლილების და გაანგარიშების მათემატიკური მოდელი, მისი შეფასება კლიმატური პირობების (ნალექებისა, ჰაერის ტემპერატურის და სრული ჩამონადენის) მონაცემების მიხედვით, ასევე აუზის K – ჩამონადენის კოეფიციენტის ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატის ცვლილება, მყინვარული ჩამონადენი, ჩამონადენის კოეფიციენტი.

კავკასიაში მყინვარების დნობა, დაკვირვების ტრადიციული მეთოდებით, ფიქსირდება 1850-1965 წლების პერიოდში და გამყინვარების საერთო ფართობის შემცირება საკმაოდ კარგად აღინერება წრფივი კანონით [1]. ეს პროცესი გრძელდება დღემდე, რაც დასტურდება გასული საუკუნის მეორე ნახევარში დაწყებული დისტანციური ზონდირების, კერძოდ კი თანამგზავრული მონაცემებით [2].

გამყინვარების დეგრადაციასთან მჭიდრო კავშირშია მყინვარული საზრდოობის მდინარეების ჩამონადენის ცვლილება, მისი კვების დინამიკა. ამოტომ, ამ ტიპის მდინარეთა ჩამონადენზე დაკვირვების მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყალშემკრებებზე და საერთოდ რეგიონში კლიმატის ცვლილების ინდიკატორად.

მყინვარული ჩამონადენის გაანგარიშება შესაძლებელია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტით:

1. მყინვარული საზრდოობის მქონე მდინარის ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელებით;
2. მდინარის საერთო ჩამონადენში მყინვარული წყლების წილის შეფასებით;
3. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში სრული და მყინვარული ჩამონადენის დინამიკის გამოკვლევით.

გამოკვლევა/გაანგარიშება (მდ. ენგური – საგუშაგო ხაიშის კვეთში) ხორციელდება მდ. ენგურის საერთო ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელის საფუძველზე. რომელშიც აისახება R (ჩამონადენის) ემპირიულ – სტატისტიკურ კავშირს ტემპერატურა – ნალექების (t , P) კომპლექსთან, რისთვისაც ვიყენებთ წყალშემკრებზე სხვადასხვა დროს ფუნქციონირებდა ნალექთა ჯამების დამდგენი 8 მეტეოსადგური და საგუშაგო: ხაიში, ნაკი, ლახამულა, დიზი, ბეჩო, ლახამი, მესტია, ჩოლაში. და ჰაერის ტემპერატურის: ხაიშის, ბეჩოსა და მესტიის მონაცემებს. ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელში სხვადასხვა დროს არსებული პუნქტების ისტორიულ მონაცემებს. ჰიდრომეტეოროლოგიური მახასიათებლების რიგებში გამოტოვებული ელემენტების განსაზღვრა და რიგების მიყვანა ერთი და იგივე პერიოდამდე შესრულდება ემპირიული ფუნქციის ორთოგონალურ მდგენელებად (ვექტორებად) დაშლის მეთოდით.

ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია წყალბალანსური ტიპის მოდელით, რომელთა ზოგადი წარმოდგენა დაიყვანება განტოლებაზე

$$R = R_{გრ} + R_{ნალ} + R_{მყ} . \quad (1)$$

სადაც R – მდინარის სრული ჩამონადენია, $R_{გრ}$ – მიწისქვეშა ჩამონადენი, $R_{ნალ}$ – ატმოსფერული ნალექებით ფორმირებული ჩამონადენი, ხოლო $R_{მყ}$ – მყინვარული ჩამონადენი. განტოლებაში შემავალი მყინვარული ჩამონადენის კომპონენტი შეიძლება შეფასდეს დანარჩენი წევრების განსაზღვრით ჰიდრომეტეოროლოგიურ მონაცემთა რიგების საფუძველზე. კერძოდ, R განისაზღვრება უშუალოდ გაზომვებით მიღებული მახასიათებლებით და რეგრესიული მოდელის $R=f(t, P)$ გამოყენებით, $R_{გრ}$ აიღება, როგორც ზამთრის თვეების მინიმალური ჩამონადენის სიდიდე [3], ხოლო $R_{ნალ}=(P-E)*K$ გამოითვლება ერთის მხრივ, მდნარი მყარი და თხევადი ნალექებისა და მეორეს მხრივ, აორთქლების სიდიდეთა სხვაობით, ასევე აუზისა და კვეთისთვის დამახასიათებელი K ჩამონადენის კოეფიციენტის მიხედვით.

დაკვირვებული მონაცემების მიხედვით წყალშემკრებზე ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობა შეადგენს $t=7.6^{\circ}C$, ნალექთა ჯამების წლიური საშუალო სიდიდე ტოლია $P=1116$ მმ, მდ. ენგურის საშუალო წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობა ხაიშთან 1938-1986 წლებში შეადგენდა $R=110$ მ³/წმ=1248 მმ=3.469კმ³. ამ მონაცემებიდან უკვე ჩანს შეუსაბამობა დაფიქსირებულ ნალექთა ჯამებსა და ჩამონადენს შორის – $R>P$. ვინაიდან ჩამონადენის კოეფიციენტი ($K=R/P$) >1 -ზე, ამიტომ ყოველწლიურ მონაცემებზე გადასვლისას შეფასებებში ვისარგებლეთ ჩამონადენის კოეფიციენტის კლიმატური მნიშვნელობით $K=0.75$, აღებული მდ. ენგურის აუზის ამ ნაწილისათვის ვ.ვლადიმროვის და სხვების კავკასიისა და საქართველოს წყლის ბალანსის კვლევების შედეგების მიხედვით [4-6].

აღსანიშნავია, რომ აუზში ნალექთა ჯამების განაწილება სიმაღლის მიხედვით არატიპიურია – ნალექები მცირდება მაქსიმუმით ხაიშში (1301 მმ) და ნაკაში (1343 მმ), მინიმუმით მესტიაში (918 მმ). ყველა მეტეოპუნქტი განლაგებულია 1600 მ-ზე ქვემოთ, რაც ბევრად ნაკლებია, ვიდრე აუზის საშუალო სიმაღლე (2320 მ). საქმეს არც მეზობელი აუზების – მდინარეების კოდორის და რიონის წყალშემკრებებზე არსებული პუნქტების მონაცემებმა უშველა. მცდელობა მიგველო ნალექთა ჯამების სიმაღლეზე დამოკიდებულების გრაფიკული და ანალიზური სახე უშედეგოდ დასრულდა. ამან კი არ მოგვცა საშუალება ნალექთა ჯამები წყალშემკრებზე დაგვეკავშირებინა აუზის საშუალო სიმაღლესთან და შესაბამისი კორექცია შეგვეტანა ნალექთა ყოველწლიურ მნიშვნელობებში. ასეთ ვითარებაში იძულებული გავხდით კვლევის მეორე ნაწილში ნალექთა ჯამების ყოველწლიური სიდიდეები წყალშემკრებზე ადგვედგინა ჩამონადენისა და ჩამონადენის კოეფიციენტის კლიმატურ მნიშვნელობათა დახმარებით, რაც ფიზიკურად სავსებით მისაღებია [4-6].

ამრიგად მდ.ენგურიდსაგუშაგო ხაიშის კვეთში სრული და მყინვარული ჩამონადენის დინამიკის შედეგები შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ. კლიმატის ცვლილების პირობებში.კვლევის 50 წლის განმავლობაში, თბილ პერიოდში, ფაქტიურად უცვლელი ნალექთა ჯამების პირობებში ($P=1135$ მმ), ჰაერის ტემპერატურის შემცირებისას დაახლოებით 8.5° -დან $8^{\circ}C$ -მდე ($\Delta t=0.5^{\circ}C$), საგუშაგო ხაიშის კვეთში აღინიშნა მდ. ენგურის სრული ჩამონადენის ზრდა $R=100$ მ³/წმ-დან თითქმის $R=150$ მ³/წმ-მდე რაც შესაძლებელია გამონვეული იყოს მყინვარული საზრდოობის და მიწისქვეშა ჩამონადენის მატებით.

მოდელის გამოცდამ (არსებულ მასალებზე) გვიჩვენა მინიმალური ცდომილება $\Delta R \approx 0.3$ მ³/წმ (0.3%), მაქსიმალური $\Delta R \approx 58.2$ მ³/წმ (89%), საშუალო $\Delta R \approx 17$ მ³/წმ (15%).

ემპირიულ-სტატისტიკური და წყალბალანსური მოდელებით მიღებულმა შედეგებმა მყინვარული ჩამონადენმა დაიკლო $R_{მყ}=31$ მ³/წმ (34%)-დან $R_{მყ}=15$ მ³/წმ (11%)-მდე. საშუალო სიდიდე ამ პერიოდისათვის ტოლია $R_{მყ}=19.5$ მ³/წმ (16.5%) ტრენდის გამოყენებით მყინვარული ჩამონადენის სავარაუდო მნიშვნელობამ შეადგინა: $R_{მყ}=14.3$ მ³/წმ (12%).

მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობები შეფასებამ სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული მყინვარის ზედაპირიდან მოდნობის სიდიდის ემპირიული ფორმულების საფუძველზე გვიჩვენა, რომ ხაიშის კვეთში ჩამონადენის მყინვარული კომპონენტის მნიშვნელობებია: 1965 წ. – 27.2 მ³/წმ ($K_2=23\%$), 1990წ. – 23.1 მ³/წმ (19.5%), 2015 წ. – 22.5 მ³/წმ (19%), 2100წ. – 24 მ³/წმ (20%).

ამრიგად, ორი განსხვავებული მეთოდით მიღებული მყინვარული საზრდოობის კომპონენტის მნიშვნელობები ახლოს არიან ერთმანეთთან, რაც მიუთითებს კვლევის შედეგების საიმედოობაზე.

მომავალში მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობები დაზუსტდება მოდნობის გამოსახულებაში შემავალი მყინვართა საერთო ფართობის, ფირნის ხაზის სიმაღლის, მის დონეზე ჰაერის ტემპერატურისა და მყინვართა ფორმის პარამეტრის (მაგალითად, ენის ფართის შეფარდება საერთო ფართობთან) თანამგზავრული მონაცემების საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. ცომაია ვ., ბეგალიშვილი ნ., ცინცაძე თ. და სხვ. გამყინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა გაქრობის კლიმატური პროგნოზი გლობალური დათბობის ფონზე. // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 119, 2013, გვ. 197-203.
2. შენგელია ლ., კორძაბია გ., თვაური გ., დავითაშვილი თ., ბეგალიშვილი ნ. კავკასიონის მყინვარებზე კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზემოქმედების შესაფასებლად დისტანციური დაკვირვების ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობები. // საქ. მეცნ. ეროვნ. აკადემიის „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, N 4-6, 2012, გვ. 24-25.
3. Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Цомаев В.Ш. и др. Исследование подземного стока рек и оценка запасов грунтовых вод в Грузии. // Труды Инст. Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета "Актуальные Проблемы Гидрометеорологии и Экологии", т.117, Тбилиси, 2011, с. 46-50.
4. Владимиров Л.А. Водный баланс Большого Кавказа. // Мецниереба, Тбилиси, 1970, 140с.
5. ელიზბარაშვილი ე., ტატიშვილი მ., ელიზბარაშვილი მ., მესხია რ., ელიზბარაშვილი შ. საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში. // თბილისი, გამომცემლობა „ნიგნის სახელსნო“, 2013, 128 გვ.
6. Цомаев В.Ш., Бегалишвили Н.Н. Гидрометеорологические основы конденсации атмосферной влаги в толще снежного покрова. // Труды Инст. Гидрометеорологии АН Грузии "Проблемы Гидрометеорологии и Экологии", т.101, 1998, с.69-92.

ASSESSMENT OF THE RIVER ENGURI RUN OFF DYNAMICS DURING SUMMER

Tsintsadze T., Grigolia G., Gorgijanidze S., Tsintsadze N.

Summary: The article provides mathematical model for changing and calculating glacial nutrition rivers runoff (warm period) related to climate change, estimating based on climatic conditions (precipitation, air temperature and total discharge), as well as analyzing basin K – discharge coefficient.

Key words: Climate change, glacier runoff, runoff coefficient.

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა მოსალოდნელი წყალმცირობის პრობლემები და მათი დაძლევის გზები

ბასილაშვილი ც.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: კლიმატის დათბობის ფონზე აღმოსავლეთ საქართველოში მოსალოდნელია ტემპერატურისა და აორთქლების მომატება, ატმოსფერული ნალექებისა და მდინარეთა წყლის ჩამონადენის შემცირება. ამის შედეგად განვითარებული გაუდაბნოების პროცესის შენელება-შერყევა შემდგომში უფრო ძვირი და რთული იქნება.

ვინაიდან სადღეისოდ საქართველოში, ეკონომიკური კრიზისისა და უმუშევრობის პირობებში, მოსახლეობა ძირითადად მინის ნაკვეთებზე მონეული პროდუქციიდან მიღებული შემოსავლით ირჩენს თავს, ამიტომ მათ ნაკვეთებს შეუფერხებლად უნდა მიეწოდებოდეს სარწყავი წყალი. მაგრამ წყალმცირობის გარდა, აქ ადრე აგებული სარწყავი სისტემები ამორტიზირებულია და ხდება წყლის დიდი დანაკარგები. ამ ფაქტორთა გათვალისწინებით, მოსალოდნელი ნეგატიური შედეგების შერბილებისათვის შემუშავებულია საადაპტაციო ღონისძიებათა კომპლექსი, რომელთა განხორციელება უზრუნველყოფს გაუდაბნოების პროცესის შენელება-შერყევას, გარემოს ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, მოსავლიანობის გაზრდასა და მოსახლეობის ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

საკვანძო სიტყვები: გაუდაბნობა, გვალვიანობა, ტყის საფარი, წყლის რესურსების შევსება.

დედამინაზე წყლის საერთო რაოდენობა 1386 მლნ კმ³-ს შეადგენს, რომლის 2,5 % ანუ 35 მლნ კმ³ არის მტკნარი წყალი, მაგრამ მისი 69 % ცინულებშია, მდინარეებში კი მისი მხოლოდ 0,006 % ანუ 2120 კმ³ წყლის მარაგია (The World's Water. <https://water.usgs.gov>).

150-200 წლის წინათ მტკნარი წყლის პრობლემა არ იყო და პირდაპირ მდინარეთა წყალს ხმარობდნენ სასმელად. მაგრამ სადღეისოდ წყალი ისეა დაბინძურებული, რომ ბანაობაც კი საშიშია, რადგან არალეგალური ნაგავსაყრელები უშუალოდ მდინარეთა ნაპირებთანაა განთავსებული. სანარმოთა და საყოფაცხოვრებო კოლექტორებს ხშირად არ გააჩნიათ გამწმენდი ნაგებობები. წყლის გაჭუჭყიანება ყოველწლიურად მატულობს და კაცობრიობის წინაშე აყენებს მტკნარი წყლების გამოლევის რეალურ საშიშროებას.

მთებში ტემპერატურის მატების ფონზე ინტენსიურად მიმდინარეობს მყინვარების დნობა და უკან დახევა. შედეგად მოსალოდნელია მათი გაქრობა, შემცირდება მინისქვეშა წყლის დონეები და შესაბამისად მდინარეთა ჩამონადენიც. უკვე მთელ რიგ რეგიონებში აღინიშნება წყლის მწვავე დეფიციტი, რაც აფერხებს მეურნეობის მთელი რიგი დარგების განვითარებას, განსაკუთრებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას. ამის გამო სადღეისოდ დედამინაზე ყოველწლიურად 6-7 მლნ ჰა-ით იზრდება უდაბნოები, განსაკუთრებით არიდულ რეგიონებში, ამ მხრივ საქართველოში აღსანიშნავია მისი აღმოსავლეთი მხარე, სადაც დათბობის შედეგად ნალექების შემცირებამ, ტემპერატურის მატებამ და აორთქლების გაზრდამ გამოიწვია ჰავის გამშრალება და გვალვების გახშირება, რაც განაპირობებს მდინარეთა წყალმცირობას და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დაცემას, რასაც თან სდევს შიმშილობა და წყლის ნაკლებობით გამოწვეული დაავადებათა გავრცელება. წყლის რესურსე-

ბის ნაკლებობის გამო მაღალია გაუდაბნოების ალბათობა, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის მოსახლეობას და გამოიწვევს მათ იძულებით მიგრაციას.

არიდული ლანდშაფტებია აღმოსავლეთ საქართველოში: შიდა და ქვემო ქართლი, ივრის ზეგანი, ელდარის ველი და ჯავახეთის მთიანეთის სტეპური რეგიონი. ნახევარუდაბნოს ლანდშაფტი აქ მხოლოდ ელდარის ვაკე დაბლობზეა. გვალვის დროს აორთქლება სჭარბობს ნალექებს, რის გამოც ნიადაგში იღვევა სინოტივის მარაგი, დაბლა იწვევს გრუნტის წყლები და მცირდება მდინარეთა წყლიანობა, რაც იწვევს მოსავლიანობის შემცირებას და ზოგჯერ საერთოდ მათ განადგურებას.

1961-2009 წლებში დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზით [1] ირკვევა, რომ გვალვიანობის განმეორებადობის მაქსიმუმი (50-90 %) აღმოსავლეთ საქართველოში ყველგან აღინიშნება სავეგეტაციო პერიოდის მეორე ნახევარში ივლის-სექტემბერში, მინიმუმი (0-50 %) კი აპრილ-მაისშია. ყველაზე გვალვიანია ქვემო ქართლი, შიდა ქართლი და კახეთი. გვალვიანობის დიდი სიხშირე აღინიშნება გარდაბანში, ბოლნისში, გორში, თბილისში და შირაქში.

კლიმატის მესამე ეროვნული შეტყობინების [2] მიხედვით 2021-2050 წლებში შემცირდება მკაცრი გვალვები და ამიტომ რისკები სოფლის მეურნეობისათვის მცირე იქნება, 2071-2100 წლებში კი, ყველა ტიპის გვალვები მოიმატებს, მკაცრი გვალვების ალბათობა დიდი ქვემო ქართლში და გარე კახეთში.

1994 წლის გაეროს გვალვიანი რაიონების რუკაზე, აღმოსავლეთ საქართველო მოქცეულია მშრალ რაიონებში, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ აქ მოსალოდნელია გაუდაბნოების პროცესის გააქტიურება. სადღეისოდ გაუდაბნოების ალბათობა აქ არიდულ რაიონებში 30 %-ს აღემატება [3]. საქართველომ გაეროს გაუდაბნოებასთან ბრძოლის კონვენციას 1994 წელს მოაწერა ხელი, მაგრამ მისი რატიფიკაცია მოახდინა მხოლოდ 1999 წელს, რის მიხედვითაც სავეგეტაციო პერიოდში აუცილებელია ნიადაგის რეგულარულად დროული მორწყვა და კულტივაცია. ამის განხორციელებას ხელს უშლის მდინარეთა ამ პერიოდის წყალმცირობა. ეს პრობლემა უფრო გაიზრდება შემდგომში კლიმატის დათბობის ფონზე.

ამასთან დაკავშირებით ჩვენ მიერ გამოკვლეულ იქნა მდ. ალაზნის სავეგეტაციო პერიოდის ჩამონადენის მრავალწლიანი დინამიკა სოფ. ბირკიანთან, სადაც 1950-1996 წლებში იზომებოდა მდინარის ბუნებრივი (წყალაღებისა და წყალჩაშვების გარეშე) ჩამონადენი წყლის ხარჯების (Q მ³/წმ) სახით. მათი დაღმავალი ტრენდების წრფივი აპროქსიმაციით (სავეგეტაციო პერიოდისა და ივლისის თვის საშუალო ხარჯებისათვის) მიღებულია განტოლებები:

$$TQ_{IV-IX} = - 0,0084 N + 20,64 \quad (1);$$

$$TQ_{VII} = - 0,0415 N + 23,30 \quad (2),$$

სადაც N წლის რიგითი ნომერია დაწყებული 1950 წლიდან ($N = 1$), ყოველი შემდეგი i წლისათვის $N - i + 1$; მათი კოეფიციენტი სავეგეტაციო პერიოდისა – 0,0084 და ივლისის თვისა – 0,0415 არის წყლის ხარჯების (მ³/წმ) ყოველწლიური შემცირების მნიშვნელობა. ბოლო ორ ათეულ წელზე მეტია აქ აღარ მიმდინარეობს მდინარის წყლიანობის აღრიცხვა. მათი არსებობის შემთხვევაში, როცა კლიმატის დათბობა უფრო გააქტიურდა, წყლის ხარჯების შემცირება უფრო დიდი იქნებოდა.

მდინარის წყლიანობის ასეთი შესამჩნევი კლება მეტად საყურადღებოა და საჭიროა ჩატარდეს სათანადო პრევენციული ღონისძიებები ნეგატიური პროცესების განვითარების საწინააღმდეგოდ. ეს განსაკუთრებით აუცილებელია სადღეისოდ, როდესაც ქვეყანაში ეკონომიკური კრიზისისა და უმუშევრობის პირობებში სოფლის მოსახლეობა მხოლოდ თავიანთ ნაკვეთებზე მიღებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციიდან მიღებული შემოსავლით ირჩენს თავს. ამიტომ მათ ნაკვეთებს შეუფერხებლად უნდა მიეწოდებოდეს სარწყავი წყალი. მაგრამ აქ არსებული სარწყავი სისტემები თვითდინებით ზედაპირული მორწყვის წესით მოქმედებს, რაც ხასიათდება წყლის დიდი დანაკარგებით, რადგან აქ არსებული საირიგაციო სისტემები, ისევე როგორც სამეურნეო საწარმოები 1992 წლიდან განადგურდა. გარდა ამისა,

გაიჩეხა ტყეები და ქარსაცავი ტყის ზოლები. აღარ ხდება მდინარეთა წყლიანობისა და მათი გამოყენების აღრიცხვა. მაგალითად მდ. ალაზნის აუზში მდებარე 12 ჰიდროლოგიური საგუშაგოდან გაუქმდა 11 და დარჩენილ ერთ საგუშაგოზე იზომება მხოლოდ წყლის დონეები.

ტექნიკური დაზიანების გამო, გასული ორი ათეული წლის განმავლობაში აღარ ფუნქციონირებდა სარწყავი არხები. სადღეისოდ ტარდება აღდგენითი სამუშაოები და ხდება სოფლის მეურნეობის აღორძინება.

არსებულ სარწყავ სისტემებს ფუნქციონირება უწევს ძირითადად სარწყავი წყლის დეფიციტის პირობებში ზაფხულის პიკური წყალმოთხოვნილების დროს. მაგრამ აქ სარწყავი არხის სანყის უბნებთან არსებული მიწის ფართობების მექატრონიკები გადაჭარბებული რაოდენობით მოიხმარენ წყალს, ხოლო იგივე არხის ბოლო უბნებთან არსებულ სარწყავ ფართობებთან წყალი ვეღარ აღწევს და ამიტომ მოსავალი იქ აღარ მოდის. ამის გამო იქ მოსახლეობა ამ ფართობებს დაუმუშავებელს ტოვებს, რომლის შედეგად შეინიშნება გაუდაბნოების პროცესის განვითარება. ამ პრობლემის გადაწყვეტის ეფექტური გზა სარწყავ სისტემებზე წყალმომხმარებელთა შორის წყლის განაწილების ოპტიმალური სქემის დანერგვა, რაც შეიძლება შედგეს ადგილობრივი არხის წყალმოსარგებელთა შორის იმის შესახებ, თუ ვის, როდის და რა რაოდენობით მიენოდოს სარწყავი წყალი, იმის მიუხედავად მიწის ფართობი არხის თავშია თუ ბოლოში.

გარდა ამისა, აუცილებელია საირიგაციო სისტემების სრული რეკონსტრუქცია, რეაბილიტაცია და გაფართოება. განსაკუთრებით საჭიროა ჭაბურღილებისა და სატუმბი სადგურების ამოქმედება არხებში წყლის დამატებითი მიწოდებისათვის მდინარის წყალმცირობის პერიოდში. ადგილობრივი მოსახლეობის მობილიზაციით უნდა მოხდეს იქ არსებული არხების განმენდა და აღდგენა, რათა შემცირდეს წყლის დანაკარგები.

მტკნარი წყლის დეფიციტის პირობებში უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს წვეთოვანი მორწყვის წესი, რომლის დროს იხარჯება 3-ჯერ ნაკლები წყალი, მოსავლიანობა კი 10-ჯერ იზრდება [4]. მორწყვის წესის შერჩევა უნდა მოხდეს ადგილობრივი ბუნებრივ-სამეურნეო პირობების გათვალისწინებით. მაგალითად წყლის ეკონომიურად ხარჯვის, ნიადაგის დამარილიანებისა და ეროზიის სანინააღმდეგოდ, შეუცვლელი საშუალებაა დანვითებითი რწყვა. ახალი გადასატანი დასაწვიმი დანადგარებით შესაძლებელია რწყვა ჩატარდეს დიდი ქანობებისა და რთული რელიეფის პირობებში [5].

მდინარის წყლის ზედაპირული ჩამონადენის დარეგულირებისა და მიწისქვეშა წყლების მოსამატებლად უნდა მოხდეს მდინარის ხეობის ფერდობებზე მასიური ტყეების გაშენება. მეტად სასარგებლო იქნება, შესაძლებლობის ფარგლებში ფერდობების დატერასება და მათზე გარდიგარდმო ხვნა-თესვის წარმოება. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულეებზე კი გვალვა-გამძლე ჯიშების დანერგვა და ქარსაცავი ზოლების აღდგენა.

მდინარის წყლის რესურსების შევსების, დარეგულირებისა და დაზოგვის მიზნით, მდინარის ხეობის მდგრადი გეოლოგიური ქანებისა და ხელსაყრელი რელიეფის პირობებში უნდა შეიქმნას მცირე წყალსაცავები, სადაც განხორციელდება წყალდაგროვება მდინარის შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულის წყალდიდობის პერიოდის გამოუყენებელი წყლის რესურსებისა, მათი შემდგომი გამოყენების მიზნით ზაფხულში, როდესაც მდინარეზე აღინიშნება წყლის უკმარისობა. წყლის რესურსების შევსების მიზნით, შეიძლება აგრეთვე ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედებით დამატებითი ნალექების მიღება, რითაც შეიძლება თავიდან ავიცილოთ სეტყვის საშიშროებაც.

სარწყავი სისტემების წყალმომარაგების რეჟიმის დაგეგმარების დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მდინარის სავეგეტაციო პერიოდის წყლიანობის ყოველწლიური პროგნოზები [6], რომელთა საშუალებით შეიძლება წინასწარ დადგინდეს სავეგეტაციო პერიოდის რომელ ინტერვალში იქნება შესაძლებლობა მორწყვისა მდინარის ჩამონადენის გამოყენებით და რომელ ინტერვალში იქნება აუცილებელი სატუმბი სადგურების ამოქმედება ან დანვითებითი დანადგარების გამოყენება, ან კიდევ ხელოვნურად ნალექების გაზრდა ღრუბლებზე ზემოქმედებით.

საჭიროა წყლის რესურსების გამოყენების ახალი ნორმატივების დადგენა მეურნეობის სხვადასხვა დარგისათვის. უნდა დაწესდეს კონტროლი არანორმირებული რწყვის აღსაკვეთად. აუცილებელია რეგულარული პროპაგანდა და აგიტაცია მოსახლეობის ეკოლოგიური კულტურის ამაღლებისათვის, წყლის რესურსების ყაირათიანი მოხმარებისა და წყლის დაბინძურების შემცირებისათვის.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიებების ან მათი ნაწილის ჩატარება ხელს შეუწყობს არამარტო მოსავლიანობის გაზრდას, არამედ აგრეთვე აქ დაწყებული გაუდაბნოების პროცესის შენელება-შეჩერებას და მოსახლეობისა და ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

ლიტერატურა

1. Горгишели В.Э. Повторяемость и динамика засух в Восточной Грузии в XX столетии. // Метеорология и Гидрология, Москва, № 6, 2009, с. 98-103.
2. საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების შესახებ. // UNOP in Georgia, თბილისი, 2015, 292 გვ.
3. Элизбарашვილი Э.Ш., Элизбарашვილი М.Э. Стихийные метеорологические явления на территории Грузии. // Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, Тбилиси, 2012, 104 с.
4. ჩიკვაიძე გ., შველიძე ო., გელაძე ი., დევდარიანი ნ., არქიელიძე ნ. გვალვიან რაიონებში წვეთოვანი მორწყვის დანერგვა. // ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, ტ. 107, 2002, გვ. 218-221.
5. ნანიტაშვილი ო. გვალვისაგან დაზარალებული რაიონებისათვის განკუთვნილი ახალი თაობის სარწყავი ტექნიკა, // ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, ტ. 107, 2002, გვ. 223-229.
6. ბასილაშვილი ც. მთის მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირება ინფორმაციის უკმარისობის პირობებში. // თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2013, 148 გვ.

CHALLENGES OF EXPECTED LOW WATER LEVELS ON THE RIVERS OF EAST GEORGIA AND THE WAYS OF OVERCOMING THEM

Basilashvili Ts. Z.

Summary: In consequence of climate warming, temperature rises, increase in evaporation and decrease in atmospheric precipitation and in the river water flows are anticipated in Eastern Georgia. Prevention and slowing down of the process of desertion will be far more costly and difficult in the aftermath. Due to the fact that economic crisis and rampant unemployment in Georgia leads the population to find sustenance in the produce grown on the farmlands, the plots of their lands should be regularly irrigated. However, the low water levels are not the only problem; the irrigation channels built here are depreciated, which leads to significant water losses. Keeping it in mind, with a view to mitigating anticipated negative consequences, a complex of adaptive measures has been developed, the implementation of which will ensure slowing down or preventing of the desertion process, safety of the environment, increase in crops and harvest and improving economic well-being of the population here.

Key words: droughts, forest, water resources.

CHANGEABILITY OF THE ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS REGIME IN KAKHETI IN 1956-2015

*Bliadze T., *****Gvasalia G., *Kirkidatze D., ******Mekoshkishvili N.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

***National Environmental Agency of Georgia, Tbilisi, Georgia

****Agricultural and Rural Development Agency of Georgia, Tbilisi, Georgia

teimuraz.bliadze@gmail.com

Summary: The results of statistical analysis of data on monthly precipitation for five points of Kakheti – Telavi, Sagarejo, Kvareli, Gurjaani, Dedoplistskaro and Lagodekhi are presented. The study period from 1956 to 2015. In particular, it was found that during the indicated period of time in various months of the year in Kakheti at different points the variability of precipitation is quite heterogeneous. So, in 1986-2015, compared with 1956-1985, the regime of precipitation in Kvareli did not change; in Telavi, in the second period of time compared to the first, the monthly precipitation decreased in June and July, and increased in October; in Sagarejo – a decrease in precipitation from June to August and an increase in October; in Gurjaani and Dedoplistskaro – a decrease in rainfall in June; in Lagodekhi an increase in October and November. The results of the study may be useful for planning works on artificial precipitation.

Key Words: Regional climate change, atmospheric precipitations

Introduction. In Georgia, as in other countries, to studies of atmospheric precipitations was always given important attention. So, study of the precipitation climatology, their statistical structure and distribution on the territory of Georgia were carried out in the works [1-4]. Analyses of statistical structure of spring-summer precipitation for 18 locations of Eastern Georgia was carried out in [5]. A study of lasting variations and expected changeability of atmospheric precipitations in the future, in particular, they are carried out in the works [6-9]. Information about influence of heavy rains on flash flood hazard in Georgia in [10, 11] are presented.

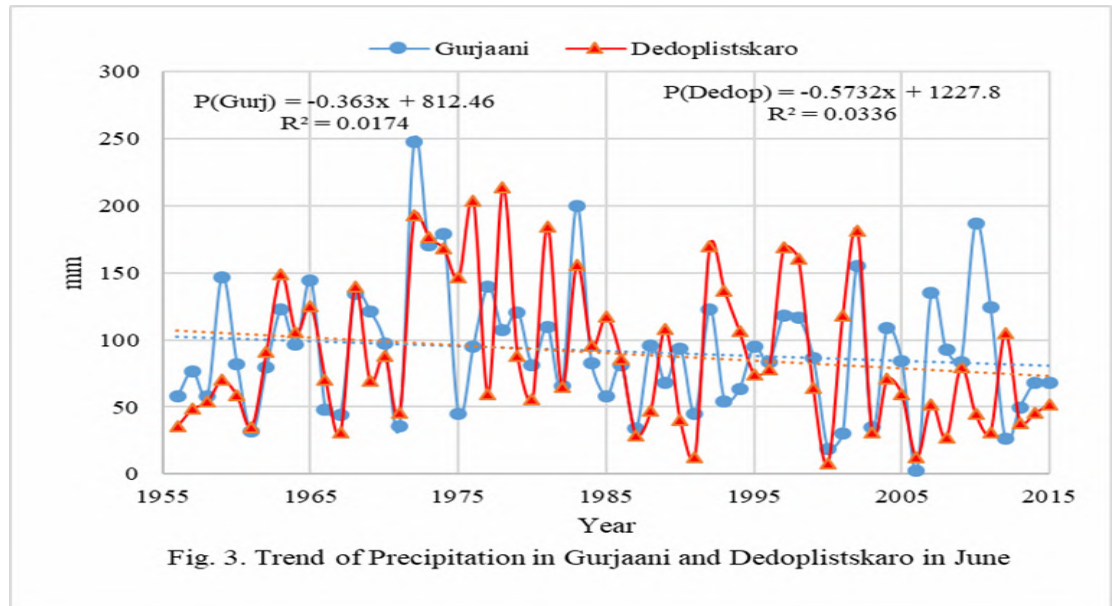
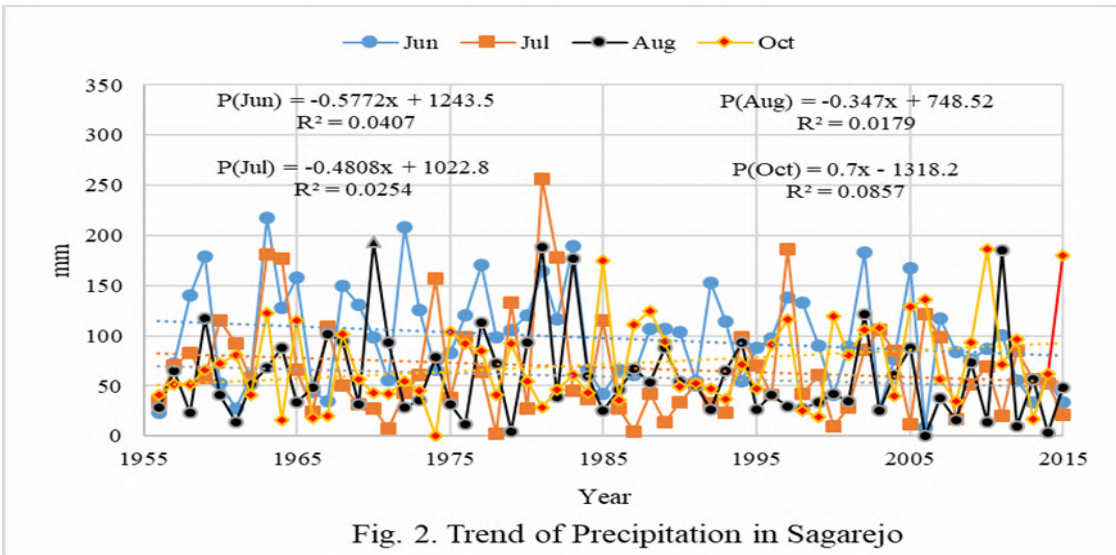
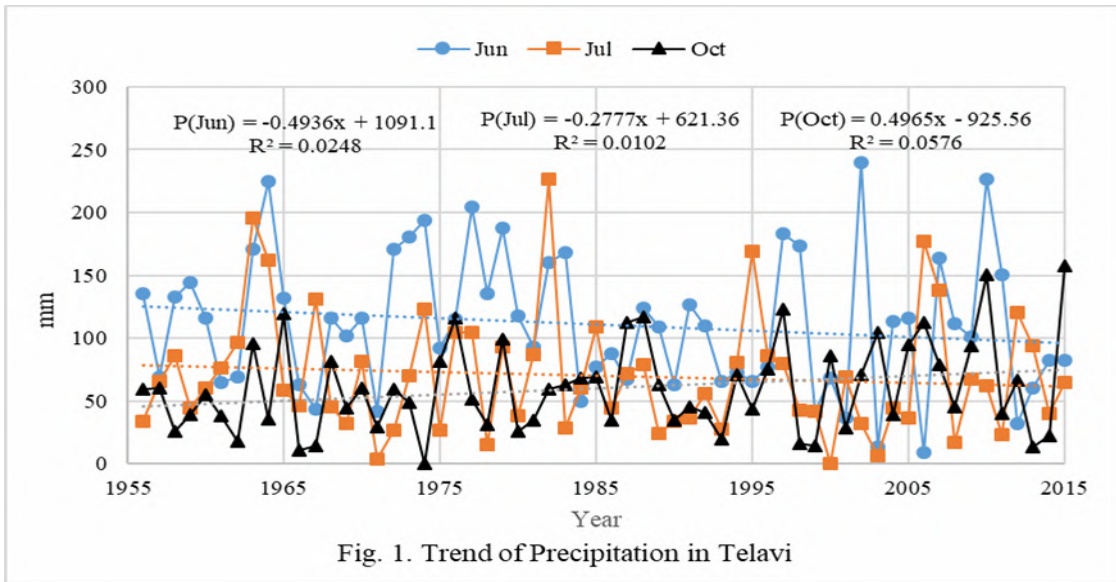
In this work, which presents the continuation of the foregoing studies, some results of the changeability of monthly sum of atmospheric precipitation in five location of Kakheti in 1956-2015 6 are represented.

Study area, material and methods. Study area is Kakheti region of Georgia. Data of the Hydrometeorological department of Georgia about monthly sum of precipitation in five locations of Kakheti (Telavi, Sagarejo, Kvareli, Gurjaani, Dedoplistskaro and Lagodekhi) in 1956-2015 are used.

The standard statistical methods are used. The following designations will be used below: Mean – average value of precipitations for 1956-2015; I – average value for 1956-1985 (first period of time); II – average value for 1986-2015 (second period of time); R^2 – coefficient of determination; α – the two-sided level of significance. Missing observational data using standard methods were recovered. Comparison of mean values of precipitations in two periods of time was produced with the use of Student's criterion with the level of significance not worse than 0.15

Results and discussion. Results in Fig. 1-4 and Table clearly are presented.

In Fig. 1-4 the graphs of linear trends of monthly sum of atmospheric precipitation in Telavi, Sagarejo, Dedoplistskaro and Lagodekhi in 1956-2015 are presented. In Kvareli the trend of precipitations is absent.



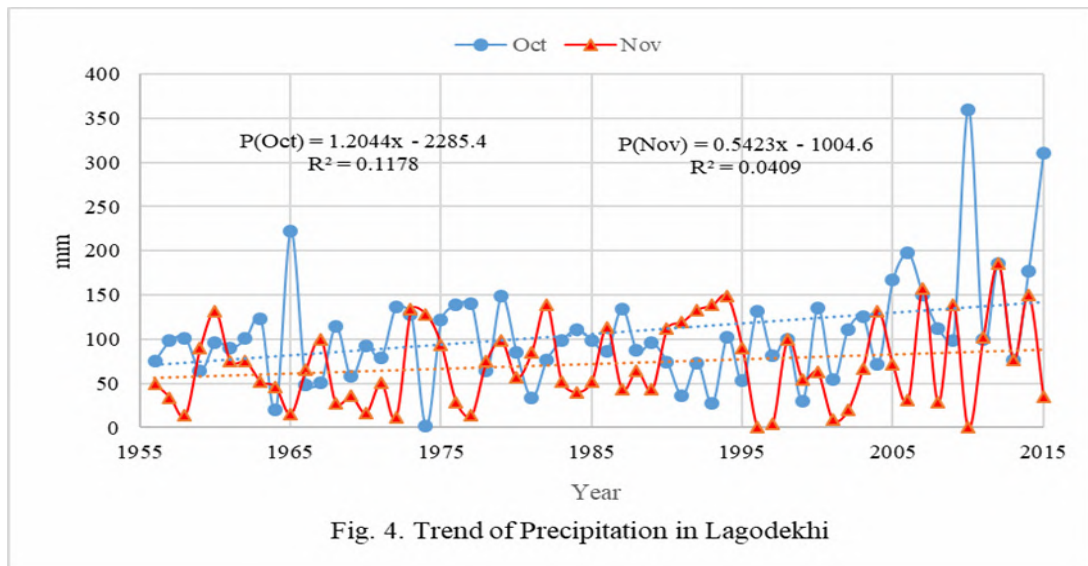


Fig. 4. Trend of Precipitation in Lagodekhi

In Table the difference between monthly sum of atmospheric precipitation in 1986-2015 and 1956-1985 for five locations of Kakheti is presented.

Table

Difference between Monthly Sum of Atmospheric Precipitation in 1986-2015 and 1956-1985 for Five Locations of Kakheti (mm)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Loc.	Telavi											
Mean	27.1	34.9	50.4	83.3	116.3	111.0	69.9	71.3	66.9	60.2	43.6	29.7
(II-I)	0.6	-0.5	-0.3	9.1	9.8	-23.8	-15.6	-4.0	-1.6	14.0	6.8	2.4
α	No	No	No	No	No	0.10	0.2	No	No	0.15	No	No
Loc.	Sagarejo											
Mean	29.4	38.9	58.9	92.1	106.5	97.6	68.1	59.6	65.6	71.7	45.8	29.5
(II-I)	-5.7	-5.9	-9.1	3.0	-6.9	-21.6	-26.3	-18.0	-9.1	19.3	4.6	2.4
α	No	No	No	No	No	0.10	0.05	0.15	No	0.05	No	No
Loc.	Kvareli											
Mean	37.9	49.1	73.0	102.4	129.9	118.8	87.8	91.4	97.9	85.1	57.4	40.1
(II-I)	3.0	-1.7	-6.8	-3.6	15.8	-14.4	-17.6	5.6	-16.3	15.5	6.2	3.6
α	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Loc.	Gurjaani											
Mean	31.0	40.7	61.7	88.4	114.4	91.7	73.0	67.9	71.0	71.0	47.6	30.7
(II-I)	4.4	0.0	-5.5	8.4	15.9	-21.8	-13.8	-11.0	-0.1	8.4	5.6	2.5
α	No	No	No	No	No	0.07	No	No	No	No	No	No
Loc.	Dedoplistskaro											
Mean	27.4	30.6	44.6	65.4	89.8	89.7	51.8	42.0	50.7	53.3	33.7	23.3
(II-I)	10.0	2.8	-1.6	4.3	7.8	-30.1	-4.3	-6.0	9.0	6.3	6.8	-0.6
α	No	No	No	No	No	0.05	No	No	No	No	No	No
Loc.	Lagodekhi											
Mean	42.6	53.4	81.9	110.6	132.6	121.9	103.0	100.1	111.7	106.0	72.1	42.5
(II-I)	7.9	10.2	8.7	18.4	11.7	-1.3	12.2	26.3	11.6	24.2	18.1	9.6
α	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0.07	0.07	No

As follows from these Fig. and Table in 1986-2015, compared with 1956-1985, the regime of precipitation in Kvareli did not change (no trend); in Telavi, in the second period of time compared to the first, the monthly precipitation decreased in June and July (negative trends), and increased in October

(positive trend); in Sagarejo – a decrease in precipitation from June to August (negative trends) and an increase in October (positive trend); in Gurjaani and Dedoplistskaro – a decrease in rainfall in June (negative trends); in Lagodekhi an increase in October and November (positive trends).

Conclusion. In Kakheti in the summer months is noted the tendency of the decrease of precipitations that negative influences to the state of agricultural crops. In our view it is expedient to examine a question of an artificial increase of precipitations by active actions on the clouds with using anti-hail service potential [12].

References

1. Khvichia M.S. Genezis osadkov i ikh rejim na territorii Gruzii. // Tr. ZakNIGMI, N, 44 (50), 1971, 189 p., (in Russian).
2. Alibegova D., Elizbarashvili E. Statisticheskaya struktura atmospernikh osadkov v gornikh raionakh. // Leningrad, 1980, 136 p., (in Russian).
3. Javakhishvili S. Atmosperuli naleqebi saqartvelos teritoriaze. // TSU, 1981, 181 p., (in Georgian).
4. Tavartqiladze K. Saqartveloshi naleqebis ganacilebis statistikuri struqtura. // Hidrometeorologiis institutis Sromebi, "Mecniereba", N 105, 2002, 117 p., (in Georgian).
5. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. // Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-87.
6. Budagashvili T., Karchava J., Gunia G., Intskirveli L., Kuchava T., Gurgenidze M., Amiranashvili A., Chikhladze T. Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks. Georgia's Initial National Communication on Under the United Nations Framework Convection on Climate Change. // Project GEO/96/G31, Tbilisi, 1999, 137 p.
7. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and Their Variability. // Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
8. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
9. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.
10. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. // Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia, Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
11. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight With Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. // NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>
12. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp. 92-106.

სხვადასხვა საშიში და კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენის ერთდროული რეალიზაციის სტოქასტიკური პროცესის მოდელირება

*ელიზბარაშვილი მ., **ელიზბარაშვილი ე., **ელიზბარაშვილი შ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო
**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: წარმოდგენილია საშიში და კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენების ერთდროული რეალიზაციის მოდელირების კონცეფცია. განხილულია მოდელირების რამოდენიმე ვარიანტი.

საკვანძო სიტყვები: კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენა, სტოქასტიკური პროცესი, მოდელირება.

საშიში, ან კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენების, რომლებიც ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი არიან, წარმოქმნის ფიზიკურ პროცესს სტოქასტიკური ხასიათი აქვს, ამიტომ ის შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც შემთხვევითი პროცესი ალბათობის თეორიაში ცნობილი თეორემების საფუძველზე [2].

სტოქასტიკის ძირითადი დებულებების თანაცმად დამოუკიდებელ მოვლენათა $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, კომპლექსის ალბათობა შეიძლება გამოთვლილ იქნას ალბათობათა გამრავლების თეორემის თანახმად [1]:

$$P\left(\prod_{i=1}^n A_i\right) = \prod_{i=1}^n P(A_i)$$

ხოლო თავსებადი მოვლენების განხორციელების ალბათობა განისაზღვრება ალბათობათა შეკრების თეორემით;

$$P(\sum A_i) = \sum P(A_i) - \sum P(A_i A_j) + \sum P(A_i A_j A_k) - \dots + (-1)^{n-1} P(A_1 A_2 \dots A_n),$$

სადაც $P(A_{ij k})$ – არის $A_{ij k}$ – მოვლენათა ალბათობა, $ij k = 1, 2, 3, \dots, n$.

A მოვლენის განხორციელებისას, რომელიც ჩნდება რომელიმე $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$, მოვლენასთან ერთად, რომელიც ქმნის მოვლენათა სრულ ჯგუფს, H_k – მოვლენის ახალი ალბათობები გამოითვლება ბაიესის ფორმულით:

$$P(H_k | A) = \frac{P(H_k)P(A|H_k)}{\sum_{i=1}^n P(H_i)P(A|H_i)}$$

ვთქვათ A და B მოვლენა შეიძლება წარმოიქმნას გარკვეული პირობების შესრულებისას და შექმნას ურთიერთ შეუთავსებელი მოვლენათა სრული სისტემა:

$$(AB), (AB_), (A_B), (A_B_).$$

პირველი მათგანი ნიშნავს, რომ წარმოიშვა ორივე მოვლენა. მეორე ნიშნავს, რომ წარმოიშვა A მოვლენა და არ წარმოიშვა B მოვლენა და ა.შ.

თუ ცნობილია მოვლენათა ალბათობები $P(A)$ და $P(B)$, მაშინ გამრავლების თეორემის თანახმად:

$$P(AB) = P(A) P(B)$$

$$P(AB_) = P(A) - P(AB)$$

$$P(A_B) = P(B) - P(AB)$$

$$P(A_B_) = 1 - \{ P(AB) + P(AB_) + P(A_B) \}$$

თუ კი განხორციელდა რაიმე H მოვლენა, რომელიც თავსებადია (AB) სისტემის ერთერთ მოვლენასთან მაინც, მაშინ ბაიესის თეორემის თანახმად ახალი პირობითი ალბათობები განისაზღვრება ფორმულით:

$$P\{(AB)_i | H\} = \{ P(AB)_i P(H | (AB)_i) \} / \sum \{ P(AB)_i + P(H | (AB)_i) \}$$

წარმოდგენილი ფორმულების გამოყენებით განვიხილოთ მოდელური გამოთვლების რამოდენიმე ვარიანტი:

ნალექები-ძლიერი ქარი. ცხრილში 1 წარმოდგენილია ნალექების და ძლიერი ქარის (15მ/წმ და მეტი) ერთობრივი რეალიზაციის ალბათობების წლიური სვლა განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში [3,4].

ცხრილი 1. ნალექების და ძლიერი ქარის ერთობრივი რეალიზაციის ალბათობები, %

ალბათობა	პუნქტი (სიმაღლე)	თვეები											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$P(AB)$	სამტრედია(28)	5	4	6	4	2	0.8	0.4	0.8	2	3	3	5
	თბილისი(403)	1.6	1.6	3	2.8	3	2	1.2	0.8	1.2	1.2	0.8	1
	მთა-საბუეთი(1242)	21	21	23	21	21	17	15	18	18	20	18	18
$P(A+B)$	სამტრედია(28)	51	48	53	48	44	41	41	38	43	44	43	51
	თბილისი(403)	28	28	37	44	53	43	33	29	33	33	29	28
	მთა-საბუეთი(1242)	73	72	75	72	73	70	65	66	68	70	66	68
$P(A B)$	სამტრედია(28)	50	44	50	44	40	40	40	40	40	43	37	42
	თბილისი(403)	23	26	30	40	50	40	30	26	30	40	26	20
	მთა-საბუეთი(1242)	54	54	55	50	54	57	47	46	42	48	43	47

ცხრილიდან გამომდინარეობს, რომ აღნიშნული კომპლექსის ალბათობა მნიშვნელოვნად მეტია მთაში და კოლხეთის დაბლობზე და ნაკლებია აღმოსავლეთ საქართველოს ბარში. ამავე დროს კოლხეთის დაბლობისათვის უდიდესი ალბათობა დამახასიათებელია ზამთრისა და გაზაფხულის დასაწყისისათვის, აღმოსავლეთ საქართველოს ბარისათვის – გაზაფხულისა და ზაფხულის დასაწყისისათვის, ხოლო მთებში მთელი წლის განმავლობაში მაღალია და რამდენადმე კლებულობს ივლისიდან სექტემბრის ჩათვლით.

1. კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენები. ცხრილში 2 წარმოდგენილია ზოგიერთი კატასტროფული მოვლენის ერთდროული რეალიზაციის ალბათობები.

ცხრილი 2. კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენების ერთდროული რეალიზაციის ალბათობები. (%)

რაიონი	R50-Hu		R50-Fd		Hu- Fd		B- Fd	
	P(AB)	P(A+B)	P(AB)	P(A+B)	P(AB)	P(A+B)	P(AB)	P(A+B)
ქუთაისი	0.004	1.4	0.006	2	0.02	2.6	0.002	1.7
თბილისი	0.001	11	0.002	1.7	0.0002	13	0.0008	1.6
მამისონის უღ.	0	0.9	0	44	0.4	45	10	68

აქ **R50**– კატასტროფული ნალექებია, როდესაც მათი დღეღამური ჯამი აღემატება 50 მმ-ს [7], **Hu** – გრივალური ქარია [5], რომლის სიჩქარეც აღემატება 32მ/წმ–ს, **Fd** –საშიში ნისლია, როდესაც ხილვადობის არე არ აღემატება 50მ-ს [8], **B** – ქარბუქია [6]. როგორც ცხრილიდან ჩანს წარმოდგენილი მეტეოროლოგიური კომპლექსებიდან კოლხეთის ბარში ყველაზე ალბათურია გრივალური ქარი – საშიში ნისლი (**Hu- Fd**), აღმოსავლეთ საქართველოს ბარში – კატასტროფული ნალექები – გრივალური ქარი (**R50-Hu**), ხოლო კავკასიონზე – ქარბუქი – საშიში ნისლი (**B- Fd**).

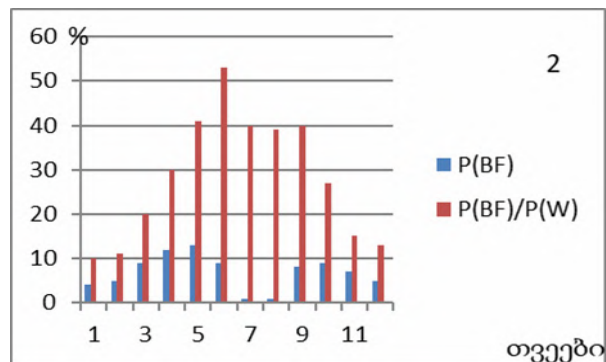
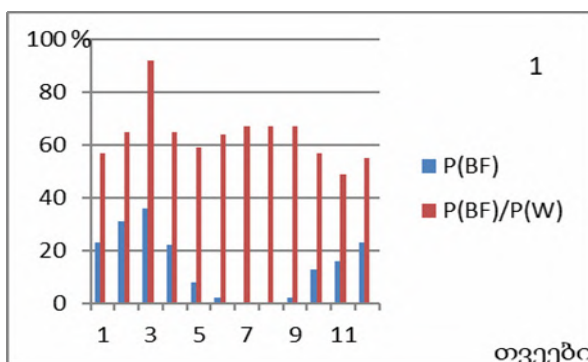
2. კატასტროფულ მეტეოროლოგიურ მოვლენათა სრული სისტემა. ცხრილში 3 წარმოდგენილია ზოგიერთი კატასტროფული და საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენის ერთდროული რეალიზაციის სხვადასხვა კომბინაციების ალბათობები.

ცხრილი 3. ზოგიერთი კატასტროფული და საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენის ერთდროული რეალიზაციის სხვადასხვა კომბინაციების ალბათობები (%) მამისონის უღელტეხილზე

კომბინაცია	R50-Hu	R50-Fd	Ha -Hu	Ha- Fd	Hu- Fd	B- Fd
P(AB)	0	0	0.1	1	0.4	10
P(AB_~)	0	0	2.1	1.2	0.5	13.8
P(A_~B)	0.9	44	0.8	42.8	43.4	33.8
P(A_~B_~)	99.1	56	97	55	55.7	42.4

აქ **Ha** არის სეტყვა, დანარჩენი აღნიშვნები ცნობილია. როგორც ცხრილი 3-დან ჩანს ერთდროული რეალიზაციის ყველაზე მაღალი ალბათობა (10%) შეესაბამება კომპლექსს ქარბუქი – საშიში ნისლი (**B- Fd**), რაც თავისთავად ძალიან სახიფათო მოვლენაა. 14%-მდე ალბათობით მოსალოდნელია მხოლოდ ქარბუქი (**B**), ხოლო 34%-მდე ალბათობით მოსალოდნელია საშიში ნისლი (**Fd**).

3. სამგანზომილებიანი კომპლექსები. ნახ.1–ზე წარმოდგენილია ქარბუქის და ნისლის ერთდროული რეალიზაციის ალბათობების წლიური სვლა რეალურ პირობებში და ძლიერი ქარის შემთხვევაში კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში, ბაიესის ფორმულის თანახმად.



ნახ.1-ზე წარმოდგენილია ქარბუქის და ნისლის ერთდროული რეალიზაციის ალბათობების წლიური სვლა რეალურ პირობებში **P(BF)** და ძლიერი ქარის შემთხვევაში **P{(BF)|W}**:. 1- მამისონის უღ., 2-ყაზბეგი

ნახ.1-დან ჩანს, რომ ძლიერი ქარის შემთხვევაში ქარბუქის და ნისლის ერთდროული რეალიზაციის ალბათობა მნიშვნელოვნად იზრდება. მაგალითად მამისონის უღელტეხილზე მარტის თვეში ალბათობა გაიზარდა 35-დან 92%-მდე. ალბათობების განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ზრდა აღინიშნება აპრილიდან ოქტომბრის ჩათვლით. სწორედ ეს პერიოდი

ხასიათდება ქარის შესუსტებით. ამიტომ მიუხედავად თოვლის საფარის არსებობაზე მაღალმთიან ზონაში, ამ პერიოდში ქარბუქის ალბათობა მინიმალურია. ქარის გაძლიერების შემთხვევაში კი წარმოიქმნება ქარბუქის გააქტიურებისათვის ხელსაყრელი პირობები, რაც აისახება მოდელირების შედეგებზე (ნახ.1).

ლიტერატურა

1. Агемян Т.А. Основы теории ошибок. // Москва, Наука, 1972, 170с.
2. Кобышева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. // Ленинград, Гидрометеиздат., 1971, 191 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. // Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6, вып.14, Ленинград, Гидрометеиздат, 1979, 347 с.
4. Справочник по климату СССР. // вып.14, часть 1–5. Ленинград, Гидрометеиздат, 1970, 315с.
5. Элизбарашвили Э. Ш., Варазанашвили О.Ш., Церетели Н.С., Элизбарашвили М.Э. Ураганные ветры на территории Грузии. // Метеорология и гидрология, №3, 2013, с. 43-46.
6. Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Kartvelishvili L., Pipia M., Elizbarashvili Sh., ' Blizzards on the Territory of Georgia. // European Geographical Studies, 5(1), 2018, pp. 50–60.
7. Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Pipia M., Chelidze N. Catastrophic Precipitation in Georgia. // European Geographical Studies, 6(1), 2019, pp. 50–60.
8. Varazanashvili O, Tsereteli N, Amiranashvili A, Elizbarashvili E et al. Vulnerability, hazards and multiple risk assessment for Georgia. // Natural Hazards, vol.64, 2012, pp. 2021-2056.

MODELING OF THE STOCHASTIC PROCESS OF JOINT IMPLEMENTATION OF VARIOUS DANGEROUS AND CATASTROPHIC METEOROLOGICAL PHENOMENA

Elizbarashvili M.E., Elizbarashvili E.Sh, Elizbarashvili Sh. E.

Summary: The concept of modeling the joint implementation of hazardous and catastrophic meteorological phenomena is presented. Several modeling options are considered.

Key words: catastrophic meteorological phenomenon, stochastic process, modeling.

ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურის რყევადობა კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე

კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: წარმოდგენილ სტატიაში გაანალიზებულია ქ. თბილისის საშუალო წლიური ტემპერატურის მნიშვნელობები 1881 წლიდან დღემდე. თბილისის ტემპერატურის ათწლიანი საშუალოების გადხრების (1906-2005) შედარებით აზიის, ევროპისა და გლობალურად გასაშუალოებული ტემპერატურის შესაბამის მნიშვნელობებთან გამოვლენილია საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიები. დადგენილია თბილისში ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობების ზრდის ტენდენცია. შემოთავაზებულია კლიმატის შესაძლო ცვლილებასთან დაკავშირებით საადაპტაციო ღონისძიებები.

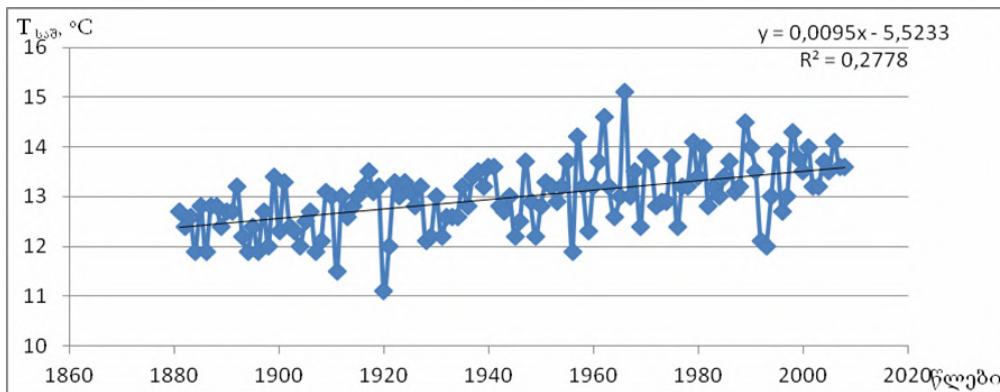
საკვანძო სიტყვები: ტემპერატურის ცვალებადობა, გლობალური დათბობა, კლიმატური პერიოდი.

კლიმატის ცვლილება თანამედროვეობის მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც გამოიხატება როგორც ბუნებრივი მოვლენების გააქტიურებაში, ისე ტემპერატურის სწრაფი ტემპით გაზრდაში. აღნიშნულ პრობლემის შესწავლას მრავალრიცხოვანი სტატია და მონოგრაფია მიეძღვნა. კერძოდ, თბილისის ტემპერატურის ცვალებადობის დადგენის მიზნით პირველი სტატისტიკური ანალიზი ჩაატარეს ი.ქურდიანმა (1956) და გ.ჭირაქაძემ (1956). ი.ცუციურიძემ (1960). თბილისის ტემპერატურის 100 წლიანი რიგები გაანალიზეს რ.გვაზავამ და ვ.ხორგუანმა (1989). რომლებმაც საშუალო წლიური ტემპერატურის ნაზრდი შეაფასეს $0,6^{\circ}\text{C}$ სიდიდით. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ე. ელიზბარაშვილის ხელმძღვანელობით შესრულდა მონოგრაფია თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილებისა და ციკლური რყევადობის შესახებ (2001), სადაც განხილულია კლიმატური ცვლილების ძირითადი ტენდენციები წარსულში და თანამედროვე პირობებში [1].

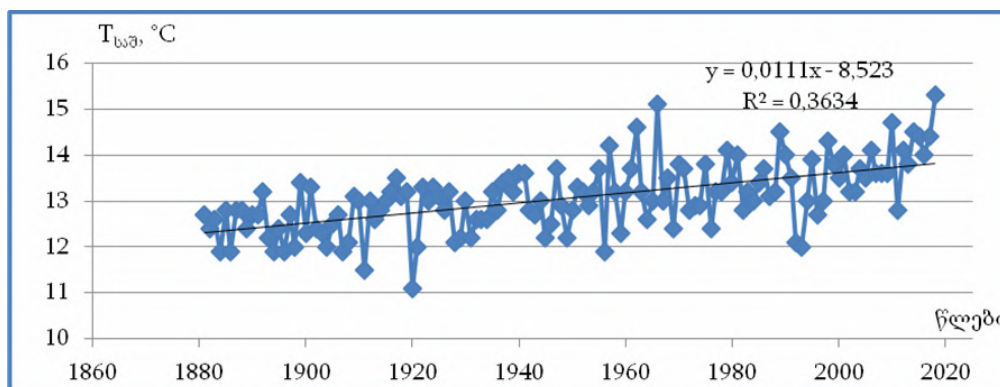
ცხადია, ჰაერის ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობების მერყეობის თავისებურებების გამოვლენას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება როგორც განვლილი პერიოდის კლიმატური პირობების შესწავლისათვის, ისე მათი ტრენდული განვითარების ხასიათის დადგენის მიზნითაც, რასაც თავისთავად საპროგნოზო მნიშვნელობა გააჩნია. ამიტომ თბილისის საშუალო ტემპერატურის შესახებ საარქივო მასალებისა და მიმდინარე პერიოდის მეტეოროლოგიური ქსელის დაკვირვებათა არსებული მონაცემების გამოყენებით, ჩვენს მიერ გაანალიზებულ იქნა ამ პარამეტრის დროში ცვალებადობის თავისებურებები 1981 წლიდან დღემდე.

საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობის გრაფიკები 1981-2008 წწ. და 1981-2018 წწ. პერიოდებისთვის მოყვანილია ნახ. 1 [2] და ნახ. 2-ზე. გასული, თითქმის 130 წლის მანძილზე საკვლევი ელემენტის ცვალებადობის ნრფივი ტრენდით აპროქსიმაციის შემთხვევაში მიიღება (ნახ.1), რომ დროის აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში თბილისში წლის საშუალო ტემპერატურამ მოიმატა 1.0°C -ით 12.5°C -დან 13.5°C -მდე. რაც შეეხება მეორე გრაფიკს, აშკარად ჩანს ბოლო ათწლიანი პერიოდის საშუალო მნიშვნელობით (14.1°C) გამოწვეული ცვლილება და ტრენდული მნიშვნელობის გაზრდა $13,8^{\circ}\text{C}$ -მდე.

მოცემულ გრაფიკებზე განსაკუთრებით თვალში საცემია 1900-იანი წლების დასაწყისში დაფიქსირებული აცივების ორი მინიმუმი (1911 წელს 11.5 და 1920 წელს 11.1), ისევე როგორც 1950-1960-იან წლებში დაკვირვებული სამი მაქსიმუმი (1957 წელს 14.2°C, 1962 წელს 14.6°C და 1966 წელს 15.1°C). სწორედ ამ მაქსიმუმების არსებობით უნდა აიხსნას ის გარემოება, რომ საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში გამოყენებული 1955-1970 წწ. პერიოდის საშუალო მნიშვნელობა (13.3°C) ტოლი აღმოჩნდა გლობალური დათბობის გამოვლინების ე.წ. „სტანდარტული“ პერიოდის (1990-2005) საშუალოსი. 2018 წელს დაფიქსირებულმა ტემპერატურის მაქსიმუმმა (15.3°C) კი მანამდე არსებულ ყველა მაქსიმუმს გადააჭარბა (ნახ.2).



ნახ.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობა თბილისში 1881-2008 წწ. პერიოდში [2].



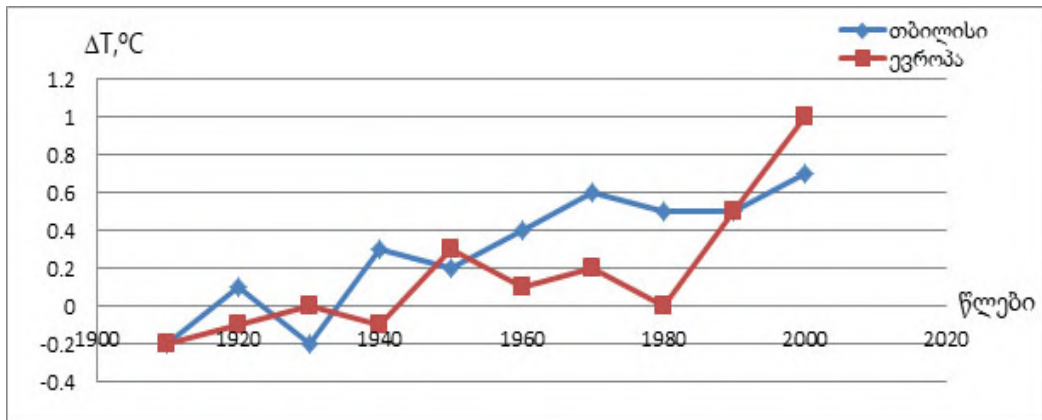
ნახ. 2. საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობა თბილისში 1881-2018 წწ. პერიოდში.

განსაკუთრებით საინტერესოა თბილისში გასული საუკუნის მანძილზე საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობის შედარება როგორც დედამიწის იმ მსხვილ რეგიონებში დაფიქსირებულ ცვალებადობასთან, რომლებიც ესაზღვრებიან საქართველოს, ასევე გლობალურად გასაშუალოებულ რყევადობასთან.

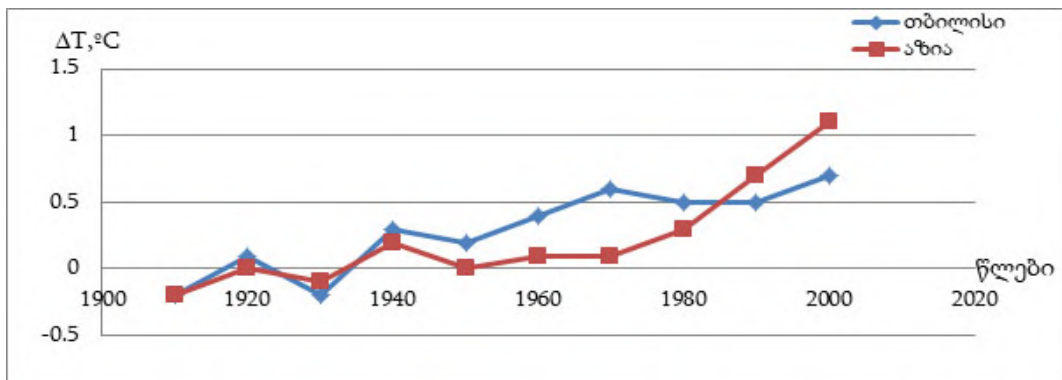
კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო ანგარიშში (IPCC) სხვადასხვა კონტინენტისათვის მოყვანილია 1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1901-1950 წწ. საშუალოს მიმართ [3]. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველო იმყოფება ევროპისა და აზიის კონტინენტების საზღვარზე, თბილისის შესაბამისი მონაცემები შედარებულ იქნა ორივე კონტინენტისა და გლობალური ტემპერატურის იმავე პერიოდისთვის გასაშუალოებულ მნიშვნელობებთან (ნახ. 3, 4, 5).

როგორც ამ გრაფიკებიდან ჩანს, თბილისში გასული საუკუნის მანძილზე საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიების მსვლელობა გარკვეულწილად განსხვავდება როგორც ევროპის, ისე აზიის მონაცემებისაგან. გადახრების მსვლელობა უფრო ახლოსაა აზიის კონტინენტზე დაფიქსირებულ მსვლელობასთან (განსაკუთრებით 1950 წლამდე), თუმცა 1960-

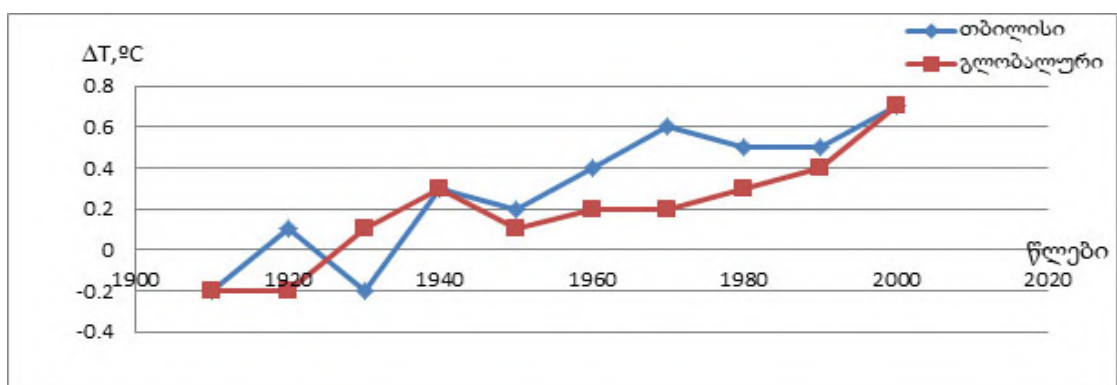
1970-იან წლებში ჩვენთან აღინიშნა ანომალურად დიდი დადებითი გადახრა, რაც არ დაფიქსირებულა არც ევროპაში და არც აზიაში. თბილისში ტემპერატურის ანომალიების მსვლელობა მეტნაკლებად მიახლოებული აღმოჩნდა გლობალურ საშუალოსთან.



ნახ. 3. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები ევროპის კონტინენტზე და თბილისში 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.



ნახ. 4. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები აზიის კონტინენტზე და თბილისში 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.



ნახ. 5. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები გლობალური მასშტაბით და თბილისში 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურების 10-წლიანი საშუალოების დადებითმა გადახრებმა 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში განსაკუთრებით მზარდი ტენდენცია გამოავლინა 1930-1940 და 1950-1970 წწ. შუალედებში, აგრეთვე 1990 წლის შემდგომ პერიოდში, როდესაც ნორმიდან გადახრამ მიაღწია სარეკორდო მნიშვნელობას $+0.7^{\circ}\text{C}$. 1960-1980 წწ.

პერიოდში თბილისში აღინიშნა მნიშვნელოვანი დათბობა ნორმიდან 0.4-0.6°C გადახრით, მაშინ, როდესაც ევროპისა და აზიის კონტინენტებზე ეს სიდიდე არ აღემატებოდა 0.1-0.2°C, ბოლო ათწლეულში ტემპერატურის დადებითი ანომალია თბილისში დაემთხვა შესაბამის გლობალურ მნიშვნელობას (0.7°C) და ნაკლები აღმოჩნდა როგორც ევროპის (0.9°C) ასევე აზიის (1.1°C) კონტინენტებზე დაფიქსირებულ გასაშუალებულ გადახრებზე.

ამრიგად, თბილისში ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობების დადებითი ანომალიების ზრდის ტენდენცია კვლავ გრძელდება. კლიმატის ცვლილებამ საგანგაშო ხასიათი რომ არ მიიღოს და საუკუნის ბოლომდე ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობამ 2°C-ს არ გადააჭარბოს საჭიროა გარკვეული საადაპტაციო ღონისძიებების გატარება. კერძოდ, ყველა ჩვენგანის ვალია ეკონომიურად მოვიხმაროთ ელექტრო ენერჯია, ავტომობილის ნაცვლად ვიმგზავროთ უსაფრთხო ტრანსპორტით, დავზოგოთ თაბახის ფურცელი, დავათუნოთ სახლები ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებით, დავნერგოთ გზებისა და ქუჩების განათების კომპიუტერიზებული სისტემები, ნებისმიერი ობიექტის დაპროექტებისას და ადგილის შერჩევისას გავითვალისწინოთ გარემოზე მისი უვნებელი ფუნქციონირება და კლიმატური მახასიათებლების პროგნოზირებული ცვლილება, მოვავგაროთ ნარჩენების დაშლისა და გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედებასთან დაკავშირებული პრობლემები, გავუმკლავდეთ სტიქიური მოვლენებიდან თბილისისათვის ყველაზე ანგარიშგასაწევ პრცესებს- უხვი ნალექებით გამოწვეულ წყალმოვარდნებსა და ძლიერ ქარებს, ასევე თავიდან ავიცილოთ ხანძრები-საგან მიღებული ზარალი.

კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტირების ღონისძიებებიდან მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის საზოგადოების ცნობიერების ამაღლების ფაქტორს, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს ქალაქის სასმელი და სარწყავი წყლის მომჭირნე მოხმარება, ელექტროენერჯიისა და გაზის ეკონომია, ქალაქის მწვანე საფარის მოვლა, ნარჩენების თავის ადგილზე განთავსება, წყლის ობიექტების დაბინძურებისაგან დაცვა [4] და ა.შ.

ლიტერატურა

1. ელიზბარაშვილი ე. გამოკვლევები კლიმატის ცვლილებისა და ციკლური რყევადობის //საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა, ტ. 103, 2001, გვ. 7-16.
2. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. // ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2010, 179 გვ.
3. Climate Change 2007. The physical science basis. //IPCC, 2007.
4. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ. მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის მოსალოდნელ დათბობასთან დაკავშირებით ქალაქ თბილისის მდგრადი განვითარების პრობლემები. //საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 2018, გვ. 152-156.

TBILISI AIR TEMPERATURE FLUCTUATIONS AGAINST THE BACKGROUND OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

Kapanadze N., Mkurnalidze I.

Summary: The mean annual air temperature variability in Tbilisi from 1881 till present has been analyzed in presented article. By comparison of deviations of (1906-2005) Tbilisi ten-year average temperature with corresponding Asia, Europe and global ones, the anomalies of mean annual temperature are revealed. The air temperature growth trend in Tbilisi has been established and adaptation measures are proposed toward possible climate change.

Key words: temperature variability, global warming, climate change.

CHANGEABILITY OF AIR TEMPERATURE AND ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN TBILISI FOR 175 YEARS

Amiranashvili A.

Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
avtandilamiranashvili@gmail.com

Summary: A statistical analysis of data on monthly and seasonal values of air temperature and precipitation in Tbilisi from 1844 to 2018 was carried out. Trends of air temperature and precipitation in three period of year (year, cold and warm seasons) for 175 year observations is study. Comparison of monthly and seasonal mean values of air temperature and precipitations in two thirty years of time (1844-1873 and 1989-2018) was carried out. In particular, it was found that in the indicated periods of time there is a significance increase in air temperature for all months of the year, except May and November. As for precipitation, their growth is observed in October and November, and a decrease in July and September.

Key Words: Climate change, air temperature, atmospheric precipitations.

Introduction

In recent years the problem of observed and expected climate change on our planet acquired special urgency [1]. This problem has high importance in Georgia, because of the variety of climatic regions in its territory [2, 3]. In our last studies with the use of different statistical models the statistical structure and estimations of the expected changes of air temperature [3-10] and atmospheric precipitations [5, 11-16] for the next decades for some regions of Georgia, including Tbilisi city, were carried out.

In Tbilisi regular meteorological observations were begun into 1844. In this work standard statistical analysis of changeability of air temperature and atmospheric precipitations in Tbilisi in 1844-2018 is carried out.

Material and methods

Data of the Hydrometeorological department of Georgia about monthly mean air temperature and monthly sum of precipitation in Tbilisi in the period from 1844 to 2018 are used. The standard statistical methods are used. The following designations will be used below: Mean – average values; Min – minimal values; Max – maximal values; St Dev – standard deviation; R^2 – coefficient of determination; T – air temperature, °C; P – sum of precipitation, mm. Missing observational data using standard methods were recovered. Comparison of mean values of air temperature and precipitations in two thirty years of time (1844-1873 and 1989-2018) was produced with the use of Student's criterion with the level of significance α not worse than 0.15.

Results and discussion

Results in Table 1, 2 and Fig. 1-4 are presented.

In Table 1 statistical characteristics of monthly mean and seasonal values of air temperature in Tbilisi are presented. As follows from this Table monthly mean values of air temperature changes from 1.3 °C (January) to 24.6 °C (July). Range of changeability of (Max – Min) monthly mean values of air temperature composes 32.9 °C (-4.1°C in January and 28.8 °C in August).

Trends of seasonal values of air temperature in Tbilisi are positive (level of significance $\alpha(R^2) < 0.001$) and take the linear forms (Fig. 1). In the cold half-year an increase of air temperature is more intensive than into the warm period. Rate of growth of air temperature in different seasons of year are following: Year – 0.62 °C/Century, Cold Period – 0.75 °C/Century, Warm Period – 0.48 °C/Century.

Table 1

Statistical Characteristics of Air Temperature in Tbilisi in 1844-2018 (°C)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Cold	Warm	Year
Min	-4.1	-2.1	1.8	7.4	15.0	18.7	21.9	21.3	15.4	9.5	0.4	-3.6	3.1	17.6	11.3
Max	6.3	7.3	11.9	17.0	22.3	24.9	28.1	28.8	23.5	17.7	10.9	9.2	9.1	21.9	15.3
Mean	1.3	2.7	6.8	12.2	17.5	21.4	24.6	24.4	19.7	13.9	7.7	3.2	5.9	20.0	13.0
StDev	2.1	2.1	1.8	1.7	1.3	1.3	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.0	0.8	0.7
Level of Significance of Difference: T(1989-2018) – T(1844-1873)															
α	<0.01	<0.01	0.02	0.01	No	<0.01	0.12	<0.01	0.01	0.15	No	0.02	<0.01	<0.01	<0.01

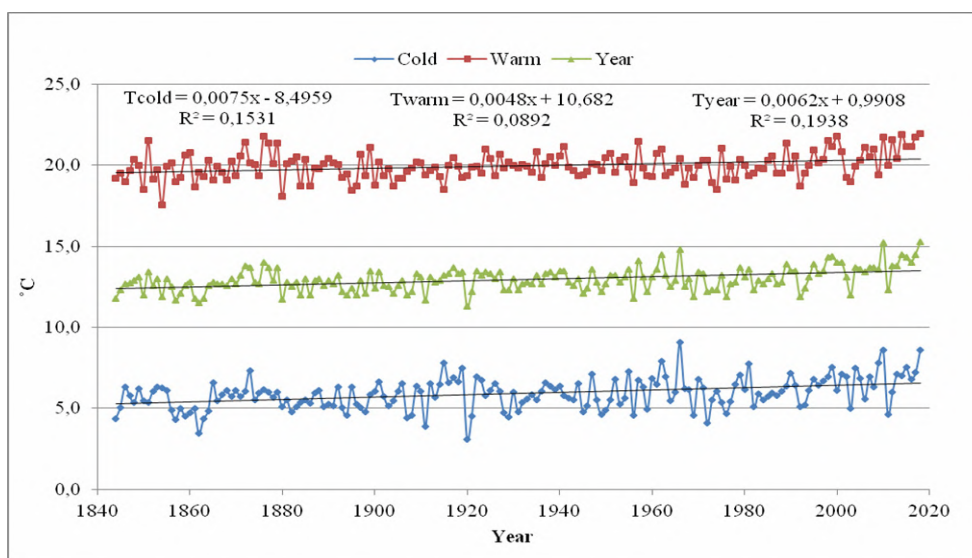


Fig. 1. Trend of Air Temperature in Tbilisi in Three Period of Year in 1844-2018.

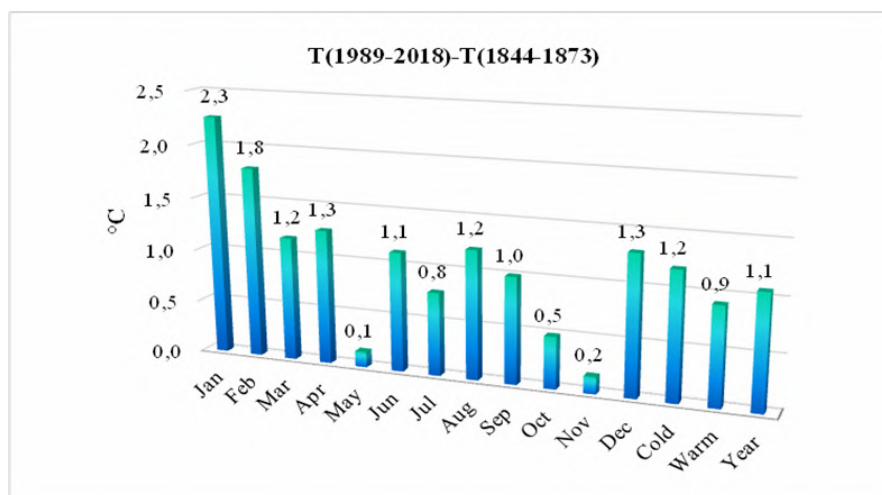


Fig. 2. Difference between Air Temperature in Tbilisi in 1989-2018 and 1844-1873.

In Fig. 2 data about difference between air temperature in Tbilisi in 1989-2018 and 1844-1873 are presented. As follows from Fig. 2 and Table 1 in the indicated periods of time there is a significance increase in air temperature for all months and seasons of the year, except May and November. The greatest increase of the air temperature in second thirty-year period of time in comparison with the first period is observed during January (2.3 °C), smallest – in October (0.5 °C). In the cold half-year an increase of the air temperature composes 1.2 °C, into warm – 0.9 °C, as a whole in the year – 1.1 °C.

In Table 2 statistical characteristics of monthly and seasonal sum of precipitations in Tbilisi are presented. As follows from this Table mean monthly sum of precipitations changes from 16 mm (January) to 82 mm (July). Range of changeability (Max – Min) of monthly sum of precipitations compose 267 mm (0 mm in all months, besides April and June, 267 mm – in May).

Trend of seasonal values of sum precipitations in Tbilisi only in cold period of year is observed (positive linear trend, level of significance $\alpha(R^2) = 0.03$, Fig. 3). Rate of growth of sum precipitations in this period compose 17 mm/Century.

Table 2

Statistical Characteristics of Atmospheric Precipitations in Tbilisi in 1844-2018 (mm)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Cold	Warm	Year
Min	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	71	131	240
Max	68	87	92	187	267	265	175	203	200	139	126	84	308	690	814
Mean	16	21	30	52	82	73	48	40	43	41	32	21	162	338	499
StDev	13	16	20	31	46	43	35	33	33	30	24	17	49	94	104
Level of Significance of Difference: P(1989-2018) – P(1844-1873)															
α	No	No	No	No	No	No	0.11	No	0.13	0.09	0.08	No	0.03	No	No

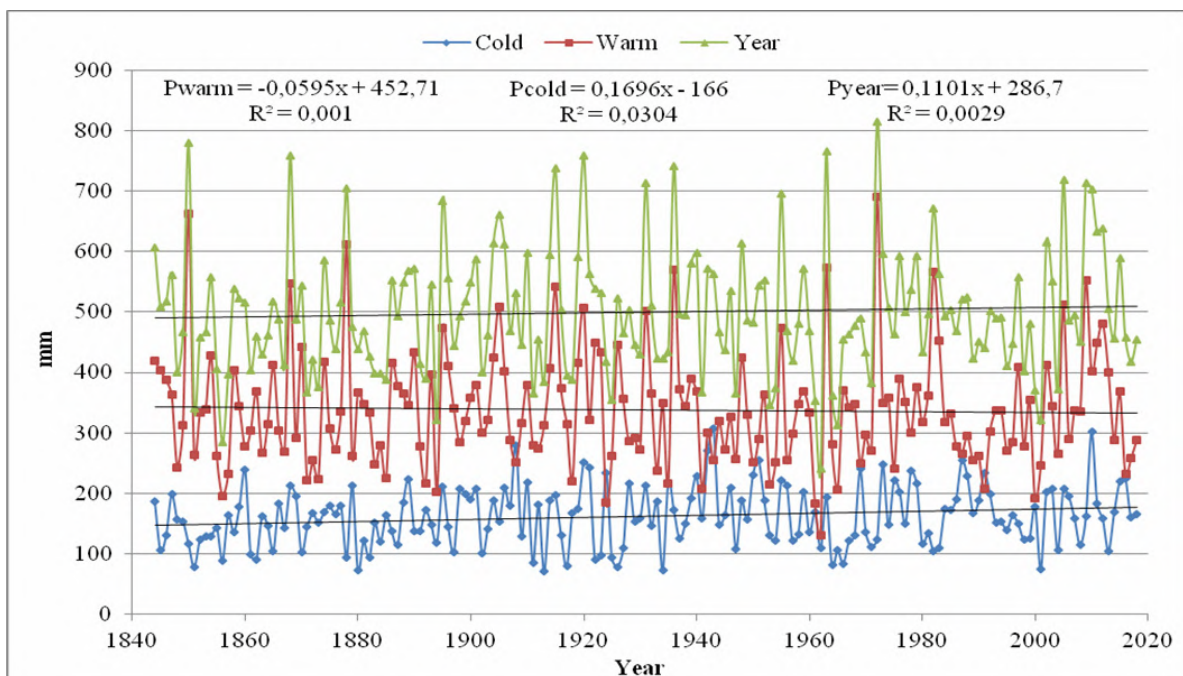


Fig. 3. Trend of Atmospheric Precipitation in Tbilisi in Three Period of Year in 1844-2018.

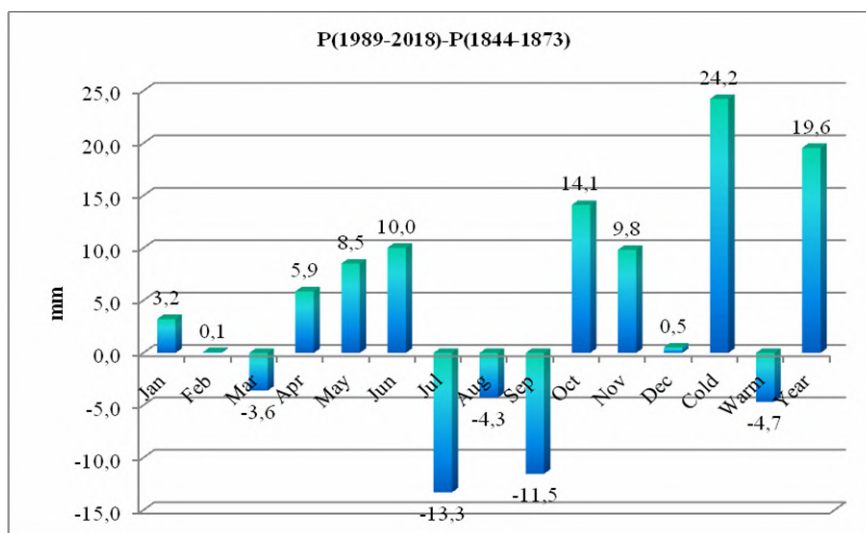


Fig. 4. Difference between Atmospheric Precipitations in Tbilisi in 1989-2018 and 1844-1873.

In Fig. 4 data about difference between sum of precipitations in Tbilisi in 1989-2018 and 1844-1873 are presented. As follows from Fig. 4 and Table 2 in the indicated periods of time there is a significance increase of sum of precipitations in October (14 mm) and November (10 mm), and decrease – in July (13 mm) and September (11.5 mm). In the cold half-year an increase sum of precipitations composes 24 mm.

Conclusion

In the near future, it is planned to analyze these data using statistical methods for non-stationary series of observations.

References

1. Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.). IPCC. Summary for Policymakers. // In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 29 p.
2. Budagashvili T., Karchava J., Gunia G., Intskirveli L., Kuchava T., Gurgenzidze M., Amiranashvili A., Chikhladze T. Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks.// Georgia's Initial National Communication on Under the United Nations Framework Convection on Climate Change, Project GEO/96/G31, Tbilisi, 1999, 137 p.
3. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. // Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. // Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
4. Tavartkiladze K.A., Amiranashvili A.G. Expected Changes of the Air Temperature in Tbilisi City. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. 115, ISSN 1512-0902, Tb., 2008, pp. 57–65, (in Russian).
5. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
6. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. Climate Change in Georgia: Statistical and Nonlinear Dynamics Predictions. // Journal of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, vol.15a, Tbilisi, 2011-2012, pp. 67-87.
7. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Khurodze T. Application of Some Statistic Methods for the Prognostication of Long-Term Air Temperature Changes (Tbilisi Case). // Trans. of the International Scientific Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Georgian Technical University “Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21th Century”, Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House “Technical University”, 2012, pp. 331-338, (in Russian).

8. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Trofimenko L.T., Khurodze T.V. The Statistical Evaluation of the Expected Changes of Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg up to 2056 Years. //Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.58-622, (in Russian).
9. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Trofimenko L., Khurodze T. Statistical Structure of Mean Annual Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg in 1850-2012. // Proc. of Int. Conf. "Modern Problems of Geography", Dedicated to the 80th Anniversary Since the Fondation of Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Collected Papers New Series, N 5(84), ISSN 2233-3347, Tbilisi, 2013, pp. 160-163, (in Russian).
10. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Trofimenko L. Dynamics of the thirty-year moving average values of the air temperature in Tbilisi and St.-Petersburg with 1851 to 2010 and their extrapolation to 2051-2080. // International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations", ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, pp. 12-16, <http://icae-2015.tsu.ge/>
11. Khvichia M.S. Genezis osadkov i ikh rejim na territorii Gruzii. // Tr. ZakNIGMI, N, 44 (50), 1971, 189 p., (in Russian).
12. Alibegova D., Elizbarashvili E. Statisticheskaiia struqtura atmospernikh osadkov v gornikh raionakh. // Leningrad, 1980, 136 p., (in Russian).
13. Tavartqiladze K. Saqartveloshi naleqebis ganacilebis statistikuri struqtura. // Hidrometeorologiis institutis Sromebi, "Mecniereba", N 105, 2002, 117 p., (in Georgian).
14. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. // Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-87.
15. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. // Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia, Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>
16. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.

EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE FREEZING LEVEL IN KAKHETI

Jamrishvili N., Tavidashvili Kh.

Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
jamrishvili@mail.ru

Summary: Results of a study of the impact of climate change on the level of zero isotherm in Kakheti are presented. To do this, a statistical analysis of data on monthly average maximum air temperatures was carried out for six points of Kakheti (Telavi, Sagarejo, Kvareli, Gurjaani, Dedoplistskaro and Lagodekhi) from 1956 to 2015, as well as data on the height of the zero isotherm over the studied region from 1958 to 1961 and from 2012 to 2016. In particular, it was obtained that from 1956 to 2015 in Kakheti, at almost all six points in June and August, climate warming took place. In July, September and October an increase in the maximum air temperature is noted in the majority points. Accordingly, from June to October over the study area in 2012-2016, compared with 1958-1961, there was an increase in the height of the zero isotherm within 71-442 m. During May changes in the values of maximum air temperature in 1958-2015 is not observed, the height of the zero isotherm in this month in the second period decreased by 260 m. In all months, except June, into 2012-2016 in comparison with 1958-1961 an increase in the values of vertical gradient of air temperature is noted.

Key Words: Climate change, air temperature, zero isotherm.

Introduction

The thickness of the supercooled part of the convective clouds is one of the most important conditions for formation and development of hail processes in them. Besides this, the data about the levels of negative temperatures in the clouds are necessary for the meteorological forecast of showers, thunderstorms and hail, determination of different characteristics of convective clouds from the data of radar measurements, optimum zones of sowing in them by the ice-forming reagent with the operations on the active actions for the purpose of the interruption of hail, the regulation of precipitations, etc. [1].

In the past century in the Soviet period of time the aerological sounding of the atmosphere in Tbilisi, Sukhumi, Batumi [2], and in the years of the work of anti-hail service in Kakheti in the village of Ruispiri of the Telavi municipality was carried out [3,4]. The aerological sounding of the atmosphere is not conducted after 1991 in Georgia.

At present, in connection with the restoration of anti-hail works in Kakheti [5,6], arose the need of obtaining the operational information about the vertical distribution of the meteorological parameters in this region of the Georgia, which was necessary both for conducting active actions to the hail-dangerous and hail clouds and for operational provisions of contemporary radar on recording of the parameters of hail clouds (probability of hailstorm, the size of hail, etc.) [1, 7]. For obtaining this information the resources of service of the worldwide network of the aerological observations of <http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php> are used, according to data of which is possible the extrapolation of the vertical distribution of meteorological elements for by any point of world.

In connection with the climate warming [8-10] it is important to estimate the influence of this warming on the height of zero isotherm. This question, besides the scientific interest, has at least great practical value for developing the optimum means of active action on the hail clouds.

Material and methods

For investigating the thermal regime in the free atmosphere above the territory of Kakheti the resources of <http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php> were used. For investigating the thermal regime change on the ground level in Kakheti data of the Hydrometeorological department of Georgia about monthly mean max air temperature in five locations of this region (Telavi, Sagarejo, Kvareli, Gurjaani, Dedoplistskaro and Lagodekhi) in 1956-2015 are used. Data about height of zero isotherm over Kakheti in 2012-2016 and 1958-1961 in respectively [2] and [3] are presented. Comparison of mean values of mean max air temperature in two periods of time was produced with the use of Student's criterion with the level of significance α not worse than 0.15.

Results and discussion

Results in Table 1, 2 and Fig. 1-4 are presented.

Table 1

Monthly Mean Values (1956-2015) and Difference Between Monthly Mean Max Air Temperature in Kakheti in 1986-2015 (II) and 1956-1985 (I) from May to October

Month	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Location	Telavi					
Mean	22.3	26.4	29.4	29.2	24.6	18.2
II-I	-0.1	1.3	1.1	1.7	1.3	1.1
α	No	0.001	0.01	0.001	0.001	0.05
Location	Sagarejo					
Mean	21.6	25.6	28.4	28.2	23.8	17.7
II-I	-0.5	0.7	0.4	0.9	0.5	0.1
α	No	0.1	No	0.1	No	No
Location	Kvareli					
Mean	23.4	27.6	30.6	30.3	25.7	19.3
II-I	0.1	1.4	1.0	1.6	1.1	1.0
α	No	0.001	0.05	0.001	0.01	0.05
Location	Gurjaani					
Mean	23.4	27.5	30.3	30.0	25.4	18.9
II-I	-0.1	1.1	0.9	1.4	0.9	0.7
α	No	0.001	0.05	0.001	0.05	0.15
Location	Dedoplistskaro					
Mean	20.8	25.5	28.5	28.3	23.5	17.0
II-I	0.0	2.1	1.8	2.4	1.8	1.2
α	No	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01
Location	Lagodekhi					
Mean	23.6	28.0	30.8	30.4	25.9	19.5
II-I	-0.4	1.1	0.7	1.3	0.8	1.0
α	No	0.05	No	0.05	0.15	No

As follows from Table 1 and Fig. 1 in 1956 – 2015 in Kakheti, at almost all six points in June and August, climate warming took place. In July, September and October an increase in the maximum air temperature is noted in the majority points. During May changes in the values of maximum air temperature in 1956-2015 is not observed.

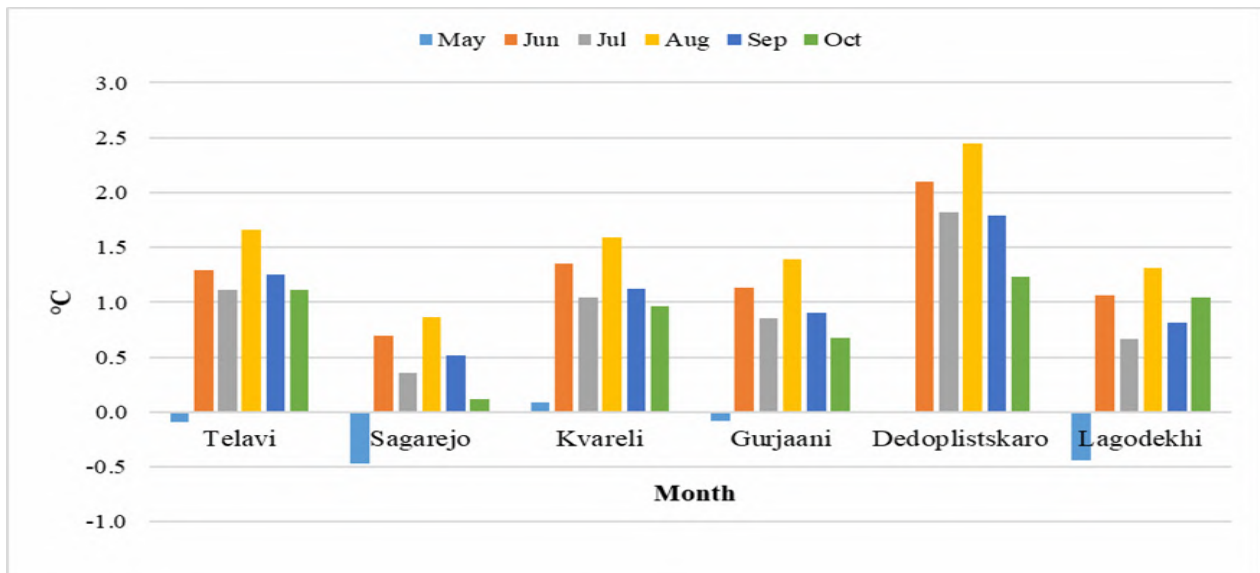


Fig. 1. Difference Between Monthly Mean Max Air Temperature in Kakheti in 1986-2015 and 1956-1985 from May to October

Accordingly, from June to October over the study area in 2012-2016, compared with 1958-1961, there was an increase in the height of the zero isotherm within 71-442 m (Table 2). During May the height of zero isotherm the second period decreased by 260 m.

Table 2

Difference Between Freezing Level Height over Kakheti in 2012-2016 and 1958-1961 from May to October (meter)

Month	I. 1958-1961	II. 2012-2016	II – I
May	3600	3340	-260
Jun	3800	3978	178
Jul	4250	4432	182
Aug	4200	4439	239
Sep	3650	3721	71
Oct	2400	2842	442

In Fig. 2-4 data about vertical distribution of air temperature over Kakheti in from May to October in 1958-1961 and 2012-2016 are presented.

As it follows from these Figures, the vertical gradient of air temperature in the first and second periods of time respectively constituted – May: -6.52 and -6.73 °C/km; June: -6.73 and -6.32 °C/km; July: -6.0 and -6.29 °C/km; August: -6.1 and -6.61 °C/km; September: -5.82 and -6.48 °C/km; October: -5.74 and -6.14 °C/km. It should be noted that in all months, except June, into 2012-2016 in comparison with 1958-1961 an increase in the values of vertical gradient of air temperature is noted. In this case a maximum increase in the vertical gradient of air temperature in the second period of time in comparison with the first is observed in September (0.66 °C/km).

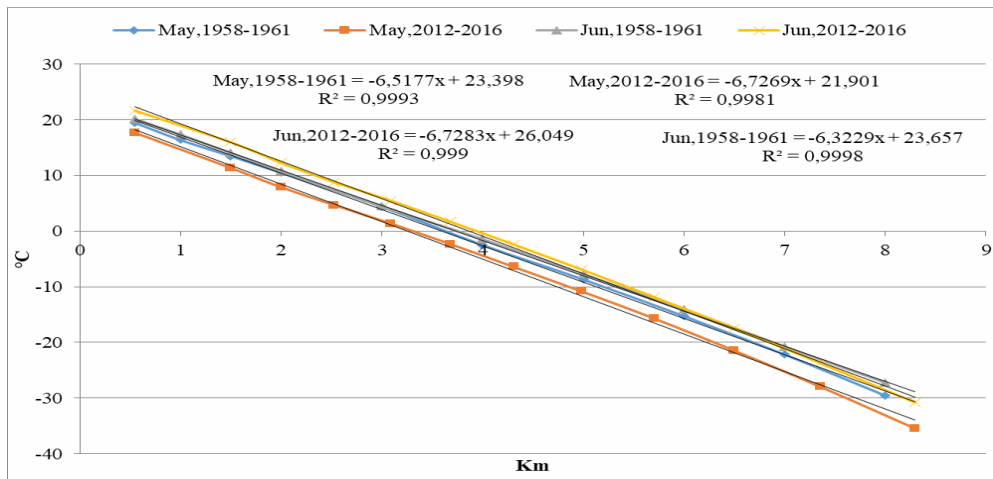


Fig. 2. Vertical Distribution of Air Temperature over Kakheti in May and June in Two Period of Time

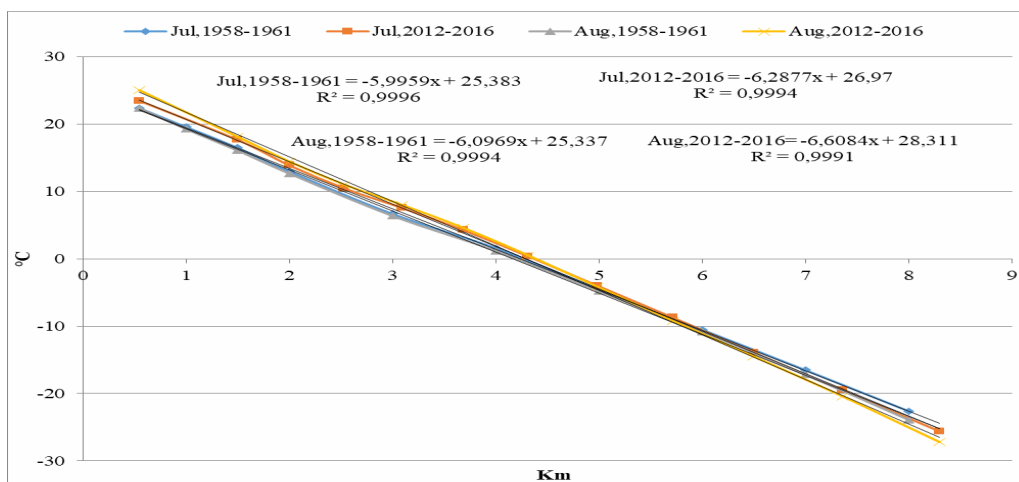


Fig. 3. Vertical Distribution of Air Temperature over Kakheti in July and August in Two Period of Time

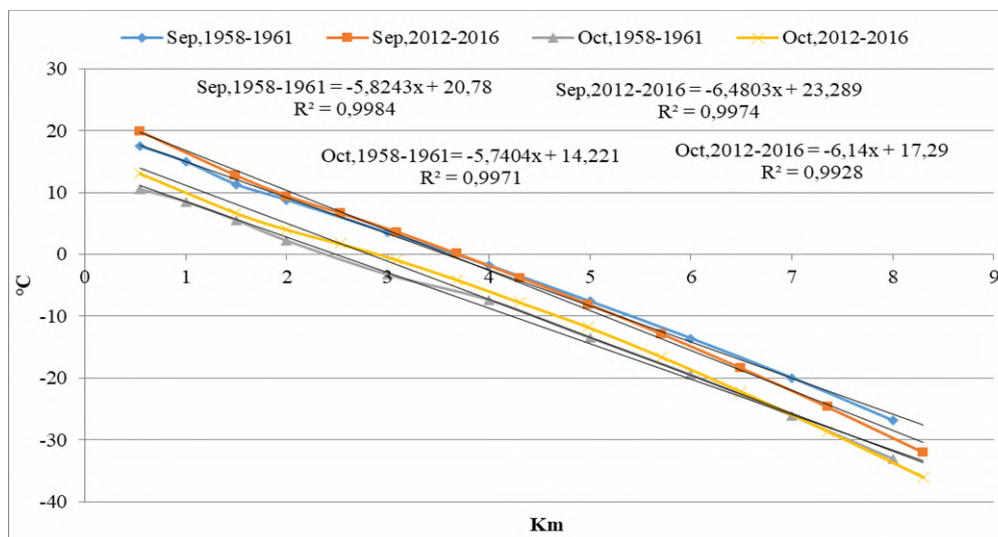


Fig. 4. Vertical Distribution of Air Temperature over Kakheti in September and October in Two Period of Time

Conclusion

Over the long term, in proportion to the accumulation of data, we plan performing analogous work for the days with the hail processes.

Acknowledgement

The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Berekova M.V., Malkarova A.M. // Rukovodstvo po organizacii i provedeniu protivogradovih rabot. ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, Pechatni dvor, 2014, 500 s., (in Russian).
2. Jamrlishvili N.K. Monthly and Ten-Day Average Values of Freezing Level in the Atmosphere above Kakheti Territory (Georgia) from April to October. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, ISSN 1512-1127, v.20A, 2017, pp. 57 – 64.
3. Nikolaishvili G.V. Aerologicheskaia harakteristika polia meteorologicheskikh elementov nad Alazanskoi dolinoi. //Trudi Vsesoiun. Sovesh. po aktivnim vozdeistviyam na gradovie processi. Institut Geofiziki AN Gruzii, Tb., 1964, s. 71-89, (in Russian).
4. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 65, Tb., 2015, pp. 77 – 100, (in Russian).
5. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.
6. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Teli Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2016, vol. 66, pp. 14 – 27, (in Russian).
7. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Meteorological Radar and Radar Ensuring Active Impacts on Atmospheric Processes in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 101 – 112, (in Russian).
8. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. //Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tb., 2006, 177 p., (in Georgian).
9. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. Climate Change in Georgia: Statistical and Nonlinear Dynamics Predictions. // Journal of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, v.15A, Tb., 2011-2012, pp. 67-87.
10. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Trofimenko L. Dynamics of the Thirty-Year Moving Average Values of the Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg with 1851 to 2010 and their Extrapolation to 2051-2080. // International Conference “Applied Ecology: Problems, Innovations”, ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, pp. 12-16, <http://icae-2015.tsu.ge/>

კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე და გვალვების განმეორადობაზე საქართველოში (კახეთის რეგიონის მაგალითზე)

მელაძე გ., მელაძე მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: კლიმატის ცვლილების ფონზე შეფასებულია აგროკლიმატური მახასიათებლები და გვალვების განმეორადობა კახეთის რეგიონში. მრავალწლიური (1948-2017) მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზისა და სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე, ასევე, მომავლის სცენარით (ტემპერატურის 2aC-ის მატება), დადგენილია მშრალი სუბტროპიკული, მთიანი და მაღალმთიანი ზონების სავსეგეტაციო პერიოდების ხანგრძლივობის, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების, ატმოსფერული ნალექების და ჰოკ-ის მატება/კლების ტენდენციები. დადგენილია ბოლო 35 წლის განმავლობაში სუსტი გვალვების შემცირება, ხოლო საშუალო და ძლიერი გვალვების გახშირება.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატის ცვლილება, აგროკლიმატური მახასიათებელი, გვალვა

უკანასკნელ წლებში კლიმატის გლობალური ცვლილების პირობებში, მეცნიერულად დასაბუთებული გამოცდილებით არ არის ცნობილი, თუ როგორ შეიცვლება აგროკულტურების ზრდა-განვითარების და მათი გავრცელების აგროკლიმატური რესურსების მახასიათებლები. ასევე, მნიშვნელოვანი ხდება კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლების ნეგატიური გავლენისადმი შესაბამისი მითიგაციური და საადაპტაციო ღონისძიებების შემუშავება.

ცხრილი 1. კახეთის რეგიონის აგროკლიმატური მახასიათებლები (1948-2017 წწ.)

რეგიონი, ზონა	მეტეო-სადგური, ზღ. დონიდან სიმაღლე (მ)	ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C)	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ)	ჰოკ (IV-X)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C), VI-VIII	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), VI-VIII	ჰოკ (VI-VIII)
კახეთი, მშრალი სუბტროპიკული	ყვარელი, 449	2.IV	4.XI	216	4086	707	1.8	2131	292	1.4
მთიანი	საგარეჯო, 802	11.IV	27.X	199	3440	558	1.6	1982	223	1.1
მაღალმთიანი	ომალო (ახმეტა), 1880	29.V	20.IX	114	1498	342	2.4	1270	265	2.2

აქედან გამომდინარე, მოგვყავს კახეთის რეგიონის მშრალი სუბტროპიკული, მთიანი და მაღალმთიანი ზონების მიხედვით მრავალწლიური აგროკლიმატური მახასიათებლები [1]. აგრეთვე, მომავლის (2020-2050 წწ.) სცენარი, ჰაერის ტემპერატურის 2°C-ის მატებით, გლობალური დათბობის გათვალისწინებით (ცხრ. 1, 2).

ცხრილი 2. კახეთის რეგიონის აგროკლიმატური მახასიათებლები კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით (სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ის მატებით)

რეგიონი, ზონა	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C)
კახეთი, მშრალი სუბტროპიკული	ყვარელი	24.III	16.XI	237	4586
მთიანი	საგარეჯო	1.IV	8.XI	221	3890
მაღალმთიანი	ომლო (ახმეტა)	22.V	29.IX	130	1748

ცხრილების (1, 2) ანალიზიდან გამომდინარე, მშრალ სუბტროპიკულ ზონაში სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 216 დღიდან 237 დღემდე ანუ 21 დღით, ხოლო აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მატება შეადგენს 500°C. მთიან ზონაში სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 199 დღიდან 221 დღემდე ანუ 22 დღით, ხოლო ტემპერატურათა ჯამის მატებაა 450°C. მაღალმთიან ზონაში სავეგეტაციო პერიოდის გახანგრძლივებულია 114 დღიდან 130 დღემდე ანუ 16 დღით, ხოლო აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მატება შეადგენს 250°C.

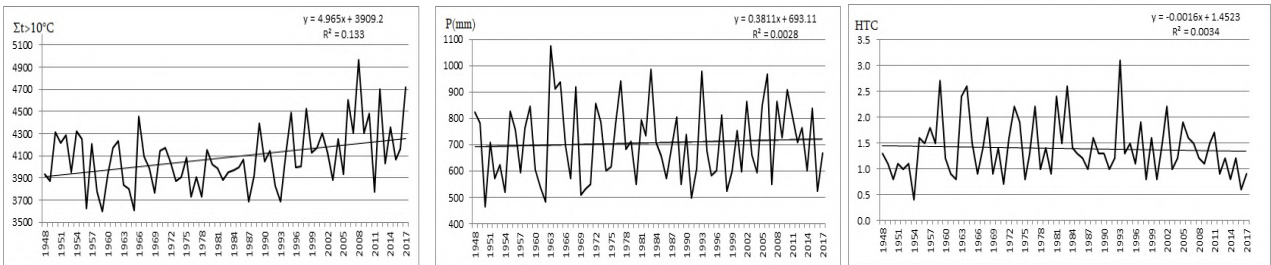
ცხრილი 3. კახეთის რეგიონის აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილება პერიოდების მიხედვით (1948-2017 წწ.)

რეგიონი/ზონა მუნიციპალიტეტი	მეტეო-სადგური, ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C)	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ)	ჰოკ (IV-X)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C), VI-VIII	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), VI-VIII	ჰოკ (VI-VIII)
კახეთი, მშრალი სუბტროპიკული, ყვარელი,	I პერიოდი 1948-1982	3.IV	3.XI	214	3997	704	1.8	2095	290	1.4
	II პერიოდი 1983-2017	31.III	5.XI	219	4174	709	1.7	2166	294	1.4
მთიანი, საგარეჯო,	I პერიოდი 1948-1982	14.IV	25.X	194	3422	605	1.8	1948	253	1.3
	II პერიოდი 1983-2017	9.IV	28.X	202	3658	510	1.4	2015	192	1.0
მაღალმთიანი, ომლო (ახმეტა)	I პერიოდი 1948-1982	1.VI	18.IX	109	1381	353	2.6	1200	268	2.2
	II პერიოდი 1983-2017	27.V	24.IX	120	1614	330	2.0	1339	261	1.9

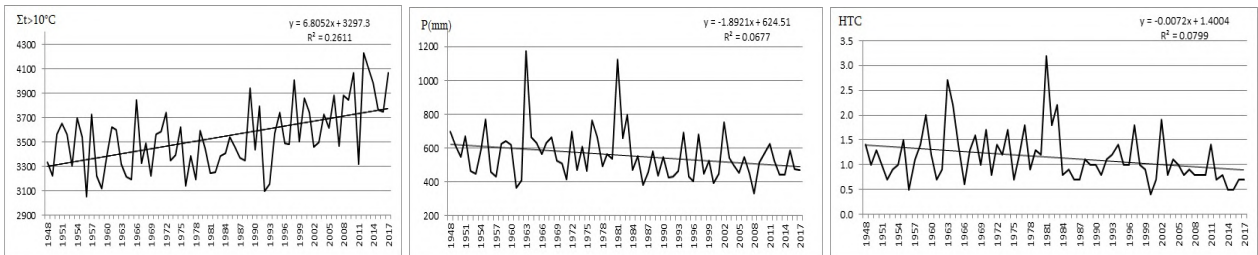
კლიმატის გლობალური დათბობა ძირითადად დაიწყო გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში [2, 3]. ამასთან დაკავშირებით, მოგვეყავს საკვლევი რეგიონის მრავალწლიური (1948-2017 წწ.) მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემები, სადაც ჩვენს მიერ გაანალიზებული, დამუშავებული და მიღებულია აგროკლიმატური მახასიათებლები. მოცემული 70-წლიანი პერიოდის მონაცემები გაყოფილი იქნა ორ პერიოდად ერთმანეთთან შედარებისათვის. I – პერიოდი მოიცავს 1948-1982 წწ., II – პერიოდი 1983-2017 წწ. (ცხრ. 3).

ცხრილი 3-ის მიხედვით, რეგიონის ყველა ზონაში (მშრალი სუბტროპიკული, მთიანი, მაღალმთიანი) აგროკლიმატური მახასიათებლები მეორე პერიოდში შეცვლილია პირველ ზონასთან შედარებით. კერძოდ, მომატებულია სავეგეტაციო პერიოდების ხანგრძლივობა, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები, აღნიშნული ზონების შესაბამისად – 177°C, 236°C, 233°C, ატმოსფერული ნალექების ჯამები (გარდა მშრალი სუბტროპიკული ზონისა) და ჰიდროთერმული კოეფიციენტები შემცირებულია.

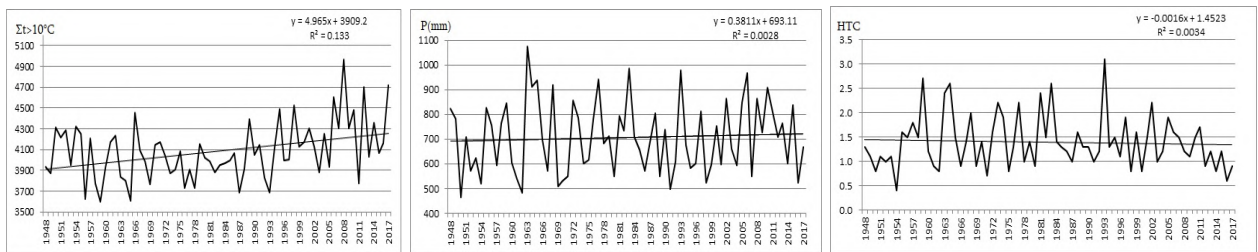
საკვლევი რეგიონის ზონებისათვის გამოთვლილი იქნა აგროკლიმატური მახასიათებლები, რაც გამოსახული იქნა ტრენდებით (ნახ.1, 2, 3).



ნახ. 1. აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰოკ-ს მსვლელობის დინამიკა (მშრალი სუბტროპიკული ზონა, ყვარელი)



ნახ. 2. აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰოკ-ს მსვლელობის დინამიკა (მთიანი ზონა, საგარეჯო)



ნახ. 3. აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰოკ-ს მსვლელობის დინამიკა (მაღალმთიანი ზონა, ომალო)

ტრენდებიდან ზონების შესაბამისად, გამოვლენილია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების (>10°C) მატების, ატმოსფერული ნალექების (გამონაკლისია ყვარელი) და ჰიდროთერმული კოეფიციენტების კლების ტენდენციები.

უნდა აღინიშნოს, რომ მშრალ სუბტროპიკულ, მთიან და მაღალმთიან ზონებში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მატება არსებით ნეგატიურ გავლენას ვერ მოახდენს აგროკულტურების ზრდა-განვითარებასა და მათ გავრცელებაზე, პირიქით, ხელს შეუწყობს ნაყოფების სრულფასოვან მომწიფებას. თუმცა, გასათვალისწინებელია გარკვეულ შემთხვევებში, გლობალური დათბობის ფონზე, გვალვის ინტენსივობიდან გამომდინარე, მცენარეების ფესვთა სისტემის (რიზოსფეროს) შესაბამისი ტენით უზრუნველყოფა (დამატებით რწყვა). საკვლევ რეგიონში (VI-VIII) საშუალო ჰიდროთერმული კოეფიციენტი <1.0-ზე შეადგენს 0.7, ხოლო >1.0-ზე – 1.4. ცხრილი 4-ში მოცემულია კახეთის რეგიონში გვალვის ინტენსივობა და შემთხვევათა რიცხვი.

ცხრილის მიხედვით, კახეთის რეგიონში, ბოლო 35 წლის მანძილზე (1983-2017 წწ.), მეორე პერიოდში შემცირებულია სუსტი ინტენსივობის გვალვის შემთხვევათა რიცხვი 2-ით ანუ 6%-ით, პირველ პერიოდთან შედარებით (1948-1982 წწ.). თუმცა, მეორე პერიოდში გაიზარდა საშუალო ტიპის გვალვის რიცხვი (3 შემთხვევით ანუ 9%-ით) პირველ პერიოდთან შედარებით. ასევე, საკმაოდ მოიმატა მეორე პერიოდში ძლიერმა გვალვამ (8 შემთხვევით ანუ 23%-ით).

ცხრილი 4. გვალვის ინტენსივობა და შემთხვევათა რიცხვი 35-წლიანი პერიოდების მიხედვით

მეტეო-სადგური	პერიოდი, წელი	გვალვის ინტენსივობა და შემთხვევათა რიცხვი						
		სუსტი <0.8-0.9	%	საშუალო <0.6-0.7	%	ძლიერი <0.4-0.5	%	
თელავი	I – პერიოდი 1948-1982	5	14	1	3	1	3	
	II – პერიოდი 1983-2017	7	20	6	17	2	6	
ყვარელი	„ ___ „	7	20	1	3	1	3	
	„ ___ „	5	14	1	3	0	0	
დედოფლის-წყარო	„ ___ „	5	14	9	26	5	14	
	„ ___ „	3	9	7	20	13	37	
II – პერიოდი	მატება კლება		2	6	3	9	8	23

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, გლობალური დათბობა გავლენას ახდენს აგრარული სექტორის მრავალ დარგზე, სადაც მოსალოდნელია როგორც პოზიტიური (თუ ტემპერატურის მატება სცენარით გათვალისწინებულ 2aC-ით მატებას არ გადააჭარბებს 2020-2050 წლებისათვის), ისე ნეგატიური ცვლილებები. მცენარეული საფარის მიწისპირა ჰაერის ფენაში ტემპერატურის მატება, შეიძლება ხელსაყრელი აღმოჩნდეს დაავადების გამომწვევ მავნებელ-ორგანიზმთა 2-3-ჯერ მეტი ახალი თაობების გამრავლებისათვის. ისინი შეიძლება დაფიქსირდეს იმ ადგილებში, სადაც ადრე არ შეინიშნებოდა. რაც გამონვევების წინაშე დააყენებს ენტომოლოგებს, ფიტოპათოლოგებს, სელექციონერებს და სხვ. ამიტომ, მნიშვნელოვანია მათ წინააღმდეგ შესაბამისი ბრძოლის ღონისძიებების გატარება, რათა თავიდან იქნას აცილებული მცენარეთა მოსალოდნელი დაავადებები და მათგან გამომწვეული მოსავლის შემცირება, რაც 40-50% შეადგენს.

ლიტერატურა

1. Meladze G., Meladze M. Influence of global warming on agroclimatic indices of agriculture and intensity of droughts in Kakheti region, East Georgia. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol.10, №1, 2016, pp. 97-104
2. Meladze G., Meladze M. Climate Change: a trend of increasingly frequent droughts in Kakheti Region (East Georgia) // Jurnal of Annals of Agrarian Science, Georgia, vol.15, №1, 2017, pp. 96-102

3. მელაძე მ., მელაძე გ. გლობალური დათბობა და აგროკულტურების განვითარების ძირითადი მაჩვენებლების და გვალვიანობის მატების ტენდენციები კახეთში. // საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნ. აკადემიის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, 2015, გვ. 232-236

IMPACT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON AGROCLIMATE FEATURES AND REOCCURRENCE DROUGHTS IN GEORGIA (ON THE EXAMPLE OF KAKHETI REGION)

Meladze G., Meladze M.

***Summary:** On the background of climate change, agroclimatic features and reoccurrence droughts in the Kakheti region are assessed. Based on the analysis and statistical processing of multi-year (in 1948-2017) meteorological observation data, as well as future scenario (2°C temperature increase), the duration of vegetation periods, sums of active temperatures (>10°C) and atmospheric precipitations (mm) and hydrothermal coefficient has been identified a trend of increase/decrease of dry subtropical, mountainous and mountainous zones. Agroclimatic features were calculated for the study zones, as shown with trends. It is estimated that during the last 35 years, the less intense droughts decreased (by 6%) during the second period (in 1983-2017) compared to the first period (in 1948-1982), while the droughts with average intensity (9%) and severe droughts (23%) are frequent. The expected positive and negative changes caused by global warming in the agrarian sector are discussed.*

***Key words:** climate change, agroclimate features, drought*

ექსტრემალური ნალექების განმეორებადობის შეფასება ქ. ქუთაისში კლიმატის გამოვლენილი ცვლილების ფონზე

მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

ანოტაცია: გლობალური კლიმატის მიმდინარე დათბობის ფონზე აქტუალობას არ კარგავს საკითხი მისი მდგენელი მეტეოელემენტების საშუალოების განაწილების ცვლილებათა შესახებ. თუმცა გამოვლენილ სტიქიურ მოვლენათა პრევენციისა და მონიტორინგის მიზნით უდიდეს ყურადღებას იმსახურებს მეტეოელემენტების ექსტრემალურ მახასიათებელთა შესწავლა.

ქ. ქუთაისში ჰაერის საშუალო ტემპერატურების აშკარად გამოკვეთილი მატების, ხოლო ატმოსფერული ნალექების ჯამების რამდენადმე კლების ფონზე, ნალექების ექსტრემალური მახასიათებელი – კერძოდ, მაქსიმუმების მნიშვნელობები თითქმის განახევრებულია, სამაგიეროდ რამდენადმე მომატებულია 30 მმ-იან დღეთა განმეორებადობის რიცხვი.

საკვანძო სიტყვა: ატმოსფერული ნალექები, ექსტრემალური, მონიტორინგი.

კლიმატის ცვლილების გლობალური დათბობის ფონზე, რეგიონალურ კლიმატურ თავისებურებათა დადგენა სულ უფრო აქტუალური ხდება, რამეთუ კლიმატი განიხილება, როგორც ეკოლოგიური, ასევე უმნიშვნელოვანესი სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორი.

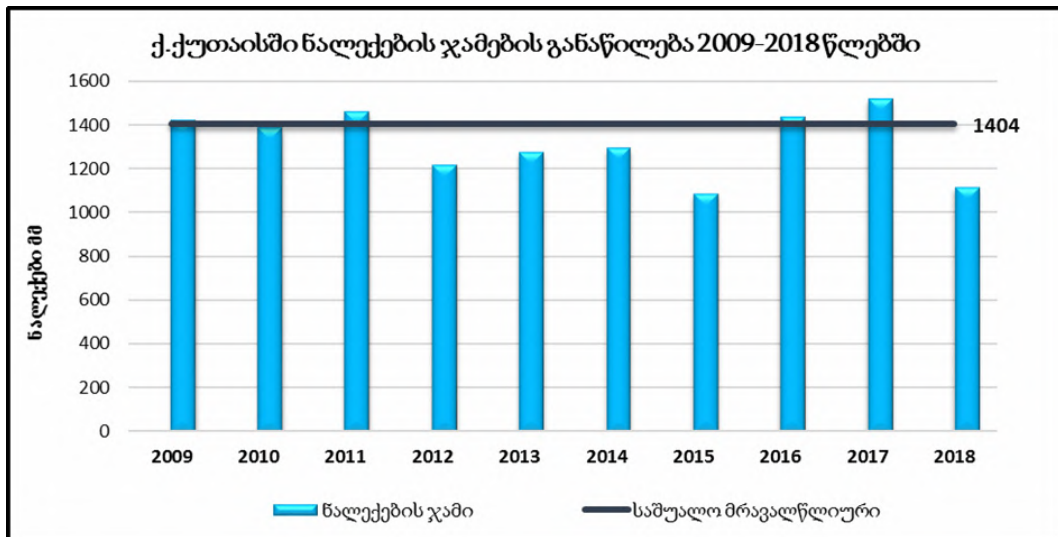
ჰაერის ტემპერატურისაგან განსხვავებით, რომლის ცვლილებას გლობალური მასშტაბითაც კი, გარკვეული კანონზომიერება ახასიათებს, ატმოსფერული ნალექები დროსა და სივრცეში ერთ-ერთ ყველაზე ცვალებად ელემენტს წარმოადგენს. ამ მხრივ მისი რაოდენობისა და ტერიტორიული განაწილების თვალსაზრისით, საქართველო თავისი მდებარეობის, ოროგრაფიული პირობების, ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათისა და გაბატონებული ცირკულაციური პროცესების ზეგავლენით, ერთ-ერთ განსაკუთრებულ რეგიონს წარმოადგენს.

ნალექების ციკლურობის არაერთგვაროვნებაზე სხვა მეცნიერების მსგავსად მიუთითებენ ქართველი კლიმატოლოგებიც: მ.ხვიჩია (1971), კ. გოგიშვილი (1974), ლ. პაპინაშვილი (1981), დ. მუმლაძე (1975), ე. ელიზბარაშვილი (2007). მათი კვლევებით დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით მის ქარბად ნოტიო რაიონებში, ნალექების წლიური ჯამების საუკუნებრივ მსვლელობას მატების ტენდენცია ახასიათებს, მაგრამ ასევე გამოყოფენ ისეთ ადგილებსაც, სადაც ნალექების ჯამები ან არ იცვლება, ან საერთოდაც კლებულობს [1].

ნალექების განაწილების აღნიშნული სურათის ფონზე, ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ ადგილებში, ამ შემთხვევაში რეგიონის ცენტრის, ქ.ქუთაისის ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური რეჟიმის, ასევე ექსტრემალურ სიდიდეთა თავისებურებათა შეფასება, უახლესი (2009-2018 წწ) მეტეოროლოგიური დაკვირვების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე.

საერთაშორისოდ რეკომენდირებული მეთოდოლოგიური მიდგომების, კერძოდ, ორ პერიოდს შორის ელემენტთა სიდიდის ცვლილების შეფასებისა და ასევე ცვლილების სიჩქარის განსაზღვრისა დროის გარკვეულ მონაკვეთში გამოყენებით, დადგენილ იქნა ატმოსფერული ნალექების ჯამების რეჟიმი, ექსტრემალურ სიდიდეთა განმეორებადობის სიხშირე, რაც თავის მხრივ პროვოცირებას უწევს სხვადასხვა სტიქიურ მოვლენას.

ქ. ქუთაისში ატმოსფერულ ნალექებზე დაკვირვების უწყვეტი მონაცემები არსებობს 1936 წლიდან, ანუ მისი ცვლილების რიგი საკმაოდ ხანგრძლივია. აღნიშნული მონაცემები დავყავით ორ პერიოდად. ნალექების ჯამები და მარავალწლიური საშუალოები შევადარეთ უახლეს 2009-2018 წლების საშუალოებს, ანუ აშკარად გამოხატული კლიმატის გლობლური დათბობის პერიოდს. პერიოდებს შორის ნალექების კლების ტენდენციის აშკარად გამოხატული სურათი იხატება. კერძოდ, 1940-იანი წლებიდან 1970-იანი წლების ჩათვლით ქალაქში ნალექების წლიური ჯამი 1330 მმ-1505 მმ შორისაც კი მერყეობდა. 1961-2010 წლებში კი მრავალწლიურმა საშუალომ 1404 მმ შეადგინა.



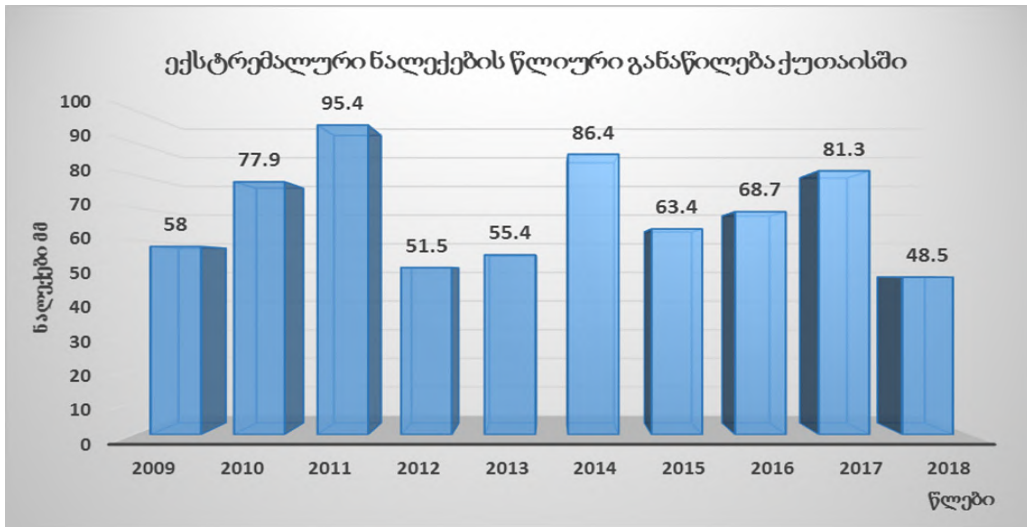
ნახ. 1

გამოვიყენეთ პროგნოსტიკულ მეტეოროლოგიაში დამკვიდრებულ უხვ და მცირე ნალექიანი პერიოდების განსაზღვრის წესი [2], განვილილ 50-წლიან პერიოდში (1961-2010) ქუთაისში მხოლოდ ხუთჯერ დაფიქსირდა მცირე ნალექი და ასევე ხუთჯერ, უხვნალექიანი წელი ანუ საშუალოდ ათ წელიწადში ერთხელ. რაც შეეხება უახლეს პერიოდს (2009-2018 წწ), – ამ შუალედში უკვე 2-ჯერ დაფიქსირდა კლების ტენდენცია 2015 და 2018 წლებში. ანუ შემთხვევათა რიცხვი გაიზარდა, თუმცა საერთო ჯამში კიდევ ერთხელ უნდა მივუთითოთ, რომ რეგიონში ჰაერის ტემპერატურის მატების ფონზე, ნალექების ჯამს ნამდვილად კლების ტენდენცია ახასიათებს.

რაც შეეხება ექსტრემალურ ნალექებს, ქალაქში მისი წარმოქმნისა და განაწილების კიდევ უფრო რთული სურათი იხატება. მაგალითად, 2010 წელს, ქუთაისში, პირველად დაკვირვების 100 წლის ისტორიის მანძილზე დაფიქსირდა, ჰაერის საშუალო ტემპერატურა 17,3⁰C. ამ წელს ნალექების წლიური ჯამი მრავალწლიურ ნორმაზე ნაკლები – 1387 მმ დაფიქსირდა [5; 6]. რაგინდ პარადოქსულადაც არ უნდა ჩანდეს ≥ 30 მმ ნალექინ დღეთა რიცხვი სწორედ ამ წელს გვექონდა ყველაზე მეტი – 14 შემთხვევა. დანარჩენ წლებში კი ათიდან სამამდე შემცირდა. 24 მაისს, 8, 14, 23 სექტემბერს, 67-77 მმ-საც გადააჭარბა. ათწლიან პერიოდში მაქსიმალური მაჩვენებელი 2011 წელს დაფიქსირდა და ნიშნულმა 95,4 მმ-იც კი შეადგინა. რაც შეეხება ექსტრემალურ ნალექთა სეზონურ განაწილებას ≥ 30 მმ ნალექიანი დღეების მაქსიმუმი აღინიშნა შემოდგომაზე 38 შემთხვევა. ზაფხულსა და ზამთარში – შესაბამისად 19 და 17 შემთხვევა, ხოლო ყველაზე ნაკლები გაზაფხულზე 10 შემთხვევა.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გლობალურმა დათბობამ გარკვეული ცვლილებები გამოიწვია, როგორც ნალექთა ჯამების, ასევე უხვი ნალექების განაწილებაშიც. თუმცა ამავე დროს უნდა მივუთითოთ, რომ ქუთაისში ყოფილა შემთხვევები, როდესაც თავსხმა წვიმებმა 188,3 მმ (1946 წლის 1/VII) და 126,5 მმ-იც კი (1977

ნლის 18/VIII) შეადგინა [4]. თუმცა ბოლო ათწლეულისაგან განსხვავებით ასეთ შემთხვევებს ადგილი ჰქონდა ზაფხულში.



ნახ. 2

ექსტრემალურად ითვლება ასევე კონტრასტულად უნაღებო პერიოდიც. სწორედ ასეთი იყო 2010 წელი ქუთაისში. ამ წელს, ნოემბრის თვეში, მაშინ როდესაც დაკვირვების შუალედში (2009-2018 წწ) შემოდგომა გამოირჩევა თავსხმა წვიმების მაქსიმუმით, (შემთხვევათა რაოდენობის მიხედვით – 14 შემთხვევა) მხოლოდ 9 მმ ნალექი მოვიდა. 2015 წლის სექტემბრის თვეში კი ნალექი შეიძლება ითქვას არც მოსულა და დაფიქსირდა მხოლოდ 1,8 მმ (14 სექტემბერი).

მაღალი ტემპერატურები უნაღებობისა და ტენის დეფიციტის ფონზე იწვევს გვალვებს, რომლის ხანგრძლივობა სწორედ მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე რამდენიმე დღიდან სამ თვემდეც კი გაიზარდა და გახშირდა კიდევ [3].

კლიმატის მიმდინარე ცვლილებებს მთელი რიგი სტიქიური მოვლენები უკავშირდება. განსხვავებული ფიზიკურ გეოგრაფიული პირობების ზეგავლენით კი ყველა რეგიონი განსხვავებულად რეაგირებს, ამ მხრივ გამონაკლისი არც საკვლევი რეგიონია [7]. მაგალითად, ქუთაისში გასული საუკუნის 80-იან წლებამდე ადგილი არ ჰქონია დიდი ქალაქებისათვის დამახასიათებელი ე.წ. „სითბოს კუნძულების“ წარმოქმნას [5]. დღეს კი, სწორედ კლიმატური პირობების ცვლილების, კერძოდ, ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მატების, ატმოსფერული ნალექების შემცირების, ექსტრემალურ ნალექთა გახშირებისა [8] და ქარის ე.წ. კრიტიკული სიჩქარეების 5-6 მ/წმ-დან 3-5 მ/წმ-მდე შემცირების ფონზე, ქალაქში უკვე ნამდვილად ადგილი აქვს „სითბოს კუნძულების“ წარმოქმნას.

ზემოაღნიშნულთან ერთად, სწორედ ბოლო ათწლეულში საკმაოდ ხშირად ფიქსირდება „სიცხის ტალღების“ შემოჭრა და ე.წ. „ტროპიკული ღამეების“ გახშირება, რაც ჩვენი კლიმატისათვის ადრე არ იყო დამახასიათებელი. ასეთი დღეები ჩვენი განედის მაცხოვრებელთა ჯანმრთელობაზე განსაკუთრებით კი ბავშვებზე და მოხუცებზე უარყოფითად მოქმედებს (ასეთი იყო სწორედ 2010, 2012, 2015 წლები) [1].

ექსტრემალური მოვლენებიდან ჩვენი ქალაქისათვის განსაკუთრებით საშიში და დიდი მატერიალური და ადამიანური ზარალის მომტანია თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყლის დონის მატება (წყალდიდობა-წყალმოვარდნა) [6].

ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარე, დასკვნის სახით შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ გლობალური კლიმატის ცვლილება ძირითადად წარმოჩინდება რეგიონალური კლიმატების მოკლევადიანი ცვლილებით. რაც ეჭვის გარეშეა, როგორც ბუნებრივი, ასევე ანთროპოგენური ფაქტორებით არის განპირობებული. ყოველივე ამან, ისევე როგორც სხვა დიდ ქალაქებ-

ში, ქუთაისშიც გამოიწვია მნიშვნელოვანი ცვლილებები და გაამწვავა ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების საკითხი. აღნიშნულის გადასაჭრელად და ქალაქის განვითარების სოციალური და ეკონომიკური ფაქტორების სისტემატიზაციისათვის ქალაქის თვითმართველობის ინიციატივით გამოყენებულ იქნა SWOT ანალიზის მეთოდი, შემუშავებულ იქნა ქალაქის განვითარების სტრატეგია, რაც პირველ რიგში გულისხმობს წყალარინების ქსელის რეაბილიტაციას, „მყარი ნარჩენების ინტეგრირებულ მართვას, ენერჯის წყაროების დივერსიფიკაციას, კერძოდ, ენერგომომხმარების შემცირებასა და განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებას, მდგრადი ტრანსპორტის უზრუნველყოფას, ქალაქში პარკებისა და სხვა გამწვანებული ტერიტორიების და მწვანე კორიდორების შექმნას და ა.შ.

ლიტერატურა

1. საქართველოს პირველი, მეორე და მესამე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციისათვის.// თბილისი 1999, 2009, 2015 წწ.
2. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება.// თბილისი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2010, 174 გვ.
3. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. // თბილისი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2007, 428 გვ.
4. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. // (под ред. Г.Г. Сванидзе и Я.А.Цуцкиридзе), Гидрометеоиздат, Л., 1983, 270 с.
5. Mikautadze D., Davituliani Ts., Iashvili I., Kvabziridze M. Diskevaring the Consequences of Global Climate Change in Georgia's Regions, Rezults and Adaptive Measures. // **Academic Journal of Sciences**. The American University/ Academic Journal of Science Copyright © 2013 UniversityPublications.Net. CD-ROM ISSN: 2165-6282, Vol. 02, N 01, 2013, pp. 249-254
6. მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ. 2010 წელი იმერეთში მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე. // საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ჟურნალი „მომამბე“, Bulletin, ISSN-0132-1447, ტ. 9, #2, მაისი, თბილისი, 2015.
7. Микаутадзе Д., Квабзиридзе М. Изучение экстремальных явления на реках Грузии и причины увеличения их повторяемости. // *Современные проблемы водохранилищ и их водосборов/ управление водными ресурсами. Гидро-и геодинамические процессы, труды международной научно практической конференции, Пермь 2017, с. 120-124.*
8. მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ. ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი იმერეთში კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე. // საერთაშორისო სამეცნიერო – ტექნიკური კონფერენცია „ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები“, შრომათა კრებული, სტუ. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2013, გვ. 52-56.

ASSESSING THE REPEATABILITY OF EXTREME RAINFALLS IN THE BACKGROUND OF REVEALED CLIMATE CHANGE OF KUTAISI

Mikautadze D., Kvabziridze M.

Summary: In the background of recent warming of global climate the issue of changes of its establisher meteorological elements, is actual, but for the prevention and monitoring of revealed natural disasters, we should pay attention to the study of extreme features of meteorological elements.

Atmospheric precipitation and air temperature are one of the important indicators in assessment of climate change.

In Kutaisi, in the background of the rise of wind medium temperature, as well as the reduction of the totals of atmosphere rainfalls, the extreme feature of rainfalls – the importance of maximums are almost halved, however, the number of repeatability of the days of 30 millimeters are somehow elevated.

Key Words: *atmosphere rainfalls, extreme, monitoring.*

ელჭექების სეზონური განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე

მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია ელჭექიან დღეთა საშუალოთვიური განაწილება საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში. შედეგები მოცემულია გრაფიკების სახით, რომლებზეც წარმოდგენილია ელჭექიან დღეთა რიცხვის (ედრ) საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები. გამოვლენილია ედრ-ს სეზონური განაწილების თავისებურებანი. საკვ. სიტყვ: ელჭექი, სეზონი, თვე, რეგიონი.

საკვანძო სიტყვები: ელჭექიან დღეთა რიცხვი.

ელჭექი მრავალი საუკუნეების განმავლობაში და დღემდე ბუნების ერთერთ გამოუცნობ მოვლენად რჩება. ძირითადი ამოცანები, რომლებიც დგას მეცნიერების წინაშე ეხება ელჭექის წარმოქმნას და განვითარებას [1]. ბოლო ათწლეულებში გაჩნდა ახალი თეორია, რომლის თანახმად ელვის წარმოშობა დაკავშირებულია კოსმოსურ სხივებთან [2]. გრანდიოზულ საერთაშორისო პროექტის LOFAR-ის ფარგლებში [3] ეს თეორია ექსპერიმენტალურადაც დამტკიცდა. თანამედროვე ტექნიკური საშუალებების გაჩენამ შესაძლო გახადა ელვის დღემდე უცნობი სახეების აღმოჩენა [wikipedia.org]. მრავალი დაკვირვებებით და სამეცნიერო კვლევებით დამტკიცებულია ელჭექების გავლენა დედამიწის კლიმატზე და ამინდზე [1,4] ასევე ცნობილი ფაქტია, რომ ელჭექს დიდი ზარალი მოაქვს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებისათვის: სასოფლო, სამშენებლო, სატყეო, ენერგეტიკა, კომუნიკაციები და სხვა. ამასთან აღსანიშნავია, რომ ელჭექს დადებითი თვისებებიც გააჩნია. ელვა ატმოსფეროში ოზონს აჩენს და ყოველი გაელვების დროს დედამიწაზე ტონობით აზოტის ორჯანგი ჩამოედინება [5], რომელიც ბუნებრივ სასუქს წარმოადგენს.

ბოლო ათწლეულში NASA-ას ცნობით ელჭექების რაოდენობა დედამიწაზე 100-ზე მეტჯერ არის მომატებული. ამ ყველაფერმა ზემოთ თქმულმა ამჟამად მსოფლიოს მრავალი სამეცნიერო ცენტრის ყურადღება მიიპყრო და კვლევების აქტივობა გამოიწვია.

საქართველო ერთერთ ელჭექსაშიმ რეგიონად ითვლება, ელჭექიანი დღეების რაოდენობა წელიწადში საშუალოდ 38-40 აღწევს [6,7]. ამრიგად ნებისმიერი კვლევა ამ მიმართულებით საკმაოდ აქტუალურია.

საქართველოს საკმაოდ რთული რელიეფი გააჩნია. შედარებით მცირე ფართობზე მთა და ხეობა ერთმანეთს ენაცვლება. სიმაღლეების ინტერვალი ზღვის დონიდან 3 მ-დან 3600 მ-მდეა. ამის გამო კლიმატური მახასიათებლების სვლა სხვადასხვა რეგიონში მკვეთრად განსხვავდება [8].

მოცემულ ნაშრომში დამუშავებულია 7 რეგიონის მეტეოსადგურების ედრ-ის მრავალწლიანი საშუალოთვიური მონაცემები. თითოეული რეგიონისათვის გამოთვლილია ედრ-ს საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები. ელჭექების პარამეტრების მაქსიმალურ მნიშვნელობებს იყენებენ ელჭექუსაფრთხოების ზომების დასადგენად მშენებლობაში, მაღალი ძაბვის ხაზების, ნავთობ და აირის სადენების გაყვანის დროს და ა.შ.

მიღებული განაწილება წარმოდგენილია გრაფიკების სახით თითოეული რეგიონისათვის და ცალკე აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოსათვის.

საკვლევი რეგიონები:

დასავლეთი საქართველო

I. შავიზღვისპირეთი;

II. დასავლეთ საქართველოს დაბლობი და მთაგორიანი იმერეთი;

III. დასავლეთი კავკასიონი და სამხრეთ საქართველოს დასავლეთი ნაწილი.

აღმოსავლეთ საქართველო

IV. ზემო და ქვემო ქართლის დაბლობები მთაწინეთებით;

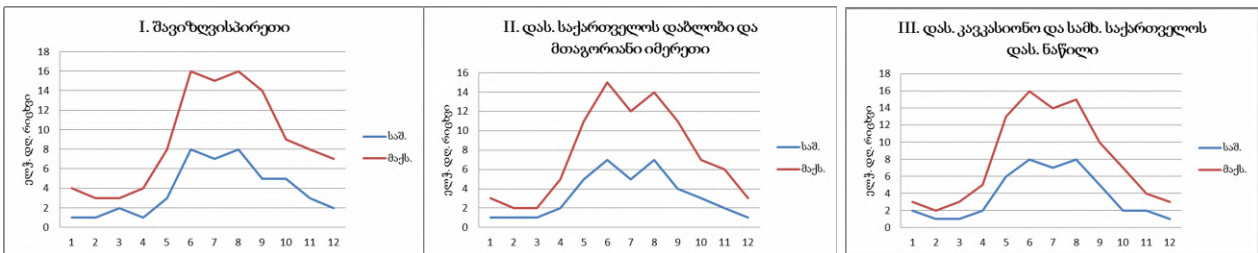
V. ალაზნის ველი მთაწინეთებით და იორის ზეგანი მოსაზღვრე სტეპებით;

VI. აღმოსავლეთ კავკასიონი;

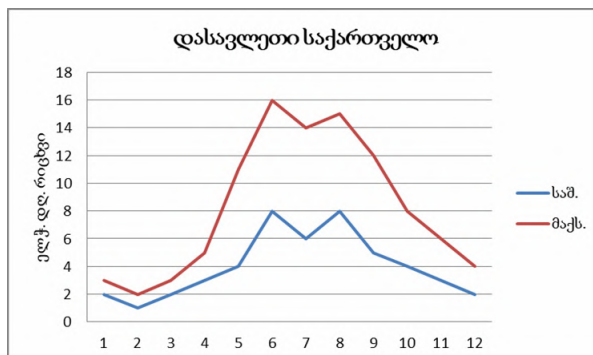
VII. აღმოსავლეთ საქართველოს სამხრეთ ნაწილი.

გამოყენებულია საშუალოდ 40 წლიანი ყოველი რეგიონის არა ნაკლებ ხუთი მეტეოსადგურის ყოველთვიური ელჭექიან დღეების რიცხვის (ედრ) მონაცემები. გამოთვლილია ედრ-ს საშუალოთვიური და მაქსიმალური მნიშვნელობები როგორც თითოეული რეგიონისათვის, ასევე ცალკე დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოსათვის. ელჭექიან დღეების რაოდენობის მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოთვლილია იმ მიზეზით, რომ ელვისგან დასაცავ ღონისძიებების დაგეგმვისას როგორც წესი იყენებენ ელჭექების მახასიათებლების მაქსიმალურ მნიშვნელობებს [9].

დასავლეთ საქართველოში გამოკვლეულია სამი რეგიონი: შავი ზღვისპირეთი, დასავლეთ საქართველოს დაბლობი და მთაგორიანი იმერეთი, დასავლეთ საქართველოს სამხრეთი ნაწილი. სტატისტიკურად დამუშავებულია საშუალოდ 12 მეტეოსადგურის მონაცემები. სადგურებს შორისაა ჩაქვის, ბათუმის, ქუთაისის, ბახმაროს, ამბროლაურის სადგურები. კლიმატის პროფილი ამ რეგიონებში ნოტიო სუბტროპიკულია და გადადის ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკულში. ზღვის ახლობლობა ძირითადად განაპირობებს ფრონტალური პროცესების შემოჭრას და ელჭექებიც ამ რეგიონებში უმეტესად ფრონტალური ტიპისაა.

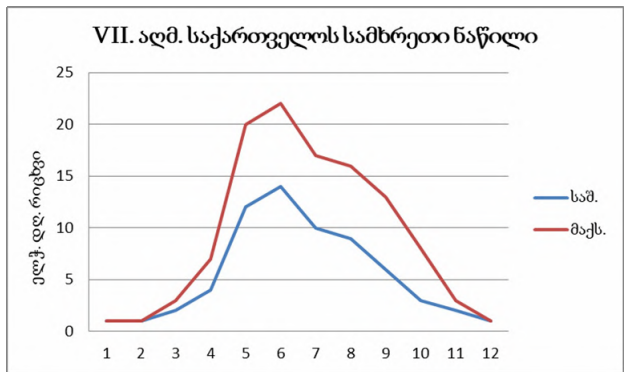
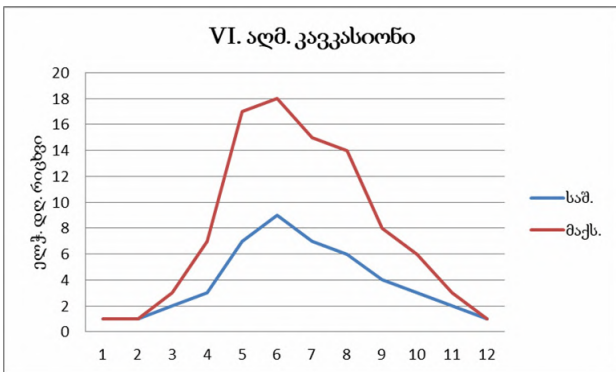
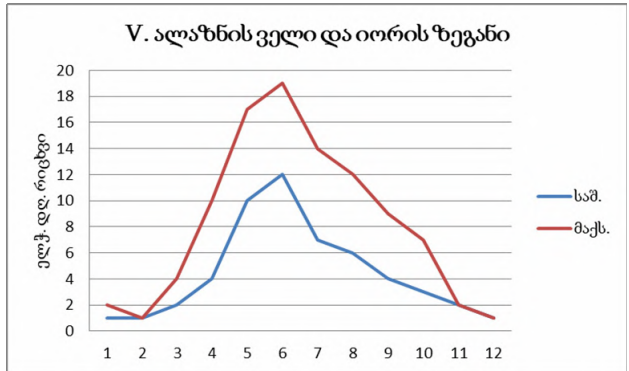
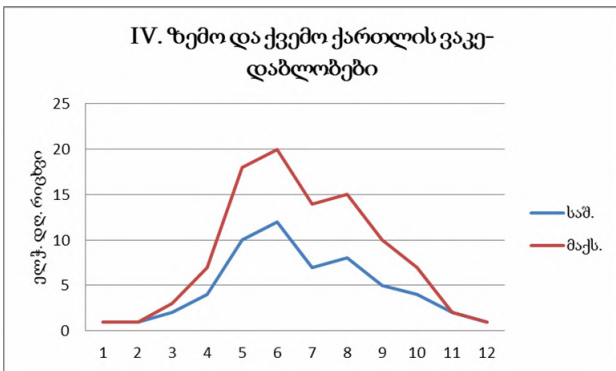


გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ელჭექური აქტივობა ფიქსირდება აპრილიდან ოქტომბრამდე. მაქსიმუმს აღწევს ივნისში და აგვისტოში. აღსანიშნავია, რომ ამ რეგიონებში ზამთრის ელჭექებიცაა დაკვირვებული.



ზოგადად დასავლეთ საქართველოს საკვლევ რეგიონებში ელჭექიან დღეთა საშუალოთ-
ვიური რიცხვის მნიშვნელობები 1-დან 8-მდეა მოქცეული, მაქსიმალური კი – 3-16 ინტერ-
ვალშია.

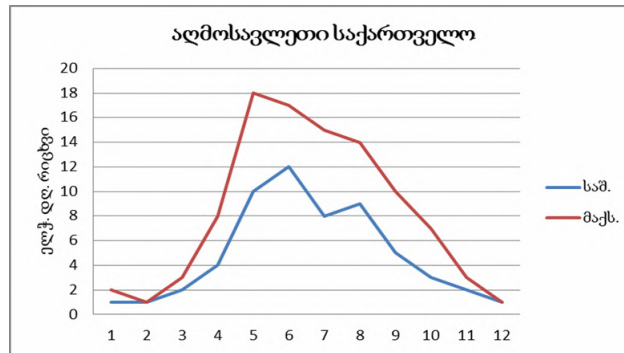
აღმოსავლეთ საქართველოში განხილულია ოთხი რეგიონი: ზემო და ქვემო ქართლის ვა-
კე-დაბლობები მთაწინეთებით, ალაზნის ველი მთაწინეთებით და იორის ზეგანი მოსაზღვრე
სტეპებით, აღმოსავლეთ კავკასიონი და აღმოსავლეთ საქართველოს სამხრეთი ნაწილი. სტა-
ტისტიკურად დამუშავებულია საშუალოდ 17 სადგურის მონაცემი. მათ შორისაა თბილისი,
ბოლნისი, დუშეთი, ბორჯომი, ახალციხე, თელავი, ახმეტა, ფასანაური. აღმოსავლეთის რე-
გიონები კლიმატის თვალსაზრისით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. აღმოსავლეთ საქარ-
თველოს IV და V რეგიონის კლიმატის პროფილია – ზომიერად მშრალი სუბტროპიკები, სუს-
ტად ნოტიო სუბტროპიკები და მშრალი სუბტროპიკები სინოტივის მკვეთრი დეფიციტით. VI
და VII რეგიონის კლიმატის პროფილია – მთიანი ზომიერად და სუსტად ნოტიო და მთიანი
მშრალი მკვეთრად კონტინენტალური. განხილულ ტერიტორიაზე არის ე.წ. ელჭექური კერე-
ბი და ამის გამო რეგიონებში ელჭექები უმეტესად შიდამასიურია. მონაცემების სტატისტი-
კურად დამუშავების შედეგად მიღებულია გრაფიკები, რომლებზეც წარმოდგენილია ედრ-ის
ყოველთვიური საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობების სვლა.



გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ოთხივე განხილულ რეგიონში ელჭექური აქტივობა აპრილი-
დან ოქტომბრამდეა. მაქსიმუმს აღწევს ივნისში. მეორე მაქსიმუმი, რომელიც აგვისტოში
ფიქსირდება, მხოლოდ IV და VII რეგიონებში იკვეთება. ზამთრის ელჭექები იშვიათია.

ზოგადად აღმოსავლეთ რეგიონებში ედრ-ს საშუალო მნიშვნელობა 1-დან 12-მდე იც-
ვლება, მაქსიმუმი კი – 1-20 ინტერვალშია.

როგორც ჩანს აღმოსავლეთ საქართველოში ელჭექური აქტივობა მეტია დასავლეთთან
შედარებით. განსაკუთრებით გამოირჩევა VII რეგიონი, იმის მიუხედავად, რომ რეგიონის
მშრალი მთიანი კლიმატი ხელს არ უწყობს ელჭექური პროცესების წარმოქმნას. შესაძლებე-
ლია, რომ აქ ელჭექური ე.წ. ადგილობრივი კერების ახლობლობა და მთიანი ტბების სიმრავ-
ლე განაპირობებს ელჭექიანი დღეების დიდ რიცხვს.



ამრიგად როგორც დასავლეთში, ასევე აღმოსავლეთში ელჭექური აქტივობა ვლინდება აპრილ-ოქტომბრის პერიოდის განმავლობაში. უმეტეს რეგიონში ედრ-ს თვიურ სვლას ორი მაქსიმუმი გააჩნია. ზამთრის ელჭექები მეტია დასავლეთში. ზოგადად ელჭექიანი დღეების როგორც საშუალო, ასევე მაქსიმალური რაოდენობა აღმოსავლეთში მეტია. განსაკუთრებით გამოირჩევა აღმოსავლეთ საქართველოს სამხრეთი ნაწილი.

მიღებულ შედეგებს პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგანაც ედრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობები აუცილებლად გასათვალისწინებელია შენობა-ნაგებობების და სხვადასხვა ობიექტების ელჭექუსაფრთხოების გამოსათვლელად. ასევე ედრ-ს მიღებული მნიშვნელობები შესაძლო გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა პროგნოსტიკურ მოდელების დასაზუსტებლად.

ლიტერატურა

1. Хромов С.П. и др. Метеорология и климатология. // МГУ, Москва, 2006, 584 с.
2. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы. // УФН, т.171, Москва, 2001, с.1177-1199.
3. LOFAR For Space Weather// Projects H2020 EU.1.4.1.1.; CORDIS; 2018
4. Мучник В.М. Физика грозы // Гидрометиздат, Ленинград, 1974, 351 с.
5. Муранов А.П. В мире необычных и грозных явлений природы. // Просвещение, Москва, 1977, с. 75-86.
6. Амиранашвили А.Г., Варазашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П. Характеристики грозовой активности в Грузии. // Материалы международной конференции «Климат, природные ресурсы, стихийные катастрофы на южном Кавказе», Тбилиси, 2008 с. 284-290.
7. ტატიშვილი მ., ქართველიშვილი ლ., მკურნალიძე ი., მესხია რ. სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. // “მნიშვნობარი“, თბილისი, 2018, 145 გვ.
8. Климат и климатические ресурсы Грузии. //Труды ЗакНИГМИ вып.44(50); Гидрометиздат, Ленинград, 1971, с. 363-381.
9. ტატიშვილი მ., ქართველიშვილი ლ., მკურნალიძე ი. ელვის ზემოქმედება სხვადასხვა შენობა-ნაგებობაზე. // მეცნიერება და ტექნოლოგიები 1(724), ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2017, გვ. 62-69.

SEASONAL DISTRIBUTION OF THUNDERSTORMS IN GEORGIA

Mkurnalidze I., Kapanadze N.

Summary: In this work the seasonal distribution of thunderstorm days in the territory of various climatic zones of Georgia is established. We used long-term monthly average data on the number of days with thunderstorms. Data processed statistically and analytically. The results are presented in the table and in the graphs, respectively. The findings can be used both for practical purposes (forestry, tourism, building etc.) and in the development of various climate and forecast models.

Key words: the number of days with thunderstorms

PREDICTIVE ANALYTICS APPLICATION EXPERIENCE FOR CLIMATE TRENDS IN CAUCASUS MOUNTAIN REGION

Nurtaev Bakhram

Institute of Helioclimatology, Frechen, Germany

nurtaev@gmx.net

Summary: Data about dependences of air temperatures and precipitation from solar activity in Armenia, Azerbaijan, Georgia and Turkey are presented.

Key Words: air temperature, total solar irradiance.

Predictive analytics encompasses a variety of statistical techniques from data mining, predictive modeling, and machine learning, and that analyze current and historical facts to make predictions about future or otherwise unknown events.

The climate change in Caucasus region and its effects on the environment, ecology, and economy in the 20th century close connected with global climate trends.

The growth in the quantity and diversity of data has led to data sets in climatology, larger than is manageable by the conventional tools. To manage these data sets, new methods of data science and new applications in the form of predictive analytics proposed.

The study is based on two fundamental principal in geosciences:

- The global climate is regulated by how much energy the Earth receives from the Sun.
- Uniformitarianism is the fundamental principle that geologic processes and natural laws now operating to modify the Earth's crust have acted in the same regular manner and with essentially the same intensity throughout geologic time.

The goal of this study is to reveal the general underlying structure which generates or allows such a variations in climate and precipitation trends in Caucasus region.

The Earth atmosphere is an open energy system receiving energy from the sun.

We compared solar activity with yearly averaged air temperature and precipitation for four Caucasus region states over the period 1902-2008.

Dependences of air temperatures (T, °C) and precipitation (P, mm) from solar activity (Total Solar Irradiance – TSI, W/m²) in region are following:

Country	Regression (R- coefficient of linear correlation)	
Armenia	$T=1,217 \cdot TSI - 1655; R=0,73$	$P = -86,54 \cdot TSI + 11874; R=0,78$
Azerbaijan	$T = 0,853 \cdot TSI - 1155; R=0,79$	$P = 48,14 \cdot TSI - 65313; R=0,76$
Georgia	$T= 1,170 \cdot TSI- 1592; R=0,72$	$P = 73,18 \cdot TSI - 99055; R=0,75$
Turkey	$T = 1,115 \cdot TSI- 1512; R= 0,73$	$P = -74,29 \cdot TSI + 10204; R =0,75$

Correlations between solar irradiance and climate parameters are higher for directly station measurements, for example an air temperature in Istanbul, $T= 0,641 TSI - 861,6; r=0,91$

Precipitation rates are slightly decreased in cases of Armenia and Turkey on 50 mm over the 100 years observations.

In the next two decades NASA has predicted very weak solar activity, this actually will lead to the temperature decrease in all studied countries on 0, 5°C in the both averaged solar cycles.

ქარბუქის ზოგიერთი თავისებურებანი სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში

ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., დიასამიძე ლ., ჯინჭარაძე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
m.pipia@gtu.ge

ანოტაცია: სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისთვის გამოკვლეულია 18 მეტეოროლოგიური სადგურისა და საგუშაგოს მონაცემები ქარბუქიანობის შესახებ. გამოთვლილია ქარბუქიან დღეთა საშუალო წლიური და მაქსიმალური წლიური დღეთა რიცხვი ბოლო 50 წლის განმავლობაში. გაანალიზებულია ქარბუქის განაწილების თავისებურებანი წლის განმავლობაში რეგიონის ტერიტორიაზე. შეფასებულია ქარბუქიანობის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ცვლილებასთან მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები: ქარბუქი, საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენები, ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლე.

სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორია საქართველოს სხვა რეგიონებისაგან გამოირჩევა სპეციფიკური გეოლოგიური აგებულებითა და ბუნებრივი პირობებით და განსაკუთრებით მოწყვლადია ბუნებრივი კატასტროფების მიმართ მათ შორის ქარბუქიანობის მიმართ [1]. ზამთარი ცივი და თოვლიანია.

სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლეთის, სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარები. განსაკუთრებით ხშირად ქარის სიჩქარე ქარბუქის დროს მერყეობს 6-13 მ/წმ ფარგლებში. თუმცა, ზოგიერთ უბნებზე ჭარბობს ქარები 14-20 მ/წმ სიჩქარით [2].

რეგიონის ტერიტორიაზე გადის ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენი, ტრანსკასპიური გაზსადენი, მარაბდა-ახალქალაქი-ყარსის რკინიგზა. ასევე სომხეთთან დამაკავშირებელი საავტომობილო მაგისტრალი. სარკინიგზო და საავტომობილო მაგისტრალების ცალკეულ უბნებზე მნიშვნელოვანი ნამქერებისა და ნაბუქების ჩამოყალიბებით, ქარბუქი აფერხებს ტრანსპორტის ნორმალურ გადაადგილებას. ამის გათვალისწინებით მნიშვნელოვანია საავტომობილო და სარკინიგზო მიმოსვლის შეუფერხებელი ფუნქციონირებისთვის ქარბუქის ეფექტურად მართვის ღონისძიებების გატარება, ქარბუქის შედეგად მიყენებული ზიანის დროულად აღმოფხვრა, შესაძლებლობის ფარგლებში წინასწარი ზომების გატარება ზიანის მინიმუმამდე დაყვანისათვის და ამ კუთხით უსაფრთხო გარემოს ჩამოყალიბება [3].

სამცხე-ჯავახეთში, ისევე როგორც საქართველოს დანარჩენ რეგიონებში, ქარბუქი მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს ასევე სოფლის მეურნეობას, ვინაიდან ძლიერი ქარებისა და თოვლის საფარის სტრუქტურის სიფხვიერისას ხდება თოვლის არათანაბარი გადანაწილება და სავარგულებზე წარმოიქმნება მოტიტვლებული ადგილები, რაც ზოგჯერ ზამთრის ნათესების გაყინვასა და ნიადაგის ეროზიას იწვევს. რაიონებში, სადაც მდებარეობს ზამთრის საძოვრები ქარბუქი ხშირად არღვევს საქონლის გამოკვების ნორმალურ რეჟიმს და ართულებს პირუტყვის გამოზამთრებას [4,5].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანია სამცხე-ჯავახეთში ქარბუქიანობის ზოგიერთი თავისებურების შესწავლა, რაც ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს.

კვლევის მასალებად გამოყენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში არსებული საარქივო მასალა და ლიტერატურა ქარბუქიანობის შესახებ. ასევე, გარემოს ეროვნული სააგენტოს დაკვირვებათა მონაცემები და კლიმატური ცნობარები [6,7,8].

კვლევის მეთოდოლოგიად გამოყენებულ იქნა მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდები.

შრომში გამოყენებულია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არსებული 18 მეტეოროლოგიური სადგურისა და საგუშაგოს მონაცემები, რომლებიც ძირითადად 1966-1992 წლების პერიოდს მოიცავს. გამონაკლისია ბაკურიანისა (1966-2011) და ფარავანის (1966-2006) პუნქტები სადაც დაკვირვებათა მეტნაკლებად გრძელი რიგი მოგვეპოვება.

სამწუხაროდ 90-იანი წლებიდან მკვეთრად შემცირდა მეტეოროლოგიური სადგურებისა და საგუშაგოების რიცხვი, როგორც მთელს საქართველოში ისე სამცხე-ჯავახეთში, რის შედეგადაც დაკვირვებები სხვადასხვა მეტეოროლოგიურ მოვლენაზე თითქმის აღარ მიმდინარეობდა, ამიტომაც 1993 წლიდან მონაცემები მათ შესახებ მწირი და ნაკლებსაიმედოა [9].

არსებული მონაცემების დამუშავების საფუძველზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისთვის შედგენილ იქნა ქარბუქიან დღეთა წლიური მაჩვენებლის ცხრილი, სადაც მოყვანილია ქარბუქიან დღეთა როგორც საშუალო წლიური, ასევე, მაქსიმალური წლიური რიცხვი. აგრეთვე მოყვანილია დაკვირვების პუნქტები შესაბამისი სიმაღლის მაჩვენებლით ზღვის დონიდან და მუნიციპალიტეტები სადაც განთავსებულია ეს პუნქტები.

ცხრილი 1.

ქარბუქიან დღეთა რიცხვი (წლიური) სამცხე-ჯავახეთში

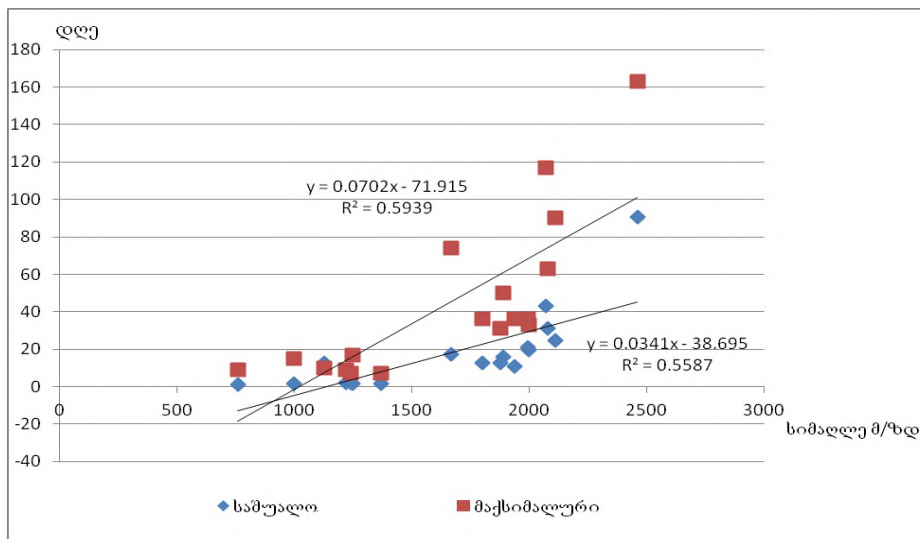
დაკვირვების პუნქტი	ქარბუქიან დღეთა საშ. რიცხვი	ქარბუქიან დღეთა მაქს. რიცხვი	მუნიციპალიტეტი	სიმაღლე მ/ზ.დ.
ლელოვანი	2	9	ადიგენი	1220
წალვერი	12.7	10	ბორჯომი	1130
ლიბანი	1.5	7	ბორჯომი	1370
ბაკურიანი	12.7	36	ბორჯომი	1800
ადიგენი	2	7	ადიგენი	1240
ტაბანყური	19.8	33	ბორჯომი	2000
ხერთვისი	1.7	17	ასპინძა	1250
ფოკა	31.3	63	ნინოწმინდა	2080
არაგიალი	16	50	ნინოწმინდა	1890
ოროჯოლარი	12.5	31	ნინოწმინდა	1880
სალამო	21.2	36	ნინოწმინდა	1996
ცხრანყარო	90.4	163	ბორჯომი	2462
ახალციხე	1.5	15	ახალციხე	1000
ფარავანი	42.9	117	ნინოწმინდა	2073
ნინოწმინდა	11	36	ნინოწმინდა	1940
ეფრემოვკა	24.9	90	ნინოწმინდა	2110
ახალდაბა	1	9	ბორჯომი	760
არაგვა	17.3	74	ახალქალაქი	1669

როგორც ცხრილიდან ირკვევა ქარბუქიან დღეთა როგორც საშუალო, ასევე მაქსიმალური რისხვის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი ბორჯომის მუნიციპალიტეტში, ცხრანყაროს სადამკვირვებლო პუნქტზე ფიქსირდება (2462 მ/ზ.დ.), ხოლო ყველაზე დაბალი ასევე ბორჯომის მუნიციპალიტეტში ახალდაბის პუნქტზე (760 მ/ზ.დ.).

ჩვენთვის ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ქარბუქის აქტივობა, რომლის შეფასება ხდება ქარბუქიან დღეთა რაოდენობით, ქარბუქის საშუალო და მაქსიმალური ხანგრძლივობით, აგრეთვე ქარბუქის უწყვეტი ხანგრძლივობით, ემორჩილება ვერტიკალური ზონალობის კანონს: ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას ქარბუქის აქტივობა იზრდება [10].

როგორც ცხრილი-დან ირკვევა, ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ერთად ქარბუქიან დღეთა რიცხვი ძირითადად მატულობს. თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქარბუქის აქტიურობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ზრდაზე, არამედ ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ამინდის ცვალებადობა, რელიეფის კონფიგურაცია და მასთან დაკავშირებული პუნქტების დაცულობა და სხვ. [2].

ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ქარბუქიან დღეთა წლიური რიცხვის დამოკიდებულება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისთვის ნაჩვენებია დიაგრამის სახით (ნახ.). შესაბამისი რეგრესიის განტოლებითა (y -ქარბუქიან დღეთა რიცხვი; x -ადგილის სიმაღლე) და დეტერმინაციის კოეფიციენტით (R^2).



ნახ. ქარბუქიან დღეთა საშუალო წლიური და მაქსიმალური წლიური რიცხვის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ზრდასთან მიმართებაში სამცხე-ჯავახეთში.

როგორც ნახ.-დან ჩანს, დიაგრამაზე გამოსახული განტოლებები გარკვევით აღწერს ქარბუქიან დღეთა წლიური რიცხვის ცვლილებას ადგილის სიმაღლესთან მიმართებაში (საშუალო დღეთა რიცხვისთვის $y=0.0341x-38.695$; მაქსიმალურ დღეთა რიცხვისთვის $y=0.0702x-71.915$). დეტერმინაციის კოეფიციენტების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ ადგილის სიმაღლის როლი ქარბუქიან დღეთა წლიური რიცხვის ცვლილებაში არ არის მაღალი. ქარბუქიან დღეთა საშუალო წლიური რიცხვისთვის $R^2=0.56$, მაქსიმალური წლიური რიცხვისთვის $R^2=0.59$. რაც ორივე შემთხვევაში დაახლოებით 75% შეადგენს. ქარბუქიანობის არც თუ ისე მაღალი კორელაცია ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლესთან მიმართებაში, როგორც უკვე ავღნიშნეთ დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, მათ შორის სამცხე-ჯავახეთის რელიეფის თავისებურებაზე.

დასკვნა

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ქარბუქიანობით განსაკუთრებით გამორჩეულია ბორჯომისა და ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტები.

სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიაზე ქარბუქიან დღეთა წლიური რიცხვის ცვლილებაში ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ხვედრითი წილი არ არის მაღალი და შეადგენს 75%.

ლიტერატურა

1. Pipia M. Beglarashvili N., Number of Blizzard Days on the Territory of Georgia. // International multidisciplinary conference proceedings actual problems of landscape sciences: Environment, Society, Politics, Tbilisi, 2019, pp. 158-163.
2. Elizbarashvili E. Sh., Elizbarashvili M. E., Kartvelishvili L. G., Pipia M. G., Elizbarashvili Sh. E., Blizzards on the Territory of Georgia. // European Geographical Studies, Bratislava, V.5(1), 2018, pp. 50-60.
3. Pipia M. Beglarashvili N. Blizzard Duration on the Territory of Georgia. // Ecology & Safety, Burgas, Volume 13, 2019, pp. 120-126.
4. ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ. ქარბუქიან დღეთა რიცხვი საქართველოში 1966-2017 წლების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით. // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, ტომი 125, 2018, გვ. 63-67.
5. Pipia M. Beglarashvili N. Ground Blizzard as a Dangerous for the Agricultural Sector Meteorological Phenomenon. // Journal of International Scientific Publications, Agriculture & Food, Burgas, Vol. 7, 2019, pp. 259-264.
6. Opasnyye gidrometeorologicheskiye yavleniya na Kavkaze. // Leningrad. Gidrometeoizdat. 1983, 263 s.
7. Klimat i klimaticheskiye resursy Gruzii. // Leningrad. Gidrometeoizdat, 1971, 383 s.
8. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp.14, chast' 2. // Leningrad. Gidrometeoizdat, 1979, 373 s.
9. ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., ჯინჭარაძე გ. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის განაწილების მნიშვნელობა საქართველოს მთიანი ლანდშაფტის პირობებში. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2018, გვ. 201-203.
10. Elizbarashvili E.Sh., Elizbarashvili M.E. Stikhiynnye meteorologicheskiye yavleniya na territorii Gruzii. // Tbilisi, Zeon, 2012, 104 s.

SOME FEATURES OF BLIZZARD IN SAMTSKHE-JAVAKHETI REGION

Pipia M., Beglarashvili N., Diasamidze L., Jincharadze G.

Summary: Data on 18 meteorological stations for the Samtskhe-Javakheti region have been analyzed. The average annual and maximum annual days of the blizzard days for the last 50 years are calculated. Characteristics of the distribution of blizzard throughout the region throughout the year are analyzed. The blizzard changes with respect to changes in altitude have been estimated.

Key Words: *Blizzard, dangerous meteorological phenomena, altitude.*

HAIL STORMS IN GEORGIA IN 2016-2018

*Janelidze I., **Pipia M.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

*Institute of Hydrometeorology of Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

m.pipia@gtu.ge

Summary: *The analysis of the data of the Georgian Environment Agency on the incidents of hail in Georgia and damage from them in 2016-2018 is presented. The greatest number of days with hail for the indicated three years was recorded in Kakheti (32 days with hail, 90 locations subjected to hail), the smallest – in Samegrelo-Zemo Svaneti (one day with hail, 1 subjected to hail locations). A map of hail cases has been built.*

Key Words: *Hail storm, dangerous meteorological phenomena, geoinformation map*

Introduction

Among natural disasters, hail is a dangerous event for Georgia. It causes significant material damage, damages the roofs and walls of buildings, crops, orchards, vineyards and leads to the death of pets. Research on hail processes in Georgia has been the subject of many works, including over the past 15 years [1-12]. Therefore, the city has attracted the attention of local residents, historians and travelers from ancient times. In July 1877, the Iveria newspaper reported that on July 4, in fine weather, it got dark in the afternoon, a heavy thunderstorm, heavy rain fell, and then hail, the grain of which was the size of an egg of a dove, followed. Crops and vineyards were completely destroyed in Gurjaani, Vejni, Bakurtsikhe and nearby villages. On June 6, 1972, hail was noted in the regions of Lagodekhi, Gurjaani, Telavi and Dusheti, resulting in damage to hundreds of hectares of crops. On July 19, 2012, a midnight natural disaster struck the eastern part of Georgia, Telavi and neighboring villages in the Telavi and Gurjaani districts. A whirlwind storm was accompanied by a strong hail. Buildings were damaged, crops were completely destroyed, and at dawn not a single leaf was on the plants. The loss exceeded \$ 100 million [1].

This paper studies the occurrences of hailstorms in the territory of Georgia in 2016-2018 and analyzes the damage caused during this period. For the work were used materials National Environmental Agency observational data and literature on hail.

Results

Based on the materials available to us, on the hail and the damage it caused, which covers 2016–2018, a table was compiled (Table), which shows data on the damage caused by hail for the regions of Georgia. It also indicates the number of hail days, duration, damage, process and affected municipalities.

Analysis of Table 1. shows that hail processes in 2016-2018 were significantly more active in eastern Georgia than in western Georgia, especially in the Kakheti region (32 days) and Samtskhe-Javakheti region (16 days), where hail was observed in all municipalities these regions. It was also shown that hail is more common and more destructive during Western processes.

This trend of the hail is not new and was mentioned in a number of literary sources and scientific articles, including in our studies [2-6]. It should also be noted that the damage caused by hail in the east of Georgia over the past three years has reached tens of millions of GEL, which is a huge loss for the Georgian economy.

Table 1

Hail Damage in the Regions of Georgia (2016-2018)

Regions	Number of days	Damage	Duration	Process	Municipalities
Adjara	2	Hail damaged citrus and plants			Batumi Khelvachauri Khulo
Guria	1	Traffic was hampered by the hail	15 min.		Ozurgeti
Samegrelo-zemo Svaneti	1	The hail destroyed the crops			Tsalenjikha
Tbilisi	3	Cars damaged			Tbilisi
Kakheti	32	Agricultural fields have been destroyed, poultry have been killed, vineyards and orchards damaged. The diameter of the hail was in some cases 18 mm.	10-30 min.	Western process, Eastern process, Intramass process	All municipalities
Mtskheta-Mtianeti	2	Plants and vineyards were damaged. Vegetable crops, fruit trees were damaged.		Intramass process, Western process	Mtskheta, Dusheti
Samtskhe-Javakheti	16	Hail destroyed crops, damaged orchards and agricultural lands, hail diameter in Bakuriani was 18 m. The disaster damaged much of the national park in the Borjomi municipality, broke trees, broke lights.	10-20 min.	Western process	All municipalities
Kvemo Kartli	7	Agricultural crops were damaged. In Tsalka municipality the diameter of the hail was 24 mm.		Intramass process	Rustavi, Bolnisi, Dmanis, Tsalka
Shida Kartli	10	The disaster has destroyed much of the fruit trees, vineyards and crops in Shida Kartli. Yards and roads were flooded in the city of Gori and traffic has slowed.	20 min.	Western process, Eastern process, Intramass process	Gori, Kaspi, Kareli

According to Table and based on statistical data for 2016-2018, we have prepared a geoinformation map of the hail on the territory of Georgia. (Fig.).

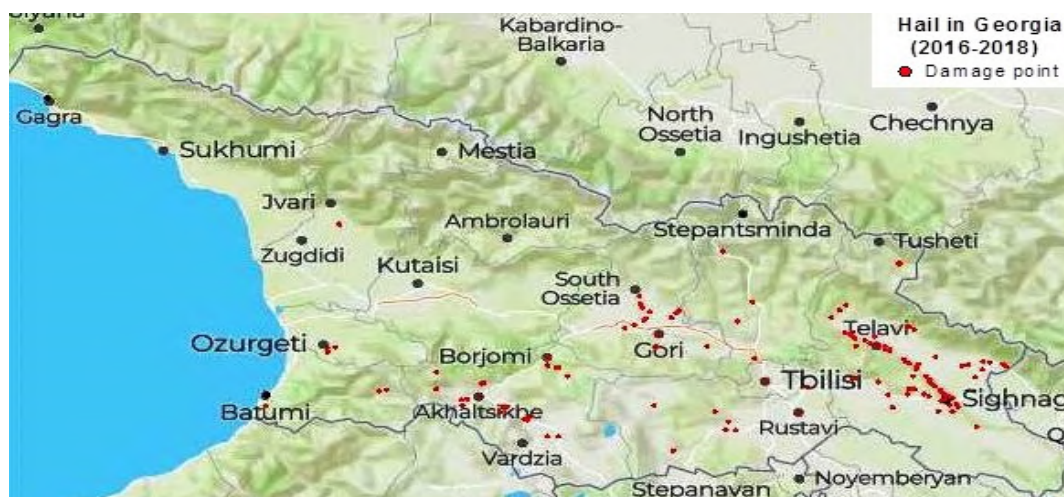


Fig. Hail According to 2016-2018 Data in Georgia

Fig. also shows that the hail especially damages the Kakheti region and also causes great damage to the regions of Samtskhe-Javakheti and Shida Kartli. The smallest hail is observed in the Samegrelo-Zemo Svaneti region.

Over the past three years, the number of hail days in Kakheti was 32, which was recorded in 90 locations in the region, this is the highest indicator hail in Georgia. The lowest indicator hail is in the Samegrelo-Zemo Svaneti region, where the number of hail days is 1 in 1 location.

Conclusion

Over the past three years, hail has been a frequent occurrence in Georgia. The hail in eastern Georgia is characterized by a duration (30 min) and the largest hail grain (24 mm), which is mainly due to western processes.

References

1. Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Varazanashvili O., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili Sh., Pipia M., Hailstorms in the Territory of Georgia//European Geographical Studies, Vol. 2, No. 2, 2014.
2. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Pipia M., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili E. Some Data About Hail Damages in Eastern Georgia and Economic Losses From Them. // Reports, presented on the Scientific Conference “80 Years of the M. Nodia Institute of Geophysics”, 2014, Tbilisi, pp. 145-150. (in Russian).
3. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Jamrlishvili N.K., Khurodze T.V., Pipia M.G., Tavidashvili Kh. Z. Comparative Analysis of the Distribution of Number of Days with Hail Per Annum on the Territory of Kakheti According to the Data of the Meteorological Stations and State Insurance Service of Georgia. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, v.20A, 2017, Tbilisi, pp.44 -56.
4. Pipia M. Prospects for the development of anti-hail works in Kakheti region (Georgia) taking into account some climatic indices//Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXVI, 2016, Tbilisi, pp. 96-107. (in Georgia).
5. Pipia M. G., Beglarashvili N. G. Hail Hits in Eastern Georgia. //Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, Volume 8,2014, Burgas, pp. 567-573.
6. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
7. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Khurodze T. Statistical Characteristics of the Number of Days with Hail Per Annum in Georgia. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, ISSN 1512-0902, vol. 115, Tb., 2008, pp. 427 – 433, (in Russian).
8. Amiranashvili A. Influence of the Anthropogenic Pollution of Atmosphere on the Changeability of Hail Processes Intensity. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 64, Tb., 2013, pp. 160 – 177, (in Russian).
9. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 77 – 100, (in Russian).
10. Amiranashvili A.G., Nodia A.G., Toronjadze A.F., Khurodze T.V. The Changeability of the Number of Days with the Hail in Georgia in 1941-1990. // Trans. of Institute of Geophysics of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-1135, v. 58, 2004, pp. 127-132, (in Russian).
11. Amiranashvili A.G., Nodia A.G., Toronjadze A.F., Khurodze T.V. Some Statistical Characteristics of the Number of Days with Hail into the Warm Half-Year in Georgia in 1974-1990. // Trans. of Institute of Geophysics of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-1135, v. 58, 2004, pp. 133-141, (in Russian).
12. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N. Spatial-Temporary Characteristics of Number of Days with a Hails in the Warm Period of Year in Georgia. // Proc. 14th International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-July 2004, pp. 2_2_215. 1-2_2_215.2.

ATMOSPHERE PROCESSES AND CLIMATE PARAMETERS VARIATION IN RIVER MTKVARI BASIN

Tatishvili M., Khvedelidze Z., Samkharadze I., Palavandishvili A.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Summary: *The River Mtkvari is a main artery of the Trans-Caucasus. The aim of presented research is to investigate atmosphere processes and climatic parameter variability in Mtkvari River basin. Mathematical modeling is used to assess wind velocity value in river basin, namely in Tbilisi, as the main city of the country. In order to investigate climatic state of territory the following climatic parameters (temperature, precipitation, wind velocity and direction, snow cover) meteorological station observation 1960-2015 data located along River Mtkvari gorge were used. The location of Georgia, its physical and geographical conditions, allow for a wide variety of meteorological processes with appropriate thermal-barrier fields to reflect and develop this area. Thus, any physical-mathematical model capable of describing microprocessors developed in individual regions is of theoretical and practical value. The results may be used in river water management issues.*

Key words: *Mtkvari River, atmosphere processes, climate change.*

Introduction

The River Mtkvari is a main artery of the Trans-Caucasus. The river starts on the territory of Turkey on the Karsi mountain and crosses the Georgian border in Akhaltsikhe region where it starts to run northeast in a gorge for about 75 km. spilling out of the mountains near Khashuri. It then arcs east and starts to flow east-southeast for about 120 km., past Gori, then near Mtskheta, flows south through a short canyon and along the west side of Tbilisi. The river flows steeply southeast past Rustavi and turns eastward at the confluence with the Khrami River, crossing the Georgia-Azerbaijan line and where it receives the Aras as a right tributary and enters the Caspian Sea.

The river is now moderately polluted by major industrial centers like Tbilisi and Rustavi and it is now much slower and shallower, as its power has been harnessed by hydroelectric power stations in Georgia.



Fig.1. River Mtkvari basin.

The complex mountainous relief and influence of Black Sea have conditioned the diversity of climate zones across the region, from everlasting snow caps and glaciers to warm humid subtropical forests and humid semi-desert steppes. The river basin covers areas with unequal climatic conditions, threatened by both floods and droughts.

Research aim and methodology

The aim of presented research is to investigate atmosphere processes and climatic parameter variability in River Mtkvari basin.

Atmospheric processes are highly heterogeneous and anisotropic in space and time. The main reason for this is Solar energy uneven distribution to the Earth's surface. In the lower layers of atmosphere, the heat regime is provided by the long-wave radiation reflected from the Earth's surface. The heterogeneous surface causes the rays to be reflected at different angles, which in turn causes an uneven distribution of the heat field. Uneven heat field causes unsmooth distribution of atmospheric pressure and formation of permanent "barrier centers". These centers provide air masses motion mainly from west to east ("leading" flow) with approximately 8-12 m/sec velocity and other zonal flows. These processes are irregular everywhere, especially in such difficult physical terrain as Trans Caucasus and Georgia in particular [1].

Wind velocity is a three-dimensional vector. Vertical component is small compared to horizontal motion and can only be (10-20) cm/sec. or more in intense convective motion. Such convective motions, however, often occur on bumpy, mountainous terrain. Therefore, in the mountainous terrain it is not acceptable to have wind zero divergence as allowed for a smooth surface. Experimental measurements of wind vertical velocity are associated with principal difficulties and therefore their evaluation using theoretical methods is necessary.

It is assumed that origin of wind velocity is conditioned only by surface friction and relief; in particular it is defined from integration of continuity equation:

$$W = - \int_0^H \left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} \right) dz \quad (1)$$

The air flows are affected by upwind –downwind currents rising from relief considering of which is essential on any selected local polygon. Those currents define local circulations and peculiarities. After transformations the equation (1) obtains the following type:

$$W = \frac{1}{lp} \left[rot_z \tau + \frac{1}{\eta} (pln\eta)H \right] \quad (2)$$

The obtained equation is differing from already existing ones by the last member that reflects orographic loading [2].

$$W_0 = \frac{1}{l\rho\eta} (p, \ln \eta)H \quad (3)$$

where H is atmosphere layer altitude and W_0 reflects upwind flow velocity rising from orographic factor. After calculations W_0 amounts 8,7sm/sec. that indicates that orographic factor is important. Namely, Surami Ridge affects air masses dynamic on west and east sides. This fact is revealed on the formation local wind nature in Mtkvari River gorge. In Mtkvari River gorge wind transfers in gradient wind and their directions coincide. Thus we got one wind flow in the gorge that is much stronger than in other river ones (Rioni River). Such event is observed everyday and is of orographic nature. We can use this factor to explain so called "Tbilisi concave" phenomena.

The peculiarities of "Tbilisi hollow" may be explained using above given theory. To do this, let's evaluate the impact of the terrain parameter. The relief characterizing parameters $a=5,52 \cdot 10^{-6} m^{-1}$ and $b=23 \cdot 10^{-6} m^{-1}$, $W_0=12,64 sm/sec$. Significant results will be obtained considering those values [3]. As the terrain impact parameter b in the north-south direction is four times greater than that in the west-east direction, therefore, the air masses generally move only in one direction – across the Mtkvari gorge ($h = 4.12m$). In the cavern there rises congested circulation that is enhanced by the deficiency of vertical velocity (max. 20sm/sec). Such flow dynamic justifies all the climate "phenomenal" peculiarities.

In order to investigate climatic state of territory the following climatic parameters (temperature, precipitation, wind velocity and direction, snow cover) meteorological station observation 1960-2015 data located along River Mtkvari gorge were used. The only those station data were used that have continuous and homogeneous observation series. These stations are: Tbilisi, Borjomi, Gori, Khashuri, Paravani, Akhalkhalaki, Akhaltsikhe, Skra, and Rustavi. The observation period is sufficient to reveal climate change effect on River Mtkvari basin [4]. The climatic parameters data are given in Tab. 1-5. On Fig.1 annual sum of daily precipitation is presented for Tbilisi.

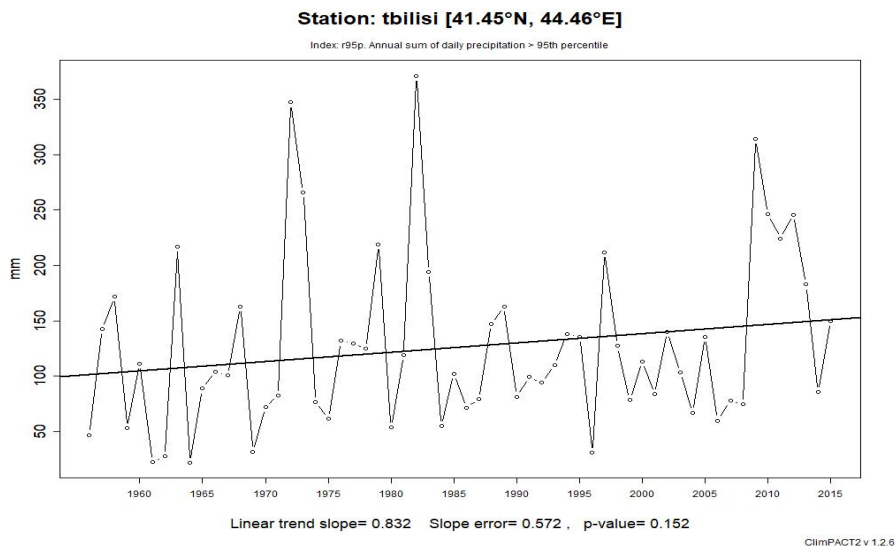


Fig.2. Annual sum of daily precipitation (1960-2015)

As it is shown in the given Tables, average annual air temperature for all the m/stations is positive and it ranges within 13.0°C (Rustavi) and 9.1°C (Borjomi). Average monthly air temperature of the coldest month – January in five m/stations is negative. The absolute minimum air temperature in all the m/stations in January is negative and it ranges between 31.0°C and -23°C. The absolute maximum of the air temperature is observed in July-August and it ranges within 37.0°C (Borjomi) and 41.0 °C (Rustavi).

Table 1. Air temperature absolute minimum (°C)

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Annual
Tbilisi	-16.3	-14.8	-7.4	-4	1.5	6.3	12.1	11.5	4.8	-2	-5.5	-11.4	-16.3
Paravani	-31.3	-32.5	-31.1	-18.6	-9	-6	0.2	0.7	-4.2	-11.7	-21.5	-31.5	-32.5
Khashuri	-23.1	-21.8	-16.4	-8.8	-2.4	2.9	5.9	4.7	0.1	-9	-16	-21.4	-23.1
Akhalkhalaki	-27	-29.5	-27.5	-22.2	-9.6	-4	-1.7	-0.3	-5.8	-15.7	-23.3	-28.8	-29.5
Akhalsikhe	-27.8	-24.3	-21.4	-10.8	-4.8	0.5	3.3	3.6	-2.9	-13.2	-18.6	-24.4	-27.8
Borjomi	-19.5	-19.9	-15.9	-10.1	-0.8	3.2	7.1	6.2	1.1	-4.6	-10	-15	-19.9
Gori	-26.1	-23.5	-15.1	-8.6	-2.3	3.4	6.7	5.1	-0.8	-4.9	-17.5	-20.1	-26.1

Table 2. Mean maximal air temperature (°C)

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Annual
Akhalkhalaki	-1.6	-0.4	3.9	11.3	16.3	19.5	23.2	23.5	20.2	13.9	7.2	0.9	11.5
Akhalsikhe	2.5	4.6	10.6	17.4	21.7	24.8	28	27.9	24.4	18	10.8	4.5	16.3
Borjomi	4	5.9	10.4	16.6	20.6	23.8	26.6	26.6	23.1	17.3	11.3	5.7	16
Gori	4.1	5.8	11.3	17.8	21.9	25.4	28.1	27.6	23.9	17.8	11.4	6	16.8

Tbilisi	6.3	7.8	12.5	18.9	23.6	27.7	30.9	30.1	25.9	19.4	13.3	8.3	18.7
Khashuri	2.8	4.3	9.9	16.8	21	24.2	26.7	26.5	23.1	17	10.5	5	15.7
Paravani	-4.1	-3.4	0.3	7.1	12.3	15.6	18.5	18.1	15.5	10.1	3.9	-1.7	7.7
Pasanauri	2	4	8.4	14.7	19	22.5	25.3	24.9	21.3	15.6	9.7	4	14.3

The east direction winds are prevailed here during the whole year in Borjomi, in Khashuri west, in Skra east and west, in Gori, Tbilisi and Rustavi north-west and south-east winds are prevailed [5].

Table 3. Average monthly and annual wind velocities, (m³/sec)

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Annual
Borjomi	3.0	3.2	2.9	2.4	1.8	1.6	1.5	1.6	1.4	2.0	2.2	2.5	2.2
Khashuri	2.8	2.8	3.5	4.2	3.7	3.4	3.5	3.7	3.5	2.8	2.9	2.4	3.3
Skra	3.9	4.6	5.8	5.8	4.7	4.3	4.7	4.3	4.5	4.0	4.3	3.4	4.5
Gori	3.2	4.0	4.9	5.1	4.6	4.3	4.6	4.3	4.2	3.5	3.4	2.9	4.1
Tbilisi	2.2	2.7	2.8	2.8	2.5	2.5	2.8	2.3	2.1	2.0	1.7	1.8	2.4
Rustavi	4.4	6.0	5.3	4.9	5.2	5.4	6.0	4.9	4.5	4.2	3.1	3.4	4.8

Table 4. Multi-annual monthly and annual precipitation level, (mm)

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Annual
Borjomi	40	40	42	56	81	88	55	48	53	59	54	37	653
Khashuri	47	48	47	58	87	70	49	38	48	53	50	49	644
Skra	42	44	44	52	77	62	44	35	42	48	47	44	581
Gori	42	47	45	52	76	62	44	34	43	48	47	45	585
Kaspi	23	33	30	49	95	69	48	37	42	34	34	23	517
Tbilisi	19	27	36	57	93	78	52	39	46	46	40	26	559
Rustavi	19	22	36	44	70	60	29	30	36	37	33	21	437

Total of annual precipitation level ranges between 653 mm (Borjomi) and 437 mm (Rustavi). The month of May is especially prominent for the abundance of precipitations and in January its level is very low. The precipitation level starts to increase from the month of April on each m/station and lasts until the month of July. In July-August the level of precipitation is gradually decreasing, while in September and October it increases again. The precipitation level is especially increased during the warm period (the VI-X months) and it ranges between 61.3% (Skra) to 73.5% (Tbilisi) and the rest is distributed among the months of the cold period.

The earliest date of snowfall in Borjomi, Khashuri, Skra and Gori is the 26th of October and in Tbilisi in the 6th of November. The number of snow cover days to the direction of the Mtkvari River gradually decreases from 67 (Borjomi) to 14 (Tbilisi).

Table 5. The max. decadal snow covers height in Winter period (cm).

Post	Mean height from decade	max. from decade	Min. from decade	Max. of period	Date
Akhalkhalaki	21.3	91	2	95	21-Feb-1990
Akhaltshikhe	13.6	71	1	89	2-Feb-1988
Borjomi	20.5	63	1	85	28-Nov-1964
Gori	11.3	45	1	63	3-Feb-1988
Tbilisi	4.9	29	0	44	3-Feb-1988
Pasanauri	35.3	115	2	147	19-Jan-1976
Tsalka	20.9	70	1	85	11-Feb-1976
Khashuri	24.7	90	1	101	5-Feb-1988

The climatic parameters variation conditions River Mtkvari hydrological regime. The water regime of the River Mtkvari is characterized by high waters in spring as a result of the seasonal snow melting, by the stable summer and low water in winter. The high water period downstream start in the middle of March and its peak level is observed at the end of April and beginning of May and it ends in the beginning of July. After the stable low water period in summer, the autumn stability is often violated by the peak levels as a result of rainfall. The low water period in winter is characterized by long, low, stable levels and the minimum level is observed in January-February. The river structure is mainly formed by: snow and ice melting, rainfall and ground waters. 60% of the river water flows in the springtime (III-IV months).

Conclusion

The location of Georgia, its physical and geographical conditions, allow for a wide variety of meteorological processes with appropriate thermal-barrier fields to reflect and develop this area. Thus, any physical-mathematical model capable of describing microprocessors developed in individual regions is of theoretical and practical value. The investigations of precipitation forming processes are important for river flooding prediction that includes not only surface meteorological parameters investigation but also upper atmosphere processes [6], where weather is formed. The climatic parameters evaluation is essential for river water hydrological potential assessment and management for sustainable development.

References

1. Khvedelidze Z., Tatishvili M., Zotikishvili N., Samkharadze I. The role of mountainous relief in the investigation of air masses flow local circulations. // *GESJ: Physics*. #1(18), 2018, pp.21-32,
2. Khvedelidze Z., Tatishvili M., Zotikishvili N., Samkharadze I. Air microcirculation processes and climatic peculiarities in Tbilisi territory. // *Transactions of Institute of Hydrometeorology*, v. 126, 2018, pp. 56-64.
3. Tatishvili M. Developing Weather Forecasting System in Georgia. // *Ecology & Environmental Sciences* 2 (7) DOI:10.15406/mojes.2017.02.00046. 2017.
4. Elizbarashvili M., Elizbarashvili E., Tatishvili M., Elizbarashvili Sh., Meskhia R. Georgian Climate Change under Global Warming Conditions. // *Annals of Agrarian Sciences*. 10.1016/j.aasci..02.001S1512-1887(17)30011-8. 2017, pp. 51-59.
5. Tatishvili M., Samkharadze I. Local disturbances and wind field distribution modeling in Georgia. // *ISJ. Journal of Environmental Science*, Vol. 6, Issue 2, 2017, pp. 1-3.
6. Tatishvili M. Hazardous Hydrometeorological Events in Georgia under Global Climate Change Conditions. // *ISJ. Journal of Environmental Science*. Vol. 4, Issue 2, 2015, pp. 1-4.

WINTER TOURISM DEVELOPMENT TRENDS IN GEORGIA

*Kartvelishvili L., *Megrelidze L., **Kurdashvili L.

*National Environment Agency of Georgia, Tbilisi, Georgia

**International Black Sea University, Tbilisi, Georgia

Summary: *One of the new tools that can be effectively used to hedge weather risks are derivatives of the weather (forwards, futures, options and swaps on selected weather variables – temperature, rain, snow, wind, etc.) .In this article, we will introduce the possibility of using weather derivatives in winter tourism – snowfall ahead – to insure the tourism business. Our research is based on snowfall data from a ski resort in Georgia. We show that weather derivatives can be an effective tool for hedging weather risks and reducing income volatility in the winter ski tourism business.*

Key words: *winter tourism, snow cover*

Tourism, which is one of the driving forces of economic development [1-6], has a number of risks. In addition to foreign currency exchange and frequent fluctuations in prices for fuel and transport our research shows that the tourism industry has become increasingly vulnerable to climate conditions in recent years.

Mountain ecosystems are considered to be vulnerable to climate change, which can have a number of negative effects of reducing winter seasons, glacier retreats and also reducing water resources. The winter tourism sector is particularly vulnerable to climate change, while some resorts are expected to reduce the length of the ski season and recreation zone. It is particularly important to determine the regularity of changes in the climatic characteristics of winter resorts in order to determine the start and end dates of the season in order to plan the development of mountain-ski tourism.

In order to study how snow conditions change in the light of climate warming for the two winter observation periods in the winter tourist regions, we have identified two main climatic characteristics of snow cover duration and maximum snow cover changes over a long period of observation 1956-2015.

The spatial distribution of snow cover parameters is significantly influenced by the location and height of the tourist site. There is a significant decrease in the length of snow cover days during the study period. Statistically significant change was observed mainly in the southern part of the region. It is accepted that skiing is considered reliable with snowfall when the height of snow cover (artificial or natural) exceeds 30 cm for 100 days no more than 7-10 years. According to studies, the largest changes in snow cover duration are observed in December and March, while a significant change is observed only in April. The maximum height of the snow cover was virtually unchanged during the survey.

The period of snow cover is determined by some of Georgia's winter resorts, for the three observation periods I – 1956 ÷ 1985 II – 1986 ÷ 2015 and I I I-1956 ÷ 2015. According to Student's criterion. This parameter was set the regularities of change between the first and second periods I – 1956 ÷ 1985 II – 1986 ÷ 2015.

Particularly sensitive to climate change is mountain-ski tourism, the development of which is important to consider aspects of climate change.

In Mestia, during the study period, the average snow season began on November 30 and ended on March 19. The average duration of snow cover was 108 days. Snow coverage trend is negative. -Duration of snow cover in period II decreased by 17% compared to period I.

Table 1. Duration of snow cover characteristics at winter resorts.

Station	Years	Season's beginig	Season's ending	Season's Duration		Season's number
				days	change %	
Mestia	1956-2015	30 Nov	19 March	108		32
	1986-2015	26 Nov	2 March	95	-17	6
	1956-1985	1 Dec.	28 March	111		26
Gudauri	1956-2015	23 Nov	5 May	162		35
	1986-2015	29 Nov	3 May	154	-12	19
	1956-1985	15 Nov	7 May	172		16
Goderdzi	1956-2015	8 Nov	10May	182		46
	1986-2015	10 Nov	15 May	185	3	20
	1956-1985	6 Nov	6 May	180		26
Bakuriani	1956-2015	26 Nov	28 March	122		35
	1986-2015	19 Nov	17 March	118	-8	19
	1956-1985	15 Nov	22 March	127		16

During the observation period in Gudauri, the average snow season started on November 23 and ended on May 5. The duration of the snow cover was 162 days throughout the observation period. The trend of snow cover is negative. During the second period the duration of snow cover is reduced by 12% compared to the first one.

In Goderdzi, the average snow season for the observation period began on November 8 and ended on May 10. The duration of the snow cover was 182 days throughout the observation period. The trend of snow cover is positive – the duration of snow cover has increased by 3% compared to the first period.

In Bakuriani, for the observation period the snow season started on average on November 26 and ended on March 28. The duration of the snow cover was 122 days throughout the observation period. The trend of snow cover is negative. During the second period the duration of snow cover is reduced by 8% compared to the first one.

The results show that the duration of the winter season in addition to climatic factors depends on physical and geographical factors such as the location of the tourist site and the altitude. Evaluations are of a benchmark nature, further studies are required.

In the future, climate change may significantly affect the length of the ski season. According to the climate scenario, average temperatures are expected to increase every month compared to the baseline 30-year period (2041–2070) compared to the baseline 30-year period (1971–2007) (Table 2). Precipitation throughout the whole territory of Georgia, with the exception of a few low-lying stations, has reduced precipitation. In the future, as temperatures rise and precipitation falls, snow cover will likely decrease.

Table 3. gives the statistical characteristics of the maximum snow cover depth in Bakuriani and Gudauri from 1956 to 2015. As shown in this table, the average depth of snow cover in Bakuriani is highest in February (61.3 cm) and minimum in June and September (0.1 cm). During the whole observation period, the maximum depth of snow cover was 130 cm in Bakuriani in March 1956. The average depth of snow cover in Gudauri is highest in March (115.1 cm), minimum in October (0.7 cm). The maximum depth of snow cover at 330 cm in Gudauri was recorded in February 2008.

Table 2. Average temperature change (°C) in individual months compared to baseline during the first forecast period.

Station	Month						Season			Year
	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	Apr.	Spring	Autumn	Winter	
Mestia	4.4	2.1	2.8	2.4	5.9	1.6	3.5	3.3	2.5	2.9
Gudauri	3.4	3.1	2.9	2.7	2.8	2.1	2.9	3.0	2.9	3.0
Goderdzi Med.	2.7	1.7	1.3	1.5	2.0	1.7	2.1	2.3	1.3	2.0
Bakuriani	2.8	2.6	1.8	2.1	2.3	1.7	2.2	2.7	1.9	2.1

Table 3. Statistical characteristics of maximum snow cover depth in Bakuriani and Gudauri 1956-2015.

Months	Mean		Min		Max	
	Bakuriani	Gudauri	Bakuriani	Gudauri	Bakuriani	Gudauri
Jan.	49.0	81.2	0	0	83	300
Feb.	61.3	99.8	0	0	112	330
Mar.	54.2	115.1	0	0	130	294
Apr.	23.9	91.9	0	0	109	260
May	2.3	37.6	0	0	23	312
June	0.1	0.0	0	0	3	0
July	0.0	0.0	0	0	0	0
Aug.t	0.0	0.0	0	0	0	0
Sep.	0.1	0.7	0	0	2	35
Oct.	4.9	6.8	0	0	28	50
Nov.	20.2	26.1	0	0	80	121
Dec.	35.2	55.8	0	0	70	244

Table 4 and Figure 1 provide the statistical characteristics of maximum snow cover depths in Bakuriani and Gudauri.

In Bakuriani, from 1956 to 1985, a noticeable change in the average mean depth of maximum snow cover was observed in January (decrease of 17%), in February (decrease of 19%) and in November (increase of 17%) in 1986-2015. The average maximum depth of snow cover in Gudauri increased in April (18%) and

Table 4. Change in mean depth of maximum snow cover between two periods

Months	Bakuriani		
	1956–1985	1986–2015	Change %
Jan.	54	45	-17
Feb.	70	57	-19
Mar.	55	56	2
Apr.	22	23	5
May	18	21	17
June	30	30	0

Gudauri		
1956–1985	1986–2015	Change %
81	82	1
98	101	3
110	116	5
83	98	18
20	26	30
58	61	5

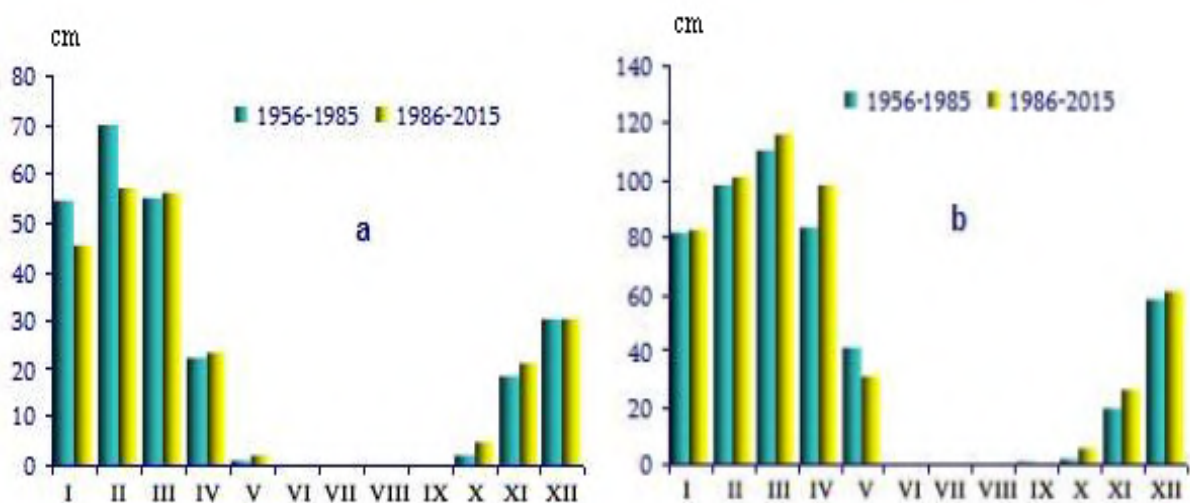


Fig. 1. Maximum snow cover depths in Bakuriani and Gudauri.

References

1. ქართველიშვილი ლ., ამირანაშვილი ა., ქურდაშვილი ლ., მეგრელიძე. ტურისტულ- რეკრეაციული რესურსების პოტენციალის შეფასება კლიმატის ცვლილების ფონზე. // თბილისი, 2019.
2. Mieczkowski Z. The Tourism Climate Index: A Method for Evaluating World Climates for Tourism. // *The Canadian Geographer* 29, 1985, pp. 220-233.
3. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Matzarakis A., Povolotskaya N.P., Senik I.A. Tourism Climate Index of in the Some Regions of Georgia And North Caucasus. // *Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, ISSN: 1512-1127, v. 20B, 2017, pp. 43–64.
4. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Matzarakis A., Megrelidze L.D. The Statistical Characteristics of Tourism Climate Index in Kakheti (Georgia). // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(2), Tbilisi, 2018, pp. 95-112.
5. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Megrelidze L.D. Changeability of the Meteorological Parameters Associated with Some Simple Thermal Indices and Tourism Climate Index in Adjara and Kakheti (Georgia). // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(2), Tbilisi, 2018, pp. 77-94.
6. Scott D., Ruttly M., Amelung B., Tang M. An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe. // *Atmosphere* 7, 80, 2016, doi:10.3390/atmos7060080www

ESTIMATION OF THE CRITICAL SIZE OF HAILSTONES IN CLOUDS NON PREJUDICED TO AGRICULTURE IN KAKHETI

Jamrishvili N., Tavidashvili Kh.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
jamrishvili@mail.ru*

Summary: *Using the Zimenkov-Ivanov model of hail melting in the atmosphere and modern data on the level of zero isotherm in Kakheti (Georgia), the critical size of hailstones in clouds that are not harmful to crops in the conditions of this region was estimated (almost complete melting of hailstones near the earth's surface at altitudes 250, 500, 750 and 1000 m). The calculations were performed for the average ten-day values of the heights of the zero isotherm from April to October. In particular, it was found that the critical size of hailstones in clouds, almost completely melting near the surface of the earth at an altitude of 1000 m and 250 m, respectively, varies from 0.73 to 0.92 cm for the first decade of April and from 1.43 to 1.60 cm for the second decade of August.*

Key Words: *Hail storm, zero isotherm, hailstones thawing, hail size.*

Introduction

Kakheti (region of Georgia) is one of the most hail-dangerous regions of the world [1,2]. In the last century, until 1989, anti-hail works were carried out here [3]. These works were restored in 2015 [4-6]. The anti-hail service is equipped with the modern “METEOR 735 CDP 10 – Doppler Weather Radar”, meteorological radar, with which it is possible to determine the size of the hail in the clouds [7]. Therefore, the problem arises of estimating the size of hail falling on the earth's surface, taking into account their size in the clouds. These estimates are important not only for assessing the effectiveness of the anti-hail service, but also for optimizing the system of warning the public about dangerous weather events (it was possible to warn in advance in what place and at what size the hail would fall). Another important aspect of this task is modeling the danger from the hail of territories taking into account the size of the hail in the clouds, the level of freezing and the height of the terrain.

Such estimates were first made in [8], in which the Zimenkov – Ivanov model on hail melting in the atmosphere [9, 10] and modern data on the level of zero isotherm in Kakheti [11] were used. Data were obtained on the diameter of hail falling on the earth's surface from April to October for all ten-day periods of the indicated months. With the initial size of the hail from 1.0 to 5.0 cm and the height of the earth's surface from 300 to 700, the final size of the hail varies from 0 to 4.88 cm.

This work is a continuation of the previous study. Results of calculations of the critical size of the hail in the clouds, which do not harm agriculture in the conditions of Kakheti are presented below.

Material and methods

The Zimenkov – Ivanov model about the hailstones thawing in the atmosphere [9,10] and the contemporary data about the freezing level in Kakheti during calculations of diameter of falling out to the earth's surface of hailstones in the condition of this region were used (Fig. 1). Calculations for the heights of area relief 250, 500, 750 and 1000 m are carried out.

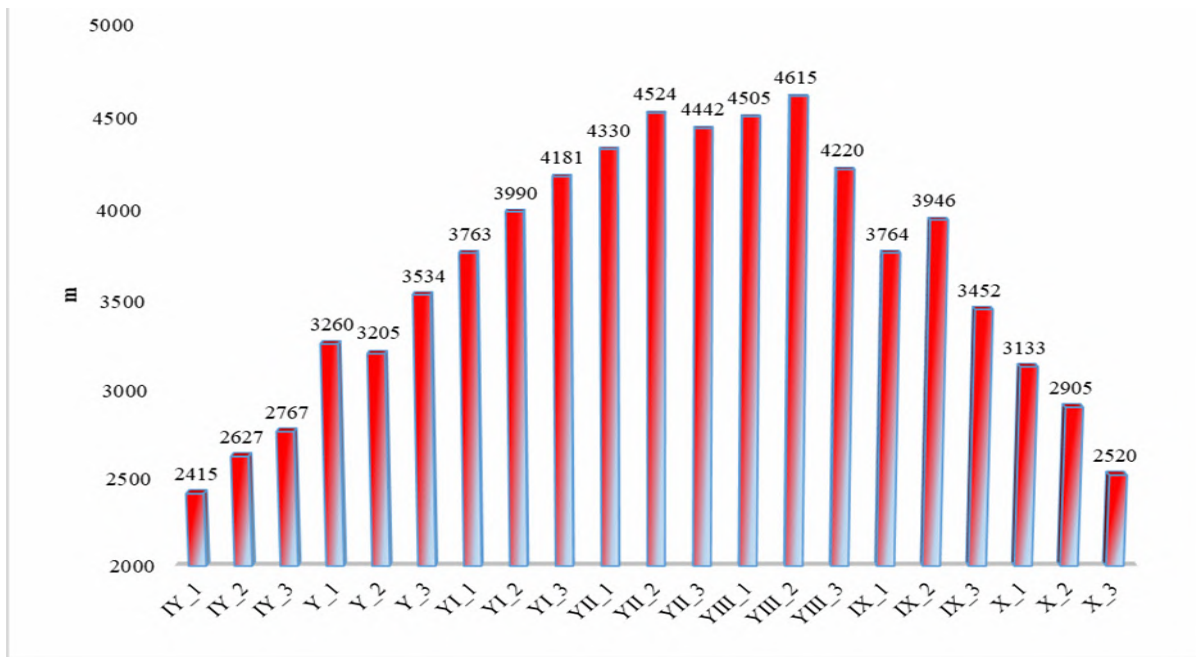


Fig. 1. Ten-Day Period Distribution of Freezing Level over Kakheti from April to October [11].

The following designations will be used below:

H – heights of area relief, meter; D_{o_Cr} – critical hail diameter in cloud, cm; Min – minimal values; Max – maximal values; St Dev – standard deviation; $Cv = 100 \cdot St\ Dev / Average$ – coefficient of variation, %; σ_m – standard error; 99%(+/-) – 99% confidence interval of mean.

According to the TORRO Hailstorm Intensity Scale (<http://www.torro.org.uk/hscale.php>) hailstones with the following diameters lead to the subsequent consequences: ≤ 0.5 cm – no damage; $0.5 \div 1.5$ cm – slight general damage to plants, crops; $1.0 \div 2.0$ cm – significant damage to fruit, crops, vegetation; $2.0 \div 3.0$ cm – severe damage to fruit and crops, damage to glass and plastic structures, paint and wood scored; $2.5 \div 4.0$ cm – widespread glass damage, vehicle bodywork damage; $3.0 \div 5.0$ cm – wholesale destruction of glass, damage to tiled roofs, significant risk of injuries; $4.0 \div 6.0$ cm – bodywork of grounded aircraft dented, brick walls pitted, etc.

In our calculations, the critical size of hailstones in the clouds corresponded to the hailstone diameter at the earth surface ≤ 0.1 cm (small graupel or complete melting).

Results and discussion

The results of calculations in the Table and in Fig. 2 are presented.

As follows from Table, on the whole the critical diameter of hailstones in clouds non prejudiced to agriculture at the ground level with height 250 m varied from 0.92 to 1.6 cm, and 1000 m – from 0.73 to 1.43 cm. Mean values of D_{o_Cr} varied from 1.11 cm (for H=1000 m) to 1.29 cm (for H=250 m).

Table

Statistical Characteristics of Critical Size of Hailstones in Clouds non Prejudiced to Agriculture on the Various Elevations in Kakheti in Different Ten-Day Period from April to October

Elevation, (H)	250 m	500 m	750 m	1000 m
Min	0.92	0.85	0.79	0.73
Max	1.60	1.54	1.49	1.43
Mean	1.29	1.23	1.17	1.11
St Dev	0.22	0.22	0.22	0.23
Cv,%	17.1	18.0	19.1	20.4
σ_m	0.05	0.05	0.05	0.05
99%(+/-)	0.13	0.13	0.13	0.13

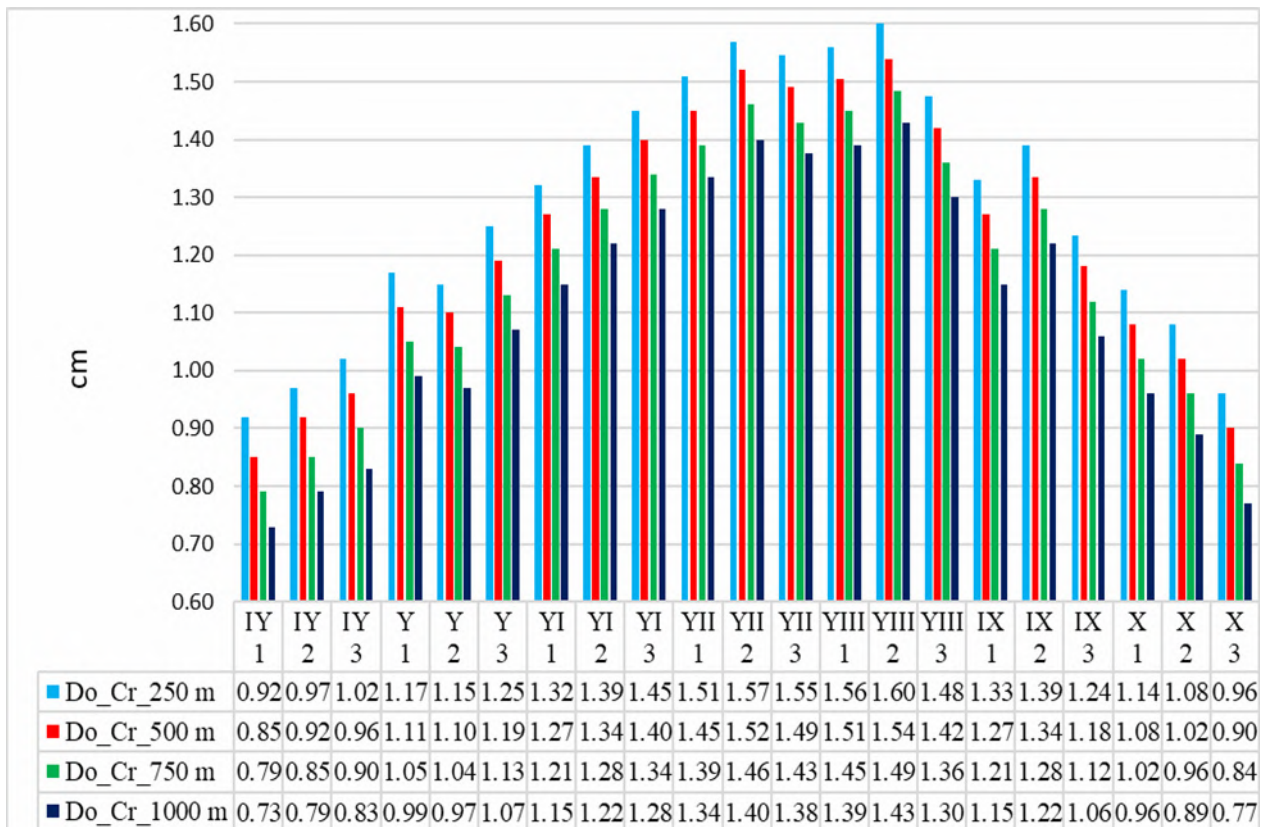


Fig. 2. The Critical Size of Hailstones in Clouds Non Prejudiced to Agriculture on the Various Elevations in Kakheti in Different Ten-Day Period from April to O

Fig. 2 provided detailed information on the Do_Cr values for various ten-day period from April to October. In particular, these data can be used to compile detailed hail hazard maps on the territory of Kakheti for different seasons.

Conclusion

Over the long term is planned performing analogous work, also, for other regions of Georgia.

Acknowledgement

The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2015, vol. 65, pp. 77 – 100, (in Russian).
2. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Jamrishvili N.K., Khurodze T.V., Pipia M.G., Tavidashvili Kh.Z. Comparative Analysis of the Distribution of Number of Days with Hail Per Annum on the Territory of Kakheti According to the Data of the Meteorological Stations and State Insurance Service of Georgia. //Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, 2017, vol.20A, pp. 44 – 56.
3. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. // In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
4. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.

5. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Teliya Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2016, vol. 66, pp. 14 – 27, (in Russian).
6. Amiranashvili A.G., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Kaishauri M.N., Sauri I.P., Chargazia Kh.Z., Chikhladze V.A. Obnovlennaya Sluzhba Bor'by s Gradom v Kakhetii i perspektivy razvitiya rabot po modifikatsii pogody v Gruzii. //Doklady Vserossiyskoy konferentsii po fizike oblakov i aktivnym vozdeystviyam na gidrometeorologicheskiye protsessy, 23-27 oktyabrya 2017 g., chast' 2, FGBU «Vysokogornyy Geofizicheskiy Institut», Nal'chik, ISBN 978-5-00109-257-5 ch.2; ISBN 978-5-00109-258-2, 2017, s. 135-162, (in Russian), http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/6498/1/Амиранашвили...Конф_ВГИ_2017_Часть_2_с._155-162.pdf
7. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. Rainbow®5 User Guide, 2015, 464 p., www.gematronik.com
8. Jamrlishvili N. K., Tavidashvili Kh. Z. Estimation of the Diameter of Fallen to the Earth's Surface Hail Stones Taking Into Account Their Size in the Cloud and the Heights of Zero Isotherm Under the Conditions of Kakheti Region of Georgia. Int. Sc. Conf. „Modern Problems of Ecology“ Proc., ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018, pp. 130-133.
9. Sulakvelidze G.K. Livnevyye osadki i grad. //L., Gidrometeoizdat, 1967, 412 s., (in Russian).
10. Zimenkov V.A., Ivanov V.V. Raschet tayaniya gradin v estestvennykh protsessakh. //Tr. VGI, 1966, vyp. 3(5).
11. Jamrlishvili N. Monthly and Ten-Day Average Values of Freezing Level in the Atmosphere Above Kakheti Territory (Georgia) from April to October. // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Iss. A, Physics of Solid Earth, Tb., 2017, vol. 20A, pp. 57-64.

**მძიმე ლითონების კონცენტრაციების ცვალებადობა
აღმოსავლეთ საქართველოს ზედაპირულ წყლებსა და
ნიადაგებში ანთროპოგენული გავლენის გათვალისწინებით**

***შავლიაშვილი ლ *, ინკირველი ლ., **ბაქრაძე ე., *კუჭავა გ., *ბუაჩიძე ნ., *მდივანი ს.**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

** *გარემოს ეროვნული სააგენტო*, თბილისი, საქართველო
shavliashvililali@yahoo.com

ანოტაცია: შესწავლილია აღმოსავლეთ საქართველოს ზედაპირულ წყლებსა და ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობის ცვალებადობა გარემოზე ანთროპოგენული დატვირთვის გათვალისწინებით 2017-2019 წწ. ყურადღება გამახვილებულია ისეთ ლითონებზე, როგორცაა სპილენძი, ტყვია და ვერცხლი. ნაჩვენებია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგებში მძიმე ლითონებიდან პრიორიტეტული დამაბინძურებელი ელემენტია სპილენძი, შემდეგ ტყვია, ხოლო ვერცხლის კონცენტრაციები უმნიშვნელოა. რაც შეეხება მძიმე ლითონების შემცველობას წყალსაცავების წყლებში, ისინი ნორმის ფარგლებშია და დაბინძურებას ადგილი არ აქვს.

საკვანძო სიტყვები: მძიმე ლითონები, დაბინძურება, ნიადაგი, ზედაპირული წყლები.

კახეთი სოფლის მეურნეობის ძირითად რეგიონია, სადაც ინტენსიურად გამოიყენება მიწნერალური სასუქები და შხამქიმიკატები. ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნებისათვის საკვები ელემენტების ანაზღაურება ხდება სხვადასხვა სასუქების შეტანით, მათთან ერთად ნიადაგში მრავალი ტოქსიკური ნივთიერებაც შეიტანება. ასე მაგალითად, ფოსფორიანი სასუქების სისტემატურად მაღალი ნორმებით გამოყენებისას ისინი ანაგვიანებენ ნიადაგს მძიმე მეტალებით-ტყვიით, კადმიუმით, დარიშხანით, ვერცხლისწყლით, სპილენძით, ქრომით, თუთიით, აგრეთვე რადიოაქტიური ელემენტებით სტრონციუმით, ურანით, რადიუმით და თორიუმით. კალიუმისანი სასუქების უმრავლესობა ინვესს გარემოს დაბინძურებას ქლორით, ნატრიუმით და მნიშვნელოვანი რაოდენობით დარიშხანით და მძიმე მეტალებით ტყვიით, თუთიით, ქრომით და ვერცხლისწყლით, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის ადამიანისა და ცხოველთა ჯანმრთელობას [1].

გამოყენებული სასუქების 50 და პესტიციდების 90% იფანტება გარემოში და ინვესს ეკოსისტემების დაბინძურებას [2]. ამავე დროს, მრავალი პესტიციდის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტი სპილენძია, რომელიც ხვდება ჰაერში, წყალში, საკვებ პროდუქტებში და ადამიანის ორგანიზმში.

ტყვიის გაზრდილი კონცენტრაციები, გარდა ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირებისა, შესაძლებელია გამოწვეული იყოს რეგიონის ეკოსისტემებში ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების გავლენით (რეაგენტი – PbI_2), რომელიც ინტენსიურად გამოიყენებოდა კახეთის რეგიონში გასული საუკუნის 60-90-იან წლებში. 1990 წლის შემდეგ აღნიშნული სამუშაოები შეწყდა. 2015 წლიდან კახეთში განახლდა სეტყვის სანინალმდეგო სამუშაოები, სადაც რეაგენტად ტყვიის იოდინი (PbI_2) აღარ გამოიყენება, ამჟამად ამ სამუშაოებში გამოიყენება

ვერცხლის იოდინი (AgI) [3]. ამიტომ ჩვენს მიერ დაგეგმილია სხვადასხვა ეკოსისტემაში სხვა ელემენტებთან ერთად, ვერცხლის კონცენტრაციების განსაზღვრა.

ვერცხლის ჭარბი შემცველობა, ისე როგორც სპილენძი და ტყვია, მავნეა როგორც გარემოს ობიექტებისათვის, ისე ადამიანის ორგანიზმისათვის.

ნორმირებული ნივთიერებების გავლენით იცვლება ნიადაგის ბუნება, მისი ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, დეგრადირდება მიკროფლორა და ნელდება მცენარის განვითარება. ცოცხალ ორგანიზმებში აკუმულირების შემდეგ ისინი ხვდებიან ნივთიერებათა ცვლის ბიოქიმიურ ჯაჭვში.

მავნე ნივთიერებებით ნიადაგის დაბინძურების ხარისხის დასადგენად ნორმირებული ელემენტების შემცველობას ადარებენ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას, კლარკს ან ფონურ მნიშვნელობებს. ამავე დროს, გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ ფიტოტოქსიკური ზემოქმედება ნორმირებული ხსნადი (მოძრავი) ფორმებით არის განპირობებული. ნიადაგი მცირედ დაბინძურებულად ითვლება, თუ ნორმირებული ელემენტების თანაფარდობა კლარკთან ნაკლებია 10-ზე; ძლიერ დაბინძურებულად, თუ ეს სიდიდე აღემატება 30-ს [2]. ჩვენს მიერ კვლევის ობიექტად არჩეულია კახეთი, საქართველოში სოფლის მეურნეობის ძირითადი რეგიონი, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები და სადაც 5 წელია განახლდა სეტყვის ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების სამუშაოები. სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მონაცემების მიხედვით ეს არის წარმატებული პროექტი და ის გაგრძელდება მრავალი წლის განმავლობაში. ამიტომ ნიადაგის ნიმუშებსა და წყლის სინჯებში ჩვენს მიერ განსაზღვრული ვერცხლის კონცენტრაციები შეიძლება მივიჩნიოთ ფონურ მნიშვნელობებად, რაც მეტად მეტად მნიშვნელოვანია შემდგომი კვლევებისათვის.

ამ ფაქტიდან გამომდინარე მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ კახეთის რეგიონში ჩაგვეტარებინა ზედაპირული წყლებისა და გრუნტის წყლების, აგრეთვე ნიადაგების ქიმიური ანალიზი, მათში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციების განსაზღვრის მიზნით. განსაკუთრებულ ყურადღებას კი ვაქცევდით ამ ეკოსისტემებში მძიმე ლითონების (სპილენძი, ტყვია, ვერცხლი) შემცველობას.

ჩვენს მიერ მიმდინარეობს კახეთის რეგიონის ნიადაგების და ზედაპირული წყლების შესწავლა წელიწადში ორჯერ: სილნალისა და გურჯაანის მუნიციპალიტეტებში მონიტორინგის ჩატარებით ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების და არაზემოქმედების პერიოდებში 2017-2019 წლებში. ზედაპირული წყლებიდან სინჯების აღების ადგილები შერჩეულია სილნალის მუნიციპალიტეტის სოფ. ძველი ანაგის ტერიტორიის მდელის დამლაშებულ ნიადაგებზე, ხოლო გურჯაანის მუნიციპალიტეტში სოფ. ახაშნის – მდელის ყავისფერ ნიადაგებზე.

სილნალის მუნიციპალიტეტში – სოფ. ძველი ანაგის ტერიტორიაზე შევარჩიეთ ხელოვნური წყალსაცავების (ძველი და ახალი, სადაც ხდება სხვადასხვა ჯიშის თევზების მოშენება-კარპი, ბრტყელშუბლა, ალაზნის ლოქო და სხვა), სასოფლო-სამეურნეო ჩამონადენის და გრუნტის წყლის სინჯების აღების ადგილები. სინჯების აღება მოხდა შემდეგი წერტილებიდან: ახალი წყალსაცავი, ძველი წყალსაცავი, სასოფლო-სამეურნეო ჩამონადენი, ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის წყალი და გრუნტის წყალი. ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის წყალი ზამთრის თვეებში იკეტება, ამიტომ სინჯის აღება ვერ მოხერხდა. ძველი და ახალი წყალსაცავები ივსება ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის წყლით, რომელიც მარაგდება მდ. ალაზნის წყლით.

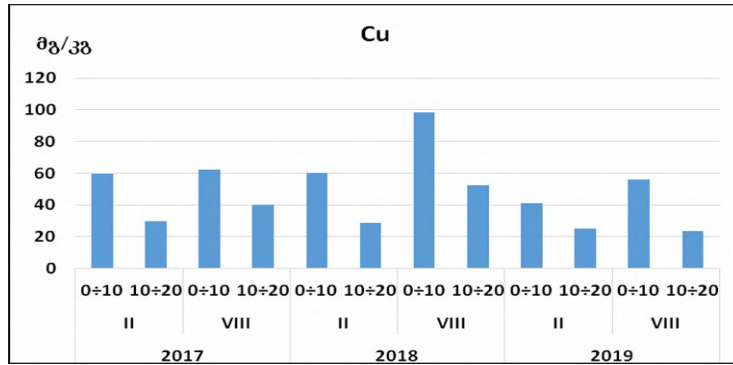
შერჩეული წყალსაცავების გარშემო 20 მ-ის დაცილებით სხვადასხვა ადგილებიდან მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება 0-10, 10-20 სმ სიღრმეზე.

ანალოგიური სამუშაოები ჩატარდა გურჯაანის მუნიციპალიტეტში. შერჩეულ იქნა ხელოვნური წყალსაცავი, სოფ. ახაშნის ტერიტორიაზე, სადაც ხდება კალმახის მოშენება. წყალსაცავი ივსება ალექსანდრეს წყაროს წყლით. წყალსაცავიდან 20 მ-ს დაცილებით მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება იგივე სიღრმეებზე.

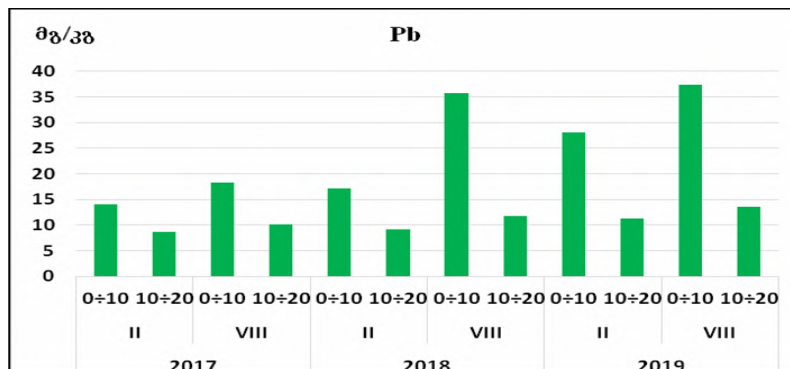
აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში და ზედაპირული წყლების წყლის სინჯებში განისაზღვრა მძიმე ლითონები (Cu,Pb,Ag) თანამედროვე ISO (METHOD 3051A, 2007) მეთოდით პლაზმურ-ემისიური სპექტროფოტომეტრის ICP-OES საშუალებით.

როგორც კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, მძიმე ლითონების შემცველობა ზედაპირულ წყლებში ნორმის ფარგლებშია და დაბინძურებას ადგილი არ აქვს.

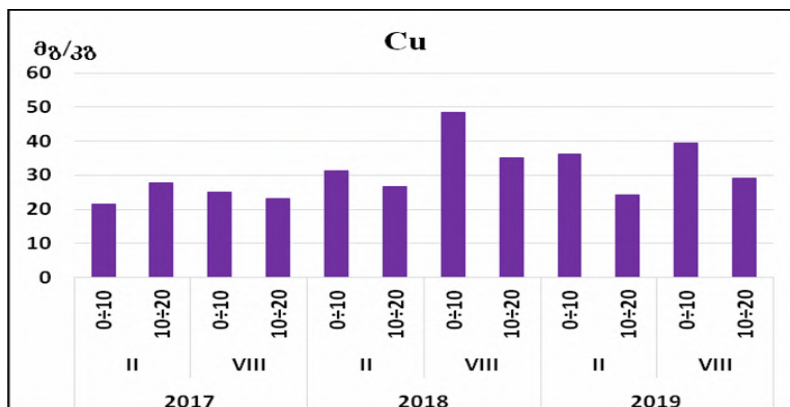
ნახ. 1-4-ზე მოცემულია სპილენძის და ტყვიის კონცენტრაციების მნიშვნელობები სოფ. ძველი ანაგის და ახაშნის ნიადაგებში.



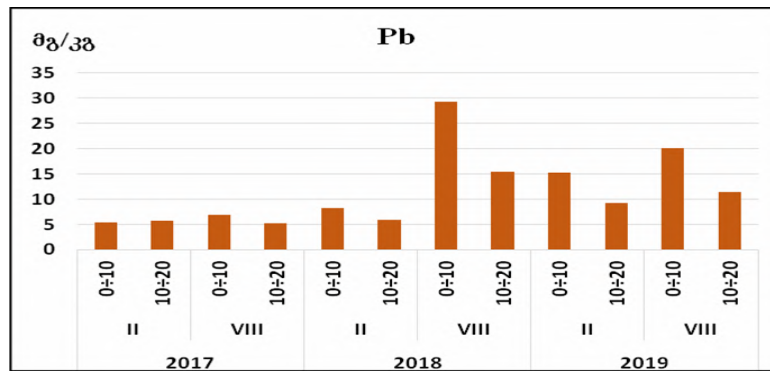
ნახ.1. სპილენძის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა სილნალის რაიონის სოფ. ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგებში თებერვალი, აგვისტო, 2017- 2019.



ნახ.2. ტყვიის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა სილნალის რაიონის სოფ. ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგებში თებერვალი, აგვისტო, 2017- 2019.



ნახ.3. სპილენძის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა გურჯაანის რაიონის სოფ. ახაშნის ხელოვნური წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებში თებერვალი, აგვისტო, 2017- 2019.



ნახ. 4. ტყვიის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა გურჯაანის რაიონის სოფ. ახაშენის ხელოვნური წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებში თებერვალი, აგვისტო, 2017- 2019.

როგორც მონაცემებიდან ჩანს, ძველი ანაგის ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა ზედა 0-10 სმ ნიადაგის ფენაში გაცილებით მაღალია ქვედა-10-20 სმ ფენასთან შედარებით. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 100,00 მგ/კგ-ს 0-10 სმ ფენაში 2018 წ-ის აგვისტოს თვეში, რაც 2-ჯერ აღემატება კლარკში და 5-ჯერ ნიადაგში მის საშუალო შემცველობას. სოფ. ახაშენის ნიადაგებში სპილენძის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 49,0 მგ/კგ, ე.ი. 2,5-ჯერ აღემატება მის საშუალო მნიშვნელობას ნიადაგში. სოფ. ძველი ანაგის ნიადაგში ტყვიის შემცველობის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 37,00 მგ/კგ-ს, რაც 2,3-ჯერ აღემატება კლარკში და 3,7-ჯერ ნიადაგში მის საშუალო შემცველობას. სოფ. ახაშენის ნიადაგებში ტყვიის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 29,0 მგ/კგ, ე.ი. 1,8 -ჯერ აღემატება კლარკის და 2,9-ჯერ მის საშუალო მნიშვნელობას ნიადაგში.

ამრიგად, საკვლევი ნიადაგების ძლიერი დაბინძურება აღნიშნული ელემენტებით (Cu, Pb) არ ხდება და ითვლება მცირედ დაბინძურებულად. ვერცხლის შემცველობა დაბალია ორივე ტიპის ნიადაგში და მერყეობს მეთაედი და მეთასედი მგ/კგ-ის ფარგლებში.

ლიტერატურა

1. თხელიძე ა., ლიპარტელიანი რ., მუმლაძე ნ., ხომასურიძე ხ., დანელია გ. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა//თბილისი, აგრარული უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2009, 186 გვ.
2. სუპატაშვილი გ. გარემოს ქიმია (ეკოქიმია) // თბილისი, ივ.ჯავახიშვილის სახ. თსუ გამომცემლობა, 2009, 187 გვ.
3. ამირანაშვილი ა., ვარაზაშვილი ო., ფიფია მ., წერეთელი ნ., ელიზბარაშვილი მ., ელიზბარაშვილი ე. ზოგიერთი მონაცემები სეტყვიანობაზე აღმოსავლეთ საქართველოში და მისგან მიყენებულ ეკონომიკურ ზარალზე // ივ.ჯავახიშვილის სახ. თსუ, მნოდინას გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები, თბილისი, 2014, გვ. 145-150.

CHANGE OF HEAVY METAL CONCENTRATION IN SURFACE WATERS AND SOILS OF EAST GEORGIA CONSIDERING THE ANTHROPOGENIC IMPACT

Shavliashvili L., Intskirveli L., Bakradze E., Kuchava G., Buachidze N., Mdivani S.

Summary: The concentrations of heavy metals (copper, lead and silver) in the surface waters and soils of eastern Georgia were studied taking into account anthropogenic impact for the period 2017-2019. It is shown, that the priority soil contaminant in eastern Georgia is copper, followed by lead, and silver concentrations are not significant. As for the content of heavy metals in the waters of water bodies, it is within the normal range and does not cause pollution.

Key words: heavy metals, pollution, soil, surface water.

NUMERICAL MODELING OF THE ANTHROPOGENIC DUST TRANSFER BY MEANS OF QUASISTATIC AND NON-QUASISTATIC MODELS

^{*,**}Surmava A., ^{**}Gigauri N., ^{*}Kukhalashvili V., ^{**}Intskirveli L., ^{**}Mdivani S.

^{*}M. Nodia Institute of Geophysics, I. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

^{**}Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

intskirvelebi2@yahoo.com

Summary: Kinematics of the anthropogenic dust propagation emitted into the atmosphere by big cities and separate sources using numerical integration of the system of three-dimensional non-linear quasistatic and non-static equations of atmosphere hydrothermodynamics and equation of dust transfer-diffusion in the atmosphere are studied. It is obtained through modeling that kinematics of a dust propagation obtained by quazistatic and non-static equations have both common and different features. In case of beta- mesoscale diffusion, which is described by means of quazistatic equations, advective diffusion plays the key role in the dust transfer process of. In case of gamma- mesoscale diffusion, which is described by means of non-static equations, the major role in the process of dust transfer, is played by convective diffusion.

Key words: Dust, Tbilisi atmosphere pollution, numerical modelling.

Introduction

Modeling of atmospheric air anthropogenic polluton in big towns and industrial centers, study of peculiarities of its spatial and time distribution is one of the topical problems related to human health and environment protection. Polluting sources are numerous, and their origination sources (www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources), transformation kinematics and propagation dynamics [1] are diverse. Respectively, the mathematical models describing wide range of the problem from local one to global-scale processes are multifarious. One of the research directions is a propagation of polluting ingredients from separate sources at the territories of local scale and beta-mesoscale areas. Mathematical systems describing local propagation of ingredients use semi-empirical methods, stationary or non-stationary Gaussian models or rest on numerical integration of Navier-Stocks's nonstationary nonlinear non-static equations on the high-definition numerical grid.

Empirical system of atmosphere pollution assessment became widely used in Georgia and post-Soviet countries [2]. It is used for assessment of environment pollution extreme level, maximum permissible exhausts and common pattern of contamination and doesn't reflect the local features of pollutions caused by separate sources.

The goal of the presented work is to investigate a process of dust diffusion by the non-static (on a grid with very high-definition 10-20m ability) and quasi-static (on a grid with high-definition 800m ability) equations of the atmosphere hydrothermodynamics and equation of transfer-diffusion of substances.

Research methods and ways of solution

Experiment 1. Tbilisi dust propagation in the atmosphere is simulated by means of regional model of meteorological fields evolution and polluting substances propagation. Pollution source is presented by dust available in Tbilisi, and major source of its origination is motor transport operation. Maximum value of dust content in the atmosphere sometimes 2 or more times exceeds the corresponding maximum

permissible concentration ($MPC = 0,5 \text{ mg/m}^3$) (nea.gov.ge/ge/service/garemos-dabindzureba/7/biulete). Modeling is conducted at the territory of 94x72 sq.km area, in the centre of which Tbilisi is located. Taking into account geometrical dimensions of the territory, a complete system of equations of atmosphere thermodynamics in quasistatic approximation is used. Horizontal step is 800, and vertical step is 300 m. Meteorological conditions are in compliance with a light eastern wind, when background wind velocity is changed from 1 (at 2 m height) to 15 m/sec (during tropopause).

In Fig. 1 there are shown dust concentration and wind velocity fields against the background of Tbilisi region terrain at 2 and 100 m height from ground surface, when $t = 0 \text{ h}$. Concentration value is given in units of maximum MPC.

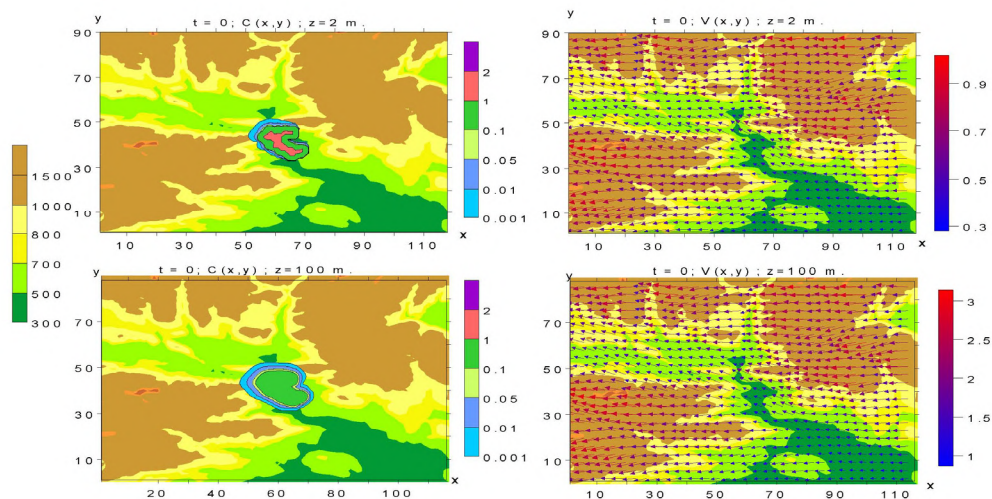


Fig. 1. Distribution of region terrain height, dust concentration isolines and wind velocity vector at 2 and 100 m heights from the Earth surface, when $t = 0 \text{ h}$.

As is seen from Fig. 1, at 2 m height maximum dust concentration 1-2 MPC is obtained in urbanistic part of the city. Dust concentration around this part rapidly decreases and in the eastern, western and southern parts within 2-3 km band drops down to 0,001 MPC. In the north-west part of the city under the influence of weak south-east air flow formed along the Mtkvari River valley dust pollution propagation takes place approximately in 1-2 km band. In this part concentration is getting smaller from 0,1 MPC to 0,001 MPC. The similar distribution of concentration is obtained at 100 m height from earth surface. This difference is quantitative. Dust concentration above the urbanistic part of the city varies within 0,1-1 MPC.

It is obtained by modeling, that local wind velocity and at the same time dust advective transfer increases by $t = 12 \text{ h}$ both in surface layer of atmosphere and in the boundary layer of atmosphere. Dust is preferentially distributed in north-west direction throughout Kartli plain located along Mtkvari River. Dust pollution cloud is of ellipsoid-shaped form. At 2 m height Tbilisi dust is distributed approximately over 10 km distance, at 100 m height – 12-14 km and more than 30 km distance – at 600 m height. Obtained dust concentration distribution shows that in the surface layer of the atmosphere the vertical turbulent dust diffusion prevails, while above 100 m height horizontal advective dust transfer increases along with increase of altitude.

Local circulation in the boundary layer caused by daily thermal regime predetermines change in wind velocity vertical distribution. Convective ascension of warm air masses originated in the vicinity of Tbilisi takes place in evening and night hours. It is substituted by the air cooled in night hours at surrounding mountain slopes. Formed mountain-plain circulation, along with the terrain form existing in the vicinity of Tbilisi, originates north-west wind in the lower 200 m atmospheric layer. As a result of described thermodynamic process the dust propagation direction is changed and in the 200 m thick surface area it is transferred in south-east direction throughout plain territory located along Mtkvari River valley (Fig. 3). At higher altitudes the terrain impact on local circulation gradually reduces and in 600-150 m high layer a dust is transferred westward in the form of narrow 16 km width band.

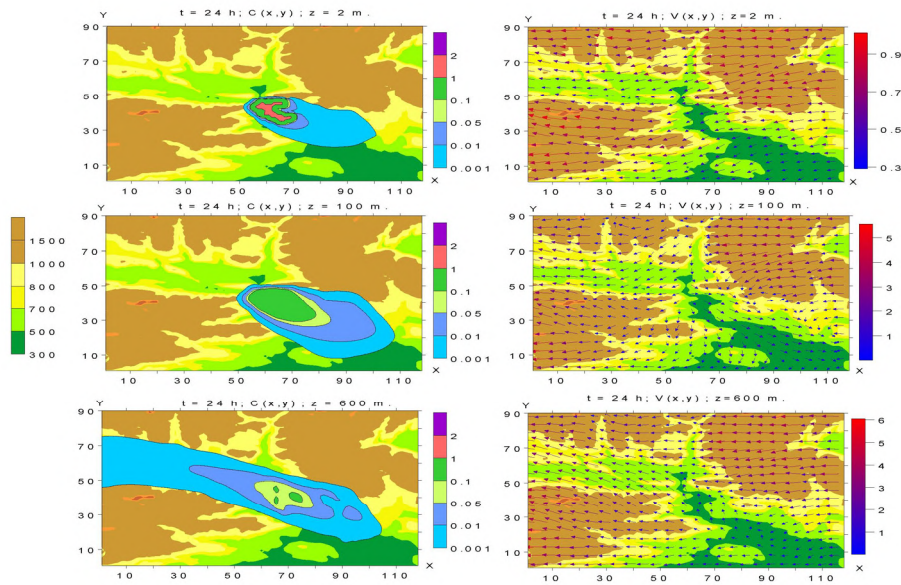


Fig. 2. Distribution of region terrain height, dust concentration isolines and wind velocity vector at 2, 100 and 600 m height from the Earth surface, when $t = 24\text{ h}$

For the next 24 hours dust diffusion process is repeated on a quasiperiodic basic, during which dust transfer direction in the surface layers of the atmosphere is changed from south-east to north-west one. Dust transfer in the upper part of the surface layer occurs in the direction of background wind – i.e. westward.

Experiment 2. The process of local diffusion (gamma-mesoscale diffusion process) of dust emitted into the atmosphere from two basic sources located at 22 and 42m heights is investigated. For numerical modeling the system of non-static full equations of atmospheric hydrothermodynamics is used [3]. The domain of modeling is $800\text{m} \times 800\text{m}$. In the center of domain two sources of pollution are located at 22 and 402m heights.

Spatial distribution of dust concentration obtained through calculations during background calm air, when thermal convection is the main mechanism of dust propagation is shown in Fig. 3 and 4. It is seen from this figure that after emission from gas-cleaning systems a dust is propagated in the atmosphere in the form of two vertical cylindrical streams independent from each other.

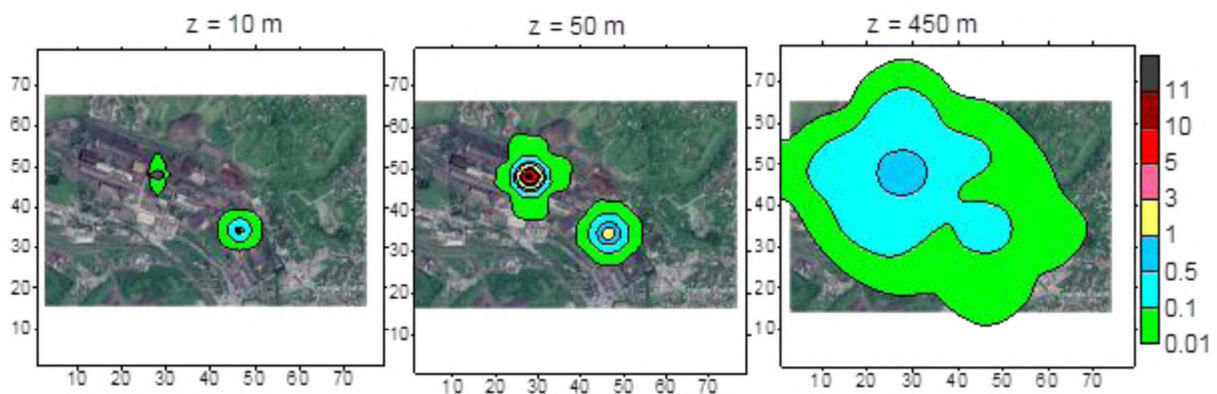


Fig. 3. Dust concentration isolines in the atmosphere during calm air at 10, 50 and 450 m altitudes

The basic dust mass (with concentration $> 0.1\text{MPC}$) is distributed in the narrow area, which is getting wider and unites (gets together) approx. at 200-350 m height. Cylindrical column spread angle varies within the limits of $5\text{-}45^\circ$. At the higher levels a dust pollution cloud is of “mushroom”-like shape that is caused by origination of vertical vortex in the process of convection.

Concentration $> 3\text{ MPC}$ is obtained directly above the emission site in a 100-meter column. Concentration value $0.01\text{-}0.1\text{ MPC}$ is obtained at the significant territory of modeling area, at 10, 50m heights

from the Earth surface and higher. We got low dust concentration 0.5-0.01 MPC close to the Earth surface, within 10 meters, around the waste treatment facilities of the source. 1. In the vicinity of relatively higher waste treatment facilities of the source No. 2 dust concentration 0.1-0.01 MPC is obtained at substantially smaller area.

Spatial pattern of concentrations obtained through calculations is formed by velocity distribution peculiar for thermal convection (Fig.4).

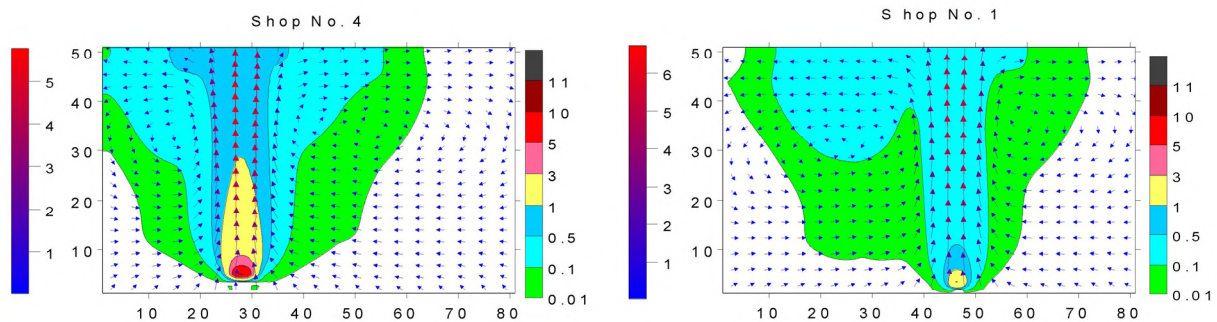


Fig. 4. Dust concentration isolines and wind velocity vector projections in XOZ planes passing through treatment facilities

It is seen from the figures that the emitted warm gas and dust mass cause development of thermal convection. Formation of a powerful vertical stream is peculiar for them. Clearly defined convergent zone is formed in the 350m thick stream layer, and intensification of vertical motion and dust transfer to the upper layer take place. Above 350m air convergent stream gradually turns into divergent one, vertical velocity is getting smaller, wind is increased in horizontal direction and dust horizontal diffusion process is getting more intense. In the middle part of the modeling horizontal and vertical vortexes of wind velocity are formed, the unity of which creates a complex pattern of spatial annular stream. The maximum value of wind velocity 6 m/s is obtained in the convective vertical stream.

Motion kinematics shows that dust propagation in the central part of the modeling area occurs resulting from convective, advective, vortex processes and turbulent diffusion. The contribution of convective transfer and vertical turbulent diffusion in the vertical plane is roughly the same. In the horizontal plane a vortex turbulent diffusion prevails compared to an advective transfer.

Gas emitted from waste treatment facilities changes atmosphere temperature in the vertical cylindrical area located near to the source (Fig. 4). Temperature change is minimal close to the earth and maximal in the vicinity of aeration lanterns. Warm air column penetrates through the space up to its upper limit. At the 450m height the maximum value of ambient temperature perturbation reaches 5°C.

Acknowledgment. The work is performed with funding from grant project №FR-3667-18 of Shota Rustaveli National Science Foundation.

References

1. Aloyan A. E. Modeling of dynamics and kinetics of gaseous admixtures and aerosols in the atmosphere. // Nauka, Moscow, 2008, (in Russian).
2. Methods of Calculating Pollutant Concentrations in Atmospheric Air as Present in Factory Discharges. // OND-86. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1987, (in Russian).
3. Gigauri N., Surmava A., Gverdsiteli L., Intskirveli L. Simulation of Dust Convective Transfer of Zestafoni Ferroalloy Plant. // Journal of Annals of Agrarian Science, Tbilisi, 2019 (in print).

ხმაურით დაბინძურების დონე ქალაქ თელავში

დავითაშვილი მ. დ., მარგალიტაშვილი დ. ა., ნადირაძე თ. გ., აზიკური გ. შ.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი, საქართველო

ანოტაცია: ხმაური სხვადასხვა სიხშირის და დონის ბგერების ერთიანობაა, რომელიც ხელს უშლის სასარგებლო ბგერითი სიგნალის აღქმას და იწვევს ადამიანის ორგანიზმზე არასასურველ, გამალიზიანებელ მოქმედებას. ნაშრომში გამოკვლეულია ქალაქ თელავში ზაფხულისა და ზამთრის სეზონზე დროის ერთსა და იმავე საათებში ფონური ხმაურის დონეები, რის საფუძველზეც დადგინდა, რომ ქალაქ თელავში ფონური ხმაურის დონე არ აჭარბებს ნორმით დასაშვებ მაჩვენებელს. აქედან გამომდინარე, თელავი შეიძლება ჩაითვალოს საქართველოს ერთ-ერთ წყნარ და ტურისტებისათვის მიმზიდველ ქალაქად.

საკვანძო სიტყვები: ხმაური, კალიბრატორი, სელიტებური.

შესავალი. ხმაური არის სხვადასხვა სიხშირისა და ინტენსიურობის ბგერების უნესრიგო ერთობლიობა, რომელიც არასასურველ მოქმედებას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. ინტენსიური ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედების შედეგად ორგანიზმში ვითარდება როგორც სპეციფიკური, ისე ზოგადი ხასიათის ცვლილებები [1, 3].

ხმაური პირველ რიგში მოქმედებს თავის ტვინის სტრუქტურაზე. ხმაურის მოქმედების შედეგად ცვლილებები ყველაზე ადრე ვლინდება ნერვულ სისტემაში: აღინიშნება თავის ტკივილი, პერიოდული ხასიათის თავბრუ, მეხსიერების დაქვეითება, მომატებული მოქანცვა, ემოციური არამგრადობა, ძილის რეჟიმის დარღვევა, ტკივილი გულ-მკერდის არეში და სხვა. ვითარდება რეფლექსური და ვეგეტატიური სფეროების ფუნქციური ძვრები. ხმაურის მოქმედების შედეგად ცვლილებები გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში ძირითადად კარდიალური და ჰიპერტენზიული ტიპის ნეიროციკულარული დისტონიის სინდრომის სახით ვლინდება [2, 8].

დასახლებული პუნქტის სელიტებურ ზონასა და საცხოვრებელ სათავსოებში ხმაურის დასაშვებ დონედ ითვლება ხმაურის ისეთი სიდიდე, რომელიც არ იწვევს ადამიანზე პირდაპირ ან ირიბ უარყოფით მოქმედებას, არ აქვეითებს მის მუშაობის უნარს, არ მოქმედებს უარყოფითად მის თვითგრძნობასა და განწყობაზე, არ იწვევს ხმაურის მიმართ მგრძნობიარე სისტემის ფუნქციური სისტემის არსებით ცვლილებას [3, 5, 9].

ადამიანებისთვის 40-45 დეციბელი მოცულობის ხმაური დღის განმავლობაში სავსებით ასატანია, ღამე კი ეს მაჩვენებელი 35 დეციბელამდე მცირდება. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ბგერის აღქმის ბარიერი მძინარე ადამიანს 10-14 დეციბელით უფრო დაბალი აქვს, ვიდრე – ფხიზელს [3].

მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციით, ხმაურის მაქსიმალურად დასაშვები დონე 85 დეციბელია. ამასთანავე, ასეთ ხმაურიან გარემოში 8 საათზე მეტხანს გაჩერება არ შეიძლება. თუ ხმაური 100 დეციბელზე მაღალია, ასეთ გარემოში 15 წუთზე მეტ ხანს დარჩენა რეკომენდებული არ არის [5, 6, 7].

ხმაურს ბევრ ქვეყანაში სახელმწიფო დონეზე ებრძვიან, რაც საკანონმდებლო აკრძალვებს გულისხმობს. საქართველოში აკუსტიკური ხმაურის დასაშვები ნორმის გადამეტებაზე ფინანსური სანქციები თითქმის 2 წელია მოქმედებს, მაგრამ სამწუხაროდ არ ხდება ხმაურის გავრცელების მონაცემების შეგროვება/დამუშავება და მათზე დაყრდნობით შესაბამისი ქმედითი ღონისძიებების გატარება [3].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ქალაქ თელავში ფონური ხმაურის მაჩვენებლის დადგენა და იმის განსაზღვრა, თუ რამდენად შეესაბამება ქალაქში დღის სხვადასხვა მონაკვეთში ფონური ხმაურის დონე ნორმას. მიზნის მისაღწევად შევარჩიეთ ქალაქ თელავში ხმაურის დონის გასაზომი ლოკაციები, სადაც ვზომავდით ფონური ხმაურის დონეს ზამთრისა და ზაფხულის სეზონზე დროის ერთსა და იმავე საათებში.

კვლევა შესრულდა ფონური ხმაურის განსაზღვრის ბრიტანული სტანდარტის შესაბამისად „ხმაურის აღწერა და შეფასება“ BS 7445-2: 2003. ფონური ხმაურის გაზომვებისთვის გამოვიყენეთ ხელსაწყო – NOR 140 და მიკროფონი. სტანდარტი იძლევა რეკომენდაციას, რომ სხვადასხვა წყაროდან წარმოქმნილი ხმაურის გაზომვების შესადარებლად საჭიროა გაზომვების განხორციელება მოხდეს შერჩეული მეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინებით: ქარის სიჩქარე 1-5 მ/წმ (იზომება 3-11 მ სიმაღლეზე მინის ზედაპირიდან); არ უნდა იყოს ძლიერი ნალექი [4, 7, 10].

კვლევის შედეგები და მათი განხილვა. ხმაურით დაბინძურების გაზომვებს ვატარებდით შენობებიდან 2 მეტრის მანძილის დაშორებით და გაზომვის ადგილი დაცული იყო ხეების შრიალისაგან. გაზომვის ხელსაწყოს კალიბრაცია მოწმდებოდა თოთოეულ გაზომვამდე და გაზომვის შემდეგ აკუსტიკური კალიბრატორის საშუალებით.

ცხრილი №1. ხმაურის დონეები ქალაქ თელავში ზამთრის სეზონზე

ადგილმდებარეობა/ რეცეპტორი	ხმაური (დბ) 9 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰ სთ	ხმაური (დბ) 13 ⁰⁰ -15 ⁰⁰ სთ	ხმაური (დბ) 18 ⁰⁰ -20 ⁰⁰ სთ	ხმაურის წყაროები
თელავის ბაზრის მიმდებარე ტერიტორია	40-42	51-54	35-38	სატრანსპორტო საშუალებების არარეგულარული მოძრაობა. ხალხის ხმამალალი საუბარი
თელავის ცენტრი – სააკადის მოედანი	36-39	44-47	40-44	სატრანსპორტო საშუალებების არარეგულარული მოძრაობა. ადამიანების ხმამალალი საუბარი
კულტურის და დასვენების პარკი „ნადიკვარი“	32-34	42-43	34-35	ადამიანების და ცხოველების მიერ გამოცემული ხმები.

№1 და №2 ცხრილებში მოცემულია ამ სამ ობიექტზე გაზომილი ფონური ხმაურის სიდიდეები ზაფხულის და ზამთრის სეზონის ერთსა და იმავე საათებში. ფონური ხმაურის კვლევა განხორციელდა 3 ობიექტზე: 1. თელავის ბაზრის მიმდებარე ტერიტორია; 2. თელავის ცენტრი – სააკადის მოედანი; 3. კულტურის და დასვენების პარკი „ნადიკვარი“.

ცხრილი №2. ხმაურის დონეები ქალაქ თელავში ზაფხულის სეზონზე

ადგილმდებარეობა/ რეცეპტორი	ხმაური (დბ) 9 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰ სთ	ხმაური (დბ) 13 ⁰⁰ -15 ⁰⁰ სთ	ხმაური (დბ) 18 ⁰⁰ -20 ⁰⁰ სთ	ხმაურის წყაროები
თელავის ბაზრის მიმდებარე ტერიტორია	42-45	55-57	36-37	სატრანსპორტო საშუალებების არარეგულარული მოძრაობა. ხალხის ხმამალალი საუბარი
თელავის ცენტრი – სააკადის მოედანი	40-43	52-53	34-47	სატრანსპორტო საშუალებების არარეგულარული მოძრაობა. ადამიანების ხმამალალი საუბარი
კულტურის და დასვენების პარკი „ნადიკვარი“	32-35	40-43	48-52	ადამიანების და ცხოველების მიერ გამოცემული ხმები. მოქმედი ატრაქციონების ხმები.

დასკვნა. კვლევის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ქალაქ თელავში ხმაურის დონის ფონური მაჩვენებელი სეზონურად იცვლება, კერძოდ, გაცილებით მაღალია ზაფხულში, რაც სრულიად ბუნებრივად შეიძლება მივიჩნიოთ და შედარებით დაბალია ზამთარში. ამის მიუხედავად, ფონური ხმაურის დონე ქალაქში მთელი დღის განმავლობაში, ზაფხულის და ზამთრის სეზონზე არ აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ ნორმას, რაც საქართველოს მთავრობის 2017 წლის 15 აგვისტოს № 398 დადგენილებით მიღებული რეგლამენტით არის განსაზღვრული. ყოველივე ზემოთ თქმული გვაძლევს იმის საფუძველს, რომ ქალაქი თელავი მივიჩნიოთ წყნარ, მშვიდ ლოკაციის ადგილად, სადაც ცხოვრება და დასვენება წლის ნებისმიერ სეზონზე ყველა მაცხოვრებლისა და ტურისტისთვის სასურველი და მიმზიდველია.

ლიტერატურა

1. ქაჯაია გ. გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები.// თბილისი 2008.
2. „ჯანმრთელობის დაცვა“ სტარისტიკური ცნობარი, 2012.
3. ბუნებრივი გარემოს ფონური მდგომარეობა (ნაწილი 2), 2017.
4. ხმაურის აღწერა და შეფასება. // BS 7445-2, 2003.
5. საქართველოს მთავრობის დადგენილება № 398, 2017.
6. The top 10 causes of death. // Updated July,2013.
7. Air Quality Guidelines, WHO, 2005.
8. <http://www.education.ge/index.php?do=definition/view&id=627>
9. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index.html>
10. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-anhealth/airquality/publications>

NOISE POLLUTION LEVEL IN TELAVI

Davitashvili M.D., Margalitashvili D.A., Nadiradze T.G., Azikuri G. Sh.

***Summary:** Noise is a combination of sounds of different frequencies and levels, which interfere with the perception of useful sound signals and cause undesirable, irritating effects on the human body. The paper investigates background noise levels during the summer and winter seasons in Telavi, at the same time, and it is concluded that the background noise level in Telavi does not exceed the permissible standard. Therefore, Telavi can be considered as one of the quiet and attractive cities of Georgia for tourists.*

Key words: noise, calibrator, celtic area.

**მსოფლიო ოკეანის დაბინძურება (შავ ზღვაზე აქცენტრირებით)
ნავთობპროდუქტებითა და მყარი ნარჩენებით.
მონიტორინგი და პრობლემა**

დემეტრაშვილი დ., კვარაცხელია დ.

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მხიელ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
demetr_48@yahoo.com

ანოტაცია: მოკლედ მიმოიხილება მსოფლიო ოკეანის დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობა ნავთობპროდუქტებითა და მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, მათი მონიტორინგისა და პროგნოზის საკითხები. გარკვეული ყურადღება ეთმობა შავი ზღვის დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობას და ნავთობის აფსკის გავრცელების მათემატიკური მოდელირებას. ხაზგასმულია იმ დიდი საფრთხის შესახებ, რაც კაცობრიობას უქადის ზღვებისა და ოკეანეების დაბინძურება მყარი ნარჩენებით, რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი პლასტმასური მასალებია.

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული რადიოლოკაცია, ნავთობის აფსკი, მათემატიკური მოდელი, შავი ზღვა.

მსოფლიო ოკეანე, რომელსაც დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით 70% უჭირავს, ბუნებრივი გარემოს მნიშვნელოვანი კომპონენტია. იგი ატმოსფეროსთან ერთად ქმნის ერთიან ჰიდროთერმოდინამიკურ სისტემას და უდიდეს როლს თამაშობს გლობალური კლიმატის ფორმირებასა და ცვლილებაში. გარდა ამისა, იგი მინერალური, ენერგეტიკული და ბიოლოგიური რესურსების უმდიდრესი წყაროა და ამიტომ მის ეკოლოგიურ მდგომარეობას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. აღნიშნული პრობლემისადმი ინტერესი განსაკუთრებით გაიზარდა გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან, რაც დაკავშირებულია მსოფლიო ოკეანის ინტენსიურ დაბინძურებასთან მაღალტოქსიკური მინარევებით. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ყველაზე გავრცელებული და საშიში ინგრედიენტებია მსოფლიო ოკეანის ცალკეული რეგიონების და მათ შორის შავი ზღვის ეკოსისტემისათვის [1-3].

ნავთობით დაბინძურება არსებით გავლენას ახდენს მთელ რიგ ჰიდროქიმიურ და ჰიდრობიოლოგიურ პროცესებზე ზღვებსა და ოკეანეებში. გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში ნოვოროსიისკის ბიოლოგიურ სადგურში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნოვოროსიისკის ყურის ნავთობით დაბინძურებამ გამოიწვია მნიშვნელოვანი ცვლილებები ზღვის მცენარეთა და ცხოველთა გარკვეული სახეობების განაწილებაში [1].

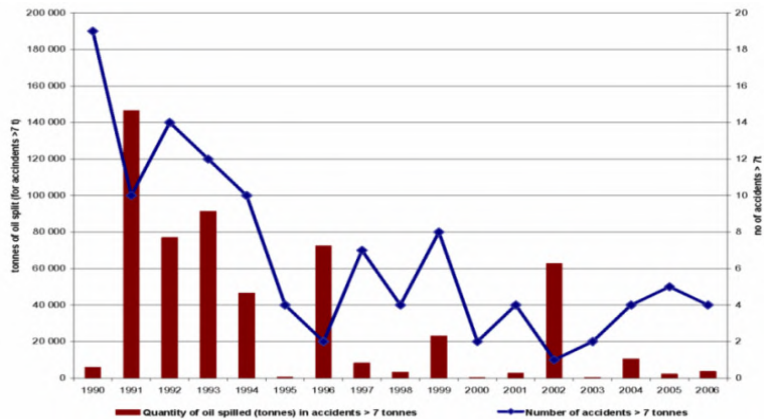
ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირის ინტენსიური დაბინძურება იწვევს ოკეანე-ატმოსფეროს ურთიერთქმედების შესუსტებას, რამაც შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ცვლილები შეიტანოს ატმოსფერული პროცესების ბუნებრივ განვითარებაში. ნავთობის აფსკი ზღვის ზედაპირზე ამცირებს აორთქლებას და ზღვის მარილის ნაწილაკების მოხვედრას ატმოსფეროში, რომლებიც თამაშობენ კონდენსაციის ცენტრების როლს ღრუბელთა წარმოქმნის პროცესებში და ბუნებრივი ჰიდროლოგიური ციკლის დარღვევის საშიშროებას ქმნიან [4].

2002 წლის სტატისტიკური მონაცემებით მსოფლიოში ნავთობის ყოველწლიური მოპოვება შეადგენდა 3 მილიარდ 47 მილიონ ტონას, რომელთაგან 3/5 -ის ტრანსპორტირება ხდებოდა ტანკრებით, ხოლო დანარჩენი მილსადენებით. ე. ი. 2 მილიარდ ტონაზე მეტი გადაიზი-

დებოდა ზღვით და ოკეანეებით და იტვირთებოდა ტერმინალებში [1]. სტატისტიკურად, ნაოსნობის წილი (ტრანსპორტირება ავარიებისა და არასანქცირებული ჩაღვრების გათვალისწინებით, საპორტო ოპერაციები) ოკეანის ნავთობით დაბინძურებაში შეადგენს 45 %-ს, მაშინ როდესაც შელფზე ნავთობის მოპოვებაზე მხოლოდ 2% მოდის [3].

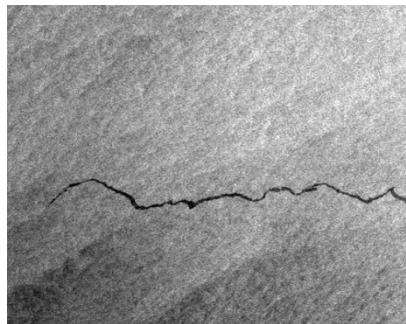
დღეისათვის შავი ზღვა, რომელიც მსოფლიო ოკეანის ნაწილია, დიდ ანთროპოგენურ დატვირთვას განიცდის. იგი განიხილება როგორც აქტიური სატრანსპორტო დერეფანი ნავთობპროდუქტების გადატანისა აღმოსავლეთიდან დასავლეთში. მრავალ ექსპერტთა შეფასებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური მდგომარეობა საგანგაშოა და მისი დაბინძურების დონე თანდათან იზრდება. განსაკუთრებით დიდი დატვირთვა მოდის ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ მეჩხერწყლოვან შელფურ ნაწილზე, სადაც ზღვას ერთვის დიდი მდინარეები. თანამედროვე შეფასებებით ნავთობის ყოველწლიური ჩადინება შავ ზღვაში შეადგენს 110000-130000 ტონას.

უკანასკნელი 50-60 წლის განმავლობაში შავ ზღვასა და ბოსფორის სრუტეში მომხდარი ტანკერების ავარიებს შორის შეიძლება დავასახელოთ: საბერძნეთისა და იუგოსლავიის გემების შეჯახება ბოსფორის სრუტეში 1960 წლის დეკემბერში, ჩაიღვარა 18000 ტ ნავთობი; საბჭოთა ტანკერის დაზიანება ბოსფორის სრუტეში 1977 წლის ოქტომბერში, ჩაიღვარა 20000 ტ ნავთობი; რუმინეთისა და საბერძნეთის ტანკერების შეჯახება ბოსფორის სრუტეში 1979 წლის ნოემბერში, ჩაიღვარა 64000 ტ ნავთობი; ქ. ნოვოროსიისკთან მომხდარი ავარიული ჩაღვრა ტერმინალის დაზიანების გამო 1999 წლის ნოემბერში, ჩაიღვარა 39 ტ ნავთობი; შტორმის შედეგად ქერჩის სრუტეში მომხდარი გემების ავარია 2007 წლის 10-11 ნოემბერს, ზღვაში ჩაიღვარა 2000 ტ-ზე მეტი მაზუთი, ჩაიძირა და დაზიანდა მრავალი გემი, ხოლო ჩაძირულ ხომალდებზე იმყოფებოდა 7000 ტ გოგირდი [5].



ნახ.1. ავარიული ჩაღვრები ტანკერებიდან (7 ტ-ზე მეტი) ევროპის ზღვებში 1990-2006 წწ.-ში [6].

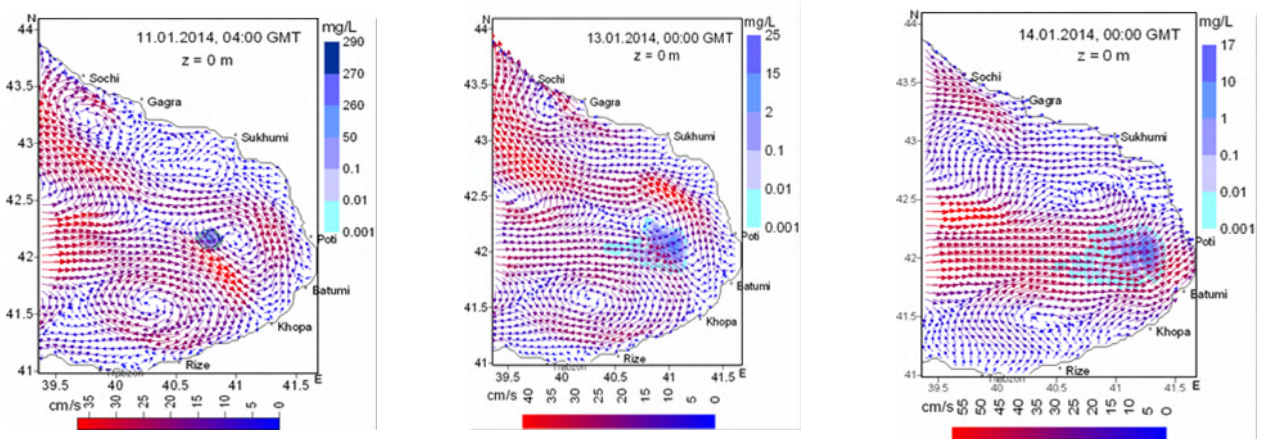
ევროპის გარემოს სააგენტოს მონაცემებით, ევროპის ზღვებში (ბალტიის, ხმელთაშუა და შავი ზღვები) 1990-2006 წწ.-ში ტანკერებიდან ავარიული ჩაღვრები საგრძნობლად შემცირდა (ნახ.1) [6].



ნახ. 2. გემის მოძრაობის ტრაექტორიის გასწვრივ ნავთობის ჩაღვრის კვალი თანამგზავიდან მიღებულ რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე.

ამჟამად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზღვებისა და ოკეანეების ეკოლოგიური მონიტორინგს, რომლის საფუძველია დანამედროვე ოპერატიული თანამგზავრული რადიოლოკაცია. იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს დაჭუჭყიანების არეების იდენტიფიცირება მაღალი გარჩევისუნარიანობით დიდ ფართობზე ნებისმიერი ამინდის პირობებში. შავი ზღვის აკვატორიის თანამგზავრული დაკვირვებების შედეგად 2009-2011 წწ.-ში გამოვლინდა ზღვის ზედაპირის ნავთობით დაჭუჭყიანების 600-ზე მეტი შემთხვევა გემების მიერ განხორციელებული არასანქცირებული ჩაღვრების შედეგად. რადიოლოკაციურ გამოსახულებებზე ნავთობის აფსკები ზედაპირზე მუქი ტონით ჩანს. ნახ. 2-ზე კარგად ჩანს გემის ტრაექტორიის გასწვრივ ნავთობის ჩაღვრის კვალი თანამგზავრული გამოსახულებიდან.

ზღვის ზედაპირზე დაღვრილი ნავთობის აფსკის გავრცელების მოდელირებისა და პროგნოზისადმი მიძღვნილია მთელი რიგი მათემატიკური მოდელებისა, რომლებიც ეფუძნება ძირითადად ორ მიდგომას: ჰიდროდინამიკურ მოდელირებას გადატანა-დიფუზიის განტოლების საფუძველზე და სტატისტიკურ მოდელირებას ცალკეულ ინდივიდუალურ ნაწილაკთა მოძრაობის განსაზღვრით ლაგრანჟის მიდგომის საფუძველზე. ჩვენს მიერ შემუშავებული ნავთობის აფსკის გავრცელების მოდელი დაფუძნებულია გადატანა-დიფუზიის ორგანზომილებიანი განტოლების ამოხსნაზე, რომელიც შეწყვილებულია ზღვის დინამიკის მოდელთან [7, 8]. ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია ნავთობის აფსკის გავრცელება ერთ-ერთ გამოთვლით ექსპერიმენტში, როცა ნავთობის ჰიპოთეტური ჩაღვრა ხდებოდა საქართველოს ნაპირებიდან დაახლოებით 70-80 კმ-ზე 20 ტ ნავთობის რაოდენობით 4 სთ-ის განმავლობაში.



ნახ. 3. მოდელირებული ზედაპირული დინება და ნავთობის ლაქის გავრცელება ნახაზზე მითითებულ დროის მომენტებში. პროგნოზული ინტერვალია: 11-14 იანვარი, 2014 წ.

ბოლო 2 ათეულ წელიწადში ძალზედ აქტუალური გახდა აგრეთვე მსოფლიო ოკეანის დაჭუჭყიანება მყარი ნარჩენებით (Marine litter), რაც ძალზედ უარყოფითად აისახება ზღვების ეკოსისტემაზე [9]. ზღვებისა და ოკეანეების დაბინძურება მყარი ნარჩენებით, რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი პლასტმასური მასალებია, არის უდიდესი საფრთხე, რაც კაცობრიობას უქადის მომავალში. გამოკვლევები აჩვენებს, რომ სანაპირო აკვატორიების ფსკერი ხშირ შემთხვევაში სავსეა საყოფაცხოვრებო ნაგავით – ბოთლებით, ბანკებით, პოლიეთილენის პარკებით, სხვადასხვა პლასტიკური ნარჩენებით. ამ სახის დანაგვიანების წყაროა გემებიდან ზღვაში ჩაყრილი ნაგავი, პლაჟებზე ადამიანთა უპასუხისმგებლობითა და დაუდევრობით დარჩენილი საგნები, მდინარეების ნაპირებთან მყარი ნარჩენების ნაგავსაყრელები, რომლებიც წყალდიდობების დროს მდინარეებს ზღვაში ჩააქვთ. გამოკვლევები აჩვენებს, რომ ნაგავის 80% არის პლასტმასა. პოლიეთილენის პარკებს ჭამენ ზღვის ცხოველები, რაც ხშირად მათი დაღუპვის მიზეზი ხდება.

გამოკვლევების შედეგად აღმოჩენილია საზღვაო ნაგავის დიდი გროვები წყნარი ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილში. მიახლოებითი შეფასებებით ფართობი ამ ნაგვის კონტინენტისა შეად-

გენს 700 000 -დან 1,5 მილიონ კვ.კმ-ს, სადაც თავმოყრილია 100 მილიონ ტონაზე მეტი ნაგავი. ამჟამად, მუშავდება სხვადასხვა პროექტები, რომელთა მიზანია ოკეანის ზედაპირის განმენდა დანაგვიანებისაგან. პუბლიკაციების მნიშვნელოვანი რაოდენობა მიძღვნილია მყარი ნარჩენების გავრცელების მათემატიკური მოდელირებისადმი (მაგ., [10]).

ლიტერატურა

1. Губанов Е.П., Ивлева М.Н. Нефтяное загрязнение Черного моря и его влияние на экосистему. // 2006, 16 с. <http://www.ceemar.org/dspace/bitstream/11099/1132/1/article-13.pdf>.
2. Лебедев С. А. Оценка фонового загрязнения нефтепродуктами Черного и Каспийского морей с использованием данных дистанционного зондирования и модельных расчетов. // 2009, 21с. http://www.mkgtu.ru/docs/KONF_SEM/lebedev.pdf.
3. Митягина М.И., Лаврова О.Ю., Бочарова Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности. // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса, т.12, №5, 2015, с. 130-149.
4. Перри А.Х., Уокер Дж. М. Система океан-атмосфера. //Ленинград, Гидрометеиздат, 1979, 195 с.
5. Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007. // Edited by A. Korshenko, Y. Ilyin, V. Velikova. Black Sea commission publications. Moscow, Nauka, 2011, 288 p.
6. Accidental oil spills from marine shipping. // European Environmental Agency. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en15-accidental-oil-spills-from-1>
7. Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. Прогноз циркуляционных процессов и распространения нефтяного загрязнения в восточной части Черного моря на основе региональной комплексной модели. // Морской гидрофизический журнал, № 1, 2015, с. 3-15.
8. კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. შავი ზღვის ოკეანოგრაფია ნარსულში და თანამედროვე ეტაპზე. // ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017, 187 გვ.
9. Откуда берется мусор в океане и как с ним бороться. // <https://vtorothody.ru/musor/v-okeane.html>
10. Neumann D., Callies U., Matthies M. Marine litter ensemble transport simulation in the southern North Sea. // Marine Pollution Bulletin, 86, 2014, pp. 219-228.

POLLUTION OF THE WORLD OCEAN (WITH FOCUSING ON THE BLACK SEA) BY OIL PRODUCTS AND MARINE LITTER. MONITORING AND FORECASTING

Demetrashvili D., Kvaratskhelia D.

Summary: *A brief overview of the current state of the world ocean pollution by oil products and marine litter, their monitoring and forecasting issues are presented. Certain attention is paid to the modern state of the Black Sea pollution and the mathematical modeling of oil spillages. It is noted that pollution of the seas and oceans by marine debris, most of which is plastics, is a huge danger to humanity in the future.*

Key words: *satellite radar, oil slick, mathematical model, Black Sea.*

საქართველოს ზოგიერთი აქტუალური ტერიტორიის რადიოეკოლოგიური კვლევის მიმოხილვა

მათიაშვილი ს.

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდუას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: მეცნიერები სწავლობენ რადიაციულ ჰიგიენას და მათი მიზანია შეამცირონ ადამიანზე და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზე, გარემოზე გამოსხივების მავნე ბიოლოგიური მოქმედება. კერძოდ, შესწავლილ უნდა იქნეს რადიოაქტიური ნივთიერებების ბუნებაში გავრცელება, მიგრაცია, მონაწილეობა ბიოლოგიურ ჯაჭვში, რომელთა მესვეობით ხდება ადამიანის ორგანიზმზე რადიაციული გამოსხივებისა და სხვა სახის მაიონიზებელი რადიაციის ზემოქმედება, უნდა შემუშავდეს და დაინერგოს გარემო ფაქტორებისა და სამუშაო ობიექტების რადიოაქტიური დაბინძურებისაგან დამცველი ღონისძიებები.

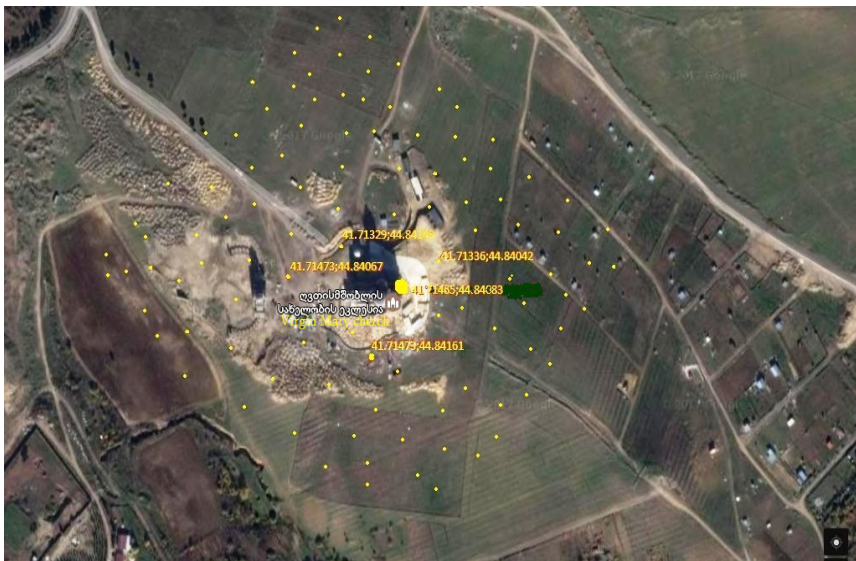
საკვანძო სიტყვები: რადიაციული ჰიგიენა, რადიოაქტიური ნივთიერებები

დღეისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გარემოს მონიტორინგის სისტემის დანერგვას ადამიანის პრაქტიკულ საქმიანობაში. ამრიგად, ნიადაგი, რომელიც საერთოდ ისედაც ბინძურდება რადიონუკლიდური და მძიმე ელემენტებით, ქიმიზაციის წყალობით თანდათან კიდევ უფრო მცირდება. ამ თვალსაზრისით, ვანარმოებთ კვლევებს ქვეყნის განსაკუთრებით აქტუალურ ზონებში, მიღებული შედეგებს მიმოხილვის დონეზე მოგახსენებთ, რომლებიც სამომავლოდ კიდევ საჭიროებენ მონიტორინგს. პირველად მოხდა მახათას მთის რადიოეკოლოგიური და აგროქიმიური გამოკვლევა. აღებული ნიადაგის ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა ჩატარდა სსიპ სოფლის მეურნეობის აგრარული რადიოლოგიისა და ეკოლოგიის სამეცნიერო კვლევით ცენტრში. მახათას მთის ტერიტორიის აგროეკოლოგიური და რადიოაქტიური ელემენტებით დაბინძურების პირველადი ეკოლოგიური მონიტორინგის მონაცემების მიხედვით გამოკვლეული ტერიტორია შესაძლებელია ზოგადად მივიჩნიოთ როგორც საშუალო დონეზე ან უფრო ნაკლებად დაბინძურებულად [1, 2].

კერძოდ, 2012-2013 წლებში მოხდა მახათას მთის იმ უბნის რადიოეკოლოგიური და აგროქიმიური გამოკვლევა, სადაც განთავსდა ივერიის ღვთისმშობლის ეკლესია. ამ ტერიტორიიდან აღებული ნიადაგის ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა ჩატარდა სსიპ სოფლის მეურნეობის აგრარული რადიოლოგიისა და ეკოლოგიის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრში. მახათას მთის ტერიტორიის აგროეკოლოგიური და რადიოაქტიური ელემენტებით დაბინძურების პირველადი ეკოლოგიური მონიტორინგის მონაცემების მიხედვით გამოკვლეული ტერიტორია შესაძლებელია ზოგადად მივიჩნიოთ, როგორც საშუალო დონეზე ან უფრო ნაკლებად დაბინძურებულად. კრიტერიუმად მიღებული იყო, რომ კონკრეტული დამაბინძურებელი ელემენტების შემცველობა არ აჭარბებდა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვებ ყოფილ საბჭოთა ნორმას. ამიტომ გარკვეული სიზუსტით შეიძლება განვაცხადოთ, რომ მახათას ტერიტორიის ნიადაგებში აგროქიმიური დაბინძურების ფონი საგანგაშო არ არის [3]. თუმცა მიუხედავად იმისა, რომ რადიაციულმა მონიტორინგმა არ გამოავლინა ამ ადგილის დაბინძუ-

რება რადიაციული ლაქებით ან წერტილოვანი წყაროებით, პერიოდული ეკოლოგიური მონიტორინგი ამ ტერიტორიაზე მომავალშიც უნდა გაგრძელდეს [4].

ამრიგად, ჩვენს მიერ მახათას ტერიტორიაზე აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში ლაბორატორიული ანალიზის შედეგად განისაზღვრა რადიოაქტიური და ქიმიური ელემენტებით დაბინძურების დონე. სინჯების აღება წარმოებდა ბადის გარეშე, სასინჯი წერტილების ნებისმიერად შერჩევის გზით, ოღონდ დაშორება მეზობელ წერტილებს შორის უნდა ყოფილიყო არანაკლები 10 მეტრისა (სურ. 1). აგროქიმიური ანალიზისათვის გამოყენებული იყო აპრობირებული სტანდარტული მეთოდიკა. რადიაციული მონიტორინგის პროცესში შემონმებული წერტილების რაოდენობამ თითოეულ გასვლაზე შეადგინა დაახლოებით 1000. რადიაციული შემონმებისათვის გამოყენებული იყო ხელსაწყო სამხედრო საველე რადიაციული დოზიმეტრი. მონიტორინგის პროცესში არ იქნა გამოვლენილი რომელიმე ხელოვნური წერტილოვანი რადიაციული წყარო [1].



სურ.1. მახათას მთაზე ნიადაგის ნიმუშების აღების წერტილების განლაგება

შემდეგი გამოკვლეული ტერიტორია არის რუსთავი და ზესტაფონი. მეთოდიკა იყო იგივე. ნახშირი, აგრეთვე, მანგანუმი ნედლი სახით შეიცავს მძიმე მეტალების მთელ რიგს. ეს მძიმე მეტალები, რომელთა შორის არიან რადიოაქტიურებიც, რჩება ნახშირის წვის პროდუქტში, წიდაში. ცხადია, რომ ამ მძიმე მეტალების რალაც ნაწილი ხვდება ატმოსფეროში სანვავი ღუმელების მილებიდან. აქ განსაკუთრებულ ობიექტებად უნდა მივიჩნიოთ მეტალურგიული და თბოელექტრო სადგურების ღუმელები. ატმოსფეროში გამოფრქვეული მძიმე მეტალები, რომლებიც ფაქტიურად წარმოადგენენ აეროზოლებს, შეიძლება საკმაოდ დიდ ტერიტორიაზე იყოს გაფანტული, რაშიც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფერულ ქარს და ნალექს. წესით ატმოსფერული გამონაფრქვევი თუ ქარების დინამიკური სურათი მეტ-ნაკლებად ერთგვაროვანია. პირველ მიახლოებაში უნდა გაიშალოს თანაბრად გამოფრქვევის წერტილიდან, თანაბრობაში ვგულისხმობთ, რომ დასაშვებია აზიმუტალური სიმეტრია, ხოლო რადიალური მიმართულებით წერტილოვანი წყაროდან გაფანტული გამონაფრქვევი უნდა გაიშალოს ზედაპირზე რადიუსის ან მისი ხარისხების უკუპროპორციულად. თუ ამ პროცესს, მოდელურად განვიხილავთ ცხადია, რომ ატმოსფერული გაბნევის შემთხვევაში პროცესს უნდა შეუსაბამოთ დიფუზიის განტოლება, რომელსაც იგივე ფორმა აქვს როგორც სითბოგამტარობის (ტემპერატურა გამტარებლობის) განტოლებას. დიფუზიის განტოლება შეიძლება გავართულოთ, ანუ ერთ განზომილებიან არასტაციონალური განტოლება, შეიძლება განზოგადდეს სამგანზომილებიან არასტაციონალურზე [5]. თუ ამ უკანასკნელს ამოვხსნით სფერულ კოორდინატებში, მისი ბრტყელი გამარტივება იქნება რადიალური განტო-

ლება, რომელიც განსაკუთრებით გამარტივდება, თუ დავუშვებთ აზიმუტალურ სიმეტრიას. ასეთი განტოლება დამოკიდებული იქნება მხოლოდ დროზე და რადიუსზე, ანუ მანძილზე წყაროდან წრის რომელიმე წერტილამდე. ასეთი განტოლებების ანალიზური ამოხსნა მოცემული საწყისი და სასაზღვრო პირობებისათვის ცნობილია და შეიძლება გამოვხატოთ ცდომილებათა ინტეგრალის ან უსასრულო მწკრივების საშუალებით. მაგრამ კონკრეტული შედეგის მისაღებად, ამ პარამეტრების გარდა, საჭიროა ვიცოდეთ დიფუზიის (სითბოგამტარობის, გამტარობის ტემპერატურა) კოეფიციენტი [6].

ამრიგად, ამოფრქვევის შედეგად ატმოსფეროში მოხვედრილი მძიმე მეტალების განფენილობა შეიძლება მოდელირებული იყოს სითბოგამტარობის განტოლებით. მაგრამ დედამიწის ზედაპირზე მოხვედრის შემდეგ მძიმე მეტალები დაიწყებს მიგრაციას უკვე სხვა გარემოში. აქ მიგრაციის მთავარი გამომწვევი მიზეზი იქნება წყალი, ანუ ნალექები მაგრამ დედამიწის სხვადასხვა ადგილზე, არა თუ გეოგრაფიულად დაშვებულ ადგილებში, არამედ თითქმის ლოკალურად. ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობა შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს. გარდა ამისა, მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე დედამიწის შემადგენლობას [7], თუმცა უშუალოდ (დედამიწისათვის) მიგრაციის მახასიათებლები (დიფუზიის კოეფიციენტი), ნიადაგის ტიპიდან გამომდინარე მეტ-ნაკლებად ცნობილია. მაგრამ მძიმე მეტალების მიგრაციაზე (დიფუზიაზე) მნიშვნელობა ქონია არამარტო ქანის მექანიკურ თვისებებს, არამედ მაგნიტურსაც [8]. ვიცით, რომ დედამიწას გააჩნია მაგნიტური ველი და სხვადასხვა ქანებს აქვთ სხვადასხვა მაგნიტური ამთვისებლობა. აქ უკვე გადავიდეთ მაგალითზე, რათა კარგად ჩამოვყალიბდეთ მძიმე მეტალების მიგრაციის პროცესის მახასიათებელ დროსთან და ჯერჯერობით უცნობ გადატანის (დიფუზიის) კოეფიციენტთან დაკავშირებით [5]. შევადაროთ ერთმანეთს გარდაბნის თბოელექტროსადგურის მიდამოსა და რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის ატმოსფერული დაბინძურების ეფექტები. ამ ორი ობიექტის თავზე ატმოსფერული პროცესების დინამიკა სრულიად ცნობილია. მიუხედავად საკმარისი სიახლოვისა, როგორც ქარების დინამიკაში, ასევე ნალექების ინტენსივობაში ეს პუნქტები საკმაოდ განსხვავდებოდა, თუმცა ორივეგან არსებობს ქარის გაბატონებული მიმართულება, ეს ნიშნავს რომ მეტალური აეროზოლების განფენილობას უშუალოდ ამოფრქვევის შემდეგ უნდა ახასიათებდეს ასიმეტრია. შეიძლება ითქვას, რომ როცა დაბინძურების წყარო დიდი ხნის განმავლობაში მოქმედებს მეტ-ნაკლებად შეცვლილ, ანუ ნალექების მოქმედების შედეგად რაღაცა დონემდე რადიალურად გასიმეტრიებულ სურათზე სისტემატურად მოხდება შემოფოთებები. წესით, თუ რაღაცა განსაკუთრებული პირობები არ არსებობს, უნდა ხდებოდეს მეტალების განფენა რომელიღაცა ცენტრალური წერტილიდან, რომელიც დამოკიდებულია მყისიერ ატმოსფერულ (ქარის) სურათზე. მოქმედებაში, რომ მარტო ნალექების გრუნტის ნალექების ფილტრაციას ვითვალისწინებდეთ, ჭარბი დაბინძურების გატანა დაბინძურების ცენტრიდან უნდა ხდებოდეს, ზედაპირული წყლების და უშუალოდ ზედაპირთან მიმდებარე ფენაში, გრუნტის წყლების სიჩქარით, რომელიც პირველზე ნაკლებია [9]. ასეთ შემთხვევაში პრინციპულად შეიძლება დიფუზიის სიჩქარის დადგენა, და აგრეთვე, დიფუზიის კოეფიციენტის შეფასება კონცენტრაციების შედარების საშუალებით. ანუ უმარტივეს სიტუაციაში უნდა ვიცოდეთ მძიმე მეტალის კონცენტრაცია დაბინძურების ცენტრში და სადღაც პერიფერიაზე, რომელსაც ჩავთვლით ფონურ მნიშვნელობად. ეს მონაცემები სრულიად საკმარისი იქნება ანალიზური ამონახსნის კორექტულად გამოყენებისათვის, ოღონდაც ორი დაშვების პირობებში:

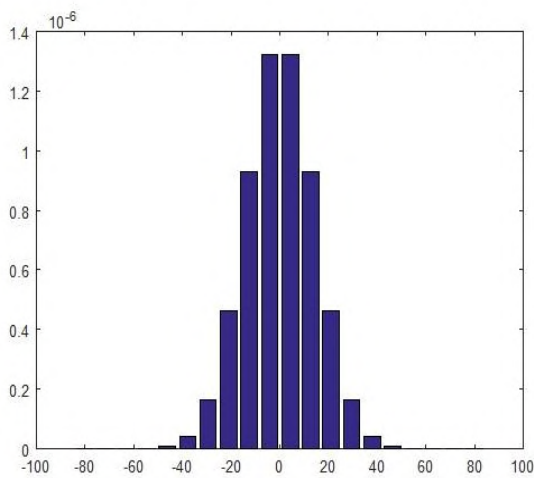
1. მიგრაცია აზიმუტალურად სიმეტრიულია;
2. არარსებობს მიგრაციის სხვა შემაკავებელი თუ არა ნიადაგის სტრუქტურა.

პირველი პირობა, როგორც აღვნიშნეთ მეტ-ნაკლებად კმაყოფილდება, მითუმეტეს ცენტრის სიახლოვეს, მეორე პირობა, მექანიკური თვალსაზრისით დამოკიდებულია ფოროვნების ხარისხზე, რომელიც ბუნებრივი შემაკავებელია და აგრეთვე როგორც აღმოჩნდა (ურალელი მეცნიერები) ნიადაგის მაგნიტურ თვისებებზე. ფიზიკურად ორივე მარტივი გასაგებია, კერძოდ მაღალი ფოროვნება ხელს უწყობს სწრაფ მიგრაციას. მისგან განსხვავებით, თუ

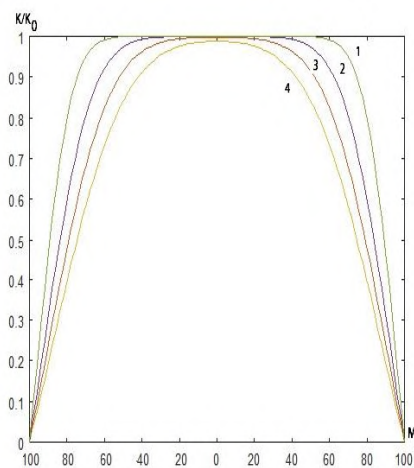
ნიადაგის მაგნიტური თვისებები აქვს, მასში უნდა შეიცვალოს ნორმალური მაგნიტური ველი. კერძოდ, თუ ნიადაგი შეიცავს მაგალითად ფერომაგნეტიკს (მაგნეტიტი), მაშინ დედამიწის ველი, პირველ მიახლოებაში ერთგვაროვან ნიადაგში მცირე მანძილებზე, ასევე ერთგვაროვანი უნდა ყოფილიყო. ხდება არაერთგვაროვანი, რაც ნიშნავს, რომ შეიძლება მნიშვნელოვნად გაძლიერდეს. ასეთ ვითარებაში, წყლის მიერ წამოღებული მაგნიტური თვისებების მქონე მძიმე მეტალი შეიძლება ჯამური ველის ზემოქმედებით სადღაც მიეღო (გაჩერდეს) ანუ ჩნდება მექანიზმი, რომელიც იწვევს სიმეტრიულობის დარღვევას, თანაც არაერთგვაროვანების წარმოქმნას მძიმე მეტალების განაწილებაში. სიმეტრიულობის დარღვევა მაშინაც კი, როცა წყალი თანაბრად მიდის ყველა მიმართულებით, გამონვეული იქნება ჯამური მაგნიტური ველის მიმართული ორიენტაციით. ეს თავის მხრივ, შეუწყობს არაერთგვაროვანების ჩამოყალიბებას ანუ მძიმე მეტალების განფენილობის სურათი უკვე ჭრელი იქნება. ამ ეფექტის დაჭერა, მათემატიკურად, თითქმის შეუძლებელია პირველ რიგში იმის გამო, რომ უნდა გართულდეს დიფუზიის განტოლება ანუ მასში უნდა გავითვალისწინოთ დიფუზიური გადატანის გარდა, აგრეთვე კონვექციური გადატანაც, ანუ წყლის სიჩქარეც.

დიფუზიური მოდელის დახმარებით არსებობს რუსთავის მეტალურგიული კომბინატში გამომუშავებული ნიღის გარემოში დაყრის შედეგად გამონვეული შესაძლო რადიაციული დაბინძურების ინტენსივობის დროსა და სივრცეში ცვლილების რეტროსპექტიული სურათის მიახლოებითი რეკონსტრუქციის პრინციპული შესაძლებლობა. ასეთი ხერხი ფიზიკური თვალსაზრისით სრულიად კორექტულია, რადგან დიფუზიის განტოლება გამოყენებულია სხვადასხვა ქვეყანაში მოქმედი რადიაციული დაბინძურების ზღვრულად დასაშვები ნორმების (ზდკ) დასადგენად რადიოაქტიური ელემენტებითა და მძიმე მეტალებით დაბინძურება [10]. ნიადაგის ზედაპირის რადიაციულ-ქიმიური დაბინძურების ინტენსივობის ცვლილების არასტაციონარული.

ეს მონაცემები, მომავალში, სავარაუდოდ, შეიძლება გახდეს რუსთავის ტერიტორიაზე სანყისი რადიაციული დაბინძურების დონის მიახლოებითი განსაზღვრის საფუძველი. ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ზემოთ აღნიშნული რადიონუკლიდებით რუსთავის ტერიტორიის დაბინძურება პრაქტიკულად იმ ნორმის ფარგლებშია. წარმოდგენილი დიფუზიური მოდელი იძლევა თვისობრივ-რაოდენობრივ ინფორმაციას იმისათვის, რომ შევაფასოთ რადიონუკლიდებით ნიადაგის ზედაპირული დაბინძურების ინტენსივობის დროში მიღწევის პროცესი.



ნახ.1.



ნახ. 2

ნახ.1-ზე და ნახ.2-ზე ნაჩვენებია დაბინძურების დონეების ფარდობის აპროქსიმაცია გრაფიკული ვიზუალიზაციის საშუალებით დროსა და სივრცეში.

გარემოს დაბინძურებაში დიდია რადიაქტიური წყაროების როლი. ატომური ბომბების აფეთქება, ატომური სადგურების მიერ გარემოში გაბნეული რადიონუკლიდები და მძიმე მეტალები, სხვადასხვა რადიოლოგიური ავარიების დროს გარემოში გამოფრქვეული რადიონუკლიდები, ადამიანის სანარმოო საქმიანობით ბუნებრივი და ხელოვნური წარმოშობის რადიონუკლიდების გადანაწილება გარემოში: მადნეულის მოპოვება და სხვა. გარემოს დაბინძურებაში უდიდესი წილი მრეწველობასა და ტრანსპორტზე მოდის. აქედან გარკვევით ჩანს რამდენად ჭარბობს გარემოს დაბინძურება ამ ნივთიერებებით. ქვანახშირისა და მისი გადამუშავებით და ასევე მისი გამოყენებით გარემოს დაბინძურება რეალურია და ანგარიშგასანევი.

კვლევები გაგრძელდება ჩვენს მიერ გარკვეულ აქტუალურ ტერიტორიებზე მაგალითად: ვაზიანსა და ზესტაფონის ფეროშენადნობი ქარხნის მიდამოებში. გაზომილი იქნება რადიაციული ფონი, რადიონუკლიდებისა და მძიმე მეტალების შემცველობა.

ლიტერატურა

1. ჩხიტიანიძე მ., კერესელიძე ზ., მათიაშვილი ს. ნიადაგის ზედაპირის რადიაციულ-ქიმიური დაბინძურების ინტენსივობის ცვლილების არასტაციონალური მოდელი. // მ.ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 68, 2018.
2. მათიაშვილი ს., კერესელიძე ზ., ჩხიტიანიძე მ. ნიადაგის დაბინძურების დროში ცვლილების დიფუზიური მოდელი. // საერთაშორისო სამეცნიერო კომფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, საქართველო, 21-22 სექტემბერი, 2018.
3. Matiashvili S.B. The Preliminary Results of the Chemical-radiological Investigations of the Soils on the Territory of the Makhata Mountain. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.19B, 2016, pp. 101-110, <http://openjournals.gela.org.ge/index.php/GGS>
4. Tsitskishvili M.S., Gachechiladze G.A., Katamadze N.M, Intskirveli L.N., Kurtanidze S.R. Impact of the Chernobyl disaster on the radio on the ecological situation in the ecoway. Radionuclide echo of Chernobyl in Georgia. // Radiation studies VI, “Education”, Tbilisi, 1991, pp. 132-150, (in Georgian).
5. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. // М., Наука. 1964, 488 с.
6. ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებული ფაქტორებისა და მეტეოროლოგიური ელემენტების მატემატიკური მოდელირება და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მათი გავლენის შესწავლა. // ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2005, გვ. 3-195, <http://www.zerno.org.ua/articles/quality/>
7. <http://meteo.gov.ge/index.php?dd=2017-12-31&pg=rd> რადიაციული ფონი 2017-12-31 (15 სადგურის მონაცემი)
8. ნადარეიშვილი კ. (რედ.) // რადიაციული გამოკვლევები, „მეცნიერება“, ტ. VI, 1991, 245 გვ.
9. Допустимые уровни содержания ¹³⁷Cs в продуктах питания и питьевой воде в Белоруссии, России, Украине и Японии. <http://chornobyl.in.ua/dopustimie-urovni-soderzaniya-137cs-90sr.html>
10. <http://chornobyl.in.ua/dopustimie-urovni-soderzaniya-137cs-90sr.html>

OVERVIEW OF RADIOECOLOGICAL RESEARCH IN SOME CURRENT AREAS OF GEORGIA

Matiashvili S.

Summary: Scientists are studying radiation hygiene and their goal is to reduce the harmful biological effects of radiation on humans and other living organisms, environmental conditions. In particular, the distribution, migration, and nature of radioactive substances should be studied. Participation in the biological chain through which exposure to radiation and ionizing radiation on the human body should be designed and implemented to protect against exposure to environmental contaminants and work sites. Studies in this regard will continue to be continued by us. Future results will be in the form of articles. The following study areas are the Vaziani and Zestafoni Current zones.

Key words: radiation hygiene, radioactive substances.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI AND AT KISLOVODSK HIGH MOUNTAIN STATION

*Kekenadze E., **Kharchilava J., **Chkhaidze G., ***Senik I.

*State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

**Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

***A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences, Kislocodsk, Russia

Summary: A comparative analysis of monthly average data on the surface ozone concentration in Tbilisi and at Kislovodsk High Mountain Station (KHMS) from 1989 to 2013 is carried out. In particular, it was found that the ozone content on KHMS is on average 2.6 times higher than in Tbilisi (2.2 times higher in March and April, 4.1 times higher in December). The variability of ozone concentration in different months in Tbilisi is higher than on KHMS (the coefficient of variation in Tbilisi varies from 16.5 to 32.2% in June and November, respectively, and in Kislovodsk – from 7.0 to 12.7% in February and July, respectively). Both in Tbilisi and on KHMS there is a tendency to decrease in the level of surface ozone in all months of the year. However, in Tbilisi this trend is higher than on KHMS. So, in 2002-2013, compared with 1989-2000, in Tbilisi the ozone content decreased from 10.3 to 46.8% in July and November, respectively, while on KHMS it decreased from 6.5 to 13.7% in August and November, respectively.

Key Words: Surface ozone concentration.

Introduction

Atmospheric ozone is one of the most important species defining the quality of life [1-3]. Therefore, special attention in many countries of world, including in Georgia and in Russia is paid to studies of atmospheric ozone [4-11]. Special attention in the study of surface ozone variability is spared to remote sites including high mountains [2,6,8,9], and also in the strongly contaminated locality [1,3,5,7,10-12].

The ozone concentration in the lower troposphere, especially in the atmospheric surface layer, varies widely depending on photochemical processes, horizontal advection, intrusions of stratospheric air, vertical mixing, dry and humid deposition, etc. At high-altitude stations located above the planetary boundary layer, anthropogenic factors manifest themselves only slightly. Accordingly, the comparison of variations of the surface ozone concentration of under the conditions of the strongly contaminated locality and under the ecologically clean conditions (for example, high mountain region) always drew special interest [8].

In this work a comparative analysis of monthly average data on the surface ozone concentration (SOC) in Tbilisi and at Kislovodsk High Mountain Station (KHMS) from 1989 to 2013 is carried out.

Material and methods

The regular researches of surface ozone concentration in Tbilisi (41.72 °N, 44.78 °E, height – 436 m above sea level) are conducted by the Mikheil Nodia Institute of Geophysics from 1980 to present time. Thus, since 1984 there are data of the continuous series of ozone observations. The measurements of ozone were conducted by the electro-chemical ozone instrument OMG-200 [1].

At the KHMS (43.7 °N, 42.7 °E, height- 2070 m above sea level), SOC measurements have been performed since 1989 with a Dasibi 1008-AH gas analyzer described in [2, 6, 8]. This device has an

automatic correction of temperature and pressure dependence. Its sensitivity is 1 ppbv and its accuracy is 1–2 ppbv. Air was taken at a height of 3 m above the ground level.

Data about mean monthly values of SOC from 1989 to 2013 were analyzed with the use of standard statistical methods. The following designations will be used below: Mean – average values; Min – minimal values; Max – maximal values; St Dev – standard deviation; R^2 – coefficient of determination. Comparison of mean values of SOC in two period of time (1989-2000) and (2002-2013) was produced with the use of Student's criterion with the level of significance α not worse than 0.15.

Results and discussion

Results in Table 1 and Fig. 1-5 are presented.

In Table 1 statistical characteristics of mean monthly and annual values of SOC in Tbilisi and at the KHMS are presented.

Table 1

Statistical Characteristics of Monthly Mean Surface Ozone Concentration in Tbilisi and on KHMS in 1989-2013 (ppbv)

Location	Tbilisi					KHMS				
	Min	Max	Mean	St Dev	Cv,%	Min	Max	Mean	St Dev	Cv,%
Jan	4.4	22.5	13.1	4.2	32.0	34.5	46.7	40.7	3.2	7.8
Feb	10.1	23.4	16.4	4.1	25.0	39.7	51.7	44.0	3.1	7.0
Mar	11.6	30.0	20.6	4.9	23.9	37.4	56.1	46.1	4.3	9.4
Apr	14.1	30.3	21.3	4.7	22.1	36.3	53.1	47.1	4.4	9.3
May	12.1	27.0	20.4	4.4	21.8	37.4	56.3	47.5	4.8	10.1
Jun	12.9	26.7	20.2	3.3	16.5	36.8	59.0	45.7	5.3	11.6
Jul	12.6	27.7	20.5	3.6	17.6	36.4	63.1	47.3	6.0	12.7
Aug	11.9	25.8	19.3	3.9	20.3	35.9	57.9	47.5	5.7	11.9
Sep	10.2	25.1	17.7	3.4	19.3	27.8	48.4	40.8	4.8	11.8
Oct	8.0	24.2	15.4	4.1	26.6	27.7	47.7	37.6	4.7	12.5
Nov	6.9	21.3	12.9	4.6	35.2	31.2	45.6	38.3	3.9	10.1
Dec	4.5	14.8	9.5	3.1	33.0	33.2	45.5	38.8	3.3	8.4
Year	4.4	30.3	17.3	5.4	31.4	27.7	63.1	43.5	5.8	13.4

As follows from this Table monthly mean values of SOC in Tbilisi changes from 9.5 (December) to 21.3 (April) ppbv, and on KHMS – from 37.6 (October) to 47.5 (May, August) ppbv. Range of changeability (Max – Min) of monthly mean values of SOC composes: in Tbilisi – 25.9 ppbv (4.4 ppbv in January and 30.3 ppbv in April); at KHMS – 35.4 ppbv (27.7 ppbv in October and 63.1 ppbv in July). The variability of SOC in Tbilisi is considerably higher than at KHMS. Accordingly, values of Cv in Tbilisi varied from 16.5% (June) to 35.2% (December), and at KHMS – from 7.0% (February) to 12.7% (July). Mean annual value of Cv in Tbilisi is 31.4%, and at KHMS – 13.4%.

Between SOC in Tbilisi and at KHMS linear correlation and regression is observed (Fig. 1). Intra-annual variations of SOC in 1989-2013 in Tbilisi has the form of the third power polynomial, and at KHMS – the fifth power polynomial (Fig. 2).

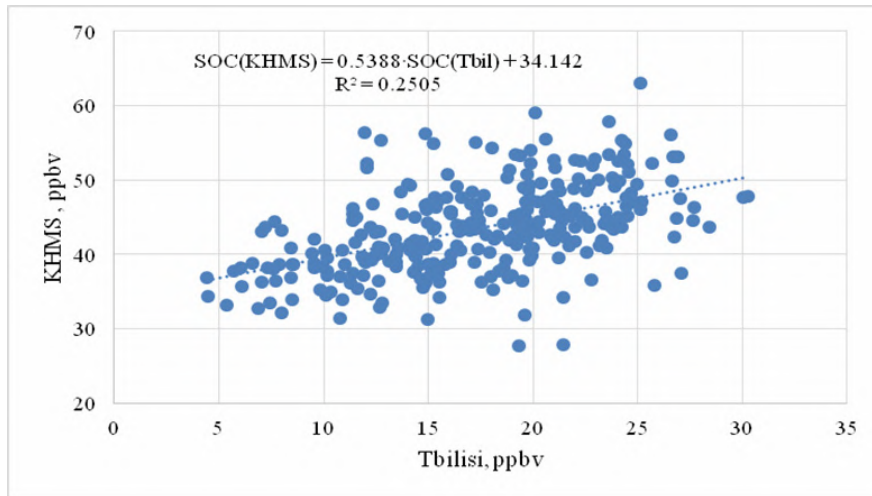


Fig. 1. Linear Correlation and Regression between SOC in Tbilisi and at KHMS (All Data).

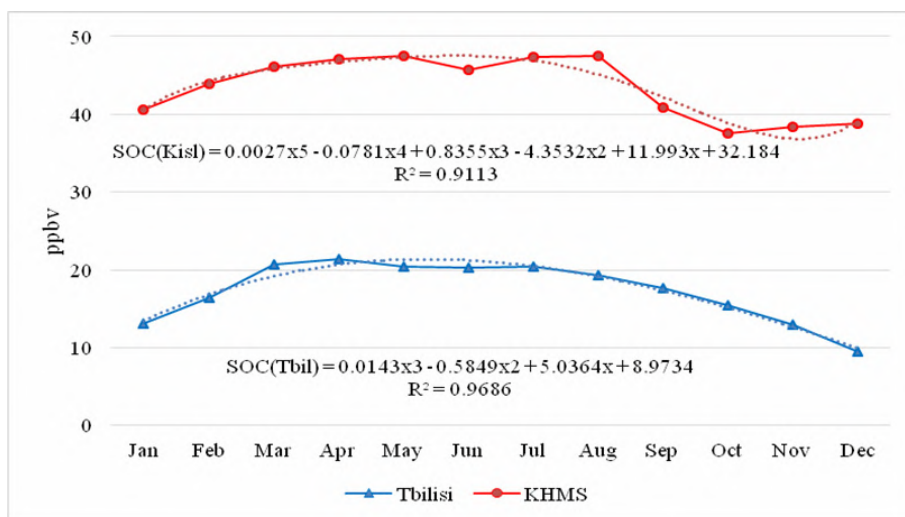


Fig.2. Intra-Annual Variations of SOC in Tbilisi and at KHMS in 1989-2013.

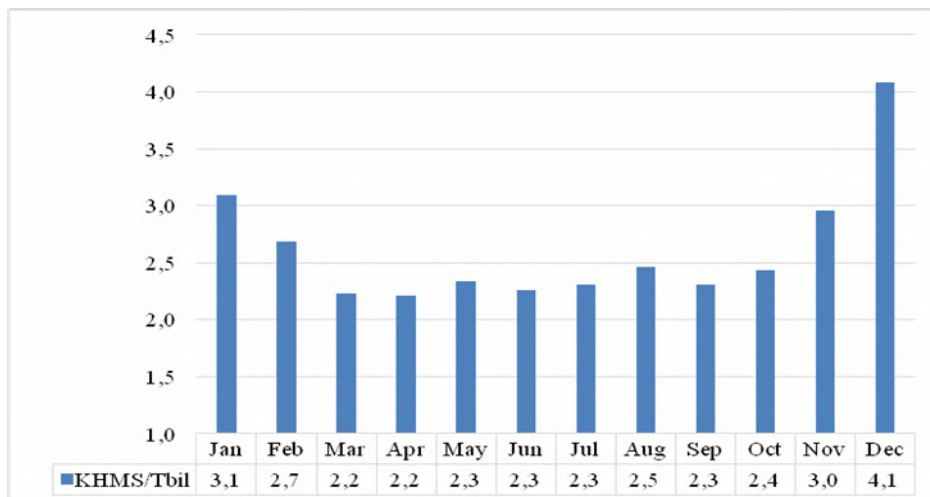


Fig. 3. Ratio of SOC at KHMS to Tbilisi

As follows from Fig.3 the ozone content on KHMS is on average 2.6 times higher than in Tbilisi (2.2 times higher in March and April, 4.1 times higher in December).

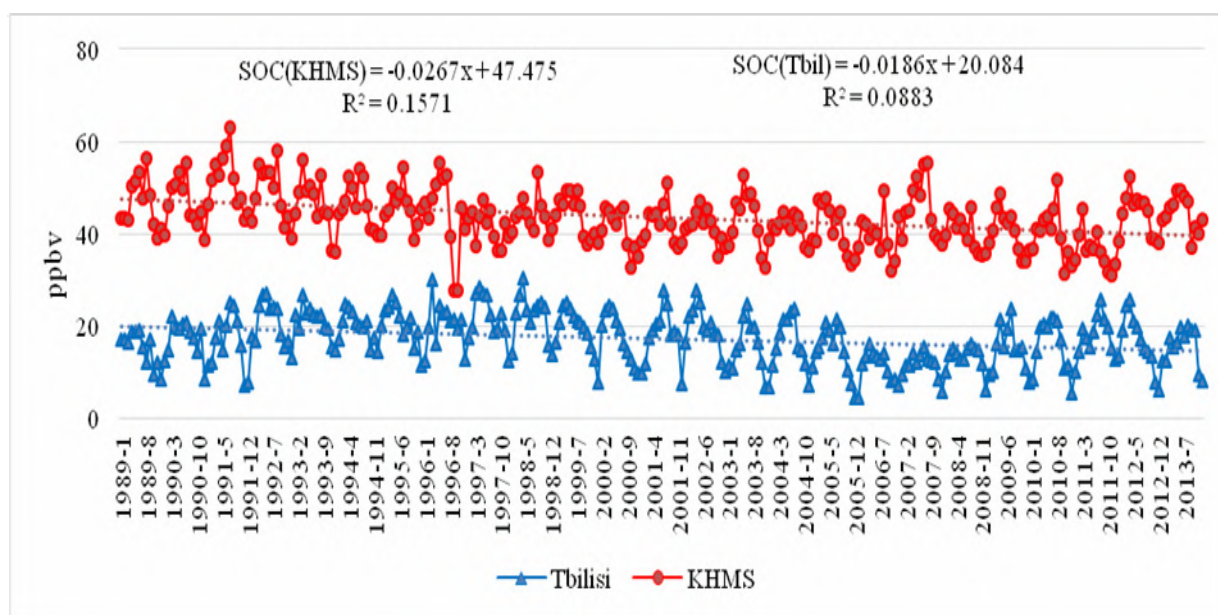


Fig. 4. Variations of monthly mean SOC in Tbilisi and at KHMS in 1989-2013

Trends of monthly mean SOC in Tbilisi and at KHMS in 1989-2013 are negative linear (Fig. 4).

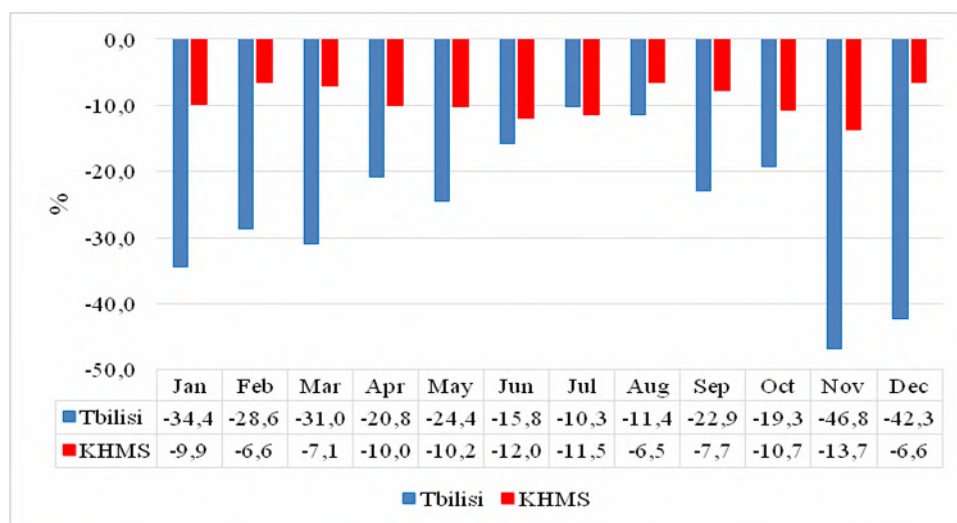


Fig.5. Difference between Monthly Mean SOC in 2002-2013 and 1989-2000 Relative to SOC in 1989-2013 in Tbilisi and at KHMS.

Difference between monthly mean SOC in 2002-2013 and 1989-2000 relative to SOC in 1989-2013 (Fig. 5) in Tbilisi varied from -10.3% (July) to -46.8% (November) and at KHMS – from -6.5% (August) to -13.7% (November). So, in the indicated period of time the decrease of SOC in Tbilisi occurred more intensive than at KHMS.

Conclusion

In the immediate future is planned conducting the more detailed comparative analysis of the data about SOC in Tbilisi and at KHMS with the use of statistical methods for the non accidental series of observations.

References

1. Kharchilava J., Amiranashvili A. Studies of Atmospheric Ozone Variations in Soviet Georgia. // Results of Researches on the International Geophysical Projects, SGC, Moscow, 1998, 114 p. (in Russian).
2. Tarasova O.A., Elansky N.F., Kuznetsov G.I., Irina N. Kuznetsova I.N., Senik I.A. Impact of Air Transport on Seasonal Variations and Trends of Surface Ozone at Kislovodsk High Mountain Station. // Journal of Atmospheric Chemistry, 45, 2003, pp. 245–259.
3. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical smog in Tbilisi. Monograph. // Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXIII, 2012, 160 p., (in Georgian).
4. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Monograph. // Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, 2005, 128 p.
5. Kharchilava J., Chikhladze V., Chargazia Kh. Changeability of Surface Ozone Concentration in Tbilisi in Last 30 year. // International Conference “Applied Ecology: Problems, Innovations”, ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, pp. 23-29.
6. Elanskii N. F., Senik I. A. Measurements of the Surface Ozone Concentration at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Seasonal and Daily Variations. // Izv. Akad. Nauk, Fiz. Atmos. Okeana **31**, 1995, pp. 251–259
7. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. The Statistical Analysis of Average Seasonal, Semi-Annual and Annual Values of Surface Ozone Concentration in Tbilisi in 1984-2003. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008. pp. 45 – 48.
8. Senik I. A., Elansky N. F., Belikov I. B., Lisitsyna L. V., Galaktionov V. V., Kortunova Z. V. Main Patterns of the Temporal Variability of Surface Ozone in the Region of the Town of Kislovodsk at 870 and 2070 m above Sea Level. // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, Vol. 41, No. 1, 2005, pp. 67–79.
9. Kharchilava J., Kekenadze E., Bagashvili N. Investigation of Ozone Concentration Variability under Different Weather Conditions in the Ecologically Clean Surface Air as Exemplified by Ruispiri Village. // Bulletin the Georgian Academy of sciences, 3, № 2, 2009, pp. 79-83.
10. Kharchilava J. Some Results of Investigations of Atmospheric Ozone in Georgia. // Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXIX, 2018, pp. 211-219 (In Russian).
11. Kharchilava J., Kekenadze E., Chkhaidze G., Mchedlishvili K. Analysis of Weather Dependent Variations of Ozone Concentration in Near Earth Air in Hot Pollution Free and Pollution Pars of Tbilisi. // Bulletin the Georgian Academy of sciences, 174, №3, 2006, pp. 427-430.
12. Zvyagintsev A.M., Kuznetsova I.N., Tarasova O.A., Shalygina I.Yu. Variability of Concentrations of Main Pollutants in London. // Optika amosferi i okeana, 27, N5, 2014, pp. 424-434, (in Russian).

საქართველოს პირობებში ეკოლოგიურად „საშიში“ მეტეოროლოგიური მოვლენების მინისპირა მონიტორინგის ასპექტები

გუნია გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: ბუნებრივ გარემოში მინარევთა გადატანა და დაგროვება, მონიტორინგი, პროგნოზი და მართვა ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების კანონზომიერების მიხედვით ხორციელდება. ამასთან, ლოკალურ მასშტაბში გარემოს მაღალი დაბინძურების ხელისშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობების განსასხვავებლად, ეკოლოგიური მონიტორინგის პრაქტიკაში, ჩვენს მიერ, „საშიში“ მეტეოროლოგიური პირობების ცნება იქნა მიღებული. ნაშრომში განხილული და შეფასებულია ამ პირობების სახეობა და განმეორებადობა საკვლევ რეგიონში. ამასთან აღნიშნულია ფიონური მოვლენების მნიშვნელოვანი როლი გარემოს მაღალ დაბინძურებაში.

საკვანძო სიტყვები: „საშიში“ მეტეოროლოგიური პირობები, ფიონები.

ცნობილია, რომ ატმოსფერო, ნიადაგი და წყლები ბუნებრივ გარემოში ნივთიერებათა მიმოქცევის მთავარ მაგისტრალს წარმოადგენენ, ხოლო ამ პროცესს ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები განაპირობებენ. ამასთან, აღნიშნული გავლენა მინარევ ნივთიერებათა განაწილებაზე გარემოში მავნე ნივთიერებათა ემისიების რაოდენობის მუდმივობის პირობებში, ამ პროცესებში მონაწილე პარამეტრების სახეობაზე, ხასიათზე და ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ამის გამო, ლოკალურ მასშტაბში გარემოს მაღალი დაბინძურების ხელისშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობების განსასხვავებლად, გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგის პრაქტიკაში, ჩვენს მიერ, „საშიში“ მეტეოროლოგიური პირობების ცნება იქნა მიღებული [1].

ცხრილი 1

ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციალის (ადპ) განსაზღვრა მეტეოროლოგიური პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობების მიხედვით

ადპ-ს მნიშვნელობები		მინის ზედაპირული ტემპერატურული ინვერსიები			განმეორებადობა, %-ში		გადაადგილების ფენის სიმაღლე, კმ	ნისლიანობის ხანგრძლივობა, სთ
		განმეორება, %	სიმძლავრე, კმ	ინტენსიურობა, °C	ქარის სიჩქარის, მ/წმ	ჰაერის უძრაობა, (დღეები)		
დაბალი	1.8-2.4	20-30	0.3-0.4	2 – 3	10-20	5-10	0,7-0,8	80-350
ზომიერი	2.4-2.7	30-40	0.4-0.5	3 – 5	20-30	7-12	0.8-1.0	100-550
მომატებული	2.7-3.0	30-45	0.3-0.6	2 – 6	20-40	3-18	0.7-1.0	100-600
მაღალი	3.0-3.3	40-60	0.3-0.7	3 – 6	30-60	10-30	0.7-1.6	50-200
უმაღლესი	3.3-4.0	40-60	0.3-0.9	3 – 10	50-70	20-45	0.8-1.6	10-600

ცხრ.1 და 2-ში მოცემულია, ატმოსფეროს მინარევების დაგროვებაზე და გაფანტვაზე გავლენის მქონე, მეტეოროლოგიური ელემენტების მნიშვნელობები.

განსახილველ ცხრილებში მოცემული ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციალი (აღპ) წარმოადგენს იმ მეტეოროლოგიური ფაქტორების შესამებას, რომლებიც განაპირობებენ ატმოსფეროს დაბინძურების შესაძლო დონეებს, გამოყოფილი სამრეწველო ნარჩენების რაოდენობის მუდმივობის პირობებში. ამ პარამეტრის განსაზღვრისათვის ძირითადად სარგებლობენ მეტეო-როლოგიური დაკვირვებების მასალით: ტემპერატურის მინისპირა ინვერსიებზე, 0-1 მ/წმ სიჩქარის სუსტ ქარებზე, ნისლიანობაზე და ჰაერის უძრაობაზე. აღნიშნული პარამეტრების ხასიათსა და სიდიდეებზე დამოკიდებულებით იცვლება ადპ-ს მნიშვნელობები (ცხრ.1) [2].

ცხრ.2-ში წარმოდგენილი ინვერსიების განმეორებადობათა მნიშვნელობები მიღებულია 03 და 15 საათებზე წარმოებული დაკვირვებათა რიცხვის შეფარდებით მთლიანად ყველა ვადებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა რიცხვთან, პროცენტებში.

ცხრილი 2

სამრეწველო ქალაქების ატმოსფეროში მინარევთა კონცენტრაციაზე გავლენის მქონე მეტეოროლოგიური ელემენტების განაწილება

ქალაქები	ნალექიან რიცხვი	ადპ	განმეორებადობა, %														
			ნისლების	ინვერსიების		უძრაობის	ქარის სიჩქარის, 0-1მ/წმ	ქარის მიმართულების									
				მინისპირა	ანეული			ჩ	ჩა	ა	სა	ს	სდ	დ	ჩდ	შტილის	
ბათუმი	192	2.3	0.6	31	9	2	60	11	5	10	16	20	16	15	7	16	
ზესტაფონი	144	-	0.2	-	-	-	75	2	3	51	4	2	1	36	1	68	
თბილისი	115	3.0	0.5	8	14	6	53	32	2	6	15	9	3	8	25	42	
რუსთავი	111	-	1.1	-	-	-	72	4	1	5	9	12	1	6	62	60	
სოხუმი	180	2.4	0.7	28	7	1	52	16	31	13	6	7	6	17	4	14	
ქუთაისი	168	-	0.3	-	-	-	17	3	2	49	2	3	3	36	2	10	

როგორც მოცემული ცხრილიდან ირკვევა, ქ.ბათუმისთვის საშიში მეტეოროლოგიური პირობები დაკავშირებულია ნისლებთან, მინისპირა ინვერსიებთან, ჰაერის უძრაობასა და სუსტ ქარებთან. ჰაერის გასუფთავებას კი, აქ ხელს უწყობენ ნალექები და, ზღვიდან ქალაქისკენ მიმართული დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარები. ქ.ზესტაფონისთვის ატმოსფეროს დაბინძურების თვალსაზრისით არახელსაყრელად შეგვიძლია მივიჩნიოთ: შტილები და დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთის, აღმოსავლეთისა და მცირე სიჩქარის ქარები. ჰაერის დაბინძურებას თბილისში, როგორც ცხრ.2-დან შეგვიძლია დავასკვნათ, ხელს უწყობენ: ჰაერის უძრაობა, მინისპირა და წამოწეული ინვერსიები. გარდა ამისა, აქ საკმაოდ მაღალი ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციალი აღინიშნება. ქ.რუსთავისთვის საშიშ მეტეოროლოგიურ პირობებს წარმოადგენენ: უნალექო და ნისლიანი ამინდების სიჭარბე, სამხრეთის და აღმოსავლეთის მიმართულებებისა და მცირე ქარები. შესრულებული კვლევების თანახმად, ქ.სოხუმში საშიშ მეტეოპირობებად უნდა მივიჩნიოთ: ნისლიანობა, მინისპირა ინვერსიები და ქარის მცირე სიდიდის სიჩქარეები. ქ.ქუთაისი, მის ტერიტორიაზე სამრეწველო საწარმოთა განლაგების მიხედვით, არ უნდა ხასიათდებოდეს მკვეთრად გამოხატული ატმოსფეროს დაბინძურების ხელის შემწყობი მეტეოპირობებით, მაგრამ ცხრ.2-ის მონაცემებით, ასეთებად გვევლინებიან: ნისლები, აღმოსავლეთის მიმართულებისა და სუსტი ქარები.

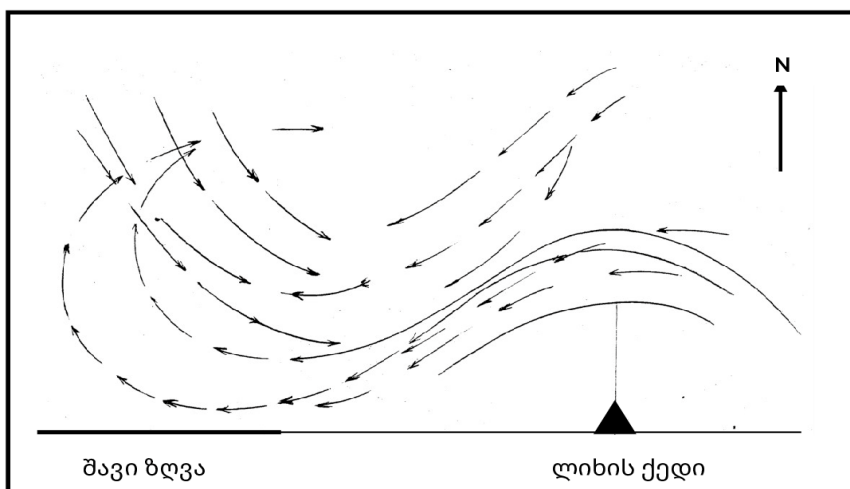
განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით, ძალზე მნიშვნელოვანია კოლხეთის დაბლობის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე ფიონური მოვლენების ზემოქმედების თავისებურებათა განხილვა. ფიონური მოვლენების ნიშნების რიგს, დროდადრო მთებიდან ბარში შედარებით თბი-

ლი, მშრალი და მძაფრი ქარების დაბერვა მიეკუთვნება. ისინი ქედების ქარზურგა მხარეზე ჰაერის ნაკადის დამავალი მოძრაობის შედეგად ვითარდებიან. ამასთან, ჰაერის ნაკადის მიერ მთების ქედების გადავლისას ციკლონის სისტემაში, მისი მთის ქედების ზედაპირის მახლობლად გადაადგილებისას, ფერდობებიდან, მიმდებარე ბარის ტერიტორიაზე განლაგებული მავნე ნივთიერებათა ემისიების წყაროებიდან მიღებული მინარევების შემცველი, ჰაერის ნაკადის შენთვის პროცესების განვითარებას აქვს ადგილი. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ყურადღება უნდა მივაპყვროთ ისეთ არაორდინალურ მეტეოროლოგიურ მოვლენას, როგორც ფიონური ქარების და ბრიზების არსებობის პირობებში კოლხეთის დაბლობზე ჰაერის მიმოქცევა წარმოადგენს [3].

კოლხეთის დაბლობი ფიონური მოვლენების განვითარების ხელშემწყობ პირობების მქონე რეგიონის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს. ამას აქ გარემომცველი მთების თავისებურება განაპირობებს. უნდა ითქვას, რომ, საზოგადოდ, ამ რაიონის ოროგრაფია კლიმატწარმომქმნელ ფაქტორს წარმოადგენს. ის სამი მხრიდან გარშემორტყმულია მთების ქედებით. ამის შედეგად კოლხეთის დაბლობს სამკუთხედის ფორმა გააჩნია, ლიხის ქედის მთისწინს მიკვრული წვერით და შავი ზღვის სანაპირო ზოლით წარმოსახული ფუძით.

ამრიგად, კოლხეთის დაბლობი დასავლეთით, შავი ზღვის მხრიდან, ხოლო აღმოსავლეთით ლიხის ქედიდან, არის ღია ჰაერის მასების შემოჭრისათვის. საშუალოდ, ამ ქარების განმეორება-დობა განსახილველ ტერიტორიაზე 42 და 53% შეადგენს, შესაბამისად. ამასთან, კოლხეთის დაბლობზე აღმოსავლეთის ქარების განვითარებისას, აღნიშნული ოროგრაფიული თავისებურება განსაკუთრებული ცირკულაციური რეჟიმის დამყარებას იწვევენ, რასაც ფიონური მოვლენები ახლავთ თან.

ამ პროცესის დინამიკა გამოიხატება იმაში, რომ აღნიშნული რეგიონის თავზე 25-30 მ/წმ სიჩქარეს მიღწეული აღმოსავლეთის ქარების დამყარების პირობებში, ატმოსფეროს ქვედა ფენებიდან შავი ზღვის მიმართულებით ჰაერის მასების ინტენსიური გამოტანა წარმოებს, აქედან გამომდინარე ყველა ნეგატიური შედეგებით, მაგალითად, როგორცაა სხვადასხვა წარმოშობის მავნე ნივთიერებათა ემისიების შენოვა და გადატანა შორ მანძილზე. გარდა ამისა, საკვლევ რეგიონში განვითარებულია ჰაერის ადგილობრივი ცირკულაციაც, რაც ზღვისა და სანაპირო ზოლის ტემპერატურებს შორის არსებული სხვაობით არის გამოწვეული და ცნობილია ბრიზების სახელწოდებით. აღნიშნული მოვლენები ყველა პირობებს ქმნიან იმისათვის, რომ კოლხეთის დაბლობზე ატმოსფერული ჰაერის ნაკადის დინება ჩაკეტილ სისტემას წარმოადგენდეს, რაც აქ განლაგებულ სამრეწველო ობიექტებიდან ატმოსფეროში გამობოლქვილი მავნე მინარევებით დაბინძურებული ჰაერის მიმოქცევის კანონზომიერებას განაპირობებს [4].



ნახ.1. კოლხეთის დაბლობზე ფიონური მოვლენების პირობებში ჰაერის ნაკადის მიმოქცევის პრინციპილური სქემა

დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა პუნქტებში წელიწადის განმავლობაში დღეთა რიცხვი ფიონების თანხლებით ფართო დიაპაზონში მერყეობს. მაგალითად, გაგრაში ის საშუალოდ 23, ხოლო ლესელიძეში – 8 დღეს შეადგენს. მათი მაქსიმალური რიცხვი ზამთრის პერიოდზე მოდის, მინიმალური კი, ზაფხულში აღირიცხება. ფიონური ქარების სიჩქარე, საშუალოდ, 10მ/წმ შეადგენს, მაგრამ ცალკეულ შემთხვევაში ის 15-20 მ/წმ აღემატება. ამასთან ჰაერის ტემპერატურის მომატება 2-9⁰ C ფარგლებში მერყეობს, თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში მან შეიძლება 15⁰ C გადააჭარბოს. ამროგად, დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ფიონებისა და ბრიზების არსებობის პირობებში ადგილი აქვს ატმოსფერული ჰაერის შეკრულ ცირკულაციას.

ასეთი დასკვნის გაკეთების ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ფიონური მოვლენების პირობებში, ლიხის ქედიდან შავი ზღვის მიმართულებით დაქანებისას, თბილი ჰაერის ნაკადი ზღვასთან მიახლოებისას იშლება, სუსტდება და, ვინაიდან მისი ტემპერატურა აღემატება ადგილობრივი, ზღვისპირა ჰაერის ტემპერატურას, ძირითადად, მიემართება მინისპირა ატმოსფერული ჰაერის ზედა ფენებისკენ. ხოლო ფიონური მოვლენების გახანგრძლივებისას, იქიდან, შეიძლება, განმეორებით იქნეს ჩართული ზემოგანხილულ მოძრაობაში (ნახ.1).

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ განსახილველ ტერიტორიაზე „საშში“ მეტეოროლოგიური პირობების რიცხვს მიეკუთვნებიან: – ტემპერატურის მინისპირა და ნამონეული ინვერსიები, ჰაერის უძრაობა, ნისლიანობა, ღრუბლიანობა, ქარის „საშში“ სიჩქარეები და მიმართულებები, რომლის დროსაც მანვე ნივთიერებები ამოფრქვევის ადგილებიდან საცხოვრებელ და სარეაბილიტაციო რაიონების მიმართულებით გადაიტანება. გარდა ამისა გასათვალისწინებელია ისეთი ნაკლებად შესწავლილი ზემოქმედება, როგორც ატმოსფეროს დაბინძურების დონეზე ფიონური მოვლენების გავლენა წარმოადგენს. ამასთან, ამ საკითხის განხილვა კოლხეთის დაბლობის ფიზიკო – გეოგრაფიულ პირობებში მნიშვნელოვან სამეცნიერო და პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს. მისი გათვალისწინება ატმოსფეროს რეგიონული დაბინძურების შეფასებისა და პროგნოზირების გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა.

ლიტერატურა

1. Гунья Г.С. Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузии. //Л., Гидрометеиздат, 1985, 89с.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. // Л., Гидрометеиздат, 1980, 146 с.
3. Гунья Г.С., Цквитинидзе З.И., Холматжанов Б.М., Фатхуллаева З.Н. Влияние фоновых явлений на процессы загрязнения воздуха в горных районах.//Метеорология и гидрология, М., 6, 2010, с 67-74.
4. გუნია გ. ეკოლოგიური მონიტორინგი. // თბილისი, ჰმი, 2019, 244 გვ.

ASPECTS OF SURFACE MONITORING OF ENVIRONMENTALLY “DANGEROUS” METEOROLOGICAL PHENOMENA IN GEORGIA

Gunia G.

Summary: For the purpose of distinction meteorological phenomena contributing to environmental pollution, in the practice of environmental monitoring entered and determined the values of the parameters of atmospheric pollution potential (APP) and the concepts of “dangerous” meteorological conditions, contribute of high atmospheric pollution were introduced. These include: “very high” APP values, wind directions that promote the transfer of harmful impurities from industrial areas towards settlements, fogs, stagnation of air, surface and elevated inversions of temperature and hair dryers meteorological phenomena in Western Georgia. It is shown, that hair dryers have the considerable impact on air pollution level in the conditions of highlands. Their consideration in regional researches of air pollution will significantly increase the accuracy of environmental assessments of the state of the environment.

The conclusion is made that this meteorological phenomenon should be attributed to regional “dangerous” meteorological conditions that contribute to increased atmospheric pollution.

Key words: “dangerous” meteorological phenomena, hair dryers

მეტეოროლოგიური დაკვირვებები იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ავტომატურ მეტეოსადგურზე

ელიზბარაშვილი ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი, საქართველო

ანოტაცია: გაანალიზებულია იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ახლადდაარსებული ავტომატური მეტეოსადგურის დაკვირვებათა მონაცემები. მიღებულია საშუალო კლიმატური მახასიათებლები მოკლე პერიოდისთვის, გამოკვლეულია მათი სვლა სხვადასხვა თვეების განმავლობაში და შეფარდებითი სინოტივის დამოკიდებულება ჰაერის ტემპერატურისაგან. გამოვლენილია ცხელი დღეები და ტროპიკული ღამეები 2019 წლის ზაფხულის განმავლობაში.

საკვანძო სიტყვები: ტემპერატურა, სინოტივე, ცხელი დღე, ტროპიკული ღამე.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტში მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიაში სადოქტორო და სამაგისტრო საგანმანათლებლო პროგრამების თანამედროვე დონეზე განხორციელების მიზნით, 2018 წლის აგვისტოში უნივერსიტეტის ტერიტორიაზე ზღვის დონედან 824 მ სიმაღლეზე გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ, სააგენტოსა და უნივერსიტეტს შორის არსებული მემორანდუმის საფუძველზე, დამონტაჟდა საქართველოს უნივერსიტეტებს შორის პირველი ავტომატური მეტეოროლოგიური სადგური (MAWS301).

მიმდინარე გაზომვებიდან დღეისათვის სისტემაში მოყვანილია მხოლოდ რამოდენიმე თვის დაკვირვებათა მონაცემები, რომელთა გაანალიზებასაც ეხება წინამდებარე სტატია.

ცხრილში 1 წარმოდგენილია მეტეოსადგურზე ჩატარებული გაზომვების შემაჯამებელი შედეგები.

ცხრილი 1. მეტეოროლოგიური სიდიდეების გასაშუალოებული მნიშვნელობები (2019 წ.)

თვე	ჰაერის ტემპერატურა °C			შეფარდებითი სინოტივე %			ნალექები, მმ	
	საშუალო	უდიდესი	უმცირესი	საშუალო	უდიდესი	უმცირესი	ჯამი	უდიდესი
აპრილი	8.3	20.8	1.0	73	92	26	36.6	22.5
მაისი	16.7	27.5	7.6	67	91	24	107.8	25.3
ივნისი	22.2	32.4	14.0	54	92	20	40.3	16.7
ივლისი	22.7	32.0	9.6	57	92	22	122.5	115.9
აგვისტო	21.9	32.8	11.7	49	93	13	9.6	8.1
სექტემბერი	15.7	28.6	6.6	69	96	14	37.4	37.4

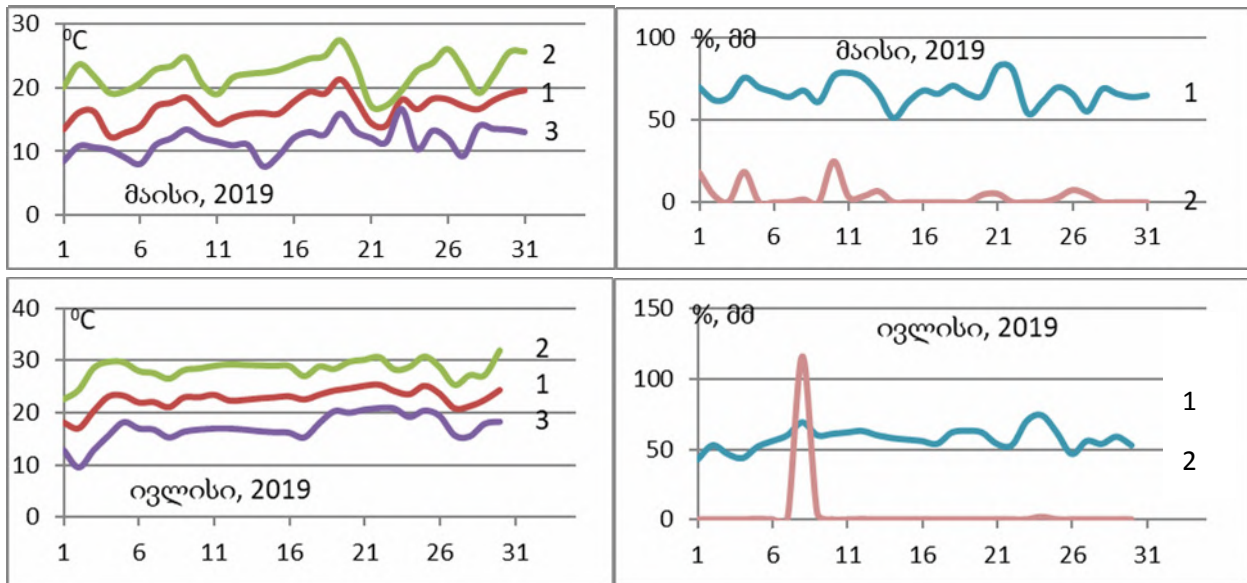
ცხრილი 1 გამოხატავს უნივერსიტეტის ტერიტორიაზე ზღვის დონედან 825 მ სიმაღლეზე 2019 წლის გაზაფხულსა და ზაფხულის განმავლობაში კლიმატის ძირითად მახასიათებლების ხასიათს. ქალაქ თელავის მეტეოროლოგიური სადგური მდებარეობს უნივერსიტეტიდან დაახლოებით 5 კმ-ს დაშორებით ზღვის დონედან 560 მ სიმაღლეზე, ანუ 265 მ-ით დაბლა

თითქმის ალაზნის ველზე, ხოლო უნივერსიტეტის მეტეოსადგური ახასიათებს დაბალმთიანი ზონის ზედა სარტყელს და ამ თვალსაზრისით უნიკალურია.

ცხრილიდან ჩანს, რომ მიუხედავად სადგურის ადგილმდებარეობისა, ზაფხული ძალიან ცხელი იყო, უდუდესი ტემპერატურები 32⁰-ს აღემატება. განსახილველი პერიოდი უხვნალექიანი იყო. აპროლ-მაისში აღინიშნებოდა ინტენსიური ნალექები, რომელთა რაოდენობაც დღელამის განმავლობაში აღემატება 20 მმ-ს, ხოლო 8 ივლისს მოვიდა კატასტროფული ნალექები, რომელმაც გადააჭარბა 115 მმ-ს. უნალექობით გამოირჩევა აგვისტო.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია კლიმატის ძირითადი პარამეტრების შიდათვიური სვლის მაგალითები მაისისა და ივლისისათვის. ნახ. 1-დან კარგად ჩანს, თუ როგორ იცვლებოდა ამინდი დღიდან დღემდე. განსაკუთრებით ცვალებადი ამინდები იყო მაისში, რასაც ადასტურებს ტემპერატურის რყევა დიდ ფარგლებში. კერძოდ 3 მაისიდან 4 მაისს, ანუ ერთი დღის განმავლობაში საშუალო დღელამური ტემპერატურა დაეცა თითქმის 4⁰-ით. ასეთივე სიდიდით დაეცა ტემპერატურა 9-დან 11 მაისს, ხოლო 19 მაისიდან 22 მაისამდე ტემპერატურა თითქმის 7⁰-ით დაეცა. ეს გამონვეულია ცივი ტალღების მოქმედებით, რაც ჰაერის ცივი მასების შემოჭრას უკავშირდება. ამ მოვლენის საპირისპიროდ აღინიშნება თბილი ტალღები, რაც უკავშირდება თბილი ჰაერის მასების ადვექციას. მაგალითად 4 მაისიდან 9 მაისამდე საშუალო დღელამური ტემპერატურა 4⁰-ით გაიზარდა, ხოლო 11-დან 19 მაისამდე ტემპერატურა 7⁰-ით გაიზარდა. ტემპერატურის ასეთი მკვეთრი ცვლილებები ზაფხულის თვეებში ნაკლები ინტენსივობით აღინიშნება.

ნახ.1-ზე წარმოდგენილია აგრეთვე ჰაერის შეფარდებითი სინოტივის საშუალო დღელამური მნიშვნელობების და ატმოსფერული ნალექების დღელამური ჯამების თვიური სვლა. გრაფიკზე კარგად ჩანს 8 ივლისის კატასტროფული ნალექების პიკი.



ნახ.1. ჰაერის ტემპერატურის (1-საშუალო, 2-უდიდესი, 3-უმცირესი) დღელამური მნიშვნელობების (მარცხენა სვეტი), შეფარდებითი სინოტივის საშუალო დღელამური მნიშვნელობის (1), და ნალექების დღელამური ჯამების (2) თვიური სვლა (მარჯვენა).

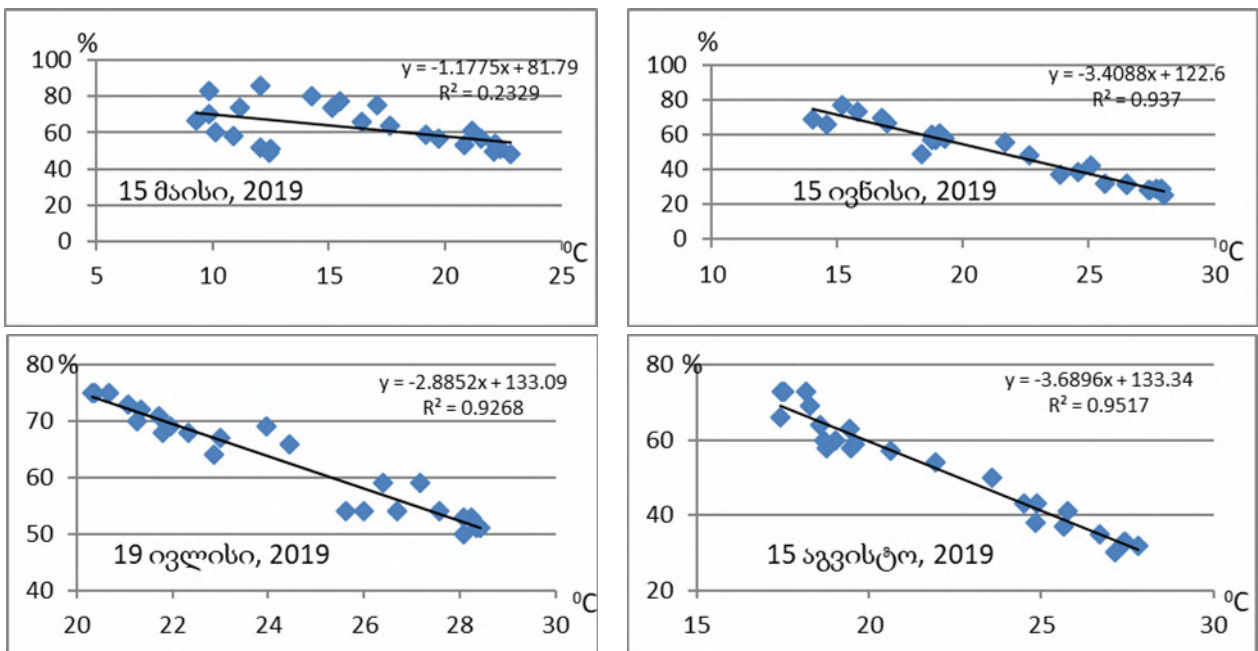
მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის კლიმატოლოგიის კომისიის, კლიმატის ცვლილების დადგენის და ინდექსების საექსპერტო ჯგუფმა კლიმატის ცვლილების 27 ძირითადი ინდექსი შეიმუშავა. მათ შორის არის ცხელი დღეები და ტროპიკული ღამეები. განმარტების თანახმად ცხელ დღედ ითვლება ისეთი დღე, როდესაც ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა აღემატება 25⁰-ს, ხოლო ტროპიკული ღამე ისეთი ღამეა, როდესაც მინიმალური

ტემპერატურა აღემატება 20⁰-ს [4,5]. ასეთი პირობები უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე და იწვევს მასზე სტრესულ სითბურ დატვირთვას. ძალიან მაღალი ტემპერატურების დროს ადამიანის ტემპერატურაც იზრდება და მყარდება ჰიპოთერმია, რა დროსაც აღინიშნება შინაგანი ორგანოების ანემიზირება და სითბური დარტყმა [2,3]. ცხრილი 2-ში წარმოდგენილია ცხელი დღეების და ტროპიკული ღამეების დადგომის თარიღების უნივერსიტეტის მეტეოსადგურის მონაცემებით.

ცხრილი 2. ცხელი დღეები და ტროპიკული ღამეები 2019 წლის ზაფხულის განმავლობაში

თვე	რიცხვი	
	ცხელი დღეები	ტროპიკული ღამეები
ივნისი	ყველა დღე	26,27,28
ივლისი	1 და 2 -ის გარდა ყველა დღე	19,20,21,22,23,25
აგვისტო	6,7,8, 9, 30,31-ის გარდა ყველა დღე	16,17,18,19,20,

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია დამოკიდებულებები ჰაერის ტემპერატურასა და შეფარდებით სინოტივის ყოველსაათობრივ მონაცემებს შორის, შესაბამისი რეგრესიის განტოლება და დეტერმინაციის კოეფიციენტი (R^2) სხვადასხვა თვეებისათვის. შერჩეულია თვის ცენტრალური რიცხვები, რომლებიც კარგად გამოხატავს თვის თავისებურებას. ტემპერატურასა და შეფარდებით სინოტივს შორის ურთიერთკავშირები გამოიკვლია ლებედევმა [1]. მან გამოაქვლინა, რომ კავშირები მათ შორის ზამთრის განმავლობაში დადებითია, ხოლო ზაფხულში უარყოფითია. შეფარდებითი სინოტივე დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე და წყლის ორთქლის პარციალურ წნევაზე. ზამთარში პარციალური წნევის წვლილი აღემატება ტემპერატურის წვლილს, ამიტომაც ტემპერატურა და სინოტივე ერთი მიმართულებით იცვლებიან. ზაფხულში სინოტივის ფორმირებაში ტემპერატურის წვლილი აღემატება ორთქლის პარციალურ წნევის წვლილს, ამიტომაც ის უარყოფით კავშირშია ტემპერატურასთან, ხოლო პარციალურ წნევაზე უმნიშვნელოდ არის დამოკიდებული.



ნახ.2. დამოკიდებულება ჰაერის ტემპერატურასა და შეფარდებით სინოტივს საათობრივ დაკვირვებათა შორის, შესაბამისი რეგრესიის განტოლება და დეტერმინაციის კოეფიციენტი (R^2).

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილი დამოკიდებულებებიდან ჩანს, რომ კავშირი ჰაერის ტემპერატურასა და შეფარდებით სინოტივს შორის დღეღამის განმავლობაში უარყოფითია და უფ-

რო მჭიდროა ზაფხულში ვიდრე გაზაფხულზე. თუ რამდენია ტემპერატურის ხვედრითი წილი შეფარდებითი სინოტივის ცვლილებაში უჩვენებს დეტერმინაციის კოეფიციენტი. მაგალითად ივნისში შეფარდებითი სინოტივის ჩამოყალიბებაში ჰაერის ტემპერატურის წვლილი თითქმის 94%-ს შეადგენს, ივლისში – 93%-ს, აგვისტოში – 95%-ს, მაშინ, როდესაც მაისში მისი წვლილი სინოტივის ფორმირებაში მხოლოდ 23%-ია. დანარჩენი წილი შეფარდებითი სინოტივის ფორმირებაზე მოდის ორთქლის პარციალურ წნევაზე, კერძოდ ივნისში შეადგენს 6%-ს, ივლისში – 7%-ს. აგვისტოში – 5%-ს, მაისში – 79%-ს. რეგრესიის განტოლების კოეფიციენტი მიუთითებს იმაზე, თუ რამდენი პროცენტით იცვლება შეფარდებითი სინოტივე ტემპერატურის 1⁰-ით მიმატებისას. როგორც კოეფიციენტები გვიჩვენებს ტემპერატურის 1⁰-ით მიმატებისას შეფარდებითი სინოტივე საშუალოდ იკლებს მაისში – 1.2%-ით, ივნისში – 3.4%-ით, ივლისში – 2.9%-ით, ხოლო აგვისტოში – 3.7%-ით. აღნიშნული ცვლილებები მხოლოდ კონკრეტულ დღეებს შეეხება, სხვა დღეებში ცვლილების სიდიდეები სხვა იქნება.

ლიტერატურა

1. Лебедев А.Н., Ходакова В.П. О взаимосвязи температуры и относительной влажности. //Метеорология и гидрология, № 12, Москва, 1959, с.13-20.
2. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Куталадзе Н.Б., Челидзе Н.З. Многолетнее изменение числа жарких дней и их температуры на территории Грузии в условиях глобального потепления.// Метеорология и гидрология, № 10, Москва, 2017, с. 83-90.
3. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Куталадзе Н.Б., Челидзе Н.З., Горгишели В.Э. Тропические ночи на территории Грузии. //Метеорология и гидрология, № 9, Москва, 2018, с.114-122.
4. <http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>
5. Peterson T.C. Climate Change Indices.// WMO Bulletin, 54 (2), 2005, pp. 83-86.

METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AT THE AUTOMATIC WEATHER STATION OF IAKOB GOGEBASHVILI TELAVI STATE UNIVERSITY

Elizbarashvili E.Sh.

Summary: *The observational data of the automatic weather stations of Iacob Gogebashvili Telavi State University are analyzed. Average climatic characteristics were obtained for a short period, their course in different months and the dependence of relative humidity on air temperature were studied. Hot days and tropical nights were revealed during the summer of 2019.*

Key words: *temperature, humidity, hot day, tropical night.*

TBILISI STATE UNIVERSITY EXTREMELY LOW FREQUENCY RADIATION RESEARCH NET (ELFTSU NET)

*Gheonjian L., **, Paatahshvili T., *Oragvelidze M., *Tsotskolauri P.

* Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**Abastumani Astrophysical Observatory of Ilia State University, Tbilisi, Georgia

Summary: A new instrument had been developed for observation of extremely low frequency (ELF, 300–3000 Hz) radio emission from natural sources related to seismic activity. We improve the design used for decades at Abastumani Astrophysical Observatory. This equipment was designed to study ELF earthquake precursors. We discuss the advantage to use the frequency of observations below the critical frequency of the ionosphere. The monitoring of the state of tectonic faults system in Caucasus requires dense network of stations equipped by identical, standardized receivers. Tbilisi State University Extremely Low Frequency Radiation Research Net (ELFTSU Net) is a project of Electrical and Electronics Engineering students. Students take part in the design and in the testing, also in the process of preparing documentation and models for its industrial production. The student expedition has collected various data of phenomena. These data are compared with the level of urban electromagnetic background. We have developed the modular concept of standard observation station which provides the possibility to choose the most convenient configuration required by the specific characteristics of the fault and the operating and maintenance conditions. The station is completely autonomous, can accumulate and transmit data and have significantly improved noise characteristics.

Key words – extremely low frequency (ELF) radio observations, earthquake ELF precursors, EM waves and applications.

1. INTRODUCTION

Tbilisi State University Extremely Low Frequency Radiation Research Net (ELFTSU Net) is a project of a network of Extremely Low Frequency (ELF, 300–3000 Hz) receivers for Caucasus tectonic faults system state monitoring [1-3]. It uses a new instrument, which has been developed for reception of ELF radio signals from sources related to seismic activity and is improved version of instrument, which was used for decades at Abastumani Astrophysical Observatory by which have been registered earthquake precursors [4].

Extremely Low Frequency Tbilisi State University Net (ELFTSU Net) is conceived as a base for scientific and educational activity of Electrical and Electronics Engineering students in practical analog and digital electronics, different sensor signal processing and transmission, modeling of natural electromagnetic phenomena and corresponding observational system, organization of scientific data collection networks.

The scientific concept of the project concerns that the seismicity of Caucasus geographical region includes external triggering and synchronization mechanism of earthquakes [5]. The Earth's luni-solar solid tide tension modulates tectonic tension of charging/discharging process of faults system. In accordance with the concept of self-organizing criticality [6], the energy discharge of fault, or earthquake, is an unpredictable phenomenon determined by entire system development. However, tension external modulation synchronizes the triggering moments with tides and discharge favorable critical time intervals are computable and observable.

There is a principal possibility of predicting earthquakes occurrence probability and power by monitoring the evolution and critical state of appropriate physical variables of tectonic faults system. Various studies [7-10] show that ELF radiation measurements at fault sites should be considered as the mean for monitoring seismic region critical state.

The phenomenon of seismic ELF generation is very complicated. Our experience and observations [4] also shows that the ELF radiation can be regarded as the product of tectonic fault activation and can be used for analysis of Caucasus fault system state.

For example we represent signal behavior observed in Abastumani before, during and after big earthquake. The M6.0 earthquake occurred near city Oni (Georgia; 2009/09/07 22:41:36.5 UTC; 42.66 N, 43.42 E; depth – 10 km; distance – 100 km from Abastumani). The ELF signal related to this strong event were recorded during the month before and the month after earthquake (Fig. 1).

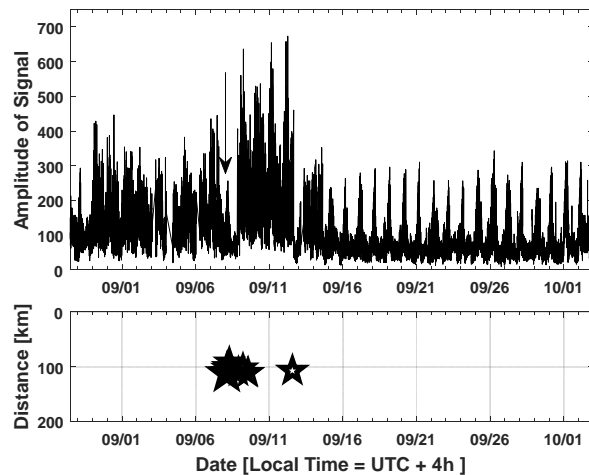


Fig. 1. The record of ELF radio emission before and after M6.0 earthquake (the magnitude is presented in receiver scale). The arrow indicates the time of the Oni M6.0 earthquake, subplot – distance and time of quakes, stars – M>4 aftershocks.

Firstly, two phases of phenomena are clearly separated. They can be called disturbed and calm. A clear sign of calm is a clear daily variation of the signal. For this record one can distinguish some characteristic phases: a change of the shape of the diurnal variation of the signal, an increase of the noise component; a sharp decrease of noise before the main shock of earthquake; a sharp increase in both the noise and diurnal variations during big aftershocks; Restoration of calm.

2. THE CONCEPT AND STRUCTURE OF ELF OBSERVATION STATION

We develop dense network of standardized ELF 0.3-3 kHz receivers with high technical parameters. The central frequency of this band – 0.8-1 kHz corresponds to half of critical frequency of the waveguide formed by the Earth's surface and the lower edge of the ionosphere located at the altitudes of about 100 km. The ELF radiation on this frequency does not propagate in the waveguide Earth-Ionosphere and in this frequency range it is possible to receive a signal only near its source. Our sources are tectonic faults.

Caucasus geographic region can be represented as a network of natural transmitters, and the observation network should be represented as a network of associated standardized receivers. The scientific and practical result of the network will depend on its density and uninterrupted long-term work. This establishes high technical requirements for receivers and their life support systems.

Modern analog and digital electronics make it possible to easily create complex and reliable systems. In the practice of scientific research, it is very important to adapt the technical means optimally to the task to be solved. It is necessary to identify the main modules of the device responsible for measuring the physical variables of the observed phenomenon, and additional, complementary modules supporting the functionality of the main ones.

The technical uniqueness of our task is determined by the following contradictory circumstances:

- The signal of interest to us is a natural electromagnetic noise accompanying tectonic processes and in contrast to the known radio engineering methods, the extension of the frequency band of our receiver improves the reception conditions of the signal of interest to us.
- The frequency range chosen by us is extremely unfavorable for the propagation of the electromagnetic signal, but this circumstance makes it possible to significantly improve the spatial selectivity of the

network. If the receiver is on a tectonic fault, the conditions for receiving a signal from it are most favorable. Geological data should be used to determine the locations of the ELF network stations.

There is still an emphasis on the development of expensive space monitoring systems, although the development of electronics and communications has made geophysical projects so cheaper that land-based earthquake precursor monitoring projects will compete with space projects.

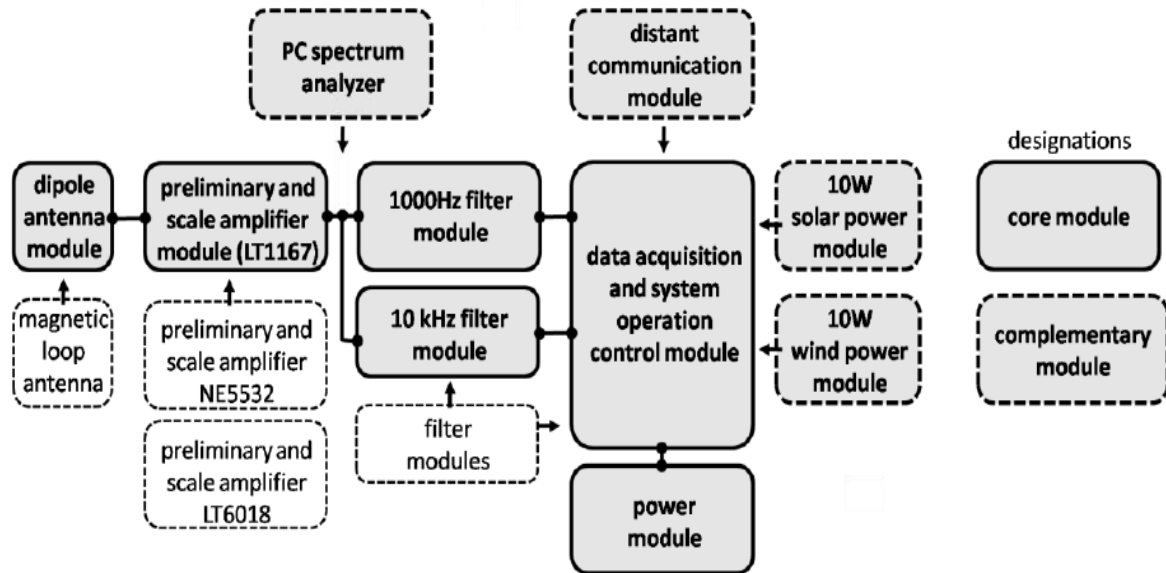


Fig. 2. The modular structure of ELFTSU Net station is represented by core modules and complementary modules.

Figure 2 represents the modular structure of ELFTSU Net station. The core modules are receiver antenna and preamplifier with scale amplifier, matching signal with dynamic range of analogue to digital converter. Our preamplifiers are instrumental amplifiers – the best technical solution in accordance with our objectives. Each modification has the gain equal to 1000 and differs by internal noise characteristics.

Different modifications of receivers will be offered to different groups of project participants for solving different tasks:

- Station with amplifier modification based on low noise operation amplifier may be offered to project participant Universities and students as kit for electronics and signal measurement study.
- The modification with an integrated high-quality amplifier significantly reduces the length of the antenna, allows deploying stations with two antenna and receivers to determine the direction to the signal source.
- The modification with amplifier based on ultralow noise operational amplifier has unique electrical parameters acceptable for precise observations, for example the ELF Earth eigenmodes.

The purpose of other modules is clear from Fig. 2. It is sufficient to perform one single measurement of the average value of the signal rectified and integrated in the receiver band once every 10 seconds.

3. THE STUDENT EXPEDITION

Planning the field testing of equipment, we also set the task to assess the electromagnetic situation at the points of the first observation stations [1]: to determine the characteristic background values of natural signals and electromagnetic pollution in the form of different harmonics radiated by the local power grid. We chose resorts Akhaldaba and Abastumani, city Akhalkalaki and the mountain Abuli. The data are complemented by the measurements carried out in Tbilisi, in one building of University (Tbilisi 1) and in nearby city park (Tbilisi 2). The summary result of all time series is shown in Fig. 3.

Records in Akhaldaba and Abastumani indicate the presence of the weakest background phenomena. On the plateau of Akhalkalaki we observed the entire process of formation of a hail storm cloud. The planned network will inevitably reflect thunderous meteorological activity. The task of the following expeditions and stationary observations is a reliable recording of diurnal and semi-diurnal fluctuations.

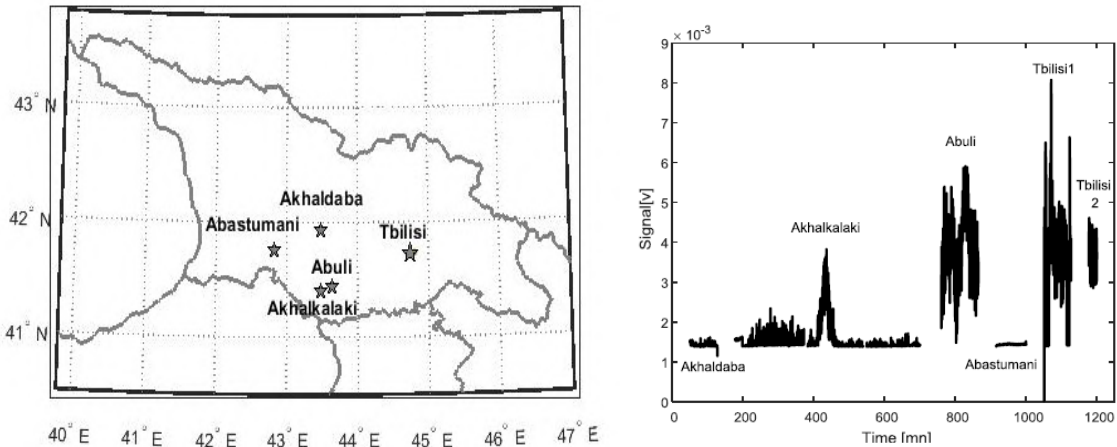


Fig. 3. The summary result of conducted measurements.

Our experience shows that situation associated with seismic activity is expressed as the increase in noise to such an extent that diurnal waves cannot be observed.

4. CONCLUSION

The monitoring of the state of tectonic faults system in Caucasus can be done by the network of extremely low frequency (ELF, 300–3000 Hz) receivers of ELFTSU Net, which is conceived as a base for academic collaboration of Universities.

References

1. Gheonjian L., Paatashvili T., Kapanadze G., Bebiava L., Kereselidze R., Rikadze A., Samkharadze D., Tsotskolauri P., Buzaladze I., Dighmelishvili T., Dolidze G., Evajian S., Gachechiladze S., Giorgobiani L., Kuprashvili I., Lomidze G., Oragvelidze M., Rakviashvili Sh., Tkhinvaleli A., Ubiria I. Tbilisi State University Extremely Low Frequency Radiation Research Net (ELFTSU Net): the First Measurements at Station Locations. // XXIIth IEEE International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), Dnipro, Ukraine, September 25-28, 2017, pp. 169-173.
2. Gheonjian L., Paatashvili T., Oragvelidze M., Tsotskolauri P. Tbilisi State University Extremely Low Frequency Radiation Research Net (ELFTSU Net): the Concept and Structure of ELF Observation Station. // XXIIIrd International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), Tbilisi, 2018, pp. 213-216.
3. Gheonjian L., Paatashvili T., Oragvelidze M., Tsotskolauri P. Tbilisi State University Extremely Low Frequency Radiation Research Net (ELFTSU Net): Earthquake Triggering and Synchronization Concept for the Net Operation. // XXIIIrd International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), Tbilisi, 2018, pp. 217-221.
4. Gheonjian L., Paatashvili T., Kapanadze G. ELF radio emission associated with strong M6.0 earthquake. // XXIIth IEEE International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), Dnipro, Ukraine, September 25-28, 2017, pp. 29-30.
5. Lursmanashvili O., Paatashvili T., Gheonjian L. Detecting quasi-harmonic factors synchronizing relaxation processes: application to seismology. // In: de Rubéis V., Czechowski Z., Teisseyre R. (eds) Synchronization and Triggering: from Fracture to Earthquake Processes. // Geoplanet: Earth and Planetary Sciences. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 305-322.
6. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality. // Physical review A, vol. 38, July 1988, pp. 364-374.
7. Molchanov O. A., Hayakawa M. Seismo-Electromagnetics and Related Phenomena: History and latest results. // TERRAPUB, March, 2008.
8. Pulnits S. The synergy of earthquake precursors. // in Earthquake Science, vol. 24, Issue 6, 2011, pp. 535–548.
9. Hayakawa M. Earthquake prediction with radio techniques. // John Wiley & Sons, 2015.
10. Parrot M., Li M. DEMETER Results Related to Seismic Activity. // Radio Science Bulletin, No 355, December 2015, pp. 18-25.

RADAR CHARACTERISTICS OF RAIN CLOUD WHICH CAUSED LANDSLIDE INTO AKHALDABA AND CATASTROPHIC FLOOD IN TBILISI ON JUNE 13-14, 2015

***Mitin M., **Khvedelidze I.

*State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

**Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
wolkalak@gmail.com

Summary: Data on the radar characteristics of a rain cloud that caused a landslide in Akhaldaba and a catastrophic flood in Tbilisi on June 13-14, 2015 are presented. The measurements were carried out using the “METEOR 735CDP10” weather radar located in the village. Chotori of Signagi Municipality of Georgia. The temporal variability of the maximum radar reflectivity of the cloud, precipitation intensity, etc. was studied. It is noteworthy that the cloud did not move much and was over the zone where the landslide descended for more than 5 hours. The consequences of this landslide are well known – the closure of the Vere River, the accumulation of water, the breaking of an artificial dam and the catastrophic flood in Tbilisi.

This example indicates the possibility of using a radar to predict landslides caused by heavy rains.

Key Words: Radar monitoring, precipitation, landslide, flood.

Introduction. Heavy rainfall is often the cause of freshets, floods and flooding [1-3]. Therefore, special attention is paid to a detailed study of the distribution of precipitation intensity in Georgia [4,5]. In connection with the restoration of the anti-hail service in Kakheti equipped with a modern radar [6,7], new opportunities for monitoring of atmospheric precipitation appeared [8,9]. There are several locations in Tbilisi, where from time to time there are floods and flooding as a result of heavy rainfall [1,2]. Catastrophic flood in Tbilisi on the night from 13 on 14 June 2015 – natural calamity, caused by abundant rains in the capital of Georgia on the night 13 on 14 June and by output from the banks of river Vere. As a result of the flood, residential houses and buildings were flooded, roads, infrastructure were damaged, and dozens of predatory animals fled from the zoo. About half of the inhabitants of the zoo died. The most difficult situation was in the area of the Vake-Saburtalo highway, where private residential buildings were flooded. Rescuers took measures to neutralize the predators walking around the city, and their return to the enclosures. The nearby shelter for dogs, in which most of the 450 inhabitants died, was also affected. Precipitation and a landslide destroyed several hundred meters of the section of the Tskhneti-Betania road, which has still not been restored. The total damage amounted to 200 million GEL. About 450 residents of the city suffered, 19 people died (https://ru.wikipedia.org/wiki/Наводнение_в_Тбилиси). Preliminary information about the radar characteristics of this process were given in [6,10,11]. More detailed data on the radar characteristics of this process are presented in this paper.

Methods. Meteorological radar “METEOR 735 CDP 10 – Doppler Weather Radar” is established in the village Chotori of the Signagi municipality of Kakheti region of Georgia [6,7]. The products of radar are sufficiently varied [8,9]. In this work two radar products were presented: HWIND(V), MAX(dBZ) and MPPI (dBz). Time designation (Fig. 1-4), for example, 14 hour 33 min – 14:33 h., etc. In Fig. 5 minutes are given in fractions of an hour.

Results and discussion. The results in Fig. 1-7 and Table 1,2 are represented. As follows from Table 1 and Fig. 1-3 process was intra mass.

Table 1
<p>Prediction of Instability to the Atmosphere Tbilisi, 13.06.2015 Total Totals Index TT = 49.4 Separate thunderstorm or several thunderstorms K Index = 35 Probability of thunderstorms: 60-80 % SWEAT — Severe Weather Threat index = 152 There are no conditions for the appearance of strong thunderstorms</p>

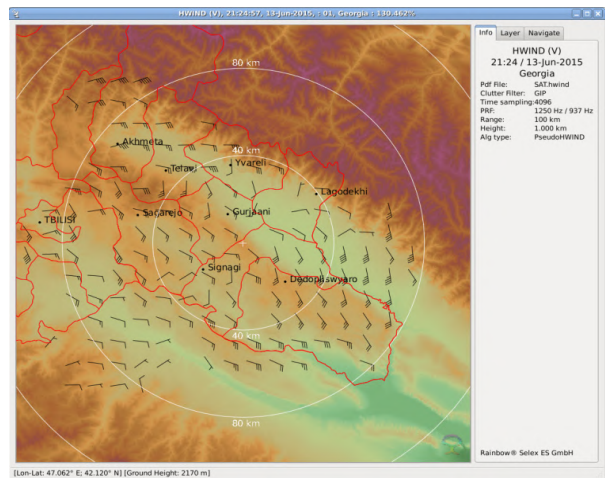


Fig. 1. Distribution of Wind Speed and Direction Above the Territory of Eastern Georgia.

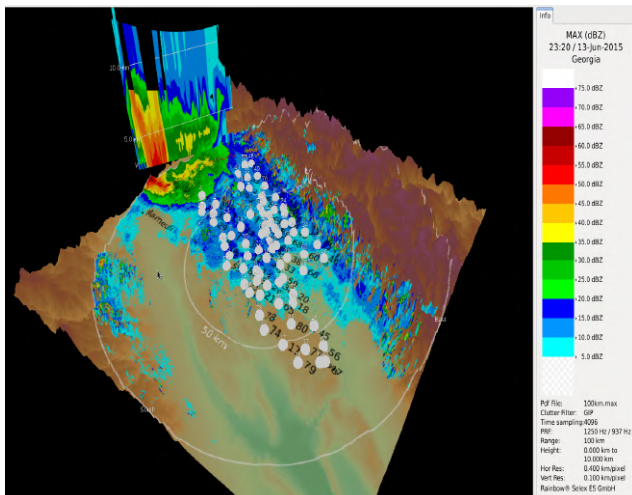


Fig. 2. 3D Picture of the Radar Reflectivity of Cloud Above the Location of Landslide on 13 June 2015 in 23:20 h.

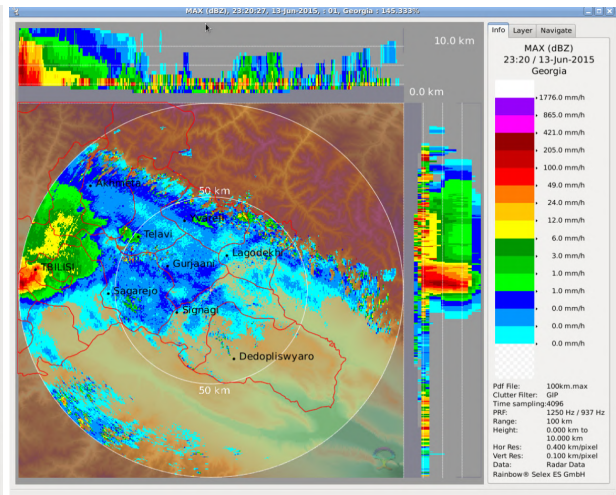
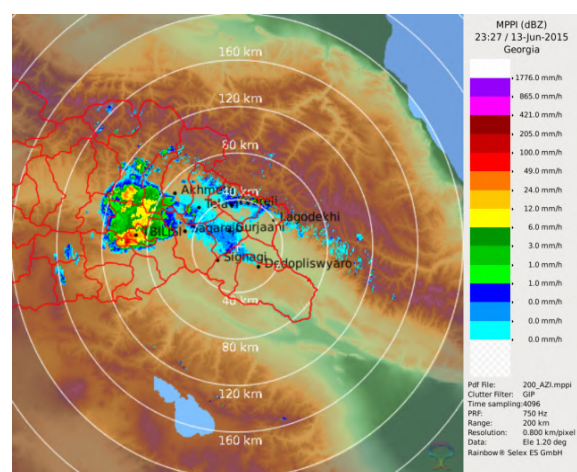
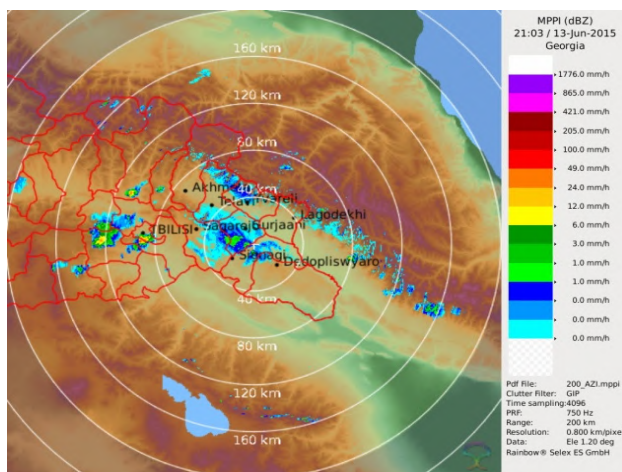


Fig. 3. Vertical and Horizontal Distribution of Intensity of Precipitation Above the Territory of Eastern Georgia on 13 June 2015 in 23:20 h.



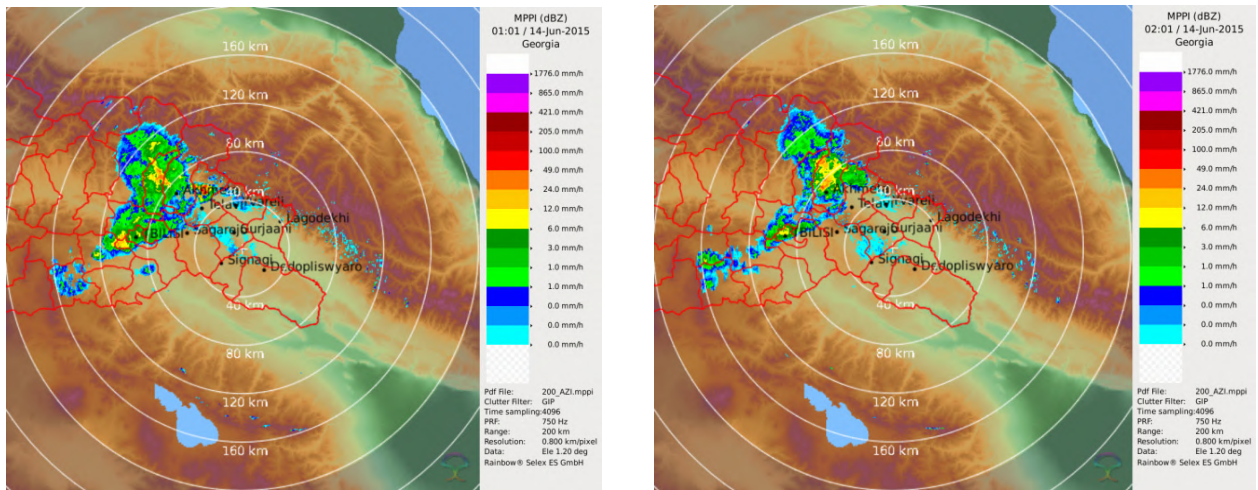


Fig. 4. Data of the Precipitation Intensity in Tbilisi on 13-14 June 2015 in 21:03, 23:27, 01:01 and 02:01 h.

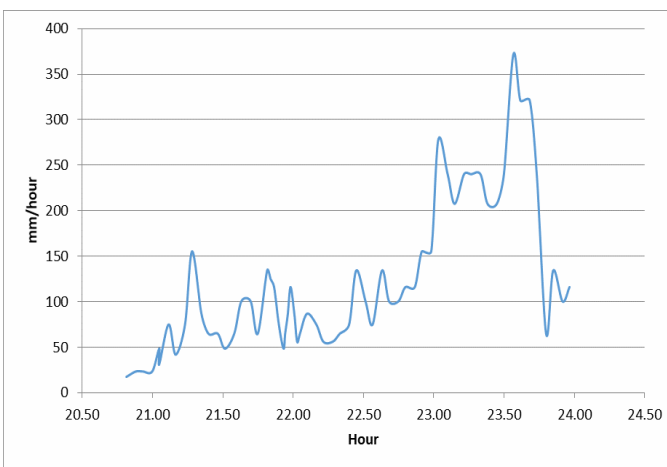


Fig. 5. Change in the Time of Precipitation Intensity Under Zone with the Maximum Radar Reflectivity of the Cloud on 13 June 2015 from 20.82 to 23.97 h.

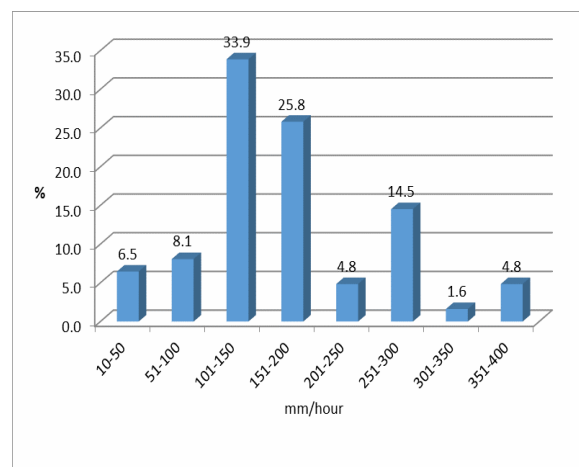


Fig. 6. Repetition of Precipitation Intensity Under Zone with the Maximum Radar Reflectivity of the Cloud on 13 June 2015 from 20.82 to 23.97 h.

Table 2

Statistical Characteristics of the Intensity of the Precipitation of Cloud in the Region of Akhaldaba on 13 June 2015 with 20.82 to 23.97 h. under the Zone with the Maximum Radar Reflectivity (mm/hour).

Parameter	Precipitation	Parameter	Precipitation
Count	62	St Dev	81.6
Mean	120.4	σ_m	10.4
Min	17.6	Cv (%)	67.8
Max	371.4	As(skew)	1.2
Range	353.8	Exc(kurt)	0.9
Median	100.5	99% CONF-L	92.6
Mode	65.0	99% CONF-U	148.2

As follows from Table 1 on June 13-14, 2015 are no conditions for the appearance of strong thunderstorms. In Fig. 1. distribution of wind speed and direction above the territory of eastern Georgia at the level 1.0 km according to the radar data on 13 June 2015 in 21:24 h. is presented. In particular, as follows from this figures, over Tbilisi the wind has no definite direction. Accordingly, the cloud is not very mobile (Fig. 2,3).

In Fig. 4 radar data of the precipitation intensity in Tbilisi on 13-14 June 2015 in 21:03, 23:27, 01:01 and 02:01 h. are presented. As it follows from this figures, the rain cloud of almost five hours was located in one and the same place. Precipitation intensity at the separate moments of time was found in the range 17.6-371.4 mm/h. (Fig. 4-6, Table 2). Sum precipitation for 3.15 hour was 379 mm (Fig. 5, Table 2). That's, extreme rain was observed. The prolonged presence of cloud (almost 5 hours) at one and the same place caused catastrophe. Note that in Tbilisi in 1957-2006 the maximum sum of daily precipitation was 130.1 mm [5,11].

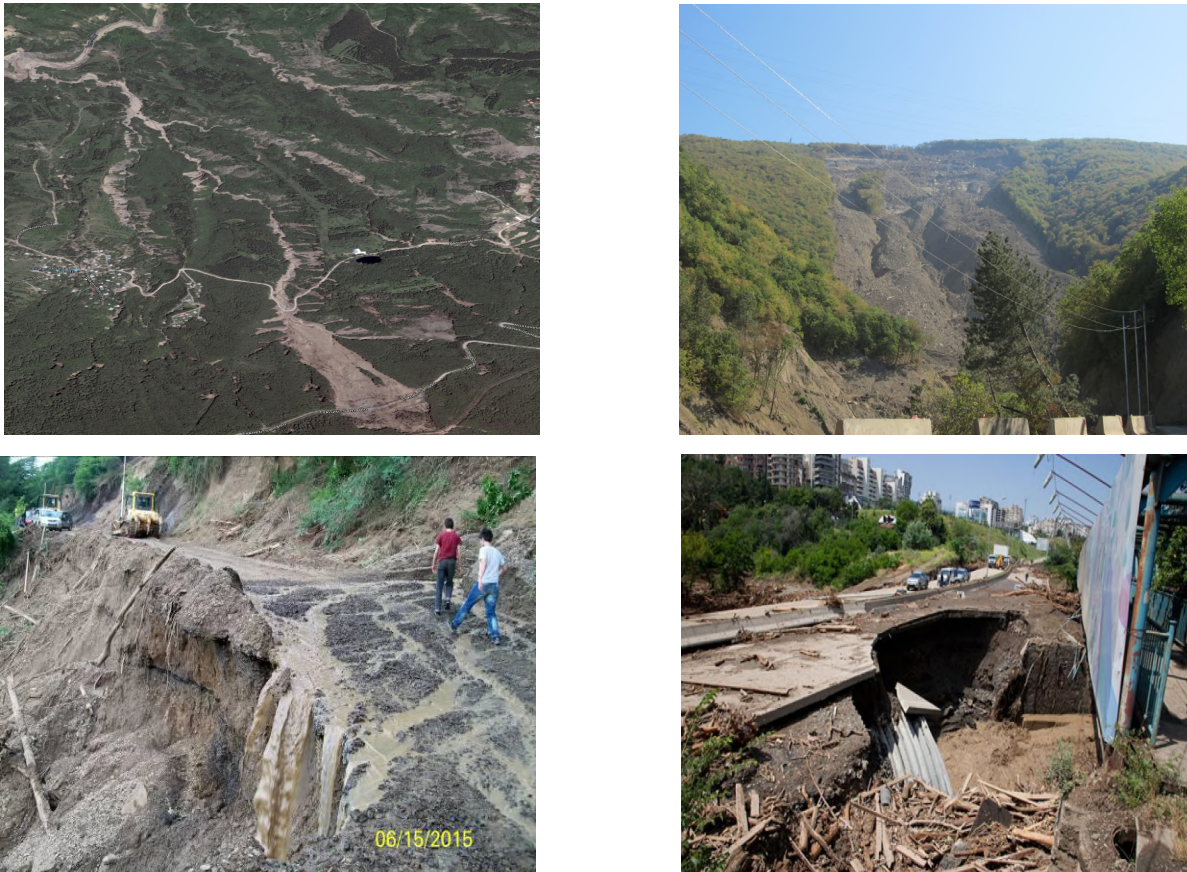


Fig. 7. Landslide into Akhaldaba and its Consequences.

In fig. 7 presents images of a landslide in Akhaldaba and its consequences for the infrastructure of Tbilisi city as a result of the subsequent flood.

Conclusion. In addition to anti-hail operations, the radar is planned to be used for monitoring and forecasting hazardous meteorological phenomena. In particular, preparatory work is being conducted on the radar prognostication of landslides caused by intensive precipitation.

Acknowledgement. The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Amiranashvili A., Dolidze J., Tsereteli N., Varazanashvili O. Statistical Characteristics of Flash Flood in Georgia //Papers of Int. Simp. On Floods and Modern Methods of Control Measures, ISSN 1512-2344, 23-28 September 2009, Tbilisi, pp. 28-36.
2. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // Natural Hazards, Vol. 64, Number 3, 2021-2056, 2012, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3 , <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.

3. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight with Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. // NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.iospress.nl> <http://www.springer.com>;
4. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. // Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-87.
5. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.
6. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.18B, 2015, pp. 92-106.
7. Abaiadze O., Avlokhshvili Kh., Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Kiria J., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Khetashvili A., Tskhvediasvili G., Chikhladze V. Radar Providing of Anti-Hail Service in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2016, vol. 66, pp. 28-38, (in Russian).
8. Avlokhshvili Kh., Banetashvili V., Gelovani G., Javakhishvili N., Kaishauri M., Mitin M., Samkharadze I., Tskhvediasvili G., Chargazia Kh., Khurtsidze G. Products of Meteorological Radar «METEOR 735CDP10». // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tb., 2016, vol. 66, pp. 60-65, (in Russian).
9. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. // Rainbow®5 User Guide, 464 p., www.gematronik.com
10. Banetashvili V., Gelovani G., Grebentsova A., Javakhishvili N., Iobadze K., Mitin M., Saginashvili N., Samkharadze I., Khurtsidze G., Tsereteli A., Tskhvediasvili G., Chkhaidze B. Some Examples of Strong Precipitation in Eastern Georgia According to the Data of Radar Surveillance of 2015. // Trans.of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 66, Tbilisi, 2016, pp. 75-83, (in Russian).
11. Amiranashvili A., Kereselidze Z., Mitin M., Khvedelidze I., Chikhladze V. Alarming factors of the Microclimate of the Vere River Valley and their Influence on the Floods Intensity. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 69, Tbilisi, 2018, pp. 204-218, (in Georgian).

RADAR MONITORING OF HAIL PROCESSES IN EASTERN GEORGIA AND ITS NEIGHBORING COUNTRIES (AZERBAIJAN, ARMENIA)

^{**}Gvasalia G., ^{*}Kekenadze E., ^{***}Mekoshkishvili N., ^{****}Mitin M.

^{*}State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

^{**}National Environmental Agency of Georgia, Tbilisi, Georgia

^{***}Agricultural and Rural Development Agency, of Georgia, Tbilisi, Georgia

^{****}Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
wolkalak@gmail.com

Summary: Examples of radar monitoring of hail processes in eastern Georgia and its neighboring countries (Azerbaijan, Armenia) are presented. Monitoring was carried out using the METEOR 735CDP10 weather radar. In the case of relevant interstate agreements, it is possible to organize an international service for short-term warning of the population and emergency structures about the possibility of dangerous meteorological phenomena.

Key Words: Radar monitoring, dangerous meteorological processes, hail, precipitation.

Introduction. Georgia is one of the most hail-dangerous countries of world [1, 2]. Taking into account the significant economic damage, brought by hail damages, in Georgia in the beginning of the fifties of past century began works on the fight with the hail [3, 4]. These works continued until 1989 and were renewed using newest technologies in Kakheti region of Georgia in 2015 [5-7]. The anti-hail service is equipped with a modern meteorological radar, which in the future, in addition to anti-hail activities, is planned to be used for operational monitoring of dangerous hydro-meteorological processes in eastern Georgia and adjacent territories [8-11]. Below are an examples of such use of radar outside the hail-protected territory in the case of the hail process in Tbilisi and Kakheti on May 28, 2019, Belaken (Azerbaijan) on May 10, 2019 and Ijevan (Armenia) on May 20, 2019.

Material and methods. The Anti-hail service is equipped with contemporary C-band, dual polarized Doppler meteorological radar “METEOR 735 CDP 10 – Doppler Weather Radar”, which is installed in the village Chotori (1090 m height from sea level) of the Signagi municipality of the Kakheti region of Georgia. The products of radar are sufficiently varied. For the anti-hail works the optimal radius of action of radar is 100-120 km, (distance, which practically covers the territory of Kakheti and the some parts of the territories of Armenia and Azerbaijan). In this work two radar products are presented, MAX(dBZ) and HAILSZ (Size) [12, 13]. The expected size of hailstones falling out to the earth's surface was calculated according to the Zimenkov-Ivanov model of hail melting in the atmosphere by taking into account the radar data about their diameter in the clouds [14]. The mass media information about the hail damages is also used to show the full picture.

The following designations will be used below: D_0 – maximum hail diameter in cloud, cm; D – maximum hail diameter at the ground level, cm; time designation, for example, 14 hour 33 min – 14:33 h., etc. In Fig. 3 minutes are given in fractions of an hour.

Results. The results in Fig. 1-10 and Table are represented.

Fig. 1 presents the fragments of the radar product MAX(dBZ) about the hail process in eastern Georgia in 16:37, 16:46, 16:55 and 17:04 hour. As it follows from this Fig. and Fig. 2 hail clouds in the indicated time simultaneously they were observed above Tbilisi and two locations of Kakheti (municipalities Sagarejo and Kvareli). The diameter of hail stones in the clouds was changing from 0.9 (Tbilisi) to 3.5 (municipalitie Sagarejo) cm. The diameter of hail stones on the earth's surface was changing from 0.2 (Tbilisi) to 3.2 (municipalities Sagarejo) cm (Fig. 3, Table).

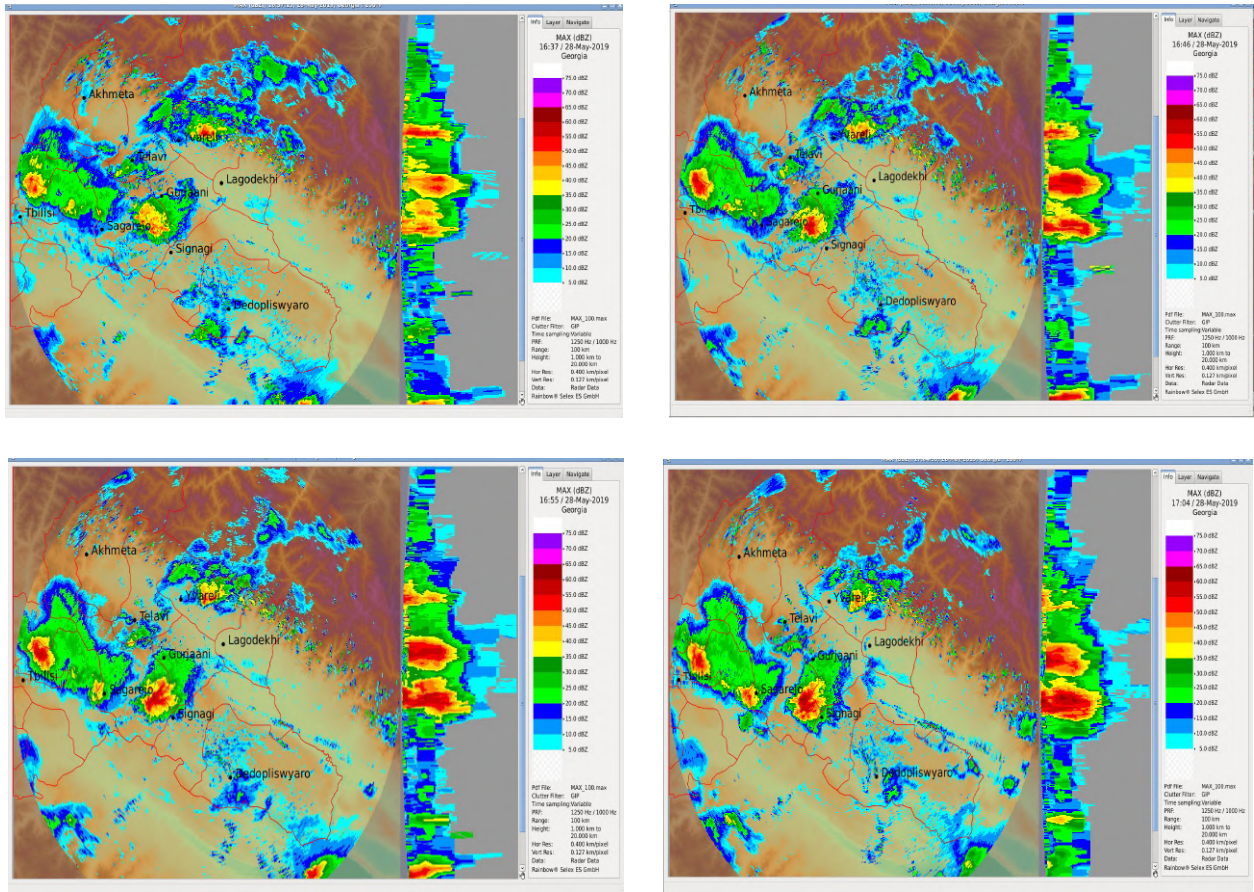


Fig. 1. Data of radar product MAX(dBZ) about hail process in Tbilisi and Kakheti on May 28, 2019 in 16:37, 16:46, 16:55 and 17:04 h.



Fig.2. Hail Processes Trajectory in Tbilisi and Kakheti 28.05.2019 from 16:34 to 17:04 h.

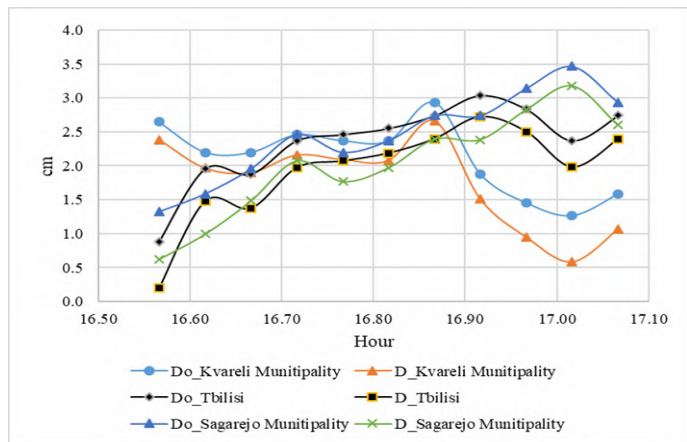


Fig. 3. Hail Size Changeability in Clouds and at the Ground Level in Tbilisi and Kakheti on May 28, 2019

<https://imedinews.ge/ge/saqartvelo/107002/dzlierma-tsvimam-da-setkvam-tbilisshi-problemebi-sheqmna-poto>

Statistical Characteristics of Hail Size in Clouds and at the Ground Level in Tbilisi and Kakheti on May 28, 2019

Location	Do_Tbilisi	D_Tbilisi	Do_Sagarejo Municipality	D_Sagarejo Municipality	Do_Kvareli Municipality	D_Kvareli Municipality
Min	0.9	0.2	1.3	0.6	1.3	0.6
Max	3.0	2.7	3.5	3.2	2.9	2.7
Mean	2.3	1.9	2.4	2.0	2.1	1.8

In the municipality Sagarejo to 100% about 600 hectare of agricultural land was damaged. In this day the anti-hail service conked out because of the ban on the action by the organs of aviation.



Fig. 4. Hail in Tbilisi. Photo left by I. Tbeli, right – M. Bokolishvili

<https://imedinevs.ge/ge/saqartvelo/107002/dzlierma-tsvimam-da-setkvam-tbilisshi-problemebi-sheqmna-poto>
<https://imedinevs.ge/ge/saqartvelo/107002/dzlierma-tsvimam-da-setkvam-tbilisshi-problemebi-sheqmna-poto>

In Tbilisi from the hail especially suffered the regions of Gldani, Digomi, Vazisubani, Varketili and Sanzona (Fig. 2, 4).

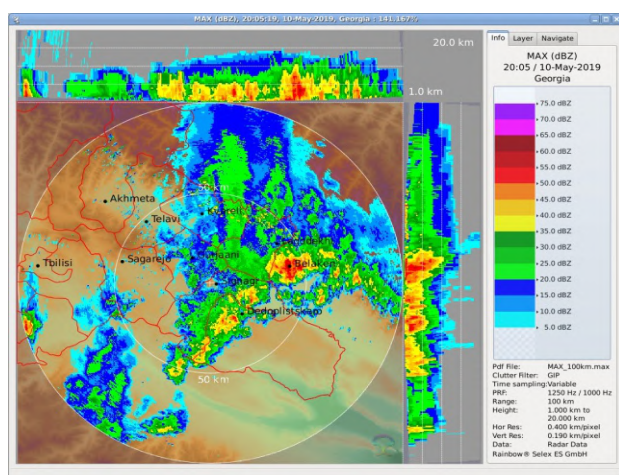


Fig. 5. Data of Radar Product MAX(dBZ) About the Hail Cloud on 10 May 2019 in Belaken in 20:05

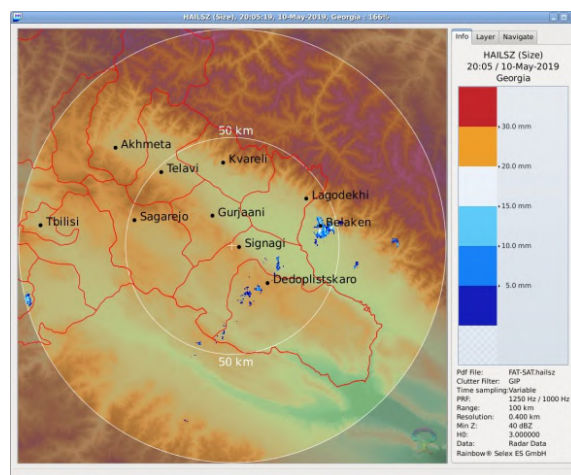


Fig. 6. Data of Radar Product HAILSZ About the Hail Cloud on 10 May 2019 in Belaken in 20:05 h. (D₀ = 15-20 mm).

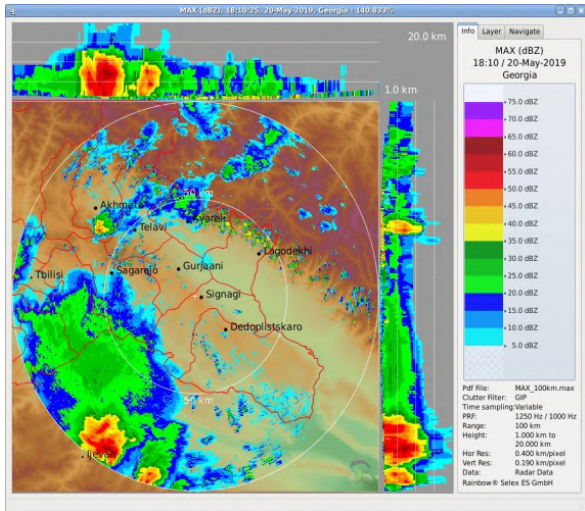


Fig. 7. Data of Radar Product MAX(dBZ) About the Hail Cloud on 20 May 2019 in Ijevan in 18:10 h.

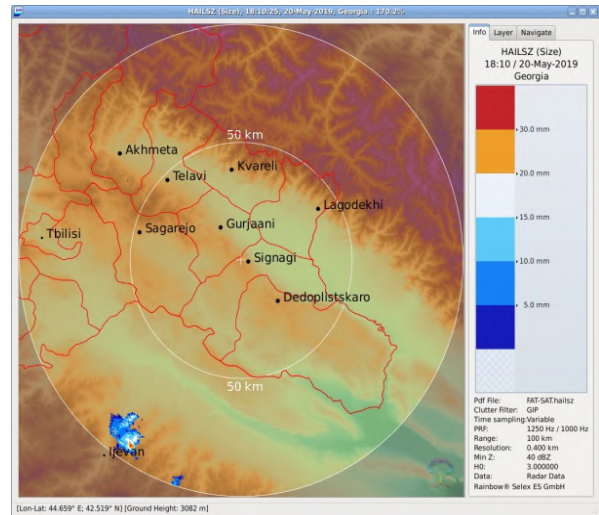


Fig. 8. Data of Radar Product HAILSZ About the Hail Cloud on 20 May 2019 in Ijevan in 18:10 h. ($D_0 = 30\text{-}35$ mm).

Fig. 5-8 presents the fragments of the radar products MAX(dBZ) and HAILSZ about the hail process in Belaken environments (10 May 2019, 20:05 h.) and Ijevan environments (20 May 2019, 18:10 h.).



Fig. 9. Hail in the Belaken Environments on 10.05.2019.



Fig. 10. Hail in the Ijevan Environments on 20.05.2019.

In the environments of Belaken fell out the hail (Fig.9, <https://aviton-press.ru/v-azerbaidjane-vypal-grad.html>). Hail damage caused significant loss to agricultural crops in several communities of Ijevan region (Fig. 10, <https://www.panorama.am/ru/news/2019/05/21/Град-Армения/2117870>).

Conclusion. At present, the anti-hail service carries out continuous radar monitoring of weather in eastern Georgia and adjacent territories of neighboring countries. The radar information is transmitted in parallel to the National Environmental Agency of Georgia. In the near future, it is planned to further improve the system of operative warning of the population about dangerous hydro-meteorological phenomena.

Acknowledgement. The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // Natural Hazards, Vol. 64, Number 3, 2021-2056, 2012, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.

2. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 77 – 100, (in Russian).
3. Amiranashvili A., Bakgsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R. On the Necessity of Resumption of Atmospheric Processes Modification Activities in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.144-152, (in Russian).
4. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. // In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
5. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). //Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.
6. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2016, vol. 66, pp. 14 – 27, (in Russian).
7. Amiranashvili A.G., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Kaishauri M.N., Sauri I.P., Chargazia Kh.Z., Chikhladze V.A. Obnovlennaya Sluzhba Bor'by s Gradom v Kakhetii i perspektivy razvitiya rabot po modifykatsii pogody v Gruzii. //Doklady Vserossiyskoy konferentsii po fizike oblakov i aktivnym vozdeystviyam na gidrometeorologicheskiye protsessy, 23-27 oktyabrya 2017 g., chast' 2, FGBU «Vysokogornyy Geofizicheskiy Institut», Nal'chik, ISBN 978-5-00109-257-5 ch.2; ISBN 978-5-00109-258-2, 2017, s. 135-162, (in Russian), http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/6498/1/Амиранашвили...Конф_ВГИ_2017_Часть_2_с._155-162.pdf
8. Abiaidze O., Avlokhashvili Kh., Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Kiria J., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Khetashvili A., Tskhvediasvili G., Chikhladze V. Radar Providing of Anti-Hail Service in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2016, vol. 66, pp. 28-38, (in Russian).
9. Banetashvili V., Grebentsova A., Javakhishvili N., Jamrlishvili N., Kaishauri M., Mitin M., Saginashvili N., Khurtsidze G., Tsereteli A., Chargazia Kh., Chkhaidze B. Some examples of hail processes in Kakheti according to the data of radar surveillance in 2015. //Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tb., 2016, pp. vol. 66, 66-74, (in Russian).
10. Jamrlishvili N. K., Javakhishvili N.R., Sauri I. P., Tavidashvili Kh.Z., Telia Sh. O. Comparison of the Radar and Ground-Level Characteristics of the Hail Process On 10 June 2017 In Tbilisi. // Int. Sc. Conf. „Modern Problems of Ecology“ Proc., ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018, pp. 134-137.
11. Javakhishvili N.R. Radar Characteristics of the Hail Process on 10 June 2017 in Rustavi Municipality (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(1), 2018, pp. 41 -47.
12. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. Rainbow®5 User Guide, 2015, 464 p., www.gematronik.com
13. Avlokhashvili Kh., Banetashvili V., Gelovani G., Javakhishvili N., Kaishauri M., Mitin M., Samkharadze I., Tskhvediasvili G., Chargazia Kh., Khurtsidze G. Products of Meteorological Radar «METEOR 735CDP10». // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tb., 2016, vol. 66, pp. 60-65, (in Russian).
14. Jamrlishvili N. K., Tavidashvili Kh. Z. Estimation of the Diameter of Fallen to the Earth's Surface Hail Stones Taking into Account Their Size in the Cloud and the Heights of Zero Isotherm Under the Conditions of Kakheti Region of Georgia. // International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018.

ON THE PREDICTION OF FLOODS CAUSED BY RAINFALL IN THE AREA OF ACTION OF THE METEOROLOGICAL RADAR “METEOR 735CDP10”

*Javakhishvili N., **Janelidze I.

*State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

**Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
javakhishvilinodari@gmail.com

Summary: Meteorological radar “METEOR 735CDP10” manufactured by “SELEX” (Germany) has been used since 2015 in the operational work of the anti-hail service of Georgia (indication of radar parameters for active exposure to hail dangerous and hail clouds – maximum reflectivity of clouds, height of maximum reflectivity, maximum cloud height, the size of hailstones in the cloud, etc.). Work is carried out in the Kakheti region of Georgia. The working radius of the radar in this case is 100-120 km and covers the entire territory of Kakheti. Season of the anti-hail works continues from April to October. The radar also allows you to determine the intensity of liquid precipitation, and when fixing in its computer program the coordinates of the area where floods often occur during rainfall, it is possibility forecasting these floods. Moreover, out the season of anti-hail works, the radius of the radar can be increased to 200 km and almost cover almost the entire territory of Eastern Georgia.

The paper provides a map of points with recurring floods during rainfall in Eastern Georgia and examples of comparing radar data on precipitation intensity with flood data at these points. The accumulation of this information will allow creating an algorithm for flood forecasting in Eastern Georgia based on the results of radar monitoring of the precipitation intensity.

Key Words: Radar monitoring, prediction of floods.

Introduction

Georgia – small mountain country with 15 climatic zones, on territory of which different forms of geophysical catastrophes happen from time to time (drought, hurricanes, lightning, hail damage, degree of frost, fogs, frosts, landslides, mudflows, snowy avalanches, sudden floods, earthquake). Therefore, special attention was always paid and is paid to the study of dangerous geophysical phenomena in Georgia. In recent years special attention was paid to the works on an estimation of risks and multi risks of natural catastrophes, including hydro-meteorological (thunderstorm, hail, fogs, avalanche, frosts, flood, gale wind, etc.). Territory of the Georgia was divided into districts according to the degree of hydro-meteorological danger, economic damage, etc. [1].

A significant quantity of catastrophes (flood, seasonal floods, flooding) is connected with thaw of snows, and also protracted or strong (usually into the warm half-year) atmospheric precipitations [2-4]. Thus, in Georgia in 2016-2018 about 80 days with the indicated hydro-meteorological phenomena were observed (Fig. 1).

In connection with that, both in the early periods of time and at present, significant number of works is devoted to a study of the time-spatial characteristics of atmospheric precipitations, their changeability in connection with climate change, and also to the prognostication of this changeability on the territory of Georgia [5-7]. In addition to this, meteorological radar has the ability to give us a short term prognostications of heavy atmospheric precipitation for the purpose of warning of different organizations and population about the possibility of the floods, seasonal floods, and floodings in the concrete localities. The meteorological radar existing in the anti-hail service was acquired because it has such applications [8-10].

Material and methods

Meteorological radar “METEOR 735 CDP 10 – Doppler Weather Radar” is established in the village Chotori of the Signagi municipality of Kakheti region of Georgia [8]. The products of radar are sufficiently varied [10, 11]. This work presents radar product MPPI (dBz), which makes it possible to determine precipitation intensity. In this case radius of action of radar is 200 km (distance, which practically covers the territory of eastern Georgia and the significant parts of the territories of Armenia, Azerbaijan, North Caucasus, Fig. 1, 2).

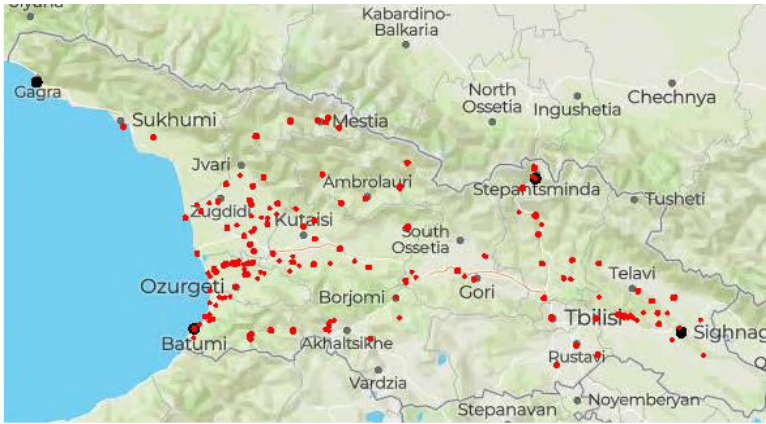


Fig. 1. Distribution of Heavy Rainfall, Floods and Floodings on the Territory of Georgia in 2016-2018.

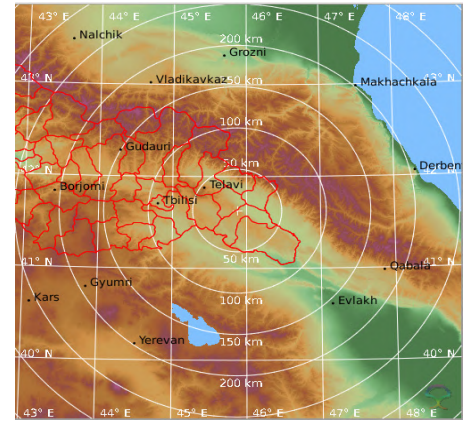


Fig. 2. Radar Coverage for Rainfall Measurement.

At present we are working on comparing radar data about the precipitation intensity with the cases of floods, seasonal floods and floodings on the territory of eastern Georgia, which in the first approximation, will make it possible to create the algorithm of the prognostication of these phenomena. Some examples of radar observations for the separate days with strong precipitations in eastern Georgia, which led to the indicated negative phenomena are given below.

Results and discussion

The results in Fig. 3-8 are shown.

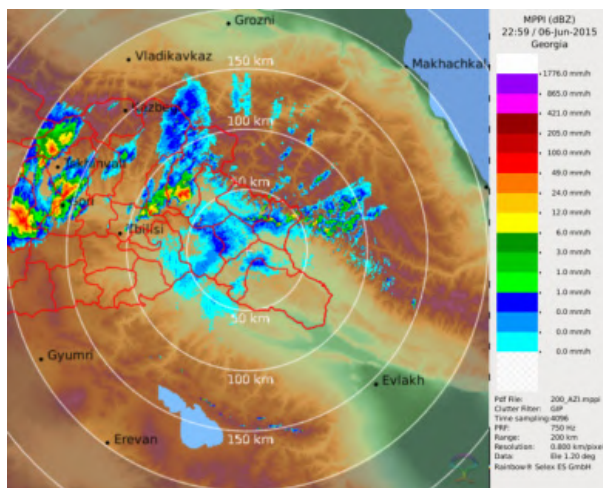


Fig. 3. Radar Picture of Precipitation Intensity in Gori on June 6, 2015

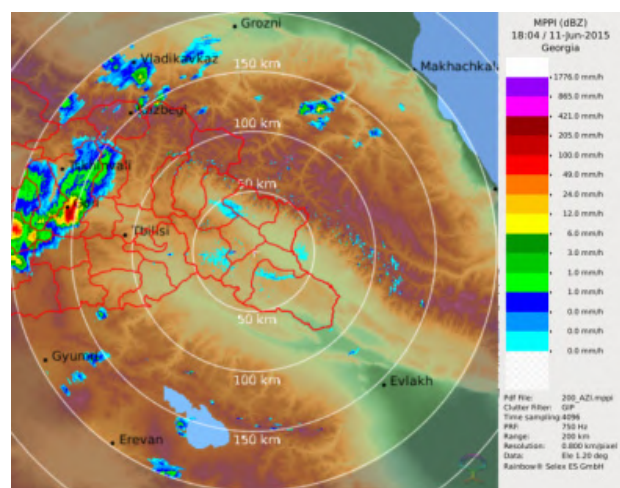


Fig. 4. Radar Picture of Precipitation Intensity in Gori on June 11, 2015

Fig. 3 depicts data of radar surveillance of the intensity of the precipitation of the city Gori on 6 June 2015 in 22:59 hours. Western process was observed during this day. Judging by the radar pictures, precipitation intensity in the Gori municipality reached 100 mm/h. Precipitations led to the flood. On the

night of 7 June 2015 as a result of four hour long intensive rain in the Gori municipality completely flooded more than 20 villages. To 100% were destroyed agricultural land in the populated areas of Olozi, Tsedisi and Bnavisi in the Aneni gorge. Mud-and-gravel that flowed from the mountains overlapped rural roads. The territory on which the refugees settled in Shavshvebi was flooded. Flood flows from the mountains flooded several apartment houses in the village of Akhaldaba. In the village of Skra the left coasts of the river of Skra destroyed the village water supply.

In five days on 11 June, as a result of pouring rains, waters of the left the coasts of river in the Ateni gorge flooded in the villages apartment houses, roads, homestead sections (rain continued for about 40 minutes). Poultry and small livestock perished, several houses tore away from the foundation and took away. The harvest of fruits and grapes was destroyed, water laid sowings. Flood flows in some places blocked the roads. Bridges were damaged. In the previous week Ateni gorge was already damaged by hail twice. Radar data surveillance of the intensity of precipitation over the city of Gori on 11 June 2015 on 18:04 hours are represented in Fig. 4. Western process were observed in both preceding case and during that day. Precipitation intensity reached 100 mm/h.

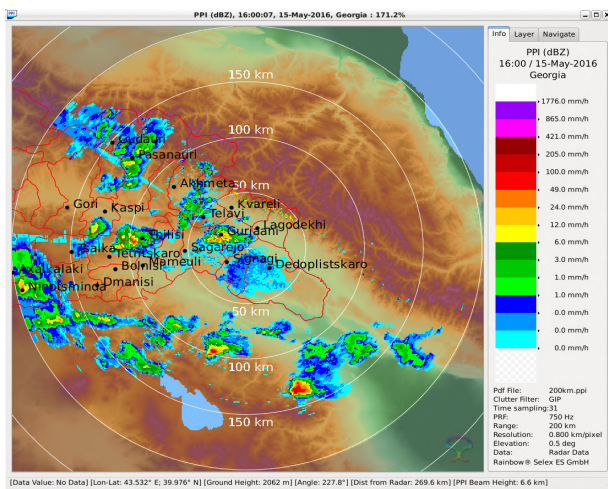


Fig.5. Radar Picture of Precipitation Intensity in Kakheti on May 15, 2016

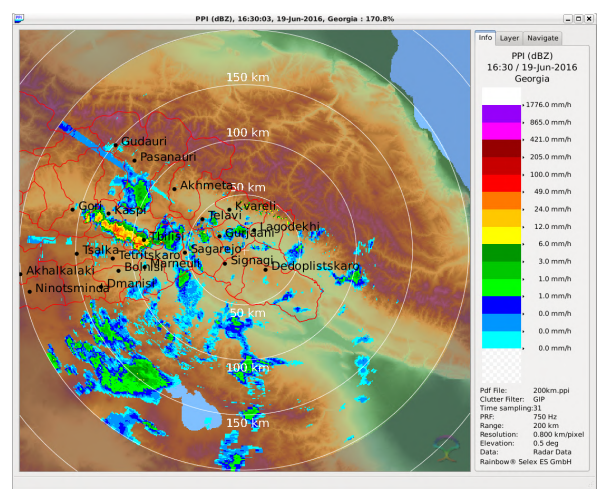


Fig. 6. Radar Picture of Precipitation Intensity in the Adigeni Municipality on May 29, 2016

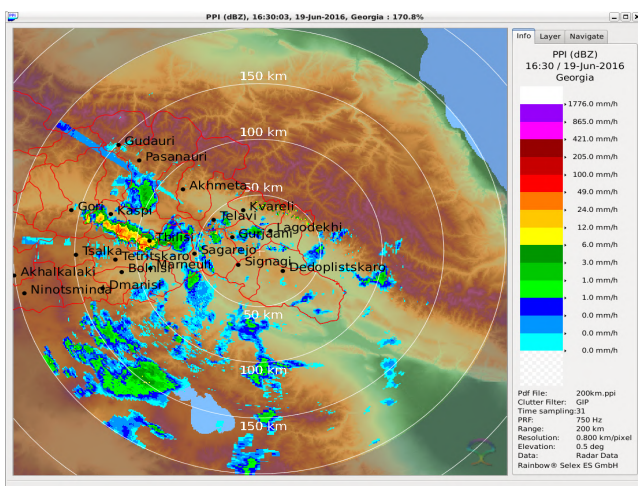


Fig. 7. Radar Picture of Precipitation Intensity in the Gori Municipality and Tbilisi on June 19, 2016

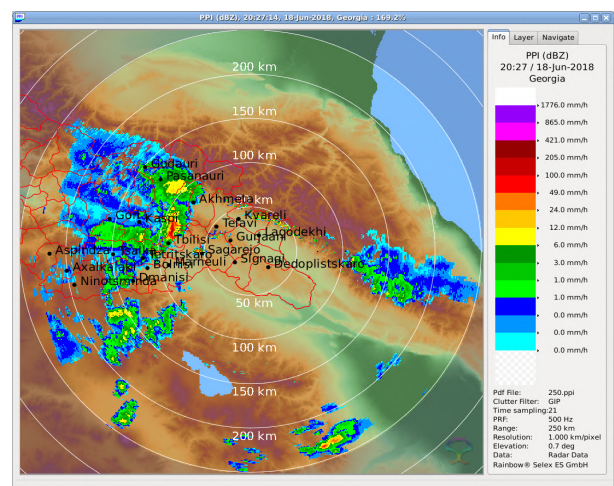


Fig. 8. Radar Picture of Precipitation Intensity in the Dusheti Municipality on June 18, 2018

On May 15, 2016, residential houses in the villages of Chayluri, Kakabeti, Burdiani were flooded in Kakheti (Fig. 5). This figure also demonstrates the possibility of radar monitoring of precipitation intensity outside of Georgia. 29.05.2016 the villages of Varhani, Benari, Arali and other settlements (Adigeni municipality) were affected, and cattle and poultry were washed away by streams of water (Fig. 6).

19.06.2016 (Fig. 7) flooded bridge in the center of Ruisi (Gori municipality), stopped traffic. Flooded Tsavkisi gorge (Tbilisi).

18.06.2018 in Dusheti (Fig.8), the basements of residential buildings were flooded, the crop were destroyed (rainfall up to 100 mm/hour). Fig.8, like Fig. 5, also demonstrates the possibility of radar monitoring of precipitation intensity outside Georgia.

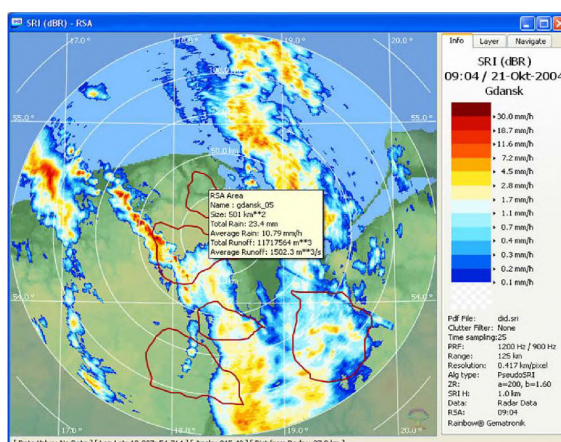


Fig. 9. Example of Radar Product – RSA RIVER SUBCATCHMENT ACCUMULATION to Determine the Degree of Flooding of a Specific Area [10].

Conclusion.

Subsequently, for the purpose increasing the accuracy of the radar measurements of precipitation intensity in real time, it is intended to place in the investigated region the network of the automatic precipitation gauges, remotely conjugated with radar. It is intended to also conduct a more detailed study of the connection of precipitation intensity according to the data of radar measurements with catastrophic processes (flood, landslides, torrents, avalanche), proceeding on the earth's surface. Additionally, the software of radar allows us to outline localities with the frequent floods, which will make possible to use a product RSA – RIVER OF SUBCHATCHYUMENT OF ACHCHUMULATION (Fig. 9), which increases the accuracy in forecasting of floods for the concrete places.

In perspective this will make it possible to build the regional model of the relation of the radar parameters with the indicated phenomena, which will make possible to conduct in advance (several ten minutes) warning of population and corresponding organs about the forthcoming dangerous hydro-meteorological processes.

Acknowledgement

The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // *Natural Hazards*, v. 64, Number 3, 2012, pp. 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>
2. Amiranashvili A., Dolidze J., Tsereteli N., Varazanashvili O. Statistical Characteristics of Flash Flood in Georgia. // *Papers of Int. Simp. On Floods and Modern Methods of Control Measures*, ISSN 1512-2344, 23-28 September 2009, Tbilisi, pp. 28-36.
3. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight With Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. // *NATO Science for Peace and*

Security Series E: Human and Societal Dynamics, v. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>

4. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. // Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-92.
5. Budagashvili T., Karchava J., Gunia G., Intskirveli L., Kuchava T., Gurgenidze M., Amiranashvili A., Chikhladze T. Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks. // Georgia's Initial National Communication on Under the United Nations Framework Convection on Climate Change, Project GEO/96/G31, Tbilisi, 1999, 137 p.
6. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.
7. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi.// Journal of Georgian Geophysical Soc. Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
8. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.18B, 2015, pp. 92-106.
9. Banetashvili V., Gelovani G., Grebentsova A., Javakhishvili N., Iobadze K., Mitin M., Saginashvili N., Samkharadze I., Khurtsidze G., Tsereteli A., Tskhvediasvili G., Chkhaidze B. // Some Examples of Strong Precipitation in Eastern Georgia According to the Data of Radar Surveillance of 2015. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 66, Tbilisi, 2016, pp. 75-83, (in Russian).
10. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. Rainbow®5 User Guide, 464 p., www.gematronik.com
11. Avlokhshvili Kh., Banetashvili V., Gelovani G., Javakhishvili N., Kaishauri M., Mitin M., Samkharadze I., Tskhvediasvili G., Chargazia Kh., Khurtsidze G. Products of Meteorological Radar «METEOR 735CDP10». // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tb., 2016, vol. 66, pp. 60-65, (in Russian).

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE “METEOR 735CDP10” RADAR FOR MONITORING VOLCANIC FORMATIONS, DUST STORMS AND SMOKE FROM LARGE FIRES IN ATMOSPHERE IN SOUTH CAUCASUS

^{*,**}Berianidze N., ^{***}Javakhishvili N. ^{*}Mtchedlishvili A.

^{*}Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

^{**}N(N)LE Association for Science, Tbilisi, Georgia

^{***}State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

javakhishvilinodari@gmail.com

Summary: *There are presented some results of the analysis of radar and ground monitoring of dust storms and smoke from large fires in the atmosphere over the territory of Eastern Georgia. Remote monitoring was carried out using the “METEOR 735CDP10” weather radar. The dust concentration (PM10 and PM2.5) in the surface air was measured hourly at four locations in Tbilisi. Also here are presented radar data on the movement of dust formation in the atmosphere above the study area. It was shown that, following the appearance of dust formations in the atmosphere above the studied points, a strong growth of PM10 and PM2.5, as well as a decrease of the visibility, were noted at the Earth's surface.*

If necessary, it is possible to monitor volcanic formations, dust storms and smoke from large fires in the atmosphere and in the South Caucasus.

Key Words: *Radar monitoring, volcanic formations, dust storms, smoke.*

Introduction. M. Nodia Institute of Geophysics conducts experimental laboratory, field and theoretical studies of atmospheric aerosols during many decades (stationary and mobile monitoring) [1-7]. In recent years in connection with the renewal of anti-hail works in Kakheti, it's appeared there is a possibility of the radar monitoring of the atmosphere above the eastern Georgia and adjacent countries (Armenia, Azerbaijan, Russia, Turkey) [8-10]. Anti-hail service is equipped with contemporary meteorological radar “METEOR 735CDP10”, capable of recording the significant number of atmospheric formations [10]. The radar is usually used for monitoring of the hail processes and strong rains. Together with this aid of the radar there is a possibility for monitoring movement of powerful dust formations in the space above the large territories (the dust storms, large fires, volcanic ejections, etc.). This makes it possible to enlarge the represented above area of studying atmospheric aerosols [10]. Thus, in work [11] preliminary results of the analysis of radar and ground-based monitoring of dust formation in atmosphere above the territory of eastern Georgia on 27 July 2018 was presented. This paper depicts more detailed data on the radar characteristics of this process and present data about the dust formation above the territory of Kakheti caused forest fire in the environments of Lagodekhi and Dedoplistskaro on 23 August, 2017.

Material and methods. In this work we used the data of radar “METEOR 735CDP10” about the dust objects in the atmosphere (product MPPI (ET) [10]). In addition, we used the data of Georgian National Environmental Agency about the dust concentration (atmospheric particulate matter – PM2.5 and PM10) in four points of Tbilisi city (<http://nea.gov.ge/ge/service/haeris-monitoringi/14/haeris-dabindzurebis-yoveldgiuri-biuletini/>) and the data of the satellite monitoring of the aerosol optical depth (AOD) in atmosphere (<https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/servlet/RenderData?si=1749095&cs=rgb&format=JPEG&width=3600&height=1800>). The mass media information was used also.

Results and discussion. Results are presented in the Fig. 1-9 and Table. As follows from Fig. 1 above the study region the cloud formations practically was not observed. Wind direction – to the northeast (Fig. 2).

In Fig. 3 radar data shows about migration of dust formation in the atmosphere above the territory of eastern Georgia on the 27th July, 2018 from 11:00 to 17:00 hour (2 moments of time, green color). As follows from this figure dust cloud into the indicated time interval is located above the significant part of Kakheti and it is revealed also above Tbilisi in the second half of day.

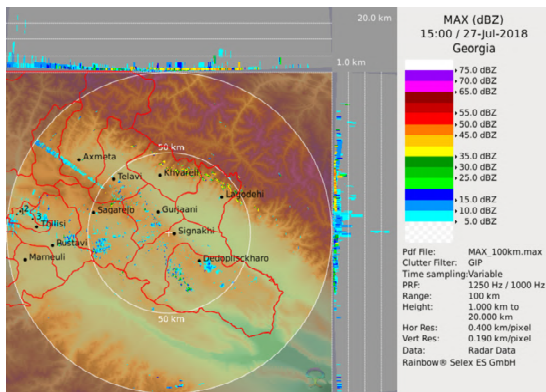


Fig. 1. Data of Radar Product MAX(dBZ) on 27.07.2018, 15:00 h.

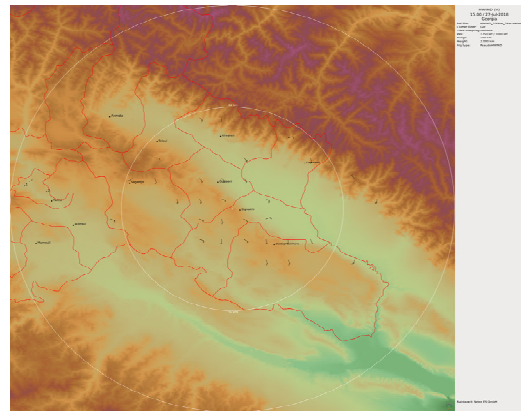


Fig. 2. Wind Field at 2 km above Sea Level on 27.07.2018, 14:15 h. Radar Product HWIND (V).

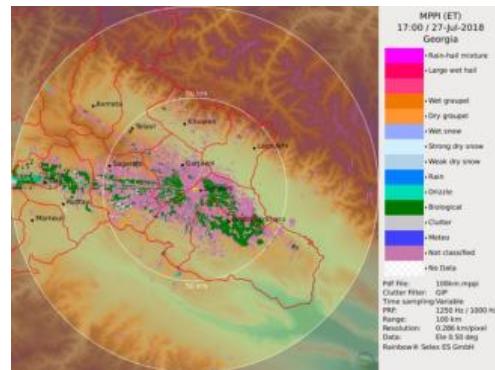
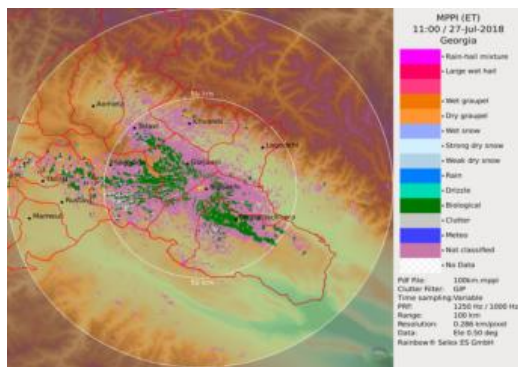


Fig. 3. Migration of Dust Formation in the Atmosphere above the Territory of Eastern Georgia on 27.07. 2018 in 11:00 and 17:00 h.

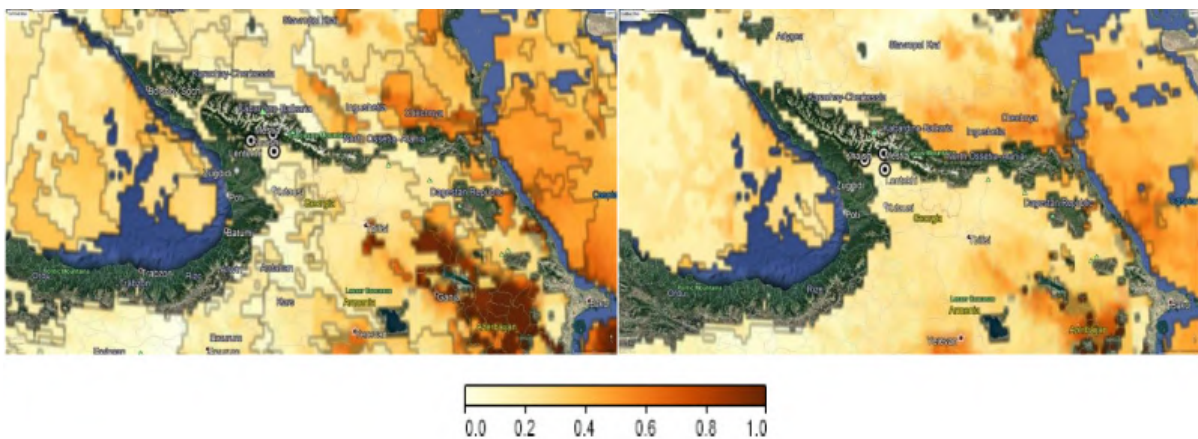


Fig. 4. AOD above the Caucasus Region 27.07.2018 (to the Left) and 28.07.2018 (to the Right).

It follows from Fig. 4 and there were observed 27.07.2018 above the territories of eastern Georgia (Tbilisi, Kakheti) and Azerbaijan the high values of AOD. Next day occurred the considerable decrease of values AOD. In Baku the poor visibility was 26.07.2018, while in Tbilisi – in the daytime 27.07.2018. [<https://jam-news.net/tbilisi-covered-in-dust-cloud-experts-say-there-is-no-danger/>; <http://agenda.ge/en/news/2018/1594>]

The propagation of dust formation above Tbilisi led to a strong increase in the concentration of solid particles in surface boundary layer (Fig. 5). As follows of this figure we noted all four points of measurement of increasing the dust particles concentration by diameter less than 2.5 and 10 μm (respectively – PM2.5 and PM10).

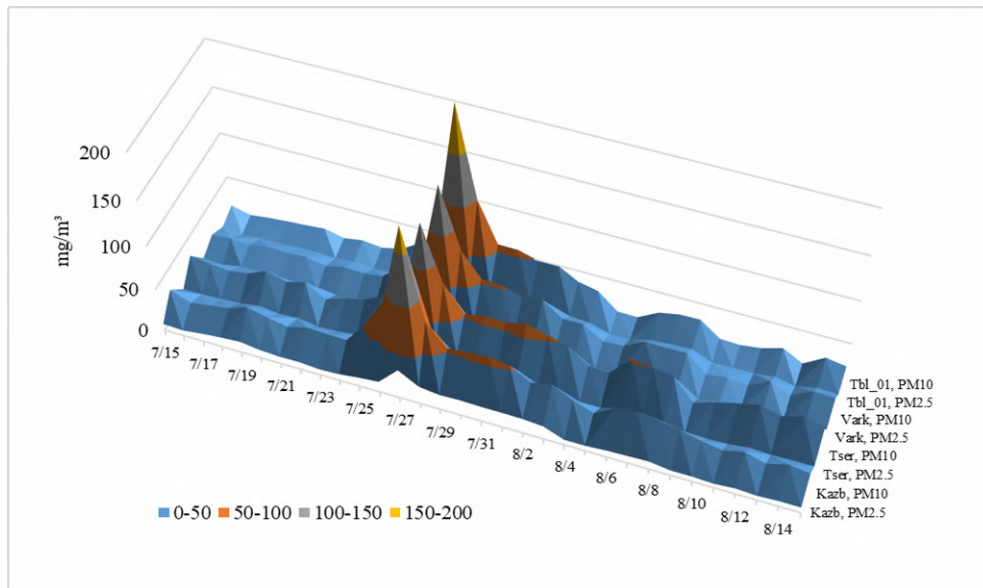


Fig.5. Twenty-Four Hours Average of Dust Concentration PM2.5 and PM10 in Four Points of Tbilisi from July 15 to August 15, 2018.

Table

Statistical Characteristics of Twenty-Four Hours Average of Dust Concentration PM2.5 and PM10 in Four Points of Tbilisi from July 15th to August 15th, 2018 (mcg/m^3)

Location	Kazbegi str.		Tsereteli str.		Varketili		Marshal Gelovani av. (Tbl_01)	
	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
Mean	11.0	41.9	14.9	44.5	12.3	33.6	13.3	33.1
Min	4.9	20.0	4.9	22.0	4.4	13.3	5.0	10.8
Max	33.9	177.9	44.8	143.5	36.8	147.8	50.9	199.1
Range	29.0	157.9	39.9	121.5	32.3	134.5	45.9	188.3
St Dev	6.2	29.5	8.1	22.4	6.6	25.6	9.0	35.7
Cv (%)	56.8	70.5	54.0	50.3	53.7	76.2	67.9	107.8

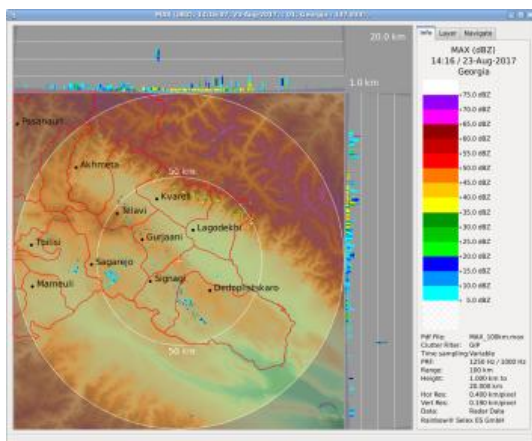


Fig.6. Data of Radar Product MAX(dBZ) on 23.08.2017, 14:16 h.

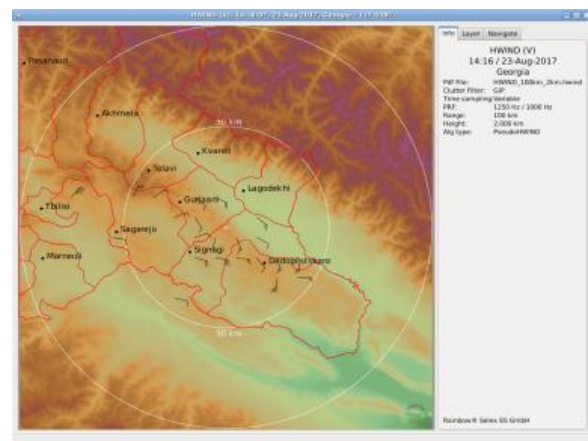


Fig.7. Wind Field at 2 km above Sea Level on 23.08.2017, 14:16 hour. Radar Product HWIND (V).

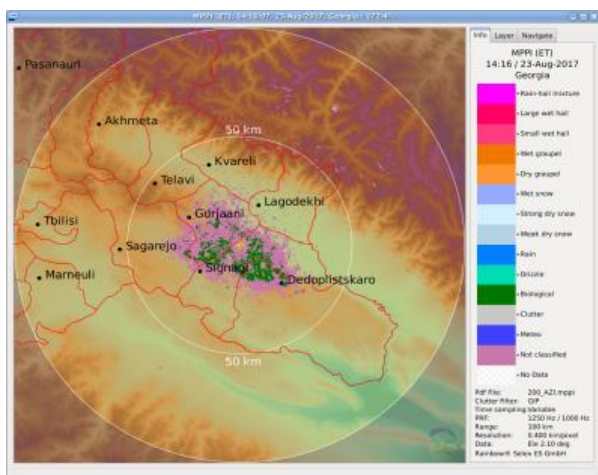


Fig.8. Dust Formation in the Atmosphere above Territory of Kakheti on 23.08.2017,14:16 h.

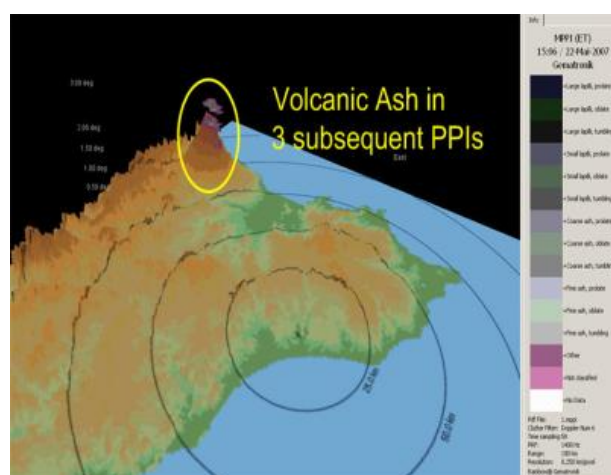


Fig.9. VAD3D – VOLCANIC ASH DETECTION 3D, Simulated Data for Mt. Etna, Italy.

Table presented statistical characteristics of dust concentration in four locations of Tbilisi. In particular, as it follows from this Table, on the different points of measurement on the 27th of July, 2018 the 24-hour mean values of PM10 and PM2.5 exceeded their maximum permissible concentrations [6, 12] into 2.87-3.98 and 1.36-2.04 times respectively.

Fig. 8 gives an example of dust formations detectable by the radar in the atmosphere above the territory of Kakheti (23.08.2017, 14:16 h.), which were being formed as a result of forest fires in the environments of Lagodekhi (5 hectares) and Dedoplistskaro (20 hectares). In this day above Kakheti the cloud formations was not observed (Fig. 6), wind direction – to the northeast (Fig. 7).

Fig. 9 gives an example of simulated dust formation detected by the radar in the atmosphere above the volcano Etna, Italy, with the use of a radar product VAD3D – VOLCANIC ASH DETECTION 3D [RAINBOW® 5PRODUCTS & ALGORITHMS, © Selex ES GmbH, 2017].

Conclusion. In the prospect besides the radar “METEOR 735CDP10” use in anti-hail services, we can also use it for early warning for population about the danger of aerosol air pollution during the action of the large sources of dust.

Acknowledgement. The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute Geophysics A. Amiranashvili for assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G. Aerosols and Ice Crystals in the Atmosphere. // Tbilisi, Metsniereba, 1991, 113 p. (in Russian).
2. Kirkitadze D., Nikiforov G., Chankvetadze A., Chkhaidze G. Some Results of Studies of Atmospheric Aerosols in M. Nodia Institute of Geophysics in the Recent Three Decades. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tbilisi, 2016, pp. 178-185, (in Russian).
3. Styra B., Amiranashvili A. Aerosol Distribution above Georgia Investigations. // Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Lithuanian SSR, Atmospheric Physics, ISSN 0135-1419, vol. 8, Vilnius, Mokslas, 1983, pp. 18-24, (in Russian).
4. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Kartsivadze A.I., Nodia A.G. Aircraft Investigations of the Distribution of Aerosols in the Lower Troposphere. // Proc. 9th Int. Conf. on Atmospheric Aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Budapest, Hungary, 3-8 September, vol.1, 1984, p. 148-153.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chochishvili K., Kirkitadze D. The Distribution of Aerosols over the Georgian Territory in the Lower Troposphere. // Journal of Georgian Geophysical Society, ISSN 1512-1127, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Vol. 8 B, 2003, Tbilisi, 2004, pp. 70-76.
6. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical smog in Tbilisi. Monograph. // Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXIII, 2012, 160 p., (in Georgian).

7. Stankevich S., Titarenko O., Amiranashvili A., Chargazia Kh. Determination of Atmospheric Aerosol Optical Depth over Territory of Georgia during Different Regimes of Cloudiness Using the Satellite and Ground-Based Measurements Data. // Bulletin of the Georgian National Academy of sciences, v. 9, No. 3, 2015, pp. 91-95.
8. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, vol.18B, 2015, pp. 92-106.
9. Abaiadze O., Avlokhshvili Kh., Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Kiria J., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Khetashvili A., Tskhvediashvili G., Chikhladze V. // Radar Providing of Anti-Hail Service in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, vol. 66, 2016, pp. 28-38, (in Russian).
10. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. // Rainbow®5 User Guide, 2015, 464 p., www.gematronik.com.
11. Amiranashvili A.G., Berianidze N.T., Chikhladze V.A., Mitin M.N., Mtchedlishvili A.A. Preliminary Results of the Analysis of Radar and Ground-Based Monitoring of Dust Formation in Atmosphere Above the Territory of Eastern Georgia on 27 July 2018. // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(2), 2018, pp. 61 – 69.
12. WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global Update 2005 Summary of Risk Assessment. //World Health Organization, 2006, 22 p., http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH06.02_eng.pdf;jsessionid=48F380E7090ADBB4A166AC7A8610624A?sequence=1

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING USING GIS-BASED WEIGHT-OF-EVIDENCE MODELLING IN CENTRAL GEORGIAN REGIONS

Stankevich S.A., Titarenko O.V, Svideniuk M.O.

*Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Summary: *This paper explains the procedure for the generation of a landslide susceptibility map at regional level in Georgia. At the first place, this research presents the results of the weight-of-evidence model applied to estimate the probability of landslides manifestation. A spatial database, including causative factors associated with landslides was constructed from geological maps and satellite data products. The factors that influence landslide occurrence, such as terrain slope, aspect, curvature, elevation, flow accumulation and distance from drainages were calculated from a Sentinel-1 digital terrain elevation data (DTED). Lithology is derived from the Georgia's geological map. Vegetation cover map is retrieved from Sentinel-2 multispectral satellite imagery.*

Key words: *landslide, weight-of-evidence, landslide hazard mapping, remote sensing, digital terrain elevation data.*

Introduction

Landslides have long been recognized as a frequent natural hazard in the mountainous terrain of tropical and subtropical environments [1]. Particularly, in accordance with EM-DAT International Disaster Database of the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) the landslides are the reason of around 26,000 deaths in a period from 2000 to 2014. Therefore, areas susceptible to landslides should be identified to prevent the damage at regional and local scale. In this case, landslide susceptibility assessment is required [2].

In this research, the effects of intrinsic and extrinsic variables associated with landslides are considered as causative factors. The intrinsic variables refers to landslide risk site internal factors such as bedrock geology, geomorphology, soil type, slope gradient, slope convexity and concavity, elevation, engineering properties of the slope material, land use pattern, drainage and escape network etc. The extrinsic variables are external factors such as heavy rainfall, glacier outburst, seismic activity that change over a very short time span and are thus very difficult to estimate.

In addition, the natural hazards statistics is required for landslide susceptibility assessment. Thus, our research is focused on the probability estimation of landslide occurrence prospects within the sites of historical landslides as well.

There are four different approaches to the assessment of landslide hazard: landslide inventory-based probabilistic, heuristic (which can be direct geomorphological mapping, or indirect qualitative map combination), statistical (bivariate or multivariate statistics) and deterministic. In addition, a wide range of models are used based on these approaches [3]. However, the main purpose of this study is to apply the weights-of-evidence modelling for central Georgia landslide hazard assessment.

Substantial contribution for landslide hazard mapping made the implementation of satellite data products as a source for causative factors generation and easier spatial results interpretations [4]. Complex using of Remote Sensing and Geographical Information Systems (GIS) have wide-range applications in the field of geo-sciences [5]. For example, global databases such as the EM-DAT International Disaster Database, the NASA Global Landslide Catalogue and the Global Fatal Landslide Database (GFLD) are usually based on these technologies [6]. Therefore, all causative factors thematic maps used in this research are entered into the GIS database and integrated with a landslide inventory map. The database

will assist with landslides investigation through the implementation of satellite data products as a source for causative factors generation and easier spatial results interpretations. Particularly, the database will assist to determine the effect of each causative factor associated with historical or eventual landslides.

Study area

Georgia belongs to the one of world's most complex mountainous regions according to the scale and frequency of natural hazardous processes. Complicated topography is one of the major condition for landslides activation in this country. The Lesser Caucasus Mountains and Greater Caucasus Mountain Range cross the country. The Greater and Lesser Caucasus are two fold-and-thrust belts separated by the Rioni Basin in the Black Sea and the South Caspian–Kura Intermontane Depression. Fault-bend folds and fault-propagation folds are widespread, with evidence of thin-skinned tectonics in both the Rioni and Kura fold-and-thrust belts. Therefore, the topography elevation ranges from sea level to the Black Sea to over 5000 m in the Caucasus Mountains [7, 8].

The climate of Georgia is different from west to east. Specifically, the western part of Georgia lies within the northern periphery of the humid subtropical zone. Eastern Georgia has a transitional climate from humid subtropical to continental. Thus, the annual precipitation ranging from 1000 to 4000 mm at the west and from 400 to 1600 mm at the east [8].

Terrane is mainly composed of pre-Cambrian and Paleozoic rocks. Paleozoic granites have intruded Granitic-metamorphic complex presented by different crystalline schists and paragneisses. Lower Jurassic rocks here presented by shallow sea sandy-argylleous rhythmical sediments with lenses of limestones. This massif consists of Paleozoic schists intruded by numerous Paleozoic and Jurassic gabbros, quartz diorites, granites accompanied by pegmatite veins. Paleozoic rocks are overlapped by shallow water Jurassic clays and Cretaceous limestones [8].

In this research we apply the weight-of-evidence modelling for the three of Georgian administrative regions Shida Kartli, Mtskheta-Mtianeti, Kvemo Kartli. We concentrate the study in this region because of the known landslide potential, slope angle and complex drainage system.

We concentrate our study on a site located in the central western part of Georgia (42.30°N, 43.48°E) because of the known landslide potential, slope angle and field access there.

Weight-of-evidence model

The Bayesian inference was used to simulate the influence of selected geophysical factors onto the landslide overall hazard. The likelihood ratio was assigned as the basic weight w_i of each i -th influencing factor F_i :

$$w_i = \ln \frac{P(F_i | A)}{P(F_i | B)} = \ln P(F_i | A) - \ln P(F_i | B)$$

where $P(F_i|A)$ is a conditional probability of F_i under landslide occurrence constraint, $P(F_i|B)$ is the same one otherwise [9].

The conditional probabilities of each factor for landslide occurrence/missing were determined on the basis of previously known statistics, and in the case of its insufficiency – by approximating with exponential model from the most likely down to the least likely factor values. When considering the significant number of factors then ones' expert ordering additionally used.

Data acquisition

A DTED is a key to generate various topographic parameters, which influence the landslide activity in an area. Thus, the DTED were acquired by the phase interferometry of Sentinel-1 synthetic aperture radar (SAR) satellite system.

In this research the slope angle, lineament density, drainage effect buffer, flow accumulation and slope curvature are estimated using DTED derived from Sentinel-1A Single Look Complex (SLC) data products. The Sentinel-1 SLC stereo pair of 31 October 2018 and 12 November 2018 were retrieved for phase interferometry using Sentinel Application Platform (SNAP) software (<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>). The 10×10 m pixel size DTED were obtained as an output of interferometric data processing.

The resulted DTED were used as a relative relief to derive thematic data layers like slope, aspect, drainage effect buffer, flow accumulation and lineament density.

Slope angle map. When the slope angle in our model increases, the geometry of the potential critical slip surface changes and probability of failure distributions rises extremely with slope angle increasing [10]. After the radar interferometric DTED were generated, it were used to calculate slope angle map using QGIS software (<https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.slope.aspect.html>).

Lineaments' density map. Lineaments are straightened sections of terrain's relief. Their density is calculated as the aggregated length of lineaments per one km². The higher the lineaments' density, the greater the probability of landslide [11].

Vegetation cover map. Vegetation density is an essential parameter for landslide hazard due to natural prevention ability. Sentinel-2 multispectral imagery in visible and near infrared bands is used to estimate vegetation cover fraction (VCF) [12].

Precipitation Map. The map of rainfall precipitation over the study area was obtained by averaging of 366 MODIS Total Precipitable Water satellite data product (MOD05_L2) for the period from 31 October 2017 to 31 October 2018. MOD05_L2 data product is available from Atmosphere Archive and Distribution System Data Download Scripts (LAADS DAAC) (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>).

Geological map. Geological environment plays an important role in landslide susceptibility studies because different geological units have different susceptibilities to active geomorphological processes. Geological map of Georgia for 2004 developed by Georgian Department of Geology was used to map the study area and classify the lithology by rocks hardness [13].

Analysis and results

All thematic maps of study area were stored in raster format with a 10×10 m pixel size. The weight-of-evidence calculation procedure was performed using SciLab numeric computation software (www.scilab.org). Since all of the maps are multi-class maps, containing several classes, the presence of one factor, such as dense forest implies the absence of the other factors of the same land use map. Therefore in order to obtain the final weight of each factor, the positive weight of the factor itself was added to the negative weight of the other factors in the same map.

The final result is the landslide hazard susceptibility map shown in figure.

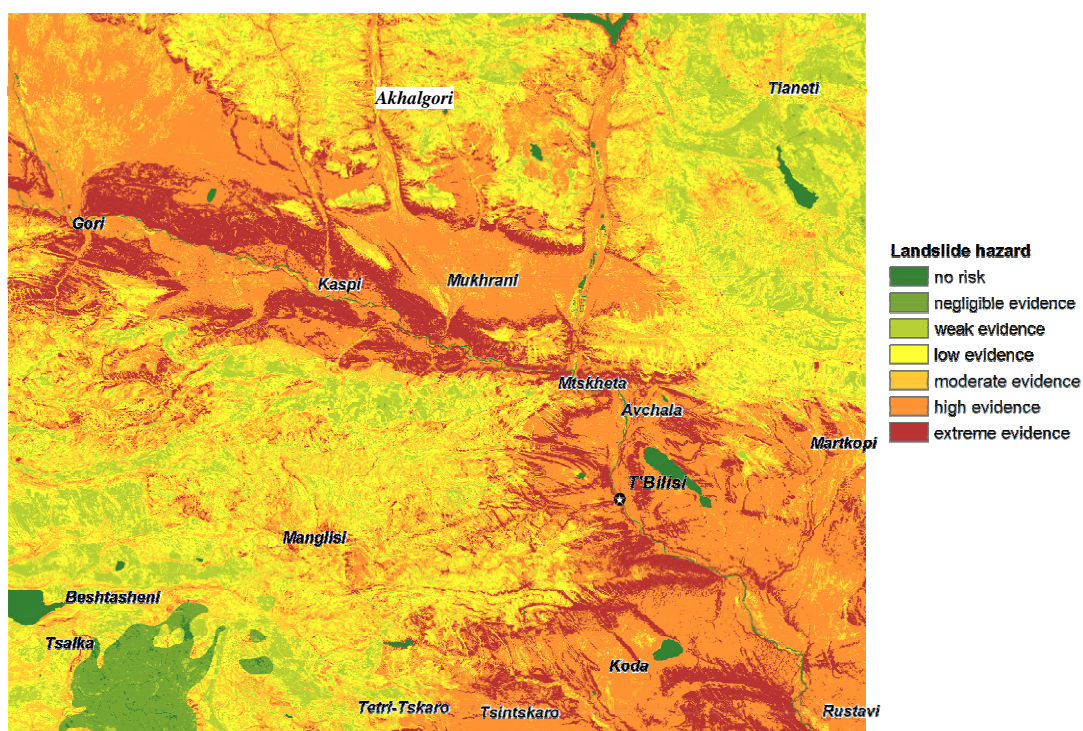


Figure. Final landslide susceptibility map.

On the resulting map, areas of a high evidence of landslide hazard mostly correspond to sharp slopes without vegetation. The areas of least probability of landslides are associated with the presence of hard rocks such as granite or carbonates. Water bodies excluded from landslide risk assessment by default. The presence of substantial vegetation cover significantly reduces the landslide hazard evidence down to low or weak inside the vegetative plots of terrain.

Conclusion

GIS-based weight-of-evidence modelling is a convenient and efficient tool for preliminary mapping of landslide susceptibility, especially in difficult access regions.

Since terrain slope is the main contributor to landslide hazard, the use of up-to-date products of satellite radar interferometry is a mandatory stage in the remote sensing data processing for this purpose.

The data integration carried out in the assessment of landslide susceptibility allows to quantify and human-friendly visualize in a single map a lot of geospatial layers of landslide hazard factors.

The data obtained as a result of landslide susceptibility mapping have a good spatial correlation with the distribution of actual recorded landslide processes in the central regions of Georgia.

Future works should be focused on the development and verification of quantitative models for the various geophysical factors effect upon the landslide probability, as well as on the large-scale testing and accuracy evaluation of the proposed technique.

References

1. Dahal R. K., Hasegawa S., Nonoumra, A., et al. Predictive Modelling of Rainfall-Induced Landslide Hazard. // in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of-Evidence. *Geomorphology*, 2008, 102(3–4), pp. 496–510, doi:10.1016/j.geomorph.2008.05.041.
2. Guha-Sapir D., Below R., Hoyois P. The CRED/OFDA International Disaster Database.// Université catholique de Louvain. Belgium.
3. Castellanos Abella E. A., Van Westen C. J. Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba. // *Geomorphology*, 94(3-4), 2008, pp. 453–466, doi:10.1016/j.geomorph.2006.10.038.
4. Van Westen C. J., Jaiswal P., Ghosh S., Martha T. R., Kuriakose, S. L. Landslide Inventory, Hazard and Risk Assessment in India. // *Terrigenous Mass Movements*, 2012, pp. 239–282. doi:10.1007/978-3-642-25495-6_9.
5. Lallianthanga R.K., Lalbiakmawia F. Landslide Susceptibility Zonation of Kolasib District, Mizoram, India Using Remote Sensing And GIS Techniques.// *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, ISSN: 2277-9655, 4(4), 2014, pp. 1402–1410.
6. Froude M. J., Petley D. N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. // *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2018, pp.2161–2181, doi:10.5194/nhess-18-2161-2018.
7. Tibaldi A., Oppizzi P. et al. Landslides near Enguri dam (Caucasus, Georgia) and possible seismotectonic effects. // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 2019, pp. 71–91, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-71-2019>
8. Gaprindashvili G., Van Westen C. J. Generation of a national landslide hazard and risk map for the country of Georgia. // *Natural Hazards*, 80(1), 2015, pp. 69–101, doi:10.1007/s11069-015-1958-5.
9. Newton M. A., Raftery A. E. Approximate Bayesian inference with the weighted likelihood bootstrap. // *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 56(1), 1994, pp. 3-48, <https://www.jstor.org/stable/2346025>.
10. Chen X.-L., Liu C.-G., Chang Z.-F., Zhou Q. The relationship between the slope angle and the landslide size derived from limit equilibrium simulations.// *Geomorphology*, 253, 2016, pp. 547–550, doi:10.1016/j.geomorph.2015.01.036.
11. Zhantayev Z., Bibossinov A., Fremd A., Talgarbayeva D., Kikkarina A. Automated lineament analysis to assess the geodynamic activity areas. // *Procedia Computer Science*, 121, 2017, pp. 699–706, doi:10.1016/j.procs.2017.11.091
12. Gitelson A.A., Kaufman Y.J., Stark R., Rundquist D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. // *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 2002, pp. 76–87. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00289-9
13. Boutrid A., Bensihamdi S., Chettibi M., Talhi K. Strength hardness rock testing.// *Journal of Mining Science*, 51(1), 2015, pp. 95–110, doi:10.1134/S1062739115010135.

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF ANGSTROM FIRE INDEX FOR TBILISI

*Bladze T., *Kirkitadze D., **Samkharadze I., ***Tsiklauri Kh.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**Institute of Hydrometeorology of Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

***Agency of Protected Areas of Georgia, Tbilisi, Georgia

teimuraz.bliadze@gmail.com

Summary: The results of a statistical analysis of the daily values of the Angstrom Fire Index (I) for Tbilisi in the period from 2014 to 2018 are presented. $AFI = (R/20) + (27-T)/10$, where R is the minimum relative humidity, T is the maximum air temperature. The gradations of the values of I are as follows: I. $AFI > 4.0$ – Fire occurrence unlikely, II. $AFI = 4.0 \div 2.5$ – Fire conditions unfavorable, III. $AFI = 2.5 \div 2.0$ – Fire conditions favorable, IV. $AFI = <2.0$ – Fire occurrence very likely. In particular, it was found that a high fire hazard in Tbilisi is observed on average within 75 days a year, and increased – within 39 days a year. The largest number of days with high fire hazard was observed in 2018 (92 days), the smallest – in 2016 (57 days). Further, it is planned to expand work on this issue (using other more complex fire hazard indices, studying their trends in connection with climate change, determining these indices for other points in Georgia, etc.).

Key Words: Angstrom Fire Index

Introduction. The problem of fires, including forest fires, is actual for many countries of world [http://www.sasquatchstation.com/Fire_Weather.php; <http://www.forestsERVICE.gr/meteo/fwi1.html>], including Georgia [1]. In recent years this problem is aggravated by the global and local climate warming [2-9] which facilitates an increase in the fire hazard [10,11]. For evaluating the fire hazard in locality the set of indices is developed. One of simple of these indices is the Swedish Angstrom Index [10,11]. In this work the results of a statistical analysis of the daily values of Angstrom Fire Index (AFI) for Tbilisi in the period from 2014 to 2018 are presented.

Study area, material and methods. Study area is Tbilisi city. Data of the Hydrometeorological department of Georgia about daily maximum of air temperature T and minimum relative humidity R in the period from 2014 to 2018 are used. The Swedish Angstrom Index calculated from the formula: $AFI = (R/20) + (27-T)/10$ [10, 11]. The gradations of the values of I are as follows: I. $AFI > 4.0$ – Fire occurrence unlikely, II. $AFI = 4.0 \div 2.5$ – Fire conditions unfavorable, III. $AFI = 2.5 \div 2.0$ – Fire conditions favorable, IV. $AFI = <2.0$ – Fire occurrence very likely.

The standard statistical methods are used. The following designations will be used below: Min – minimal values; Max – maximal values; St Dev – standard deviation; C_v – coefficient of variation (%).

Results and discussion. Results in Table 1,2 and Fig. 1,2 are presented.

In Table 1 statistical characteristics of monthly values of Angstrom Fire Index in Tbilisi in 2014-2018 is presented. In particular, as follows from this Table values of AFI changes from -0.1 (July, fire occurrence very likely) to 7.3 (December, fire occurrence unlikely). The greatest variations in the values of AFI are observed during August ($C_v = 52.0\%$), smallest – in December ($C_v = 14.8\%$). The mean values of Angstrom Fire Index (Table 1, Fig. 1) changes from 1.6 (August, fire occurrence very likely) to 5.0 (December and January, fire occurrence unlikely).

Table 1

Statistical Characteristics of Monthly Values of Angstrom Fire Index in Tbilisi in 2014-2018

Param.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Min	2.9	2.4	2.2	1.2	0.9	0.2	-0.1	-0.2	0.3	1.7	2.1	3.0
Max	6.9	7.1	6.5	5.9	5.6	4.5	4.4	4.4	5.3	6.9	6.8	7.3
Mean	5.0	4.7	4.0	3.3	2.9	2.2	1.8	1.6	2.4	3.8	4.5	5.0
St Dev	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.0	0.7
Cv,%	17.4	22.0	21.5	28.2	32.5	37.5	47.4	52.0	41.1	30.2	23.3	14.8

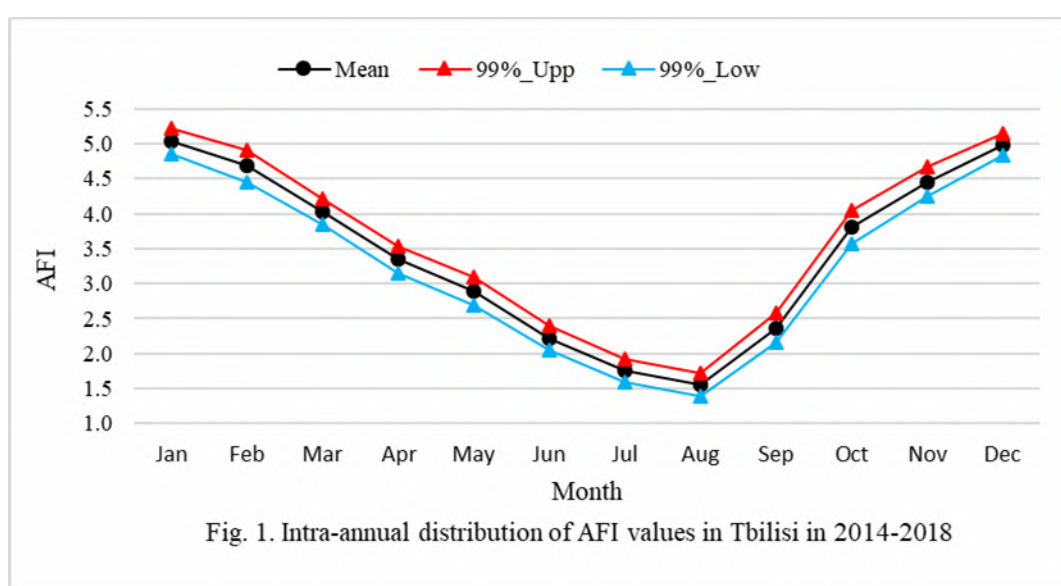


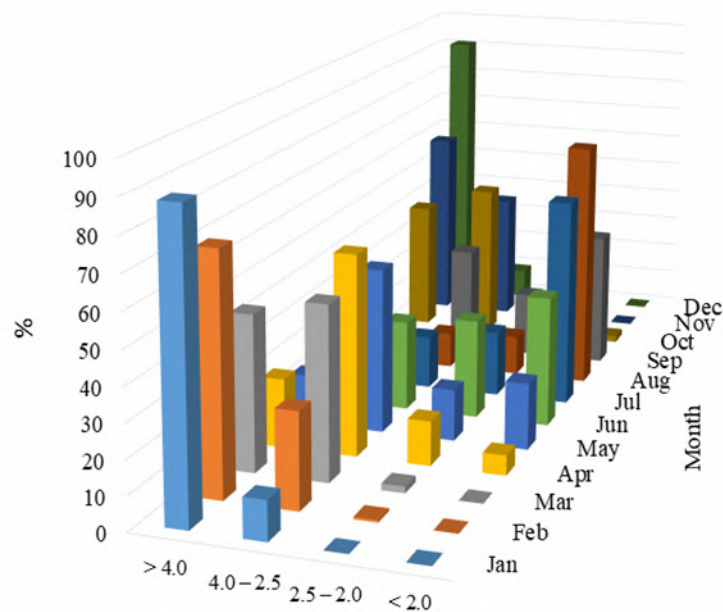
Table 2

Repetition of Angstrom Fire Index in Tbilisi for Four Gradations in 2014-2018 (%)

Year	> 4.0	4.0 – 2.5	2.5 – 2.0	< 2.0
2014	38.6	30.1	11.8	19.5
2015	38.6	30.1	12.1	19.2
2016	41.0	32.8	10.7	15.6
2017	34.2	35.9	7.1	22.7
2018	31.5	31.8	11.5	25.2
Mean	36.8	32.1	10.6	20.4

In Table 2 data about repetition of Angstrom Fire Index in Tbilisi for four gradations in 2014-2018 is presented. In particular, as follows from this Table a high fire hazard in Tbilisi is observed on average within 75 days a year (repetition – 20.4%), and increased – within 39 days a year (repetition – 10.6%). The largest number of days with high fire hazard was observed in 2018 (92 days, repetition – 25.2%), the smallest – in 2016 (57 days, repetition – 15.6%).

In Fig. 2 data about repetition of AFI in Tbilisi in different months for four gradations is presented. As follows from Fig. 2 on average in Tbilisi a high fire hazard in July and August is observed (repetition 63.2 and 75.5% respectively). Sufficiently fire dangerous months are also June and September (repetition of AFI<2.0 – 39.3 and 41.3% respectively). From November through March the values of AFI<2.0 is not observed.



	> 4.0	4.0 – 2.5	2.5 – 2.0	< 2.0
Jan	88.4	11.6	0.0	0.0
Feb	70.9	28.4	0.7	0.0
Mar	46.5	51.6	1.9	0.0
Apr	20.7	60.0	13.3	6.0
May	14.8	49.7	15.5	20.0
Jun	3.3	27.3	30.0	39.3
Jul	0.6	16.1	20.0	63.2
Aug	1.3	11.0	12.3	75.5
Sep	6.0	32.7	20.0	41.3
Oct	40.6	48.4	9.0	1.9
Nov	60.0	40.0	0.0	0.0
Dec	91.0	9.0	0.0	0.0

Fig. 2. Repetition of AFI in Tbilisi in different months for four gradations

From November through February in the majority of the cases fire hazard is absent (repetition of AFI > 4.0 changes from 60.0 to 88.4%).

Conclusion. Further, it is planned to expand work on this issue (using other more complex fire hazard indices, studying their trends in connection with climate change, determining these indices for other points in Georgia, etc.).

Acknowledgement. The authors are grateful to the chief of the atmospheric physics department of M. Nodia Institute of Geophysics A. Amiranashvili for the idea and assistance in the fulfillment of this work.

References

1. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Chikhladze V.A. Assumed Ecological Consequences of Forest Fire in the Natural Preserve of Borjomi-Kharagauli During August 2008. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. 115, ISSN 1512-0902, Tb., 2008, pp. 291 – 298, (in Russian).
2. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Trofimenko L. Dynamics of the Thirty-Year Moving Average Values of the Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg with 1851 to 2010 and their Extrapolation to 2051-2080. // International Conference “Applied Ecology: Problems, Innovations”, ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, pp. 12-16, <http://icae-2015.tsu.ge/>

3. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. Climate Change in Georgia: Statistical and Nonlinear Dynamics Predictions. // Journ. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (A), Physics of Solid Earth, vol.15a, Tbilisi, 2011-2012, pp. 67-87.
4. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Khurodze T. Application of Some Statistic Methods for the Prognostication of Long-Term Air Temperature Changes (Tbilisi Case). // Trans. of the International Scientific Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Georgian Technical University “Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21th Century”, Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House “Technical University”, 2012, pp. 331-338, (in Russian).
5. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
6. Tavartkiladze K.A., Amiranashvili A.G. Expected Changes of the Air Temperature in Tbilisi City. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. 115, ISSN 1512-0902, Tb., 2008, pp. 57–65, (in Russian).
7. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. Contemporary climate change in Georgia. Regime of some climate parameters and their variability. // Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
8. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Trofimenko L.T., Khurodze T.V. The Statistical Evaluation of the Expected Changes of Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg up to 2056 Years. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.58-622, (in Russian).
9. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Trofimenko L., Khurodze T. Statistical Structure of Mean Annual Air Temperature in Tbilisi and St.-Petersburg in 1850-2012. // Proc. of Int. Conf. “Modern Problems of Geography”, Dedicated to the 80th Anniversary Since the Fondation of Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Collected Papers New Series, N 5(84), ISSN 2233-3347, Tbilisi, 2013, pp. 160-163, (in Russian).
10. Skvarenina J., Mindas J., Holec J., Tucek J. Analysis of the Natural and Meteorological Conditions During Two Largest Forest Fire Events in the Slovak Paradise National Park. // Forest fire in the wildland-urban interface and rural areas in Europe: an integral planning and management challenge. Athens. 2003.
11. Lukić T., Marić P., Hrnjak I., Gavrilov M.B., Mladjan D., Zorn M., Komac B., Milošević Z., Marković S.B., Sakulski D., Jordaan A., Đorđević J., Pavić D., Stojšavljević R. Forest Fire Analysis and Classification Based on a Serbian Case Study. // Acta Geographica Slovenica, 57-1, 2017, pp. 51–63.

ზოგიერთი კოსმოგენური ფაქტორის გავლენა დიაბეტიტდაავადებულ ადამიანებზე

^{*,**}ადეიშვილი თ., ^{***}ბერძენიშვილი ნ.

^{*}საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია, თბილისი, საქართველო

^{**}აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

^{***}იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი, საქართველო

ანოტაცია: ყოველდღიურ ცხოვრებაში დიდი ხანია ჩვეულებად იქცა ამა თუ იმ ავადობის გამომწვევ მიზეზად ჩაითვალოს ცუდი ამინდი – თითქოს მისგანაა გამომწვეული ყველა პრობლემა. უხსოვარი დროიდანაა შემჩნეული კავშირი ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოს კლიმატურ პირობებს შორის. ამ საკითხზეა ლაპარაკი ჰიპოკრატეს კლასიკურ ნაშრომში – „ჰაერის, წყლებისა და ადგილმდებარეობების შესახებ“, ავიცენას – „საექიმო მეცნიერების კანონში“ და სხვა მრავალი ძველი თუ თანამედროვე ავტორის შრომებში. აქ განხილულია კოსმოგენური ფაქტორების ადამიანის ჯანმრთელობაზე და კერძოდ, დიაბეტიტ დაავადებულებზე გავლენის მაგალითები, ზოგიერთი დაკვირვების შედეგი და გავლენის ფიზიკურ-ქიმიური მექანიზმები.

საკვანძო სიტყვები: კოსმოგენური ფაქტორი, მეტეოტროპული რეაქციები, შაქრის დიაბეტი, დიაბეტისა და ჰელიობიოლოგიური გაზომვა.

1. შესავალი: დღეისათვის სამედიცინო მეცნიერება სულ უფრო მეტი და მეტი ახალი აღმოჩენებით გამდიდრდა. ექიმებსა და პაციენტებს სამედიცინო პრაქტიკა ვერ წარმოუდგენიათ დიაგნოსტიკის ახალი საშუალებების, ინსულინის ახალი სრულყოფილი პრეპარატებისა და ხელოვნური სისხლისმიმოქცევისა და სუნთქვის აპარატების გამოყენების გარეშე. მაგრამ თანამედროვე ეტაპზე დიაბეტიტ დაავადებულ ადამიანებზე კოსმოგენური ფაქტორების გავლენა ნაკლებადაა გათვალისწინებული პრაქტიკული მედიცინის მიერ. ამ ფაქტის ერთ-ერთი ობიექტური მიზეზი მასში მდგომარეობს, რომ ადამიანთა უპირატესად დიდი რაოდენობა მარტივად აფასებს ამინდის ზემოქმედებას და ჩვეულებრივ ისაზღვრება ჰაერის ტემპერატურით, მისი ტენიანობით, ქარის სიჩქარითა და ბარომეტრული წნევის მაჩვენებლებით. ცნობილია, რომ ამინდის ჩამოყალიბებაში მრავალი სხვა ფაქტორიც იღებს მონაწილეობას [1]. სინოპტიკური (ჰაერის მასების თავისი ჰიდროთერმობარიული თვისებებით სხვადასხვა მსხვილმასშტაბური გადაადგილებები), კოსმოგენური (მზის აქტიურობა, მთვარის ფაზები, მაგნიტური ქარიშხლები, მიმოქცევითი პროცესები და სხვ), ანთროპოგენური (ჰაერის დაბინძურება, ბირთვული აფეთქებები და ა.შ) და სხვები. ყველა ესენი მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული.

ამიტომ მხოლოდ ყველა ფაქტორის კომპლექსური შეფასება გვაძლევს ობიექტურ წარმოდგენას ამინდის შესახებ, სამედიცინო თვალსაზრისით დაგვეხმარება მის სწორად შეფასებაში. ამინდის სამედიცინო პროგნოზის სრულფასოვანი და საიმედო შეფასებისათვის აუცილებელია არანაკლებ 12-15 სხვადასხვა მეტეოროლოგიური პარამეტრის გამოყენება [2]. ამ დროს მთავარი მნიშვნელობა ეკუთვნის არა ამა თუ იმ მაჩვენებლის აბსოლუტურ სიდიდეს, არამედ რამდენიმე საათის თუ დღე-ღამის განმავლობაში მისი ცვლილების გრადიენტს.

2. მეტეოტროპული რეაქციები და მათი გავლენა ბიოსისტემებზე. ამინდის სამედიცინო შეფასებისათვის შემოთავაზებულია სხვადასხვა კლასიფიკაციები [2]. ჩვეულებრივ გამოყოფენ ამინდის 3 ტიპს: კარგი (I ტიპი); შუალედური (II ტიპი) და ცუდი (III ტიპი); მათ საფუძვლად უდევს რამდენიმე მეტეოროლოგიური და გეოფიზიკური შეფასებები. ადამიანები სხვადასხვანაირად აღიქვამენ ამინდსა და მის ცვლილებებს. მასზე რეაქციის მიხედვით მთელი ხალხი შეიძლება დაფიქროს „მეტეომგრძნობიარეებად“ და შედარებით „მეტეომდგადებად“. არ უნდა ვიფიქროთ, რომ ეს უკანასკნელები საერთოდ არ რეაგირებენ ამინდის ცვლილებებზე. მეტეომგრძნობიარობა ნებისმიერ ადამიანს გააჩნია. ლაპარაკია მხოლოდ მასზე, რომ ზოგიერთები („მდგრადები“) მასზე რეაგირებენ მხოლოდ ფიზიოლოგიურ რეაქციათა უმნიშვნელო ცვლილებით, ხოლო სხვების შემთხვევაში („მგრძნობიარეები“) ეს რეაქციები იძენენ პათოლოგიურ ხასიათს.

ამინდისადმი მგრძნობიარობა დამოკიდებულია ადამიანის ასაკზე, ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე, ამა თუ იმ მწვავე თუ ქრონიკული დაავადებების არსებობაზე, მემკვიდრეობაზე, წლის სეზონებზე, ადგილმდებარეობის ეკოლოგიურ პირობებზე, შრომითი საქმიანობის ხასიათზე, ყოველდღიურ ცხოვრებაში პირადი ჰიგიენის მოთხოვნების დაცვაზე, კვების სრულფასოვნებაზე, ნერვული სისტემის ტიპზე და სხვ.

საშუალოდ, მოსახლეობის ყველა ასაკის ჯგუფებს შორის „მეტეომგრძნობიარეთან რაოდენობა დაახლოებით 15-20%-ია, მაგრამ ეს მაჩვენებელი გაცილებით მაღალია უფროსი ასაკის პირებს შორის, განსაკუთრებით, კი მათთვის, ვინც სხვადასხვა ავადობითაა შეპყრობილი. მაგალითად, 60 წლის ასაკში და ზემოთ „მეტეომგრძნობიარეა“ ქალაქის ყოველი მეორე მაცხოვრებელი, ხოლო სოფლის მკვიდრები გაცილებით ნაკლებ „მეტეომგრძნობიარენია“. გულ-სისხლძარღვთა დაავადებულებში ეს მაჩვენებელი 90 %-ზე მეტია. მაღალი მეტეომგრძნობიარობა დამახასიათებელია ალერგიით, ნერვული, ფსიქიური, ენდოკრინული და სხვა ავადობებით დასნებოვნებული პირებისათვის. სამეცნიერო კვლევებმა უჩვენეს [3], რომ იმ ადამიანთა შორისაც კი, რომლებიც არანაირ სუბიექტურ ჩივილებს არ გამოთქვავდნენ ცუდ ამინდზე, საკმარისადაა ისეთები, რომელთაც ობიექტური მაჩვენებლების მიხედვით ასეთი ამინდის დროს აღენიშნებოდათ სხვადასხვა სახის არასასურველი ფიზიოლოგიური ფუნქციების გადახრები, ფიზიკური და გონებრივი შრომისუნარიანობის დაქვეითებები.

უფრო ხშირად ცუდი მეტეოპირობების დროს მეტეომგრძნობიარეებისათვის დამახასიათებელია ასეთი ჩივილები: თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, ტკივილი გულის არეში, ტკივილი სახსრებში, საერთო მდგომარეობის გაუარესება, ამალღებული დაღლილობა, ტემპერატურული დისკომფორტი, გამაღიზიანებლობა, ნორმალური ძილის დარღვევა. ჩივილების ხასიათი დიდადაა დამოკიდებული იმ დაავადებებზე, რომლებითაც იტანჯება ადამიანი. მაგალითად, ჰიპერტონიული დაავადებების დროს ცუდ ამინდზე რეაქცია ხშირად ვლინდება ჰიპერტონიული კრიზის გამწვავებული ფორმით, გულის იშემიური ავადმყოფობის დროს – სტენოკარდიული შეტევით, რევმატიული ავადობით შეპყრობილებს – სახსრების ტკივილით და ა.შ. არასასურველი სუბიექტური და ობიექტური გამოვლინებების ერთობლიობას, რომელიც უვითარდება ჯანმრთელ ან დაავადებულ ადამიანს ცუდი მეტეოპირობების ზემოქმედების პასუხად, თანამედროვე მედიცინაში ჰელიომეტეოტროპულ რეაქციებს უწოდებენ (ჰმრ). ასეთმა რეაქციებმა შეიძლება გამოიწვიოს ძალიან საშიში შედეგები: ჰიპერტონიული კრიზები, ინფარქტი, ინსულტი, კომა და ა.შ.

ამრიგად, დამაჯერებლადაა დამტკიცებული, რომ ადამიანთა ჯანმრთელობის მდგომარეობის კავშირი ამინდის ფაქტორთა ზემოქმედებასთან არაშემთხვევითია და ობიექტურ რეალობას წარმოადგენს.

3. შაქრის დიაბეტის მიმდინარეობის კავშირი ჰელიომეტეოტროპულ რეაქციებთან. ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა და კლინიკურმა დაკვირვებებმა გამოაშკარავეს ამინდის პირობების უცყუარი გავლენა შაქრის დიაბეტის მიმდინარეობაზე. დამტკიცებულია, რომ ამინდის პირობებს (განსაკუთრებით მათ მკვეთრ ცვლილებებს) შეუძლია შეასუსტოს შესაყ-

ვან ინსულინზე რეაქტიულობა. არსებობს დამოკიდებულებები დიაბეტის მიმდინარეობასა და წლის სეზონებს შორის. გადახურება აუარესებს დიაბეტის მიმდინარეობას.

რიგი მკვლევარებისა თვლის, რომ დიაბეტურ დარღვევათა გამოვლინების მაქსიმუმი აღინიშნება წლის გარდამავალი (გაზაფხულისა და შემოდგომის) პერიოდებში, რომლებისთვისაც დამახასიათებელია არასასურველი ამინდის პირობების მაღალი სიხშირე.

დადგენილია, რომ გაზაფხულზე შაქრის დიაბეტის კომპენსაციის მდგომარეობა მიიღწევა 73 % შემთხვევაში, ზაფხულში – 76%-ში, ზამთარში – მხოლოდ 51 % ავადმყოფებისათვის. უზმო გლიკემიის საშუალო მაჩვენებელია: გაზაფხულზე – 7,2 მმოლი ლიტრში, ზაფხულში – 6,8 მმოლი, შემოდგომაზე – 8,7 მმოლი, ხოლო ზამთარში – 8,9 მმოლი.

გულის იშემიური დაავადებისა და არტერიული ჰიპერტენზიის თანხმლები გართულებები ზაფხულში აღმოჩნდა მნიშვნელოვნად დაბალი (6%), ვიდრე გაზაფხულის, შემოდგომისა და ზამთრის პერიოდებში (12,18 და 17%). შესაბამისად, შაქრის დიაბეტის მიმდინარეობაზე კოსმოგენურ ფაქტორთა გავლენის უფრო ღრმა შესწავლა სამეცნიერო და პრაქტიკული დიაბეტოლოგიის აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით საინტერესოა გეომაგნიტური პირობების და კერძოდ, ქარიშხლის, შაქრის დიაბეტის მომდინარეობაზე გავლენის შესწავლა.

პირველ რიგში, განვიხილოთ რას წარმოადგენს გეომაგნიტური ქარიშხალი და საერთოდ, რა გავლენას ახდენს ის ბიოლოგიურ სისტემაზე.

გეომაგნიტური ქარიშხლების ცოცხალ ორგანიზმებზე გავლენას სწავლობს ბიოფიზიკა, უფრო ზუსტად კი მისი ერთ-ერთი მიმართულება ჰელიოფიზიკა, რომელსაც 1928 წელს საფუძველი ჩაუყარა პროფესორმა ალექსანდრე ჩიჟეცკიმ. მან პირველმა აღნიშნა ტრავმატიზმის შემთხვევათა მზარდი რაოდენობის კავშირი გეომაგნიტური აქტიურობის დღეებში [4]. გეომაგნიტური ქარიშხალი წარმოადგენს ე.წ. „კოსმოსური ამინდის“ ელემენტს, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს მზე-დედამინის ფიზიკის გამოყენებით ნაწილს და ეს განსაზღვრება შემოიღეს გასული საუკუნის 90-იან წლებში.

გეომაგნიტური ქარიშხალი განისაზღვრება როგორც დედამინის მაგნიტური ველის შემფოთება, რომელიც შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე დღე-ღამის განმავლობაში [5]. გეომაგნიტური ქარიშხლის ბუნებაგამოისახება ე.წ. მზის ქარის შემფოთებული ნაკადების დედამინის მაგნიტოსფეროსთან ურთიერთქმედებაში. დედამინის რაადიაციულ სარტყლებში მოხვედრილი მაღალენერგიული დამუხტული ნაწილაკები თავისთავად ვერ ტოვებენ მის ფარგლებს და ჩაჭერილებია მაგნიტურ მილებში. ამ ზონებში მუდმივად არსებობს პლანეტის რგოლური დენი, რომელიც გაედინება დედამინის ირგვლივ. როდესაც მიმდინარეობს მზის ქარისა და პლანეტის მაგნიტოსფეროს ურთიერთქმედება, რგოლური დენი იკრებს ძალას და წარმოიშობა სხვადასხვა სახის არამგრადობები, რაც განაპირობებს გეომაგნიტურ გამოსხივებებს.

ასეთი გამოსხივება განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ადამიანზე. მაგნიტური ველი ცვლის სისხლის ფიზიკურ მახასიათებლებს და მათ შორის მის სიბლანტეს. გასაგებია, რომ სისხლის დინების სიჩქარე გავლენას ახდენს მთელ ორგანიზმზე. თანაც საშიშია არა თვით მაგნიტური ველი, არამედ მათი სწრაფი ცვლილებები, რომლებიც უპირატესად გამოწვეულია მზის მიერ, რომელიც ასხივებს სპექტრის მთელ დიაპაზონში. ჩვეულებრივ, ბიოლოგიური პროცესები ნელია. ორგანიზმი ვერ ასწრებს ამ ცვლილებებისადმი ადაპტირებას. განსაკუთრებით განიცდიან ხანში შესული ადამიანები, რომელთაც დაქვეითებული აქვთ იმუნიტეტი.

როგორც წესი, გეომაგნიტური ქარიშხლის გავლენისგან ზარალდებიან ის პირები, რომლებიც დაავადებული არიან გულ-სისხლძარღვთა დაავადებებით (გსდ), ვეგოტო-დისტონიით (ვდ) და სხვადასხვა ფსიქიური ავადობებით [6]. გარდა ამისა, გეომაგნიტური ქარიშხალი მოქმედებს ქრონიკული დაავადებებით შეპყრობილ ადამიანებზე. ეს ყველაზე მტკივნეულად მიმდინარეობს ბავშვებში და ხანდაზმულ ადამიანებში.

სისხლის სიბლანტის ცვლილება ზრდის მასში შესქელებების წარმოქმნის ალბათობას. უარესდება ნივთიერების ცვლა, რაც თავის მხრივ, იწვევს ჰიპოქსიას. ორგანიზმი განიცდის

სტრესს და შესაბამისად იზრდება სისხლში სტრესის ჰორმონების გამოყოფა (ადრენალინის დაგროვება). ამავდროულად, გეომაგნიტური ველის ნახტომისებურად ცვლილების დროს ადამიანის ორგანიზმში მცირდება ჰორმონ მელატონინის გამომუშავება, რომელიც უძლიერესი შინაგანი ადაპტოგენი და ანტიოქსიდანტია.

ამის შედეგად წარმოიქმნება სისხლის წნევის სწრაფი ცვლილებები. ეს იწვევს თანდათანობით მზარდ თავის ტკივილებს. ჰიპოქსია გამოვლენას იწყებს გართულებული სუნთქვით. სისხლში ჟანგბადის ნაკლებობა (ჰიპოქსია) წარმოშობს მთელ რიგ უარყოფით შეგრძნებებს, სახელდობრ კი გულის არემი ტკივილის შეგრძნებას, დისკომფორტს მკერდში, სიმძიმეს, თავბრუსხვევას, თვლების დაბინდვას და სხვა. ყველაფერი ეს ზრდის სტრესს, რომელსაც განიცდის მთელი ორგანიზმი. ყველაფერ ამას მივყავართ „პანიკურ შეტევამდე“ (ვეგეტაციური კრიზი), რომელიც განაპირობებს ჟანგბადის მოხმარების მკვეთრ ზრდას (განგაშის ძლიერი გრძნობის გამო იზრდება ადრენალინის გამომუშავება), ხოლო რამდენადაც სუნთქვა ისედაც გართულებულია, ამიტომ წარმოიშობა ხუთვის შეგრძნება, თვით ცნობიერების დაკარგვამდე. როგორც შედეგი – ადგილი ექნება წნევის მკვეთრ ნახტომს და ჰიპერტონიულ კრიზს. ადამიანის ასეთი მდგომარეობა, ყველა აქედან გამომდინარე შედეგით, შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე დღე-ღამე.

თუმცა მეტი წილი ადამიანებისათვის გეომაგნიტური ქარიშხლის ზემოქმედების სიმპტომები შემოიფარგლება მუხლებში ან კიდურებში ტეხვით, უძილობით, აპათიით, დასუსტებით, თავის ტკივილებით. ბავშვებში ეს გამოვლინებები ხშირად იწვევს მათ მოუსვენრობას, ჰიპერაქტიურობას და სხვა.

4. ნახშირწყლოვანი მიმოცვლის მდგომარეობა გეომაგნიტური აქტიურობის დროს შაქრის დიაბეტით დაავადებულებში. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (ჯმო) მონაცემების მიხედვით, მსოფლიოში, ყოველწლიურად იზრდება შაქრის დიაბეტით (შდ) დაავადებულების შემთხვევები. დღეისათვის შაქრით დაავადებულთა ინვალიდობისა და სიკვდილიანობის ძირითად მიზეზად რჩება ნახშირწყლოვანი მიმოცვლის დეკომპენსაციის ქრონიკული მიმდინარეობა, ლიპიდების ჟანგვის მომატებული აქტივაცია (ლჟ), სისხლის პლაზმის ტოქსიკურობის კონცენტრაციის მატება (ტკ) და ასევე ანტიდიაბეტურ პრეპარატთა შაქარდამქვეითებელი ეფექტურობის შემცირება.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოლოგიურ ობიექტებზე სუსტი გარეგანი ველების გავლენის შესწავლა დღეისათვის ერთობ აქტუალურია. ხაზი უნდა გაესვას, რომ განსაკუთრებულ როლს ამ პროცესებში თამაშობენ სხვადასხვა ეკოლოგიური, კლიმატური და გეომაგნიტური ფაქტორები. ცნობილია, რომ [6;7] მახლობელ კოსმოსურ სივრცეში ხშირად ხდება გარკვეული რითმების წყვეტა, რომლებიც მიმდინარეობენ გეომაგნიტური ქარიშხლების (გქ) პერიოდში და დაკავშირებული არიან მზის აქტიურობასთან და მზისიერ ანთებებთან. ეს შემოფოთებები იწვევენ ორგანიზმის შიგა ბიოლოგიური ციკლების დესინქრონიზაციას [6]. ასეთ შეთხვევაში ორგანიზმის რეაქცია გეომაგნიტურ შემოფოთებებზე უნდა ხორციელდებოდეს ადაპტაციურ სტრესის რეაქციის მსგავსად. ანალოგიურ კანონზომიერებას ხსნიან ორგანიზმის მთელი სისტემის ადაპტაციის წყვეტით [8].

ამ ფაქტორთა ორგანიზმზე მოქმედების მექანიზმის მრავალი საკითხი ჯერჯერობით შეუსწავლელია, მაშინ როცა შაქრის დიაბეტი მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ენდოკრინული დაავადებაა. მაგრამ ხაზი უნდა გაესვას მას, რომ სპეციალურ ლიტერატურაში ძალზე მცირეა ინფორმაცია გეომაგნიტური ქარიშხლის ენდოკრინული ავადმყოფების ორგანიზმზე გავლენის შესახებ [7]. ამ მონაცემების მიხედვით ორგანიზმის რეაქცია განსაკუთრებით ინტენსიურად ვლინდება თუ ის იმყოფება არამდგრადობის მდგომარეობაში.

ჩვენი გამოკვლევის მიზანს წარმოადგენდა გეომაგნიტურ დღეებზე შაქრის დიაბეტით დაავადებულთა სისხლში გლიკემიის დინამიკის შესწავლა და მიღებული კანონზომიერებების ასხნა.

ამ მიზნით ვახდენდით მეორე სტადიაში მყოფი შაქრით დიაბეტით დაავადებულ ორგანიზმზე დაკვირვებებს, რისთვისაც ვიყენებდით „MediTouch 2“-ის ტიპის გერმანულ

„Medisana“-ს ფირმის მონყობილობას, ე.წ. გლუკომეტრს. ამ აპარატის ტესტ-ჩხირები გამოიზ-
ნულია თითების ბალიშებზე ჩხვლეტის შემდეგ გამოსულ სისხლში შაქრის დონის გასაზო-
მად. გაზომვის ალტერნატიული უბანი შეიძლება იყოს წინამხრის არეც. ამ შემთხვევაში ხდე-
ბა სისხლში შაქრის შემცველობის დონის სწრაფი ელექტროქიმიური განსაზღვრა. გლუკო-
ზის დეჰიდროგენაზის დამაკავშირებელი ფლავინადენინი ნუკლეოციდის (ფად) ფერმენტი
სისხლში არსებულ გლუკოზას გარდაქმნის გლიუკონოლაქტონად. გამზომი აპარატი არეგის-
ტრირებს ამ რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ დენს, რომელიც სისხლში შაქრის შემცველო-
ბის პროპორციულია. სისტემა გამოიყენება გარეგანი გაზომვებისათვის (in Vitro) და შეიძლე-
ბა ვიზუალურ დიაბეტით დაავადებების დროს კლინიკური დაკვირვებისთვის.

გამზომი ხელსაწყოა და ტესტური ჩხირის სიზუსტის შესამოწმებლად ტარდებოდა სა-
კონტროლო გაზომვები საცდელ-საკონტროლო ხსნარის გამოყენებით. გაზომვები ტარდებო-
და არსებული ინსტრუქციის მიხედვით. ამავდროულად იზომებოდა ატმოსფერული წნევა,
ტემპერატურა, არტერიული წნევა, სხეულის ტემპერატურა, ატმოსფერული ტენიანობა და
გეომაგნიტური აქტივობები. ეს უკანასკნელი იზომებოდა სპეციალიზირებულ ობსერვატო-
რიებში ან აიღებოდა ინტერნეტიდან. გაზომვები მიმდინარეობდა ყოველდღიურად სპეცია-
ლური გრაფიკის მიხედვით (იხ. ცხრილი) გეომაგნიტურად აქტიურ დღეებში, ხოლო კვირაში
ორჯერ მშვიდ დღეებში.

ცხრილი 1. შაქრის დიაბეტისა და ჰელიობიოლოგიური გაზომვის მონაცემები
2019 წლის იანვარ-თებერვალ-მარტში (პირის ასაკი – 68 წ., დიაბეტის ტიპი – II).

თვე/ რიცხვი	ატმოსფ. წნევა მმ, ვნ.სკ	ატმოს. ტემპ.	ატმოსფ. სინოტივე %	გეო მაგნ. ინდექ. (ნანო ტესლა)	არტ. წნევა მმ.ვწ. სკ	ტემპე რატურა	შაქრის კონცენ ტრაცია გ/ლ	ჰულსი
24/1	750	10	76	44	110/70	36,7	190	63
25/1	740	8	70	40	106/71	36,8	180	62
26/1	756	12	70	30	110/70	36,6	170	61
27/1	760	14	78	22	122/80	36,7	160	60
28/1	750	13	75	28	120/80	36,5	180	62
29/1	750	12	70	24	110/70	36,5	170	68
30/1	740	10	60	24	110/70	36,4	160	55
2/II	750	12	60	24	115/60	36,5	150	54
5/II	750	10	65	40	110/65	36,8	170	58
12/II	755	8	60	20	110/60	36,7	150	55
16/ I	750	9	65	22	100/60	36,8	160	61
21/ I	740	12	60	42	120/75	36,8	170	60
1/ I I	760	13	60	50	130/80	36,7	200	57

როგორც ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემები უჩვენებს, სისხლში შაქრის შემცველობა
იცვლება ჰელიობიოლოგიური პირობების ცვლილებების დროს. კერძოდ, ამინდის გაუარესე-
ბისას დაიკვირვებოდა შაქრის შემცველობის მატების ტენდენცია. მისი დონე განსაკუთრე-
ბით მატულობდა გეომაგნიტური ქარიშხლების პერიოდში.

მიღებული შედეგები ეთანხმება [10;11] ავტორების მიერ გამოქვეყნებულ მონაცემებს. ზოგადი ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა:

– შაქრის დიაბეტით დაავადებულებს მეტეოკლიო პარამეტრების და კერძოდ, მაგნიტური ქარიშხლების დროს უფიქსირდებათ ნახშირწყლოვანი მიმოცვლის მოშლა, რაც იწვევს ჰიპერგლიკემიის ზრდას და სისხლის პლაზმის ტოქსიკურობას. ეს მოვლენა ართულებს მკურნალობის პროცესს და აუცილებელი ხდება კომბინირებული თერაპიის გამოყენება.

ლიტერატურა:

1. ადეიშვილი თ. გეოფიზიკა II. ატმოსფეროს ქვედა ფენების ფიზიკა.// ქუთაისი, 2018.
2. ადეიშვილი თ., ნაკაშიძე ვ., ნავერიანი თ. კოსმოგენური ფაქტორების გავლენა ბიოსისტემებზე. // ქუთაისი, 2004
3. Панкив Б. Влияние погоды на самочувствие при сахарном диабете. // <https://сахарок.com/> 2015
4. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. Земля в объятиях солнца.// М., Мысль, 1995.
5. ადეიშვილი თ. გეოფიზიკა II. ატმოსფეროს ზედა ფენების ფიზიკა. // ქუთაისი, 2018.
6. ადეიშვილი თ. ჯიქია მ., ადეიშვილი მ. მედიცინის კოსმოფიზიკური საფუძვლები. // ქუთაისი, 2016.
7. Бреус Т.К, Комаров Б. И, Гапопорм С.И. Медицинские эффекты геомагнитный бурь. // Клиническая медицина, №83, 2005.
8. Berdzenishvili N. Global warming impact on ecosystems. // Telavi, 2018.
9. Комаров Б. И. Медикобиологические эффекты солнечной активности. // Вестник РАМН, 1994.
10. Munori T. // Clin. Chim. Acta. 84(1/2), 1978.
11. Jain Sh., et al. Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycosylated hemoglobin in diabetes. //Diabetes, 62 (12), 1989.

SOME COSMOGENIC FACTORS IN PEOPLE WITH DIABETES

Adeishvili T., Berdzenishvili N.

Summary: Consequences of interaction between diabetes mellitus and cosmogenic factors have been identified on the basis of observed observations. The types of these factors are considered and the mechanisms that influence their diabetic diseases are established.

Key words: cosmogenic factor, meteoropic reactions, Sugar diabetes, diabetes and heliobiological measurement.

STUDIES IN THE FIELD OF THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS ON HUMAN HEALTH IN GEORGIA: CURRENT STATUS AND PLANNED WORKS

^{***} Japaridze N., ^{*,***} Khazaradze K.

^{*}Ministry of Internally Displaced Persons from Occupied Territories, Labour, Health and Social Affairs of Georgia
Tbilisi, Georgia

^{**}Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia

^{***}Georgian State Teaching University of Physical Education and Sport
njaparidze@moh.gov.ge

Summary: A review of the current state of research on the influence of natural and anthropogenic environmental factors (meteorological, climatic, geophysical, space, anthropogenic atmospheric pollution, etc.) on the health of people in Georgia is presented. Prospects for future research are discussed.

Key Words: Bioclimatology, medical meteorology, environment and human health

Generally, the human health is primarily affected by the lifestyle (50 – 55%), then – by the environment (25 – 30%), and finally – by heritage and medical care. Additional anthropogenic load on the biosphere increases the level of above mentioned risk – factors influencing on human health and life (Fig.) [1].

In Georgia, as in many other countries, a long time ago the special attention has been paid to the analyses of the influence of the natural and anthropogenic factors of environment on the health of people. The brief survey of similar studies in Georgia in the last 15 years is given below [1-15].

The meteorological, bio meteorological, bioclimatic, geophysical and other parameters, which sufficiently affect the human beings, are the followings:

Separate meteorological and geophysical elements, space weather parameters and its combinations: air temperature, humidity, wind speed, atmospheric pressure, cloud cover, solar activity (Wolf’s number), the geomagnetic fields, atmospheric electricity, thunderstorms, solar radiation, the cosmic rays, radioactivity, light ions, aerosols, ozone, other air toxic admixtures and etc. [1-5,9,10,13]

Different simple thermal indices involve more than one climatological parameter and consider the combined effects (air equivalent- effective temperature EET, Equivalent temperature (TEK), Wet-bulb-globe temperature (WBGT), Tourism Climate Index (TCI) [[8,11,12,14,16]) and others.

The effects of the action of environmental factors on human health have different scales – from minute, hour, day, decade and month to the seasonal and annual [7]. For example, periodicity of 7 and 3, 5 day of mortality from the cardiovascular diseases (CVD) is established in the work [13]. Results of investigation of influence of monthly average values of air Equivalent-Effective Temperature EET and is represented monthly duration of magnetic storms D on the health of the population of Tbilisi city [11]. The analysis of regression connections of mortality from the CVD with the EET and D showed that the contribution of each of the variables into changeability of mortality is the following. In the range EET from – 5° to 4.6°: EET – 8.6%, D – 22.2%; in the range EET from 5.2° to 21.8°: T – 26.3%, D – is insignificant [11].

It is found in the work [10], that the relationship between the average monthly air temperature in Kutaisi (Georgia) and such indices of the health of population as the total number of emergency medical

calls, cases of hospitalizations and deaths has the form of a third power polynomial. In general, in the warm months there is a decrease of the total number of emergency medical calls, cases of hospitalizations and deaths. In the hot months, there is a worsening in these indicators of health, comparable to the cold months of the year (increase of the emergency medical calls, cases of hospitalizations and deaths).

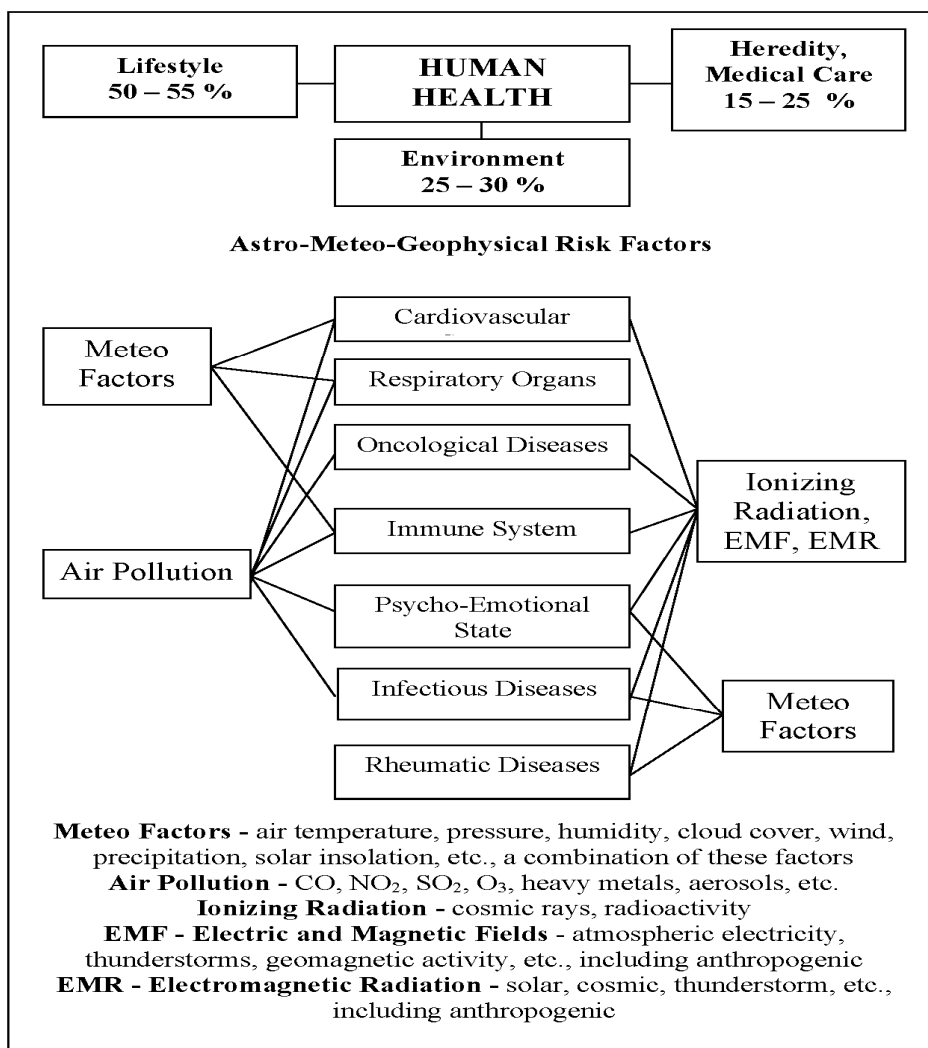


Fig. Human Health Risk Factors [1].

In the works [1,2] it is shown, that days situation together with air pollution by ozone in smog, the ozone forming gases and the aerosols under the conditions of Tbilisi an essential effect on human health have a variation in such factors as the thermal regime of air, atmospheric pressure, cosmic rays. Thus, increased surface ozone concentrations on the average growth of annual mortality of the inhabitants of Tbilisi city by 1680 people. This is equal to 14.1 % of entire average annual mortality of the population of Tbilisi, which is approximately 3 times higher than the same indices for the advanced countries [1,2].

In the work [7] the results of a study of the effect of the annual changeability of air temperature, surface ozone concentration and neutron component of galactic cosmic rays intensity on the mortality of the population of Tbilisi city in 1984-2010 are presented. The statistical characteristics of the investigated time-series are studied. In particular, it was found, that within the variation range of the contribution of the studied parameters to mortality variability is as follows: a random component of air temperature – 8.5%, real values of surface ozone concentration and cosmic ray intensity – 20.9% and 16.5%, respectively.

Results of studying of connection of TCI and its simple and combined components with the mortality of population for reasons the cardiovascular diseases based on the example of Tbilisi city in [8] are represented below. It is shown that value of the coefficient of linear correlation between the average

monthly decade mortality of the population of Tbilisi for reasons the cardiovascular diseases and simple and complex components of TCI and TCI are found in the range from -0.66 to $+0.44$ (all values of the correlation coefficients are significant).

The comparative analysis of the connection of eight simple thermal indices and Tourism Climate Index (TCI) with the monthly mortality of the population of Tbilisi city apropos of cardiovascular diseases is represented in [16]. The values of simple thermal indices were calculated with the use of mean monthly and mean monthly for 13 hours data of meteorological elements. Between all studied simple thermal indices practically direct functional connection with the coefficient of linear correlation not lower than 0.86 is observed. The connection of simple thermal indices with the TCI is nonlinear and takes the form of third power polynomial.

The possibility of using the standard scales and categories of the indicated indices as the bioclimatic indicator in monthly time scale is studied. As a whole, all indices adequately correspond to the degree of the bioclimatic comfort of environment for the people – with an increase in the level of comfort the mortality diminishes. The representative for this purpose is Missenard air effective temperature in 13 hours [16].

Conclusion

In the future, together with M. Nodia Institute of Geophysics TSU, we plan to conduct research on the impact on human health of such indices derived from energy budget models, as: Physiologically Equivalent Temperature (PET), Standard Effective Temperature (SET), Physiological Subjective Temperature and Subjective Temperature (MENEX), the Universal Thermal Climate Index (UTCI) etc. [16].

References

1. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical smog in Tbilisi. //Monograph, Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 63, Tb., 2012, 160 p., (in Georgian).
2. Amiranashvili A., Khurodze T., Shavishvili P., Beriashvili R., Iremashvili I. Dynamics of the Mortality of the Population of Tbilisi City and its Connection with the Surface Ozone Concentration. // Journ. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.16b, Tbilisi, 2013, pp. 31-38.
3. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight With Their Negative Consequences. //Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters.NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>
4. Lagidze L., Matchavariani L., Tsvitvadze N., Khidasheli N., Paichadze N., Motsonelidze N., Vakhtangishvili M. Medical Aspects of Atmosphere Pollution in Tbilisi, Georgia. //Journal of Environmental Biology, Vol.36, Special Issue, 2015, pp. 101-106.
5. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L., Khazaradze K. Expected Change of the Extremal Air Temperature and its Influence on the Mortality (Based on the Example to Tbilisi City). //International Cooperation Network for East European and Central Asian Countries: EECA Conference – October 7-8, 2010, Yerevan, Armenia, <http://be.sci.am/>.
6. Amiranashvili A.G., Gogua R.A., Matiashvili T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Khazaradze K.R., Kharchilava J.F., Khurodze T.V., Chikhladze V.A. The Estimation of the Risk of Some Astro-Meteo-Geophysical Factors for the Health of the Population of the City of Tbilisi. // Int. Conference “Near-Earth Astronomy 2007” Abstract, Terskol, Russia, 3-7 September 2007, p. 86.
7. Amiranashvili A.G., Bakradze T. S., Berianidze N.T., Japaridze N.D., Khazaradze K.R. Effect of Mean Annual Changeability of Air Temperature, Surface Ozone Concentration and Galactic Cosmic Rays Intensity on the Mortality of Tbilisi City Population. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.19B, Tbilisi, 2016, pp. 135-143.
8. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Matzarakis A., Povolotskaya N.P., Senik I.A. Tourism Climate Index of in the Some Regions of Georgia And North Caucasus.// Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 20B, 2017, pp. 43–64.

9. Amiranashvili A., Chikhladze V., Bliadze T. Contemporary State of a Question about the Action of Photochemical Smog and Surface Ozone on Human Health. //Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, v. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 177-188, (in Russian).
10. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Khazaradze R.R. Effects of Variations of the Monthly Mean Air Temperature on the Population Health of Imereti Region of Georgia. // International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“, Proceedings, ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018, pp. 38-41.
11. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Kartvelishvili L., Nodia Kh., Khurodze T. Influence of Air Effective Temperature and Geomagnetic Storms on the Population of Tbilisi City. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, v. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2008, pp. 434 – 437, (in Russian).
12. Amiranashvili A., Danelia R., Mirianashvili K., Nodia A., Khazaradze K., Khurodze T., Chikhladze V. On the Applicability of the Scale of Air Equivalent-Effective Temperature in the Conditions of Tbilisi City. // Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, v. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 216-220, (in Russian).
13. Amiranashvili A.G., Cornélissen G., Amiranashvili V., Gheonjian L., Chikhladze V.A., Gogua R.A., Matiashvili T.G., Paatashvili T., Kopytenko Yu.A., Siegelova J., Dusek J., Halberg F. Circannual and circadecennian stages in mortality from cardiovascular causes in Tbilisi, Republic of Georgia (1980-1992). // Scriptamedica (Brno), 75, 2002, pp. 255-260.
14. Khazaradze K. R. Comparative Analysis of Mean-Daily Value of Air Equivalent-Effective Temperature in Tbilisi and Kojori. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 20B, 2017, pp. 65–72.
15. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Chikhladze V., Japaridze N., Khazaradze K. The monthly variations in mortality from the cardiovascular diseases in Tbilisi. // Georgian Medical News, N 5 (242), 2015, pp. 53-59.
16. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Khazaradze K.R. On the Connection of Monthly Mean of Some Simple Thermal Indices and Tourism Climate Index with the Mortality of the Population of Tbilisi City Apropos of Cardiovascular Diseases. // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(1), 2018, pp.48-62

CHANGEABILITY OF MORTALITY IN GEORGIA IN DIFFERENT SEASONS AND PERIODS OF YEAR INTO 1993-2017

****Japaridze N., ***Khazaradze K.**

**Ministry of Internally Displaced Persons from Occupied Territories, Labour, Health and Social Affairs of Georgia
Tbilisi, Georgia*

***Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia*

****Georgian State Teaching University of Physical Education and Sport
njaparidze@moh.gov.ge*

Summary: *The analysis of variations of mortality in Georgia in different seasons (winter, spring, summer, autumn) and periods (year, cold period – October-March, warm period: April-September) of year from 1993 to 2017 was carried out. It was found that over the entire study period, an average of 1230 deaths per 100000 people were recorded per year. The highest mortality was observed in winter (345 cases), the lowest – in autumn (274 cases). Over the indicated time period, in all different seasons and periods of the year there was an increase in mortality. So, in 2008-2017, compared with 1993-2002, the maximum increase in mortality was observed in autumn (63 cases), the minimum – in spring (40 cases each). On average over the year in 2008-2017, compared with 1993-2002, the growth in mortality was 197 cases per 100000 people.*

Key Words: *Mortality, environment and human health*

Introduction

Influences of natural, anthropogenic environmental (meteorological, climatic, geophysical, space, anthropogenic atmospheric pollution, etc.) and social (economics, life style, medical care, etc.) factors on the health of people are significant [1-5]. Seasonal variations in population mortality are well known, mainly due to the variability of the thermal regime in the atmosphere (intra-annual variation of air temperature, heat and cold waves, etc.) [1-10].

In this work the statistical analysis of seasonal (winter, spring, summer, autumn) half-years (cold period – October-March, warm period: April-September) annual variations of mortality in Georgia in the period from 1993 to 2017 was carried out.

Material and methods

Data of National Statistics Office of Georgia [<https://www.geostat.ge/en>] about mortality in Georgia in 1993-2017 is used.

The standard statistical methods are used. The following designations will be used below:

Mort – mortality per 100000 people; Min – minimal values; Max – maximal values; St Dev – standard deviation; σ_m – standard error; $Cv = 100 \cdot St\ Dev / Average$ – coefficient of variation, %; 99%(+/-) – 99% confidence interval of mean.

Comparison of mean values of mortality in two ten-year time periods (1993-2000 and 2008-2017) was produced with the use of Student's criterion with the level of significance α not worse than 0.01.

Results and discussion

Results in Table 1 and Fig. 1-4 are presented.

In Table 1 the statistical characteristics of seasonal, half-years and annual mean values of mortality Georgia in 1993-2017 are presented. As follows from Table 1 seasonal mean values of mortality per 100000 people changes from 274 (autumn) to 345 (winter). The mean annual mortality per 100000 people is 1230 ± 54 , in the cold half-year 654 ± 30 and in the warm half-year – 576 ± 26 .

The variability of mortality in autumn higher than in winter and spring. Accordingly, values of Cv varied from 11.9% to 8.2%.

Table 1

Statistical Characteristics of Mortality in Georgia
in 1993-2017 in Different Seasons and Periods of Year

Month	Mean	Min	Max	St Dev	σ_m	Cv (%)	99%(+/-)
Winter	345	292	395	28,3	5,8	8,2	15
Spring	334	281	378	27,3	5,6	8,2	14
Summer	277	227	322	27,1	5,5	9,8	14
Autumn	274	209	318	32,6	6,7	11,9	17
Cold	654	546	733	56,7	11,6	8,7	30
Warm	576	472	646	49,7	10,1	8,6	26
Year	1230	1021	1362	104,1	21,2	8,5	54

Trends of mortality in Georgia in 1993-2017 in indicated seasons of year are positive and have the form of a second power polynomial (Fig. 1). In recent years, there has been some stabilization and a downward trend in mortality.

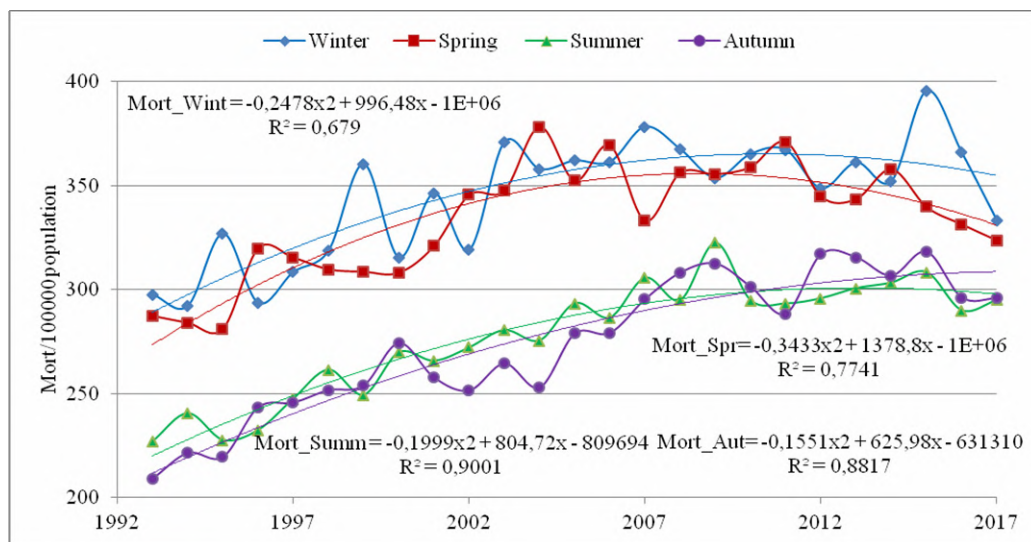


Fig. 1. Trend of Mortality in Georgia in 1993-2017 in Three Seasons of Year.

Trends of mortality in Georgia in 1993-2017 in three indicated periods of year also are positive and have the form of a second power polynomial (Fig. 2).

In Fig. 3 data about intra-annual variations of mortality in Georgia on three periods of years are presented. As follows from the Fig. 3, in the second period of time (2008-2017), mortality in Georgia in all indicated seasons of year, was higher than in the first period (1993-2002).

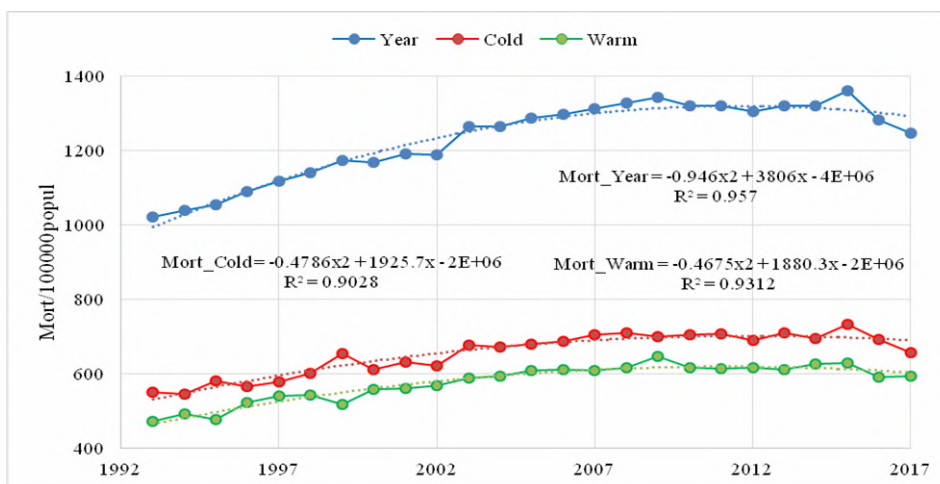


Fig. 2. Trend of Mortality in Georgia in 1993-2017 in Three Periods of Year.

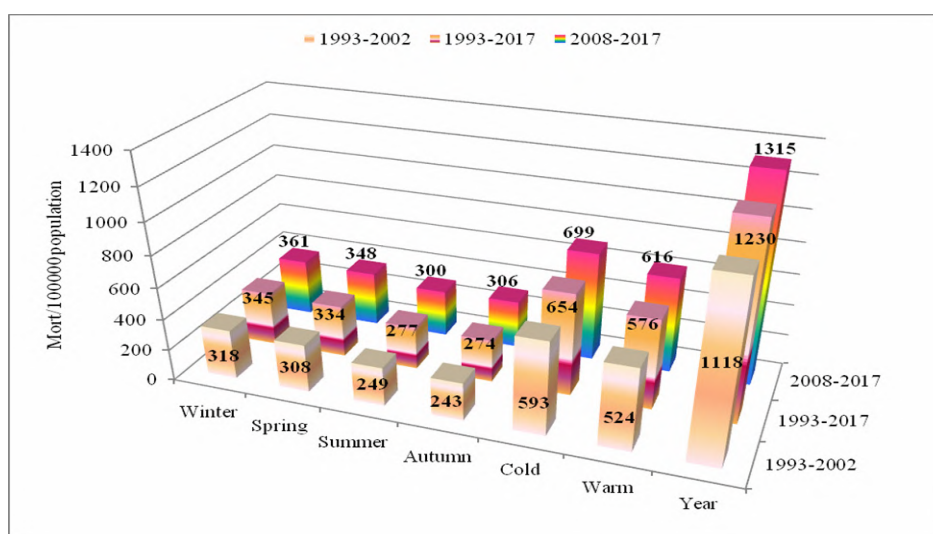


Fig. 3. Intra-Annual Variations of Mortality in Georgia in Three Periods of Years.

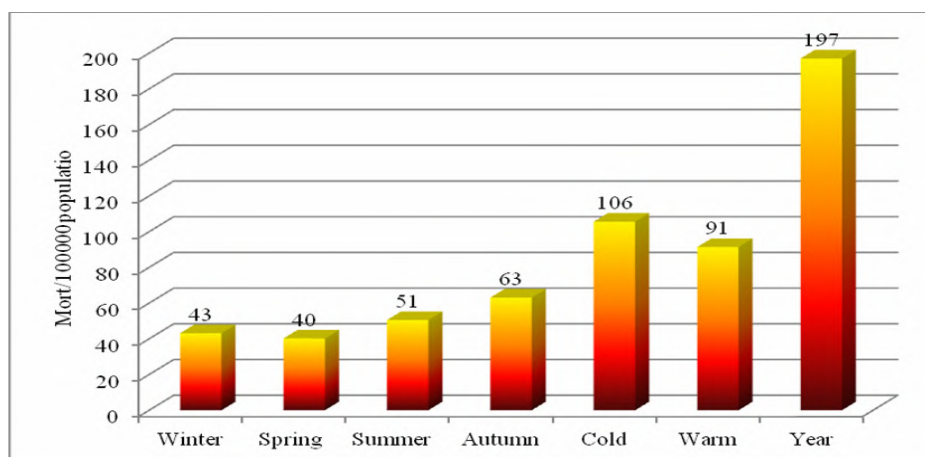


Fig. 4. Difference between Mean Values of Mortality in Georgia in 2008-2017 and 1993-2002 in Different Seasons and Periods of Year.

So, in 2008-2017, compared with 1993-2002, the maximum increase in mortality was observed in autumn (63 cases), the minimum – in spring (40 cases each). On average over the year in 2008-2017, compared with 1993-2002, the growth in mortality was 197 cases per 100000 people, in cold period – 106, and in warm period – 91 cases per 100000 people.

Conclusion

The more detailed analysis of the data about mortality in Georgia with the use of statistical methods for the non-accidental series of observations is planned to be conducted in the immediate future, as well as the study of the role of various natural, anthropogenic environmental and social factors in such negative processes in Georgia, as growth of mortality.

References

1. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical Smog in Tbilisi. // Monograph, Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 63, Tb., 2012, 160 p., (in Georgian).
2. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Khazaradze K.R. On the Connection of Monthly Mean of Some Simple Thermal Indices and Tourism Climate Index with the Mortality of the Population of Tbilisi City Apropos of Cardiovascular Diseases. // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(1), 2018, pp.48-62
3. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Khazaradze R.R. Effects of Variations of the Monthly Mean Air Temperature on the Population Health of Imereti Region of Georgia. // International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“, Proceedings, ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018, pp. 38-41.
4. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Kartvelishvili L., Nodia Kh., Khurodze T. Influence of Air Effective Temperature and Geomagnetic Storms on the Population of Tbilisi City. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, v. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2008, pp. 434 – 437, (in Russian).
5. Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Matzarakis A., Povolotskaya N.P., Senik I.A. Tourism Climate Index of in the Some Regions of Georgia And North Caucasus.// Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 20B, 2017, pp. 43–64.
6. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Chikhladze V., Japaridze N., Khazaradze K. The Monthly Variations in Mortality from the Cardiovascular Diseases in Tbilisi. // Georgian Medical News, N 5 (242), 2015, pp. 53-59.
7. Marti-Soler H., Gonseth S., Gubelmann C., Stringhini S., Bovet P., et al. Seasonal Variation of Overall and Cardiovascular Mortality: A study in 19 countries from different geographic locations. // PLOS ONE 9(11) 2014; e113500. doi:10.1371/journal.pone.0113500.
8. Gomez-Acebo I., Llorca J., Dierssen T. Cold-related Mortality due to Cardiovascular Diseases, Respiratory Diseases and Cancer: a Case-Crossover Study. // Public Health, 127, 2013, pp. 252–258.
9. Ruuhela R., Jylhä K., Lanki T., Tiittanen P., Matzarakis A. Biometeorological Assessment of Mortality Related to Extreme Temperatures in Helsinki Region, Finland, 1972–2014. // Int. J. Environ. Res. Public Health, eISSN 1660-4601, 14(8), 944, 2017, 19 p., doi:10.3390/ijerph14080944, file:///C:/Users/User/Downloads/ijerph-14-00944.pdf
10. Muthers S., Laschewski G., Matzarakis A. The Summers 2003 and 2015 in South-West Germany: Heat Waves and Heat-Related Mortality in the Context of Climate Change. // Atmosphere, November 2017, 13 p., DOI: 10.3390/atmos8110224, <https://www.researchgate.net/publication/321085363>

სატყვასანინალმდეგო სამუშაოების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობა კახეთში 2015–2019 წწ.

* თელია შ., * კვესელავა ნ., * საური ი., * ჩიხლაძე ვ., * ძოძუაშვილი უ., * წერეთელი ა.

*სსიპ სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი "დელტა", თბილისი, საქართველო
ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
nkveselava@delta.gov.ge

ანოტაცია: ფიზიკური ეფექტიანობა – სეტყვასანინალმდეგო სამუშაოების წარმოებისას გამოყენებული ტექნოლოგიების უნარი და შესაძლებლობა აღკვეთოს სეტყვის მოსვლა, შეამციროს სეტყვისგან დაზიანებული ფართობები და მიყენებული ზარალი ნ-ჯერ ან ნ%-ით. ეკონომიკური ეფექტიანობა – სეტყვასანინალმდეგო დაცვის ამა თუ იმ ტექნოლოგიების გამოყენებაზე ფინანსური ხარჯების გათვალისწინებით მიღებული სუფთა ეკონომიკური სარგებელი.

ზემოაღნიშნულების გამოსათვლელად გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები და შესაბამისი კრიტერიუმები. ისინი შეიცავენ მონაცემებს, არსებულს როგორც სეტყვასანინალმდეგო სამუშაოების დაწყებამდე, ასევე მისი მიმდინარეობის პერიოდებში. სეტყვასანინალმდეგო დაცვის დაწყებამდე პერიოდში მონაცემები ეყრდნობოდა მეტეოსადგურებისა და სახდაზღვევის მაჩვენებლებს, რაც შეეხება დაცვის პერიოდს, აქ გამოიყენება: ისტორიული რიგის მეთოდი, რაც ითვალისწინებს სტატისტიკურ შედარებას მონაცემებისა ნალექების, სეტყვისგან დაზიანებული ფართობების, მიყენებული ზარალის შესახებ დაცვამდე და დაცვის პერიოდში. საკონტროლო ტერიტორიის მეთოდი, რაც ითვალისწინებს სეტყვასაშიშროების მახასიათებლების შედარებას როგორც დასაცავ, ასევე საკონტროლო ტერიტორიაზე.

საკვანძო სიტყვები: სეტვა, ამინდის მოდიფიცირება, ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობა

სეტყვასთან ბრძოლა პრაქტიკულ ქრილში საქართველოში წარმოებს 1967 წლიდან [1, 2, 5, 6]. ამ სისტემის განახლება ტესტურ რეჟიმში დაიწყო 2015 წლიდან და გრძელდება დღემდე.

სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრის „დელტა“-ს ბუნებრივ მოვლენებზე აქტიური ზემოქმედების მართვის ცენტრი 2016 – 2019 წლებში აწარმოებდა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სეტყვისგან დაცვის სამუშაოებს კახეთის რეგიონში [3, 4].

დასაცავი ტერიტორია მოიცავს რეგიონის რვა მუნიციპალიტეტს (ახმეტა, გურჯაანი, დედოფლისწყარო, თელავი, ლაგოდეხი, საგარეჯო, სიღნაღი, ყვარელი) საერთო ფართობით 800,0 ათასი ჰა. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების საერთო ფართობი შეადგენს 570,0 ათას ჰა-ს, ანუ მთლიანი ფართობის 71,2%-ს.

სეტყვასაშიშ ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედება ტარდებოდა სეტყვასანინალმდეგო დაცვის სამეცნიერო-საწარმოო ცენტრის მიერ შემუშავებული მეთოდური ინსტრუქციის საფუძველზე.

აქტიური ზემოქმედების ჩატარებისათვის გამოიყენებოდა ფირმა SELEX-ის 735 CD10 ტიპის 5 სანტიმეტრიან დიაპაზონში მომუშავე მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორი; სდ-26 ტიპის გამშვები დანადგარი; მაკრისტალიზებული რეაგენტის (ვერცხლის იოდიდი) შემცველი სეტყვასანინალმდეგო რაკეტები.

სეტყვასაშიშ კერებში რეაგენტის შეტანა ხორციელდებოდა მთელ დასაცავ ტერიტორიაზე განლაგებული 83 სარაკეტო პუნქტიდან.

აქტიური ზემოქმედების სამუშაო პერიოდი მოიცავდა შუალედს აპრილის დასაწყისიდან ოქტომბრის ბოლომდე.

ყოველი საანგარიშო პერიოდის დამთავრებისას ხდება ჩატარებული სამუშაოების ანალიზი და შეფასება; არსებული მონაცემების საფუძველზე სეტყვასანინაალმდეგო დაცვის ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრა [8,9,10,11].

ფიზიკური ეფექტიანობა – სეტყვასანინაალმდეგო სამუშაოების წარმოებისას გამოყენებული ტექნოლოგიების უნარი და შესაძლებლობა – აღკვეთოს სეტყვის მოსვლა; შეამციროს სეტყვისგან დაზიანებული ფართობები და მიყენებული ზარალი რამოდენიმეჯერ, ან რამოდენიმე პროცენტით.

ეკონომიკური ეფექტიანობა – სეტყვასანინაალმდეგო დაცვის ამა თუ იმ ტექნოლოგიების გამოყენებაზე დახარჯული ფინანსების გათვალისწინებით მიღებული სუფთა ეკონომიკური სარგებელი.

ზემოაღნიშნულების გამოსათვლელად გამოიყენება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებში შემუშავებული სხვადასხვა მეთოდები. მათში მოცემულია კრიტერიუმები, რომლებიც შეიცავენ მონაცემებს, არსებულს როგორც სეტყვასანინაალმდეგო სამუშაოების დაწყებამდე, ასევე მისი მიმდინარეობის პერიოდებში.

სეტყვასანინაალმდეგო დაცვის დაწყებამდე პერიოდში მონაცემები ძირითადად ეყრდნობოდა მეტეოსადგურების და სახდაზღვევის მაჩვენებლებს. რაც შეეხება დაცვის პერიოდს, აქ გამოიყენება:

- ისტორიული რიგის მეთოდი, რაც ითვალისწინებს სტატისტიკურ შედარებას მონაცემებისა ნალექების, სეტყვისგან დაზიანებული ფართობების, მიყენებული ზარალის შესახებ დაცვამდე და დაცვის პერიოდში.
- საკონტროლო ტერიტორიის მეთოდი, რაც ითვალისწინებს სეტყვასაშიშროების
- მახასიათებლების შედარებას როგორც დასაცავ, ასევე საკონტროლო ტერიტორიებზე.
- ფიზიკური ეფექტიანობის გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა ფორმულა:

$$E_{ფიზ} = \left(1 - \frac{S_{დაზ} * 100\ 000}{S_{საშ} * S_{სე}}\right)$$

სადაც: $S_{დაზ}$ – საანგარიშო პერიოდში სტიქიისაგან (სეტყვა, ქარიშხალი, თქეში) დაზიანებული, დაზიანების 100%-ზე დაყვანილი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი;

$S_{საშ}$ – საშუალო მრავალწლიური, დაზიანების 100%-ზე დაყვანილი ფართობი (სეტყვასანინაალმდეგო სამუშაოების დაწყებამდე პერიოდში);

$S_{სე}$ – სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი.

ეკონომიკური ეფექტიანობის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$E_{ეკ} = [D \frac{N}{100} - (C + 0.15K)]A$$

სადაც: D – სასოფლო პროდუქციის დანაკარგის ღირებულება დასაცავი ტერიტორიის ყოველ 1 ჰა-ზე სეტყვის სანინაალმდეგო სამუშაოების დაწყებამდე მრავალწლიან პერიოდში;

N – ფიზიკური ეფექტიანობა; C – 1 ჰა დაცვის თვითღირებულება;

K – კაპიტალდაბანდებები დასაცავი ტერიტორიის ყოველ 1 ჰა-ზე;

A – დასაცავი ტერიტორიის საერთო ფართობი.

2016 – 2019 წლებში კახეთის რეგიონში სეტყვასანინაალმდეგო სამუშაოების საშუალო ფიზიკურმა ეფექტიანობამ შეადგინა 95%, ხოლო საშუალო ეკონომიკურმა ეფექტიანობამ – არანაკლებ 28,0 მლნ. ლარი.

ეფექტურობის განსაზღვრისას არ არის გათვალისწინებული ის ობიექტური მიზეზები, რაც ხელს უშლის მაქსიმალური შედეგის მიღწევას. ასეთებს განეკუთვნება:

- 1) დასაცავ ტერიტორიაზე ცივი ატმოსფერული ფრონტის გავლისას წინასწარი დამუშავების ზონების არ არსებობა.
- 2) საქაერონავიგაციიდან აქტიური ზემოქმედების ჩატარებაზე აკრძალვა.

- 3) გარკვეულ სარაკეტო პუნქტებზე სროლის აკრძალული აზიმუტების არსებობა.
- 4) დასაცავ ტერიტორიაზე ზოგიერთ სექტორში რაკეტის ტექნიკური შესაძლებლობიდან გამომდინარე, დაუმუშავებელი არეალების არსებობა და ჩათესვის რეჟიმების დაუცველობა.
- 5) რიგ შემთხვევებში ზემოქმედების მართვის ავტომატიზირებული სისტემის ტექნიკური ხარვეზები (ინტენსიური ატმოსფერული ელექტროგანმუხტვების დროს კავშირი სარაკეტო დანადგარებთან; სროლის პროგრამების დაბალი ეფექტურობა და სხვა).

ლიტერატურა:

1. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2015, vol. 65, pp. 77 – 100, (in Russian).
2. Burtsev I.I., ...Amiranashvili A.G. et al. Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
3. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). //Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.
4. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti.//Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol.66,Tb., 2016, pp.14–27,(in Russian).
5. Elizbarashvili E. Sh., Amiranashvili A. G., Varazanashvili O. Sh., Tsereteli N. S., Elizbarashvili M. E., Elizbarashvili Sh. E., Pipia M. G. Hailstorms in the Territory of Georgia. // European Geographical Studies, ISSN: 2312-0029, vol.2, № 2, 2014, pp. 55-69, DOI: 10.13187/egs.2014.2.55, www.ejournal9.com, (in Russian).
6. Amiranashvili A., Bakhsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R. On the Necessity of Resumption of Atmospheric Processes Modification Activities in Georgia. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.144-152, (in Russian).
7. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
8. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Pipia M., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili E. Some Data About Hail Damages in Eastern Georgia and Economic Losses From Them. // Reports, presented on the Scientific Conference “80 years of M. Nodia Institute of Geophysics”. Tbilisi, 2014, pp. 145-150, (in Russian).
9. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Berekova M.V., Malkarova A.M. // Rukovodstvo po organizacii i provedenii protivogradovih rabot. ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, Pechatni dvor, 2014, 500 s, (in Russian).
10. Burnadze A., Varamashvili N., Jamrishvili N., Kveselava N. On the Estimations of the Physical Effectiveness of Anti-Hail Protection.//Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, vol.66,Tb.,2016,pp.108-115,(in Russian).
11. Burnadze A., Varamashvili N., Kveselava N. Basic Methods of the Estimation of Economic Effectiveness in the Anti-Hail Works. // Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tb., 2016, pp. 116 – 122, (in Russian).

PHYSICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ANTI-HAIL WORKS IN KAKHETI FOR THE PERIOD 2015-2019

Telia Sh., Kveselava N., Sauri I., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Tsereteli A.

Summary: To characterize the results of anti-hail operations, physical and economic efficiency was determined. For the calculation, various methods and relevant criteria were used. In this case, data were used both for the period before the onset of active impacts and for the duration of the work. Data were also used both for the protected territory and for control territories.

Key Words: *Weather modification, hail storm, physical and economic efficiency.*

**საფრანგულენოვანი სამუშაოების წარმოება
ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე – რეგისტრირებული ანალიზი
და მათი განახლების პერსპექტივები**

ბერიტაშვილი ბ., ბურნაძე ა., კვესელავა ნ., წერეთელი ა.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

**სსიპ სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“, თბილისი, საქართველო
nkveselava@delta.gov.ge

ანოტაცია: ქვემო ქართლის რეგიონი ხასიათდება სეტყვასაშიშროების მაღალი კოეფიციენტით. იგი ძირითადად განპირობებულია რელიეფის არაერთგვაროვნებით, რაც ხელს უწყობს წლის თბილ პერიოდში ცივი ატმოსფერული ფრონტების გავლის დროს ძლიერი აღმავალი დინებებისა და ტურბულენტური მოძრაობის წარმოქმნას, კონვექციური ტიპის სეტყვასაშიშროების განვითარებას. აღნიშნულ რეგიონში ასევე ხელსაყრელი პირობებია გროვა, გროვა-სანვიმარი ღრუბლების წარმოქმნისა და განვითარებისათვის სეტყვასაშიშრო დონემდე. გასული საუკუნის 60-იან წლებში ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ დაიწყო საცდელ-ექსპერიმენტული სამუშაოები, ხოლო 70-იანი წლების დასაწყისიდან 90-იან წლებამდე, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სეტყვისგან სანარმოო დაცვის ღონისძიებები ქვემო ქართლის ოთხი ადმინისტრაციული რაიონის ტერიტორიაზე.

გამომდინარე ცენტრალურ საკომანდო პუნქტზე (ქ. თეთრიწყარო) განლაგებული რადიოლოკაციური სადგურების რეპრეზენტატიული მოქმედების რადიუსიდან, საკონტროლო ტერიტორიად გამოიყენებოდა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი.

ანალოგიური რადიოლოკაციური პარამეტრების პირობებში ხდებოდა რანდომიზაცია ღრუბლიდან მოსული ნალექებისა, როგორც ზემოქმედების გარეშე, ასევე ზემოქმედების შედეგად. მთელი სამუშაოს პერიოდის (1972–1990) განმავლობაში სეტყვისგან დაცვის საშუალო ეფექტიანობამ შეადგინა 88%. განხილულია აღნიშნულ რეგიონში სამუშაოების განახლების საკითხები.

საკვანძო სიტყვები: სეტყვა, ამინდის მოდიფიცირება.

საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილს (კახეთი, ქვემო ქართლი, შიდა ქართლი, სამცხე-ჯავახეთი), რომელიც წარმოადგენს სეტყვასაშიშროების მაღალი კოეფიციენტის მქონე რეგიონს, სტიქიისაგან (სეტყვა, ქარიშხალი, ძლიერი თქეში) მნიშვნელოვნად ზიანდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები [1,2,3,4,9]. დაზიანებული ფართობები აღწევდა ათეულობით ათას ჰექტარს, ხოლო მიყენებული ზარალი – ასეულობით მილიონ მანეთს [5]. დადგა საკითხი სავარგულების სეტყვისგან დაცვის ღონისძიებების შესახებ. გასული საუკუნის 60- 90 წლებში კახეთის და ქვემო ქართლის რეგიონში წარმატებით ფუნქციონირებდა სეტყვის სანინალმდეგო სამსახურები [2]. ამ პერიოდში სეტყვის დაცვის ეფექტიანობა აღწევდა 85-95%-ს. 2015 წლიდან კახეთის რეგიონში განახლდა ზემოაღნიშნული სამუშაოები. აღმოსავლეთ საქართველოს დანარჩენ ნაწილში აქტუალური რჩება საკითხი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სეტყვისგან დაცვის სამუშაოების ჩატარების შესახებ.

გასული საუკუნის 50-ან წლებში ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ ჩატარდა თეორიული კვლევები ატმოსფეროში მიმდინარე

პროცესების, მათ შორის კონვექტიური ტიპის სეტყვასაშიში ღრუბლების წარმოქმნის, მათი ხასიათისა და განვითარების შესახებ. აღნიშნული სამეცნიერო კვლევების შედეგად შემუშავდა მეთოდი, რომლის განხორციელება ითვალისწინებდა კონვექტიური, გროვა-სანვიმარი ტიპის სეტყვასაშიში ღრუბლებიდან სეტყვის მოსვლის აღკვეთას ან მის წყვეტილობას.

60-იან წლებში ჩატარდა საცდელ-ექსპერიმენტული სამუშაოები, ხოლო 1970-1990 წლებში ქვემო ქართლის რეგიონში წარმოებდა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სეტყვისგან დაცვის სამუშაოები.

შემუშავებული მეთოდი ითვალისწინებდა ღრუბლის სეტყვასაშიშროების კრიტერიუმებისა და სეტყვასაშიშ კერებში სპეციალური რეაგენტის შეტანის (ჩათესვის) განსაზღვრისა და შეფასების წესებს.

ღრუბლის სეტყვასაშიშროების შეფასებისას გამოიყენებოდა შემდეგი პარამეტრები:

- 1) ღრუბლის ზედა საზღვრის სიმაღლე.
- 2) მაქსიმალური ამრეკლადობის მნიშვნელობა.
- 3) მაქსიმალური ამრეკლადობის ზონის სიმაღლე.

აღნიშნული მეთოდით სეტყვასაშიშ კერაში ხდება როგორც ჰიგროსკოპიული, ასევე მაკრისტალიზებული რეაგენტის შეტანა (გაფრქვევა, ჩათესვა) – პირველ შემთხვევაში კერის იმ ნაწილში, სადაც ტემპერატურა $t \geq 0^{\circ} \text{C}$, ხოლო მეორე შემთხვევაში სეტყვასაშიში კერის იმ ნაწილში, სადაც ტემპერატურა $t \leq -7^{\circ} \text{C}$. ქვემო ქართლის რეგიონი სეტყვასაშიშროების მაღალი კოეფიციენტით ხასიათდება. იგი ძირითადად რელიეფის არაერთგვაროვნებით იყო განპირობებული, რაც პირობებს უქმნის წლის თბილ პერიოდში ცივი ატმოსფერული ფრონტების ფუნქციონირებისას ძლიერი აღმავალი დინებების და მძლავრი ტურბულენტური მოძრაობის წარმოქმნას, კონვექტიური გროვა-სანვიმარი ტიპის ღრუბლების განვითარებას. აღნიშნულ რეგიონში ასევე ხელსაყრელი პირობებია შიდამასიური ტიპის გროვა, მძლავრი გროვა, გროვა-სანვიმარი ღრუბლების წარმოქმნისა და განვითარებისათვის სეტყვასაშიშ დონემდე. ქვემო ქართლის რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სეტყვისგან დაცვის სამუშაოები ტარდებოდა ოთხი ადმინისტრაციული რაიონის ტერიტორიაზე (ბოლნისი, დმანისი, თეთრიწყარო, მარნეული). დასაცავი ტერიტორიის საერთო ფართობი შეადგენდა 415 ათას ჰა-ს, ხოლო სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების – 235,0 ათას ჰა-ს, ანუ მთლიანი ფართობის 56,6%-ს.

საკომანდო პუნქტები განლაგებული იყო ქ. თეთრიწყაროში და ქ. მარნეულში. აღნიშნულ პუნქტებზე ფუნქციონირებდა 3,2 სმ და 10,0 სმ ტალღის სიგრძის დიაპაზონის მქონე „APC-3“, „СОН-4“, „МРЛ-1“, МРЛ-2“ და „МРЛ-5“ ტიპის რადიოლოკაციური სადგურები. თეთრიწყაროს საკომანდო პუნქტზე „МАПАХИТ“-ის ტიპის რადიოლოკატორის მეშვეობით ხდებოდა ატმოსფეროს ზონდირება, რომლის მონაცემები მუშავდებოდა სპეციალური აპარატურის საშუალებით აეროლოგიური ჯგუფის მიერ.

მთელ დასაცავ ტერიტორიაზე განლაგებული იყო 34 საარტილერიო-სარაკეტო საცეცხლე ნერტილი, სადაც დამონტაჟებული იყო „КС-19“ და, 80-იან წლებიდან, „ТКБ-40“ ტიპის შესაბამისად საარტილერიო და სარაკეტო გამშვები დანადგარები. მათი აქტიური მოქმედების რადიუსი – 12,5 კმ და 11,6 კმ შესაბამისად.

სეტყვასაშიშ კერებში რეაგენტის შეტანა ხდებოდა „Эльбрус-4“ ტიპის საარტილერიო ჭურვის და „Алазань“-ის ტიპის სეტყვასანინაალმდეგო რაკეტების მეშვეობით.

საარტილერიო ჭურვებით დამუშავებისას სეტყვასაშიშ კერებში ჯერ შეჰქონდათ ჰიგროსკოპიული რეაგენტი, ხოლო 1-2 წუთის შემდეგ – მაკრისტალიზირებული რეაგენტი.

ჰიგროსკოპიული და მაკრისტალიზირებული რეაგენტებით აღჭურვილი სეტყვასანინაალმდეგო ნაწარმის (ჭურვი, რაკეტა) ხარჯვის საშუალო ნორმა დამოკიდებული იყო სეტყვასაშიში პროცესების სიმძლავრეზე და ნალექწარმოქმნის პროცესის ინტენსიობაზე. იგი შეადგენდა ჰიგროსკოპიულის შემთხვევაში – 2-4 ნაწარმი ღრუბლის დასამუშავებელი 1 კმ³ მოცულობაზე და მაკრისტალიზირებულის შემთხვევაში – 1-2 ნაწარმი 1 კმ³ მოცულობაზე.

მთელი პერიოდის განმავლობაში ჩატარებული სეტყვასანინალმდეგო სამუშაოების შედეგების საშუალო წლიური მაჩვენებლები ასეთია:

- 1) ჩატარებული აქტიური ზემოქმედების დღეთა რაოდენობა – 45.
- 2) დამუშავებული სეტყვასაშიში ზონების რაოდენობა – 186.
- 3) გახარჯული სეტყვასანინალმდეგო ნაწარმის რაოდენობა – 5400 ც.
- 4) სეტყვიანი დღეების რაოდენობა (სავარგულების ზიანით) – 8.
- 5) სეტყვისგან დაზიანებული სავარგულების ფართობი (100% დაყვანილი) – 2800 ჰა
- 6) ფიზიკური ეფექტიანობა – 88%.
- 7) ეკონომიკური ეფექტიანობა – 2700000 მანეთი.

აღნიშნულ პერიოდში საკონტროლო ტერიტორიებიდან გამოიყენებოდა ნალკისა და ბოგდანოვკის (ახ. ნინოწმინდა) რაიონები. ამ ტერიტორიებზე არსებობდა ნალექმზომთა სისტემა, ასევე სოფელ როდიონოვკაში განლაგებული რადიოლოკატორის საშუალებით ხდებოდა დაკვირვება კონვექტიური ღრუბლების განვითარებაზე, მათი რადიოლოკაციური მახასიათებლების განსაზღვრა და შეფასება [7, 8].

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს 1974, 1979, 1980, 1982, 1983 წლები, როდესაც სეტყვასაშიში პროცესებს გააჩნდათ ანომალური ხასიათი რაც გამოიხატება შემდეგში:

- სეტყვასაშიში კერების გადაადგილების მაღალი სიჩქარე.
- სეტყვასაშიში კერების ანომალურად დიდი გეომეტრიული ზომები.
- სუპერუჯრედოვანი ტიპის სეტყვასაშიში პროცესების ანომალურად დიდი რაოდენობა.
- სეტყვასაშიშროების კატეგორიის უმაღლესი დონე, გამომდინარე ღრუბელთა რადიოლოკაციური პარამეტრების მონაცემებიდან.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ შემთხვევებში მცირდებოდა ზემოქმედების ჩატარების ოპერატიულობა; დასამუშავებელი მოცულობების ჩათესვის მარგი ქმედების კოეფიციენტი და შესაბამისად, ჩატარებული ზემოქმედების ეფექტი. აღნიშნულ წლებში სტიქიისგან (სეტყვა, ქარიშხალი, თქეში) დაზიანებული სავარგულების ფართობმა შეადგინა მთლიან პერიოდში დაზიანებული ფართობის 92%.

ქვემო ქართლის რეგიონში სეტყვასანინალმდეგო სამუშაოების განახლებისათვის [6, 10, 11, 12], გარდა ტექნიკური აღჭურვილობისა, მომზადებულია შემდეგი ინფორმაცია:

- რეგიონის ტერიტორიაზე ატმოსფერული მასების გადაადგილების უპირატესი მიმართულებების შესახებ.
- სტატისტიკური მრავალწლიური მონაცემები ატმოსფერული სხვადასხვა ტიპის პროცესების ფუნქციონირებისას ღრუბლების რადიოლოკაციური პარამეტრების შესახებ.
- რეგიონის ოროგრაფიის გათვალისწინებით, ზემოქმედების მაქსიმალური დატვირთვით ჩასატარებლად არსებული ზონების შესახებ.
- ტექნიკური პრობლემების (კავშირი, ვიზუალური ხედვა, ზემოქმედების პუნქტებთან მისასვლელი გზები) მინიმუმამდე დაყვანის შესაძლებლობების შესახებ.

References

1. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. //Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2015, vol. 65, pp. 77 – 100, (in Russian).
2. Burtsev I.I., ...Amiranashvili A.G. et al. Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
3. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). //Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, Tbilisi, 2015, vol.18B, pp. 92-106.
4. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of

- Anti-Hail Service in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tb., 2016, pp. 14 – 27, (in Russian).
5. Elizbarashvili E. Sh., Amiranashvili A. G., Varazanashvili O. Sh., Tsereteli N. S., Elizbarashvili M. E., Elizbarashvili Sh. E., Pipia M. G. Hailstorms in the Territory of Georgia. // European Geographical Studies, ISSN: 2312-0029, vol.2, № 2, 2014, pp. 55-69, DOI: 10.13187/egs.2014.2.55, www.ejournal9.com, (in Russian).
 6. Amiranashvili A., Bakhsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R. On the Necessity of Resumption of Atmospheric Processes Modification Activities in Georgia. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.144-152, (in Russian).
 7. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. // Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
 8. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Pipia M., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili E. Some Data About Hail Damages in Eastern Georgia and Economic Losses From Them. // Reports, presented on the Scientific Conference “80 years of M. Nodia Institute of Geophysics”. Tbilisi, 2014, pp. 145-150, (in Russian).
 9. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Berekova M.V., Malkarova A.M. // Rukovodstvo po organizacii i provedenii protivogradovih rabot. ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, Pechatni dvor, 2014, 500 s, (in Russian).
 10. Amiranashvili A.G., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Kaishauri M.N., Sauri I.P., Chargazia Kh.Z., Chikhladze V.A. Obnovlennaya Sluzhba Bor'by s Gradom v Kakhetii i perspektivy razvitiya rabot po modifikatsii pogody v Gruzii. //Doklady Vserossiyskoy konferentsii po fizike oblakov i aktivnym vozdeystviyam na gidrometeorologicheskiye protsessy, 23-27 oktyabrya 2017 g., chast' 2, FGBU «Vysokogornyy Geofizicheskiy Institut», Nal'chik, ISBN 978-5-00109-257-5 ch.2; ISBN 978-5-00109-258-2, 2017, s. 135-162, (in Russian), http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/6498/1/Амиранашвили...Конф_ВГИ_2017_Часть_2_с._155-162.pdf
 11. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Khurodze T. Statistical Characteristics of the Number of Days with Hail Per Annum in Georgia. // Trans. of the Institute of Hydrometeorology, ISSN 1512-0902, vol. 115, Tb., 2008, pp. 427 – 433, (in Russian).
 12. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 213 – 219.

CARRYING OUT ANTI-HAIL WORKS ON THE TERRITORY OF KVEMO KARTLI – A RETROSPECTIVE ANALYSIS AND THE PROSPECT OF THEIR RESUMPTION

Beritashvili B. , Burnazde A., Kveselava N., Tsereteli A.

Summary: *The Kvemo Kartli region is characterized by a high coefficient of hail hazard. It is mainly due to the heterogeneity of the relief. In the 60s of the last century, experimental work began in the region, and from 70s to 90s, practical work was carried out to protect agricultural land from hail. The Samtskhe-Javakheti region was used as a control territory. The average efficiency of protection against hail over the entire period of operation (1972–1990) was 88%. The issue of resuming work in the region is also considered.*

Key Words: *Weather modification, hail storm.*

WEATHER MODIFICATION IN GEORGIA: PAST, PRESENT, PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

*Amiranashvili A., *Chikhladze V., **Dzodzuashvili U., *Ghlonti N.,
Sauri I., *Telia Sh., *Tsintsadze T.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**State Military Scientific-Technical Center “DELTA”, Tbilisi, Georgia

***Institute of Hydrometeorology of Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

avtandilamiranashvili@gmail.com

Summary: Analysis of scientific and practical works on the artificial impact on the weather in Georgia in the past and at the present time (combating hailstorms, regulating the thunderstorm activity of clouds, artificial precipitation, etc.). The prospects for further development of these works are discussed.

Key Words: Weather modification, hail storm, artificial precipitation.

Introduction

Scientific and practical works on the weather modification (increase and reduce rainfall, fight with the hail, fog disperse etc.) in many countries of world are carried out [1,2; <https://map.geoengineeringmonitor.org/>]. For an example, on fig. 1 depicts the map of the countries of the world, where were conducted in different years and are conducted similar works. As it follows from this figure, work on the weather modification is accomplished on all continents.

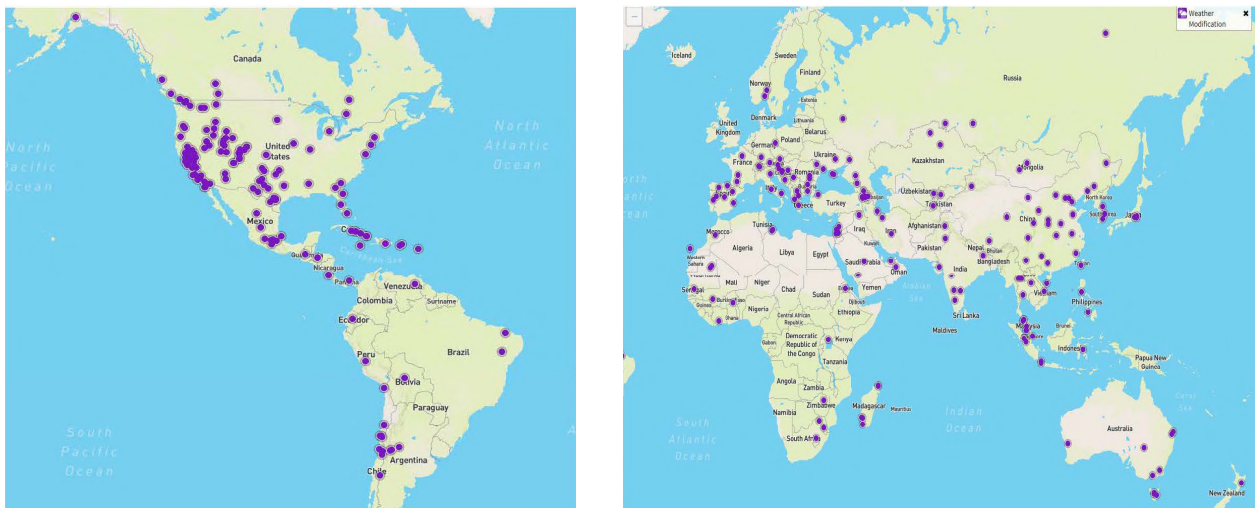


Fig. 1. Map of the countries with works on weather modification [<https://map.geoengineeringmonitor.org/>].

Currently, there are more than 50 nations operating hundreds of weather modification projects, particularly in arid and semi-arid regions all over the world. The lack of sufficient water resources limiting the ability to meet food, fibre, and energy demands and severe weather impacts are the primary motivation for these projects [https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/weathermod_new.html].

Protection from the hail is achieved almost in 50 countries of world over the total area of approximately 90 million hectares (Argentina, Austria, Bulgaria, Canada, China, Bosnia and Herzegovina, Germany, Greece, Macedonia, Moldova, Romania, Russian Federation, Serbia, Spain, etc.). In China anti-hail works are conducted in the territory of 42 million hectares. The countries weather modification system employs 47700 people, and has an arsenal including more than 7034 rocket launchers, more than 50 planes and nearly 6902 guns. In Russian Federation anti-hail works are conducted in the territory of 2.5 million hectares, etc. [2,3; http://www.bjreview.com.cn/print/txt/2012-09/24/content_485733.htm]. In Russian Federation in comparison with the Soviet period the physical effectiveness of anti-hail works grew on the average from 50-82 % to 82-92 % [2].

In Georgia in the beginning of the fifties of past century the institute of Geophysics of the Georgian Academy of Sciences began works on the fight with the hail. Later to these works was connected Transcaucasian Hydrometeorological institute. In 1967 for the realization of production works on the fight with the hail on the base of the Alazany anti-hail expedition of the institute of Geophysics the militarized service of fight with the hail in the former Soviet Union was for the first time created. As a whole, large-scale experimental, experimental-production and production work on action conducted in 1960-1990 in the regions of Kakheti and southern Georgia over the total area approximately 1.2 million hectare (Kakheti – 800 thousand hectare, southern Georgia – 400 thousand hectare) [2,4].

Positive effect changed in interval of 20 – 95% with mean value of 75 – 85%. Sometimes, when action was conducted to the super-power "super-cellular" clouds, effect proved to be zero, i.e., was noted strong hail damage. Almost in all works were used the crystallizing reagents (AgI, PbI₂), in one region (southern Georgia) the action was conducted by the combined method (AgI, NaCl) [4,5].

Together with the works on the fight with the hail other work on the weather modification (artificial calling of a precipitation, regulation of thunderstorm activity of clouds, artificial descent of avalanches, etc.) to the Soviet period in Georgia within several decades were carried out. In these works rocket, plane, artillery and other methods of active impact on dangerous hydrometeorological processes were used [4,5]. In 1989 the specified works were stopped. In the next years the damage to national economy as a result of negative impact of the listed hydrometeorological processes significantly increased [6,7].

Taking into account this problem after 25 years of the interruption of the work of anti-hail service with the support of the government of Georgia, to the active operation of Scientific-Technical center "Delta", the collaborators of institute of geophysics and institute of hydrometeorology, the work of anti-hail service in Kakheti on 28 May 2015 was restored [5,8]. The description of the renovated anti-hail service in Kakheti and some suggestions on prospects for development of works on weather modification in Georgia is presented below.

Results and discussion

The renovated anti-hail service in Kakheti.

The scheme of the anti-hail service in Kakheti on fig. 2 and 3 are presented.

The restored Anti-hail system consists of [5, 8-11; <http://delta.gov.ge/en/product/anti-hail-system/>]:

1. Contemporary weather radar Meteor 735CDP10 of firm Selex ES with a special software.
2. Central control station with the change personnel.
3. Automatized fire control system.
4. 85 rocket launching sites.
5. The autonomous automated rocket launching device SD-26.
6. Anti-hail rockets (at present rockets "Loza-2" production of Bulgaria are used [12]).
7. Scientific group.
8. The group of the maintenance of radar.
9. The group of the maintenance of rocket guns.
10. IT group

A group of media relations and also with air transportation service, various ministries, departments, municipalities, etc.

The weather radar is a C-band, dual polarized Doppler radar, which generates all the data to forecast hail-producing thunderstorms. All that information plus the databases of hail-consisting clouds used by the

software with the specific algorithms to generate the areas, where the silver iodide reagent is to be dispersed (fig.1). This radar placed in Eastern Georgia in the village Chotori on 1090 m height from sea level. Its actual area is 70-120 km, but working radius is more than 200 km with good data quality (fig. 2,3).

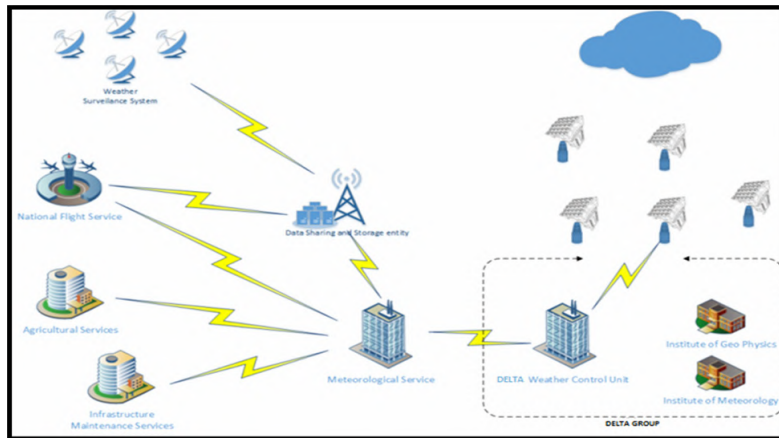


Fig. 2. Scheme of the anti-hail service in Kakheti.
The administrative centers of the municipalities of Kakheti: 1 – Akhmeta, 2 – Telavi, 3 – Kvareli, 4 – Lagodekhi, 5 – Gurjaani, 6 – Sagarejo, 7 – Signnagi, 8 – Dedoplistskaro.

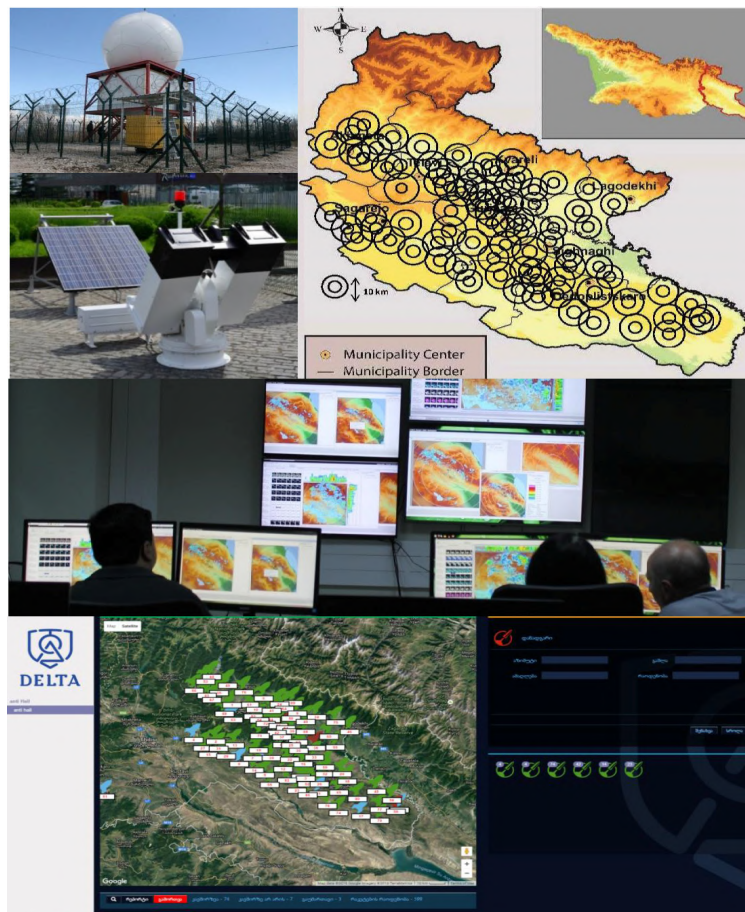


Fig. 3. Weather radar Meteor 735CDP10; Central control station; the autonomous automated rocket launching device SD-26; automatized fire control system for 85 rocket launching sites. Example of optimum areas of cloud seeding by the crystallizing reagent for the points of action by anti-hail rockets “Loza-2” in the protected territory in Kakheti. Height of the isotherm -6°C = 4.4 km [5, 8-11; <http://delta.gov.ge/en/product/anti-hail-system/>]

The central control station is a dislocation place for the personnel, where all the information from weather radar and rocket launching sites are gathered, processed and where the automatized fire control system is. The automatized fire control system receives the data and the areas of seeding from the special software of weather radar, defines optimal launching site, the number of rockets needed and sends the orders to the proper launching devices (fig. 3). The central control station is located in Tbilisi (80 km from Chotori).

The radar monitoring of hail processes, analysis of meteorological situation in the region of action according to the data of radiosondes [http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php, and also all other works on conducting of operations on the distance action on the clouds produces group of 4 operators (16 operators to 4 groups).

In the work of anti-hail service is provided the participation of the scientific organizations (institute of geophysics, institute of hydrometeorology, etc.), which must exercise scientific methods leadership of works, participate in the instruction of personnel, carry out the analysis of obtained data, improve the existing procedures of action on the atmospheric processes, develop new, etc.

To protect the whole region of Kakheti (800 thousand hectares), it is required to place 85 launching points – one in every 10 km, which is a working range of anti-hail rocket. There is a rocket launching device, solar panel, grounding and security systems installed on the launching site. The launching device carries 26 anti-hail rockets, aims to any given direction and fires (fig. 3). The launchers at the heights from 205 to 1775 m above sea level placed.

The physical (95 %) and economic (at least 28000000 GEL) effectiveness of anti-hail works in 2015 – 2019 were not worse than it was in 1967-1989 [13]. It is significant that if in the past in Kakheti personnel of anti-hail service comprised more than 800 people, at present this work it ensures only 33 people.

Perspective of development of works on the weather modification in Georgia.

Natural disasters can be fought with both active methods (artificial impact on clouds and fogs, forced descent of avalanches, etc.) and passive means (various restraining engineering structures, disaster forecasting, etc.). Scheme for the development of works on weather modification in Georgia and related activities for active and passive prevention of some types natural disasters on fig. 4 is presented.



Fig. 4. Scheme for the development of works on weather modification in Georgia and related activities for active and passive prevention of some types natural disasters.

The next expansion the works in Georgia on weather modification is planned (Fig. 4).

Acting polygon – Kakheti (black points – rocket launchers). An increase in the number of missile points; installation of an additional radar covering the territory of Kakheti (Fig. 5); creation of an expanded network of meteorological stations for ground monitoring of the results of active impacts on hail processes and precipitation, etc.

Planned polygons.

Kvemo Kartli (yellow points – rocket launchers). In this region in the past century was polygon on the territories of municipalities Tetrtskaro, etc. [1,2,4,14]. In the environments of the territory of municipality Ninotsminda the work on an increase in the atmospheric precipitation was conducted.

Shida Kartli (blue points – rocket launchers). Polygon on the territory of municipalities Gori, etc. Planned period of the beginning of anti-hail works – 2019.

Samtskhe-Javakheti (green points – rocket launchers). Polygon on the territory municipalities Aspindza, Adigeni, Akhalkalaki etc.

Mtskheta-Mtianeti (red points – rocket launchers). Polygon on the territory of municipalities Mtskheta, Tianeti, etc. In the environments of the territory of municipality Tianeti previously the work on an increase in the atmospheric precipitation was conducted.

Territory of the capital of Georgia – Tbilisi. Work on active actions on atmospheric processes with the use of rocket technology for purposes of safety of population here are forbidden. It is possible the use of aircraft technology for the hail suppression and to the atmospheric precipitation regulation. It is also possibly the arrangement of rocket points on the boundaries of city for the action on the hail processes out of its territory.

Ajara. It is planned to organize work to reduce excess rainfall using ground (rocket, aerosol generators, etc.) and aircraft technologies.



Fig. 5. Estimated location of new

To improve the efficiency of weather modification works in Kakheti and their implementation in other regions of Georgia, it is planned to purchase several new meteorological radars. In particular, on the territory of eastern Georgia, it is planned to install 1-3 additional radars, which will be interfaced with the existing radar to Chotori. An approximate diagram of their location is presented in Fig. 5.

It is assumed the expansion of scientific studies on the development of new and the improvement of the existing active and passive methods of the prevention of natural catastrophes (hail, thunderstorm, shower precipitation, flood, the dust storms, fogs, landslides, avalanche, frosts, drought, forest fires, etc.). Renewal of the tests of different existing, improved and newly created ice-forming and hygroscopic reagents, and also other artificial aerosol formations for the active actions on the clouds and the fogs, fight with the frosts, the smog (pollution of atmospheric air) [15], etc. In near future the production of anti-hail

rockets with the improved ballistic characteristics is planned (increase in the effective radius of action, etc. [10, 2,16]).

In particular, in order to increase the efficiency of passive prevention of natural disasters, it is planned to build a regional model for the relationship of radar parameters with the above-mentioned dangerous hydrometeorological phenomena. This will allow for an early (several tens of minutes) warning of the population and relevant authorities about the upcoming dangerous hydrometeorological situation.

Examples of radar monitoring of hail processes, rainfall, and dust formation migration in eastern Georgia and its neighboring countries (Azerbaijan, Armenia) are presented in [5,17-20]. In the case of relevant interstate agreements, it is possible to organize an international service for short-term warning of the population and emergency structures about the possibility of dangerous meteorological phenomena.

Conclusion

In connection with global changes (climate warming, an increase in the number of natural disasters), works on the weather modification is of particular relevance. In the last century, Georgia was one of the flagships of these works. After the restoration of the activities of the anti-hail service in Kakheti, which proved to be effective with minimal maintenance, there appeared prospects for further development of work on weather modification also in other regions of Georgia.

In the foreseeable future, it is planned to elaborate both active and passive methods of natural disasters preventing.

References

1. Burtsev I.I., ...Amiranashvili A.G. et al. Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory.// ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
2. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Barekova M.V., Malkarova A.M. Rukovodstvo po organizatsii i provedenii protivogradovih rabot.// ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, Pechatni dvor, 2014, 500 s, (in Russian).
3. Guo Xueliang, Fu Danhong, Li Xingyu, Hu Zhaoxia, Lei Henchi, Xiao Hui, Hong Yanchao. Advances in Cloud Physics and Weather Modification in China. *Advances in Atmospheric Sciences*, vol. 32(2), doi: 10.1007/s00376-014-0006-9, 2015, pp. 230–249.
4. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. // In the book: *Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory*, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
5. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, Issue B. *Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v.18B, Tbilisi, 2015, pp. 92-106.
6. Amiranashvili A., Bakgsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R. On the Necessity of Resumption of Atmospheric Processes Modification Activities in Georgia. // *Trans. of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University*, ISSN 1512-0902, 2013, vol. 119, pp.144-152, (in Russian).
7. Elizbarashvili E. Sh., Amiranashvili A. G., Varazanashvili O. Sh., Tsereteli N. S., Elizbarashvili M. E., Elizbarashvili Sh. E., Pipia M. G. Hailstorms in the Territory of Georgia. // *European Geographical Studies*, ISSN: 2312-0029, vol.2, № 2, 2014, pp. 55-69, DOI: 10.13187/egs.2014.2.55, www.ejournal9.com, (in Russian).
8. Amiranashvili A., Burrnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Ghlonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Chargazia Kh., Chikhladze V. Renewal Works of Anti-Hail Service in Kakheti. // *Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics*, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tb., 2016, pp. 14 – 27, (in Russian).
9. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I. Restoration the Weather Modification Service in Georgia. // *Report. First Caucasus Mountain Forum: Bridging Science and Practice for Sustainability*. Tbilisi, Georgia 28 November – 1 December 2016. <http://caucasus-mt.net/events/CMF>
10. Amiranashvili A.G., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Kaishauri M.N., Sauri I.P., Chargazia Kh.Z., Chikhladze V.A. Obnovlennaya Sluzhba Bor'by s Gradom v Kakhetii i perspektivy razvitiya rabot po modifikatsii pogody v Gruzii. // *Doklady Vserossiyskoy konferentsii po fizike oblakov i aktivnym vozdeystviyam na gidrometeorologicheskiye protsessy*, 23-27 oktyabrya 2017 g., chast' 2, FGBU «Vysokogornyy Geofizicheskiy Institut», Nal'chik, ISBN 978-5-00109-257-5 ch.2; ISBN 978-5-00109-258-2, 2017, s. 135-162, (in Russian).

11. Abaiadze O., Avlokhshvili Kh., Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Kiria J., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia Sh., Khetashvili A., Tskhvediashvili G., Chikhladze V. Radar Providing of Anti-Hail Service in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tb., 2016, pp. 28-38, (in Russian).
12. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Sauri I., Telia Sh. About the Use of Anti-Hail Rockets "Loza-2" in the Work of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.22(1), 2019, pp. 30-37.
13. Telia Sh., Kveselava N., Sauri I., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Tsereteli A. Physical and Economic Efficiency of Anti-Hail Works in Kakheti for the Period 2015-2019. // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, , Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 209 -212 , (in Georgian).
14. Beritashvili B., Burnazde A., Kveselava N., Tsereteli A. Carrying Out Anti-Hail Works on the Territory of Kvemo Kartli – A Retrospective Analysis and the prospect of their Resumption. // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 206-208, (in Georgian).
15. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical smog in Tbilisi. // Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, vol. 63, ISSN 1512- 1135, Tbilisi, 2012, 160 pp., (in Georgian).
16. Amiranashvili A., Barekchian I., Dvalishvili K., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Tatishvili G., Telia Sh., Chikhladze V. Characteristics of Ground Means Action on Hail Process in Kakheti. // Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 66, Tbilisi, 2016, pp. 39 – 52, (in Russian).
17. Mitin M., Khvedelidze I. Radar Characteristics of Rain Cloud wich Caused Landslide into Akhaldaba and Catastrophic Flood in Tbilisi on June 13-14, 2015. // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 165-169 .
18. Gvasalia G., Kekenadze E., Mekoshkishvili N., Mitin M. Radar Monitoring of Hail Processes in Eastern Georgia And its Neighboring Countries (Azerbaijan, Armenia). // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 170-174.
19. Javakhishvili N., Janelidze I. On the Prediction of Floods Caused by Rainfall in the Area of Action of the Meteorological Radar “Meteor 735CDP10”. // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 175–179.
20. Berianidze N., Javakhishvili N. Mtchedlishvili A. About the Possibility of Using the “Meteor 735cdp10” Radar for Monitoring Volcanic Formations, Dust Storms and Smoke from Large Fires in Atmosphere in South Caucasus. // International Scientific Conference „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 180-184.

შავი ზღვის დისკრეტული ნაპირგასწვრივი ნაკადები და ნაპირდაცვა

ალფენიძე მ., გონგაძე მ., კორსანტია კ., მზარელუა ლ.

სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო
Melor07@Mail.ru

ანოტაცია: მკვლევარების მიერ ისტორიულად შავი ზღვის ნაპირების მეტ-ნაკლებად სტაბილური მდგომარეობა ფიქსირდებოდა. XIX ს-ის მეორე ნახევრიდან კი, შავი ზღვის დონის აწევისა (1,5-2,0 მმ/წწ) და ანთროპოგენური წნეხების პირობებში, ზღვის კიდის უკან დახევის მრავალი ფაქტი დაფიქსირდა: სოხუმის ყურეში ბერძნულ (ძვ. წ. აღ IV-III სს) ციხე-სიმაგრის – „დიოსკურიის“ დანგრევა, ძველი გაგრის პლაჟების წარეცხვა და ძირითადი ნაპირის აბრაზია, კოლხეთის სანაპიროს (ანაკლია-ყულევი, „დიდი“ კუნძულისა და მალთაყვის ნაპირები) დეგრადაცია, ქობულეთი-ბათუმის სანაპიროს ნგრევა და პლაჟის ზოლის წარეცხვა. XX ს-ში შავი ზღვის სანაპიროს ბუნებრივმა გარემომ ძლიერი წნეხი განიცადა: სავაჭრო (ფოთი, ბათუმი), საკრუიზო (გაგრა, სოხუმი) და სამხედრო პორტების (ოჩამჩირე) მშენებლობა; სამშენებლო რესურსების (ალუვიონი და პლაჟის ქვიშა-კენჭნარი ფრაქციის მასალა) ათვისება; ჰიდროენერგეტიკური (ჰეს-ები) კომპლექსებისა და ტურიზმის ინფრასტრუქტურის რეალიზაცია და სხვ. სანაპირო ზონის ათვისების მიზანშეწონილობამ სანაპირო სისტემის – „მდინარე-ზღვა-ნაპირის“ ფუნქციონირების შესუსტება და რღვევა გამოიწვია. ნავსადგურების არაგონივრულ მშენებლობასთან ერთად, ალუვიონისა და პლაჟის მასალის გაზიდვამ (35 მლნ მ³), ნაპირდაცვაში რკინა-ბეტონის (საბრჯენი და ტალღამრეკლავი კედლები, ბუნის სერია, ლარსენისა და ფასონური ბლოკები) კონსტრუქციების დანერგვამ, მდინარეთა შესართავების რეგულირებამ – ნატანის სანაპიროს გასწვრივი ბუნებრივი ნაკადების სივრცებრივი დიფერენციაცია გამოიწვიეს. ამჟამად, სახეზეა მათი ნეგატიური შედეგებიც: ნატანის ნაპირის გასწვრივი ნაკადების დისკრეტულობა; პლაჟის ადგილობრივი „ქვედა წარეცხვების“ უბნების მკვეთრი ზრდა; ძირითადი ნაპირების აბრაზიის გაძლიერება და ა.შ. ავტორი ცდილობს დისკრეტული ნაკადების განყვეტის მიზეზებისა და აღდგენის არატრადიციული-ინოვაციური ღონისძიებების (თავისუფალი პლაჟის მასალის მობილიზაცია-კონსერვაცია, ნაპირების დაცვა, დისკრეტული ნაკადების რეანიმაცია, პლაჟების აღდგენა და ხანგრძლივი ექსპლოატაცია) შემოთავაზებას.

საკვანძო სიტყვები: აბრაზია, პლაჟი, ნაპირი, ნაპირდაცვა.

ზღვებისა და ოკეანეების ნაპირების ათვისების თანამედროვე ტენდენცია „ზღვა-ნაპირის“ სისტემის ერთიანეკონომიკურ, გეოეკოლოგიურ მნიშვნელობასა და სტრატეგიულ პოტენციალს განსაზღვრავს. რიო-დე-ჟანეიროს კონფერენციის (1992 წ) მასალები და ქვეყნის კანონმდებლობა ადასტურებს ზღვის ნაპირების აღდგენა-დაცვის მიზანშეწონილობას.

ნაშრომის ამოცანა: ნაპირისგასწვრივი ნაკადების ანთროპოგენური წნეხების ანალიზი, სანაპირო სისტემის „მდინარე-ზღვა-ნაპირი“ რღვევისა და ოპტიმალური ნაპირდაცვის ძიება.

კვლევის მეთოდები: მორფოდინამიკური – ნაპირისგასწვრივი ნაკადების სივრცე-დროითი დიფერენციაციის რეკონსტრუქცია და მორფოდინამიკის ანალიზი; ბალანსური- სანაპიროს რაოდენობრივ-თვისებრივი პარამეტრების გამოვლენა; გეომორფოლოგიური – არასტანდარტული ნაპირდაცვის ძიება: ნატანის თავისუფალი მიგრაციის ხელშეწყობა; წყალქვეშა ლარებში ნატანის შთანთქმის თავიდან არიდება; პლაჟის დეფიციტის აღდგენა; ნაპირდაცვაში მცირენარჩენიანი (ნატანის გამეორებითი მოზიდვა) ტექნოლოგიის დანერგვა.

ზღვის პლაჟებისა და ნაპირისგასწვრივი ნაკადების კვება სხვადასხვა ფრაქციის ალუვიონით (კოლხეთში 1-2 მმ, აფხაზეთსა და აჭარაში 3-5 სმ), ბენჩისა [1] და ნაპირისაბრაზიის

მასალებით ხორციელდება. სანაპიროსგასწვრივი ნაკადები [2] მდინარეთა შესართავებთან იწყება და მასალის გამოლევის უბნებთან მთავრდება, კერძოდ: 1. ფსოუ-ბზიფი – 35 კმ; 2. ბზიფი-ბიჭვინთა – 11 კმ; 3. ბიჭვინთა-ჭიფსთა – 17 კმ; 4. ახალი ათონი – 39 კმ; 5. გუმისთა – 10 კმ; 6. კელასური – 24 კმ; 7. კოდორი – 69 კმ; 8. ფოთი – 57 კმ; 9. ჭოროხი – 53 კმ. ნატანის ნაპირისგასწვრივი ნაკადების ანთროპოგენური წნეხებით გამოწვეული ნეგატიური სურათი აჩვენებს, ნაპირის რომ 315 კმ-იან პერიმეტრზე 9 ბუნებრივი ნაკადის ხელოვნური დიფერენციაციის გამო, 165 კმ-ის ზღვის კიდე ანუ სანაპიროს 52,4 % – აშკარად სახეცვლილი აღმოჩნდა და 27 დისკრეტულ ფრაგმენტად დაიყო.

ავტორის მიერ, ნატანის სანაპიროსგასწვრივი ნაკადების ანთროპოგენური დატვირთვების სამი ძირითადი მიზეზი განიხილება: 1. მდინარეთა მყარი ჩამონადენისა და კალაპოტების რეგულირება; 2. ზღვის სანავსადგურო კომპლექსების მოწყობა; 3. არაგონივრული ნაპირდაცვა.

1. მდინარეთა მყარი ჩამონადენისა და კალაპოტის რეგულირება:

ა) ქ. ფოთის ხშირი დატბორვის თავიდან აცილების მიზნით, მდ. რიონის გამანაწილებელი რაბის აშენებამ (1939 წ) წყლის ძირითადი ნაკადი პორტის ჩრდილო – ნაბადას უბანზე გადაიტანა. პორტის მოლოს მიერ ნატანის სანაპიროსგასწვრივი ნაკადის ბლოკირებამ კი მდ. რიონის დელტის აქტიური ზრდა (102-235 ჰა, 1,1 ჰა/წწ) შეაჩერა, რასაც პორტის სამხრეთ უბანზე პლაჟის „ქვედა ნარეცხვა“ (6,25 ჰა, 0,6 მლნმ³) [3,4] და ნაპირის უკანდახევა (60 მ/წწ) მოყვა. ავარიული პერიმეტრის ნაპირდაცვა ბუნის სერიისა და დამბის მშენებლობით ვერ მოხერხდა. წყალქვეშა (-4მ) ფერდობზე წვრილი (0,15 მმ) ქვიშის რეფულირებამ (1975 წ) კი პლაჟის აღდგენას ხელი ვერ შეუწყო [3];

ბ) მდ. ენგური-ჰეს-ისტალოვანი კაშხლის მიერ (1978 წ) პლაჟნარმომქნელი ჩამონადენის (370 000 მ³) მოცულობის 92 %-ით დაცემამ [4] ამ მდინარის შესართავის მონაკვეთზე ნაპირის უკანდახევა (5-7 მ/წწ) გამოიწვია [5]. ნატანის ბალანსი დაირღვა ასევე მდ. ერისწყლის (სარინი არხი) შესართავთან ე.წ. „ბუნისფეექტის“ ფორმირების [6] გამო;

გ) მდ. ჭოროხის რეგულირებისა და ალუვიონის ბლოკირების გამო, ნატანის მოცულობის 65%-ით შემცირებამ [4], ბათუმის აეროპორტისა და ბულვარის ნაპირები ავარიულ მდგომარეობაში ჩააყენა. ბათუმის პლაჟების ნარეცხვას ხელი შეუწყო აგრეთვე ჭოროხის წყალქვეშა კანიონის გააქტიურებამ, რაც დარეგულირებული მდინარის ნატანში წვრილი ფრაქციის-ნატანი მასალის წყალქვეშა კანიონში შთანთქმის გაძლიერებით უნდა აიხსნას;

დ) სანაპიროს ანთროპოგენური წნეხი, „მდინარის კალაპოტი-პლაჟის“ სისტემიდან, ნატანის გაზიდვასა (35 მლნ. მ³) და ბალანსის დარღვევაში (110 მ³-ის დანაკლისი ნაპირის ყოველ გრძივ მ-ზე) გამოვლინდა [3] და ძირითადად მდინარეების კოდორის, ენგურის, რიონის, ჭოროხის კალაპოტებს შეეხო. ცხადია, რომ პლაჟის მწვავე დეფიციტმა ნაპირების აშკარა ნგრევა გამოიწვია.

2. ზღვის სანავსადგურო კომპლექსების მოწყობა:

ა) შავი ზღვის ოჩამჩირის სანაპიროს დასავლურ უბანზე სამხედრო პორტის (გაშენდა 1934-36 წწ) მეზობელ ქარზურგა უბანზე ნატანის ნაპირის გასწვრივი ნაკადი გაწყდა, რასაც ქალაქის ფარგლებში ნაპირის 250-300 მ-ით უკან დახევა მოყვა. ნაპირდაცვის მიზნით აშენებული რკინა-ბეტონის ნაგებობათა (60 ბუნა, 4 კმ სიგრძის კედელი) ნაწილი დაინგრა და თავის ფუნქციას ვერ ასრულებს. ამჟამად, პლაჟის ზოლი გამქრალია დანაპირის კონტურიაქტიურ აბრაზიას განიცდის;

ბ) ფოთის პორტის მშენებლობამ (1873-1883 წწ) ნაპირის ქარზურგა უბნის ნონასწორობა დაირღვა და პლაჟის ინტენსიური ნარეცხვა დაფიქსირდა. საინჟინრო დაცვის მიუხედავად, ქარზურგა დისკრეტულ (კუნძული დიდი) უბანზე ნაპირის უკან დახევამ 800-1000 მ (20-30 მ/წწ ანუ 300 ჰა) შეადგინა. ფოთის საპორტო კომპლექსის ქარპირა (ნაბადა) უბანზე კი პლაჟის მასალის საკმაოდ ფართო ქვიშის ზოლი (470 მ) დაგროვდა;

გ) ბათუმის პორტისა (1878 წ) და 170 მ-ის დეზის მშენებლობამ „ბუნის ეფექტი“ წარმოშვა, ხოლო ნაპირისგასწვრივი ნაკადის დისკრეტულობის გამო ყოროლისწყალი-მახინჯაური-ქობულეთის უბანზე ნატანის დეფიციტი და ავარიული სიტუაციის [7] ფორმირებას შეუწყო ხელი.

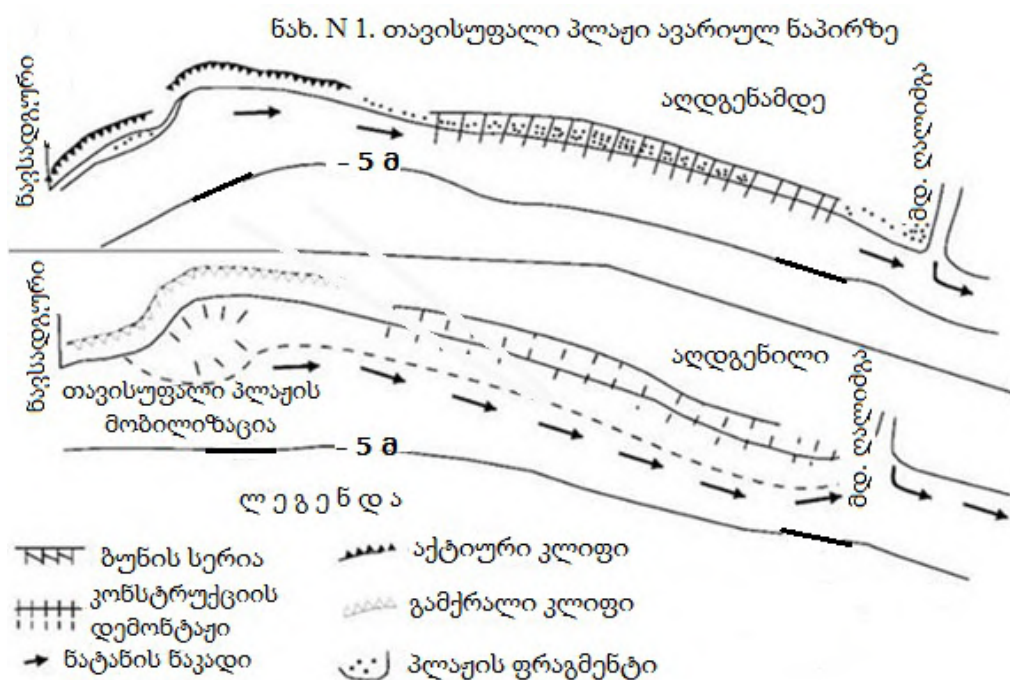
3. არაგონივრული ნაპირდაცვა:

ა) ბიჭვინთის საკურორტო კომპლექსის დაცვის მიზნით, ზვირთცემის ნაკადის შემხეფების ზოლში აგებული ტალღამრიდი კედელი, ძლიერი შტორმის (1968-1969 წწ) შედეგად, ავარიულად დაინგრა, პლაჟიმთლიანად წაირეცხა. საკურორტო ინფრასტრუქტურის დაცვას დიდი ძალისხმევა და გრანდიოზული ხარჯები მოითხოვა [8]. აღწერილი სურათი დასვენებისა და ნაპირდაცვის ნაგებობების მშენებლობის არაგონივრულ პრაქტიკაზე მეტყველებს;

ბ) ძველი გაგრის ნაპირზე ნატანის ტრანზიტული ნაკადის (30000 მ³) დისკრეტულობისა და ნატანის მკვეთრი დეფიციტის მიზეზი ნავმისადგომის აშენება (1914-1916 წწ) გახდა. ბუნისსერიის ქარზურგა უბანზე პლაჟის აშკარა „ქვედა წარეცხვა“ და ნაპირის აბრაზია გაბატონდა [9]. რკინა-ბეტონის ნაგებობებიკი შტორმებმა (1967-1968 წწ) საგრძობლად დააზიანა და ნაპირდაცვით ფუნქციას ვერ ასრულებდა, თუმცა ახალი „ქვედა წარეცხვის“ პროგნოზირებას კვალავაც ახდენდა;

გ) გაგრის მიმდებარე თხემი-ხოლოდნაია რეჩკას ნაპირზე, რკინიგზის ხაზის აბრაზიისაგან დაცვის მიზნით, ბუნის სერიის მშენებლობამ, ქ. გაგრის ზღვის კიდეზე ნაპირისგასწვრივი ნაკადის განყვეტა დაპლაჟების „ქვედა წარეცხვა“ [8] გამოიწვია. ავარიულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა გაგრის წყალმომარაგების სათავო ნაგებობა და პარკის უბნის ნაპირი. ნაპირდაცვის მიზნით 32 ბუნისა და კედლის მშენებლობამ უკუეფექტი გამოიწვია: ყოველი ბუნის ქარზურგა უბანზე „ქვედა წარეცხვის“ ახალი ავარიული ფრაგმენტის გაჩენას ქონდა ადგილი.

მსგავსი ფაქტები აშკარად ჩანს როგორც საქართველოს შავი ზღვის, ისე მსოფლიოს მრავალ სანაპირო უბნებზე. ძველი ფაზისის, პიტიუნტის, დიოსკურიის, გონიოსა და სხვ. ძველბერძნული ციხე-სიმაგრეების ნანგრევების მიხედვით აშკარაა ნაპირების ისტორიულად უკანდახევის [3, 7, 8] მაღალი ტემპები. ნაპირების ნგრევის ხანგრძლივი ტენდენციის მიუხედავად, ნაპირდაცვის ისტორია XIX-XX სს მიჯნაზე დაიწყო და ხარვეზებით წარიმართა, მეცნიერული დასაბუთებისაგან შორს იდგა და ახალი კონსტრუქციების ძებნის პროცესში მიმდინარეობდა. ცხადია, რომ მათი ნეგატიური შედეგები ფართოდ გავრცელდა და ბუნებრივი იერსახისაგან შორს იმყოფება.



ამჟამად, ნაპირდაცვაში თავისუფალი ხელოვნური პლაჟები ფართო რეალიზაციას (ესპანეთი, გერმანია, ინგლისი, აშშ) პოულობს. საქართველოში ხელოვნური პლაჟების ფართობი 120 ჰა, ხოლო დაცული ნაპირის სიგრძე 60 კმ აღემატება [7]. თავისუფალი პლაჟის ექსპერიმენტი გაგრის ნაპირზე (1990 წ) განხორციელდა. ნატანის ხელოვნური მოზიდვის (2,5 მლნ მ³) გამო პლაჟის ფართობი 20-22-ჯერ გაიზარდა, აკუმულაციის მოცულობამ 10600 მ³ გრძივ კმ-ზე შეადგინა. რკინა-ბეტონის კონსტრუქციები პლაჟის მასალით დაიფარა, ხოლო სანაპირო დისკრეტულმა ნაკადებმა ანთროპოგენურამდელი მდგომარეობა აღიდგინეს [10].

გაგრის ექსპერიმენტის გათვალისწინებით, თავისუფალი პლაჟის შექმნა, ოჩამჩირის პორტის [10] უბანთან (ნახ. N 1) ერთად, ნატანის რეპასინგის პრინციპით, მიზანშეწონილია სოხუმისა და ფოთის ნაპირებზე. მენყრულ-აბრაზიულ ნაპირების (გუდაუთა, პეტროპავლოვსკის მენყრები, ჩაქვი, მახინჯაური) სტაბილიზაციის მიზნით ტრადიციული – აქტიური ნაპირდაცვაა შემოთავაზებული.

დასკვნები

1. აქტიური ნაპირდაცვის (რკინა-ბეტონის კონსტრუქციები) ნეგატიური შედეგები:

სამშენებლო მასალების (რკინა-ბეტონი, ფოლადი, ხე-ტყე) დიდი ხარჯები; პერიოდული რემონტის ჩატარება; დაბალი ეკონომიკური ეფექტურობა; ნაპირდაცვის სუსტი უნარი; ნატანის ნაპირისგასწვრივი ნაკადების დისკრეტულობის გამოწვევა; ქვედა წარეცხვებისა და აბრაზიის აღძვრა; ტურისტულ-რეკრეაციული ზონის იერ-სახის დამახინჯება; პლაჟის ატრაქციულობისა და ესტეტიკური ღირებულების დაქვეითება.

2. თავისუფალი პლაჟის მშენებლობის დანერგვის პრაგმატული შედეგები:

ა) ეკონომიკური ეფექტურობა: სამშენებლოდა სარემონტო ხარჯების შემცირება, დეფიციტური მასალების (ცემენტი, ლითონი, ხის მასალა) ეკონომია; **ბ) სოციალური ეფექტუბი:** ინფრასტრუქტურის ოპტიმიზაცია; ნაპირების ატრაქციულობისა და ესტეტიკური ღირებულების აღდგენა-ზრდა; **გ) გეოეკოლოგიური:** აბრაზიისა და ქვედა წარეცხვის თავიდან არიდება; ნაპირისგასწვრივი ნაკადების რეგულირება; პლაჟის აქტიური ბალანსის შექმნა; ეკოლოგიური გარემოს ოპტიმიზაცია; **დ) არასტანდარტული ნაპირდაცვა:** ბეტონის ნაგებობების დემონტაჟი; ნატანის ნაკადის რეანიმაცია; პლაჟების აღდგენა და ხანგრძლივი დროით შენარჩუნება; რეპასინგისა და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიის დანერგვა; მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიის პრინციპის დანერგვა; **ე) მეცნიერული ინოვაცია: გონივრული ნაპირდაცვისა დარაციონალური ნაპირსარგებლობის დანერგვა;** მეცნიერულად დადასტურებული პროექტების პრაქტიკაში რეალიზაცია.

ლიტერატურა

1. Алпенидзе М.Д. Донное питание вдольберегового потока наносов. // Геоморфология, М., № 2, с.65-70.
2. Кикнадзе А.Г. Динамические системы и бюджет наносов вдоль Черноморских берегов Грузии. // Человек и окружающая среда, Сухуми, Алашара, 1977, с. 59-67.
3. Меладзе Ф.Г. Инженерные решения защиты морских берегов. //Тбилиси, ГТУ, 1993, 208 с.
4. Джаошвили Ш.В. Реки Черного моря. // Тбилиси, ЕС “Sea-Search” and “Arena”, 2003, 136 с.
5. Ломинадзе ГД. Изменение приустьевоего взморья р. Ингури. //Сообщ.АНГССР,Тбилиси,Т. 113, №1, 1984, с.77-8,
6. Зенкович В. П. Исследования береговой зоны Черного моря в пределах Грузии.// Природные основы берегозащиты, М., Наука, 1987, с. 45-51.
7. Kiknadze A. G. Technologies of coastal restoration in the Eastern Black Sea. //Bulletin de l'Institut oceanographique, Monaco, n° special 15, 1995, pp. 43-51.
8. Пешков В.М. Галечные пляжи неприливных морей. Основные проблемы теории и практики. // Краснодар, Лаконт, 2005, 370 с.
9. Божич П. К. Размыв морского берега в Гаграх.// Уч. Записки МГУ, морские берега, М., Вып.19, 1938, с. 68-85.
10. Alphenidze M., Seperteladze Z., Davitaia E., Gaprindashvili G. Georgia Black Sea Coast Protection with FreeBeaches. //Journal of Geoscience and Environment Protection, 6, 2018, pp. 151-167.

BLACK SEA DISCRETE COASTAL FLOWS AND COAST PROTECTION

Alphenidze M.,Gongadze M., Korsantia K., Mzarelua L.

Summary:*The following is being Reviewed: Optimization of Black sea beach system “river-sea-coast” Anthropogenic presses,Recovering beaches, effective coast protection.*

Searching methods: *Morphodynamic, balanced, Geomorphological.*

The following was detected: *Formation of discrete coastal flows: 1. Regulation of river runoff and riverbed; 2. Arrangement of port complex; 3. Unreasonable coast protection.*

Suggested: *scientific confirmation of economic and social effects of free beaches, pragmatic aspects of long-term exploitation, recovery protection of beaches, coastal flows of debris, Non-standard innovative coast protection of Bypassing-Repassing material and by the principles of small residual technologies.*

Key words: *Abrasion, beach, coast, coast protection*

**ეგზოგენური და ენდოგენური საფრთხის შემცველი პროცესების
მინისძვრით შესაძლო ტრიგერირების პრევენცირება
გეოფიზიკური (გეოელექტრული) მეთოდების
კომპლექსურად გამოყენებით გეოტექნიკაში**

ოდილავაძე დ., თარხან-მოურავი ა., ვარამაშვილი ნ., არზიანი ზ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოღიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო*

ანოტაცია: კარსტული სიღრუეების მნიშვნელოვნად რთული და მრავალფეროვანი ფორმების არსებობის შესაძლებლობის გამო, რაც იწვევს გრუნტის მზიდი თვისებების შესუსტებას, შესაძლებელია მინისძვრის დაზიანების საფრთხე შეექმნას მინის ზედა და მინის ქვეშ განთავსებულ გეოტექნიკურ, კერძოდ საინჟინრო – სამშენებლო ობიექტებს.

გადაწყდა კომპლექსური გეოფიზიკური სამუშაოები შესრულებულიყო გეორადარული და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების პროფილირების მეთოდებით.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდის გამოყენებით განისაზღვრა ქანების სიღრმეული განთავსების ლითოლოგია, ხოლო გეორადიოლოკაციის მეთოდით კი – სიღრუეთა განთავსების ფორმა და ლოკაცია. ელექტროდიებისა და გეორადიოლოკაციის მეთოდების გამოყენებით მიღებული შედეგები, გადაფარვის არეებში, ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია.

საკვანძო სიტყვები: მინისძვრა, ტრიგერირება.

შესავალი

დასავლეთ საქართველოს მნიშვნელოვანი ნაწილი (4000 კვ.კმ) წარმოადგენს კარსტულ - კირქვეულ გარემოს, რომელიც მდიდარია მინისძვეშა მრავალფეროვანი კარსტული ბუნებრივი და ანთროპოგენული წარმოშობის სიცარიელებით, რაც იწვევს გრუნტის მზიდი თვისებების შესუსტებას. შესაბამისად, შესაძლებელია დაზიანების საფრთხე შეექმნას მინის ზედა და მინის ქვეშ განთავსებულ გეოტექნიკურ, კერძოდ საინჟინრო – სამშენებლო ობიექტებს.

დასავლეთ საქართველოს კარსტულ რეგიონში დაბა ხონის მთაგორიან ტერიტორიაზე კაპიტალური მშენებლობის უსაფრთხოდ წარმოებისა და შენობის შემდგომი უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის მიზნით დადგა საკითხი კონკრეტული სამშენებლო მოედნის განთავსებისა.

შერჩეული გარემო გეოლოგიურად წარმოდგენილია ქვედა და ზედა ცარცული კირქვებით, ნეოგენის ქვიშაქვებითა და თიხებით, მეოთხეულის კაჭნარითა და თიხნარით (მარუაშვილი, 1971).

შესაძლო კარსტული სიღრუეების მნიშვნელოვნად რთული და მრავალფეროვანი ფორმების არსებობის შესაძლებლობის გამო გადაწყდა კომპლექსური გეოფიზიკური სამუშაოების ჩატარება გეორადარული და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების პროფილირების მეთოდებით, რათა დაზუსტებულიყო სამშენებლო მოედნის სავარაუდო განთავსების ადგილი.

გეოფიზიკური სამუშაოების მიზანს წარმოადგენდა სავარაუდო სიცარიელებისა და არსებული პონორების გავრცელების ადგილებში, დაახლოებით 1 კმ. მონაკვეთზე, გეოფიზიკური კვლევების ჩატარება, რაც საშუალებას იძლევა 10- 30 მ. სიღრმეზე (დამკვეთის მოთხოვნით).

ნით) დადგინდეს ამგები ქანების ნაპრალიანობისა და განწყლიანების ხარისხი, გამოიყოს ცალკეული მინისქვეშა სიცარიელები, აიგოს შესაბამისი გეოლოგიური და გეორადიოლოკაციური ჭრილები, რომლებიც ასახავენ საკვლევი ფართის ლითოლოგიურ შედგენილობას.

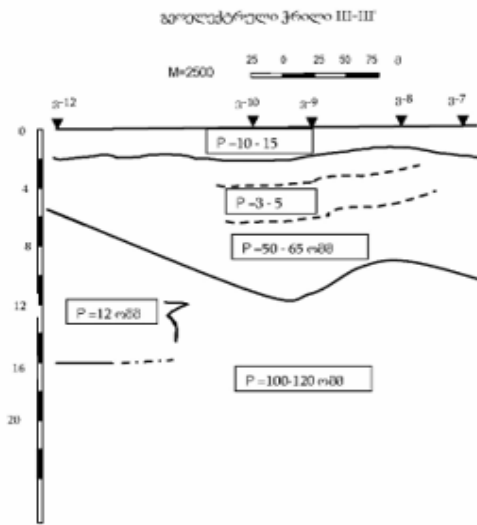
ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებული იყო ელექტროძიებისა და გეორადიოლოკაციური მეთოდები. კერძოდ, ელექტროძიება წარმოდგენილი იყო მუდმივი დენის ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების (ვეზ) მეთოდით, ხოლო გეორადიოლოკაციური სამუშაოები განხორციელდა გეორადარით „Zond – 12 e“ სერტიფიცირებული პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,5“ და 75 მპ. ანტენის გამოყენებით.

შესრულდა 15 ვეზი და 33 გეორადიოლოკაციური პროფილი.

მაგალითისთვის მოგვყავს არასაიმედოდ მიჩნეული ტერიტორიის გეოელექტრული ჭრილი III-III გამოკვლევის შედეგები.

გეოელექტრული ჭრილი III-III (მოგვყავს მაგალითისთვის).

პროფილის სიგრძეა 350 მ. პროფილი საკმაოდ რთული გეოლოგიური სახისაა. პირველი ფენა, სიმძლავრით $h=1,5-2$ მ და კუთრი ელ. წინალობით $\rho=10-15$ ომმ, წარმოადგენს ნიადაგის საფარს. მეორე ფენა, სიმძლავრით $h=5-10$ მ და $\rho=50-65$ ომმ., უნდა შეესაბამებოდეს თიხნარს კირქვული თიხების ჩანართებით. ამავე ფენაში, ვეზ 8,9,10-ის მიხედვით, ზედაპირიდან 3-7 მ სიღრმეზე დაიკვირვება დაბალი ელ. წინალობის ($\rho=3-5$ ომმ) მქონე მონაკვეთი, რომელიც, ალბათ, წარმოადგენს სიღრუეს განწყლიანებული თიხის შემავსებლით. შემდგომ, ზედაპირიდან 9-12.5 მ სიღრმეზე მოდის დამსხვრეული და დანაპრალიანებული კირქვების წყება. ვეზ 12-ის მონაცემებით ზედაპირიდან 6-17 მ სიღრმემდე გამოიყოფა დაბალმიანი ($\rho=12$ ომმ) გარემო, რომელიც ფაციალურად გადადის კირქვებში.



ნახ.1. გეოელექტრული ჭრილი III-III.

ელექტროძიების მონაცემებით ცარცული ასაკის კარბონატული კომპლექსით წარმოდგენილ წყებაში გამოიყოფა დანაპრალიანებული, ხშირად დამსხვრეული, ძირითადად წყალშემცველი კირქვები, რომელთა ნაპრალები და სიცარიელები უმეტესად თიხებით არის შევსებული. დელუვიური საფარის სიმძლავრე მერყეობს 2-17 მ-ის ფარგლებში.

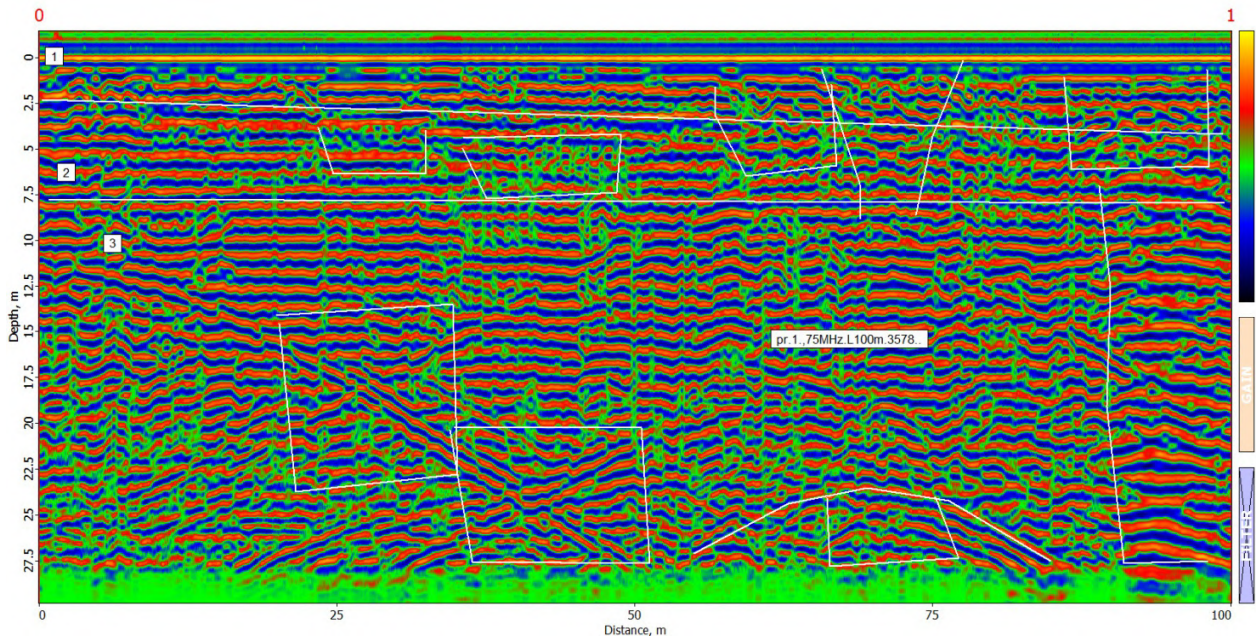
რაც შეეხება მესამე უბანს, აქ რთული გეოლოგიური სიტუაციაა. სამივე პროფილზე აღინიშნება ამგები ქანების არანესიერი, აღრეული განაწილება და სტრუქტურული არაერთგვაროვნება. ამის გამო მოპოვებული საველე მასალა რთული საინტერპრეტაციაა, რის გამოც ხშირად მივმართავდით ინტერპოლაციის მეთოდს. პროფილების გასწვრივ დაიკვირვება შესუსტებული მონაკვეთები, განწყლიანებული და თიხით შევსებული სიღრუეები, ძაბრები, ჩაქ-

ქვევები. განსაკუთრებით რთული მდგომარეობაა ვეზების 8,9,10,12-ის მიდამოებში. ყოველივე ამის გათვალისწინებით მესამე უბანი გეოლოგიურად არასაიმედოა.

გამოსაკვლევი ტერიტორიის მონიშნულ უბნებზე ჩატარდა გეორადიოლოკაციური პროფილირება გეორადარ „Zond-12 e“-ს გამოყენებით, მისი 75მჰც საშტატო დიპოლური ანტენით, ხოლო მონაცემთა მიღება-დამუშავება განხორციელდა პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,6“. სულ შესრულდა 33 პროფილი.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილია გატარებული პროფილის გეორადიოლოკაციური ძირითადი სიღრმის და გადაადგილების დისტანციის მიხედვით მეტრებში.

მესამე უბანი შესდგება 13 პროფილისაგან. მაგალითისთვის მოგვყავს პროფილი 1.



ნახ. 2. რადაროგრამაზე წარმოდგენილია პროფილი 1, შესრულებული გეორადარის 75მ ჰც მიმღებ-გადამცემი დიპოლური ანტენით, პროფილის სიგრძეა 100მ.

სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით, პროფილ 1-ზე გამოიყო სამი გეორადიოლოკაციური ფენა: პირველი ფენა 2.5მ სიმაღლით, მეორე ფენა 2.5-დან 7.5 მეტრამდე და მესამე ფენა 7.5 მ -ის ქვევით.

რადაროგრამაზე გამოიყო რიგი გეოლოგიური წარმონაქმნების რადიოსახეები, რომელთა მდებარეობა მონიშნულია თეთრი წირებით. მკაფიოდ გამოიყოფა პირველიდან მეორე ფენაში გარდამავალი სიღრუის შესაბამისი რადიოსახეები 50-75მ დისტანციებზე სიღრმით 7.5-8მ., ასევე მონიშნა სიღრუე პროფილის ბოლოს დაახლოებით 100მ დისტანციასთან.

2.5-7.7მ სიღრმეებზე მეორე ფენაში მონიშნა დეზინტეგრირებული (დაშლილი, დანაწევრებული) გარემოს ფორმები 25-50მ დისტანციებზე.

დასკვნა:

გამოსაკვლევი ტერიტორიის მონიშნულ უბნებზე ჩატარდა გეორადიოლოკაციური პროფილირება გეორადარ „Zond-12 e“-ს გამოყენებით მისი 75მჰც საშტატო დიპოლური ანტენით, ხოლო მონაცემთა მიღება-დამუშავება განხორციელდა პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,6“. სულ შესრულდა 33 პროფილი.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილია გატარებული პროფილის გეორადიოლოკაციური ძირითადი სიღრმისა და გადაადგილების დისტანციის მიხედვით მეტრებში.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილი პროფილების საშუალო სიგრძეა 100მ ხოლო სიღრმე 30 მეტრამდე.

სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით ჭრილებზე გამოიყო ძირითადად სამი გეორადიოლოკაციური ფენა: პირველი ფენა დაახლოებით 2.5 მ სიმძლავრით, მეორე ფენა 2.5-დან დაახლოებით 7.5 მეტრამდე და მესამე ფენა 7.5 მ-ის ქვევით.

რადაროგრამებზე გამოიყო რიგი გეოლოგიური წარმონაქმნების რადიოსახეები, რომელთა მდებარეობა მონიშნულია თეთრი წირებით. ისინი გამოიყოფა პირველ, მეორე და მესამე, ასევე, პირველ და მეორე, მეორე და მესამე ფენებში. მესამეს სიმძლავრეში კი მონიშნება სიღრუის შესაბამისი რადიოსახეები, დეზინტეგრირებული (დაშლილი, დანაწევრებული) გარემოს ფორმები, ფიქსირდება ბოუ-თაის ტიპის განსაკუთრებულობები, რაც უნდა შეესაბამებოდეს შესაბამისი ზომის სიღრუეებს.

გამოყოფილი სიღრუეები შეესაბამება კირქვეულ-კარსტულ გარემოში გავრცელებულ და ამ გარემოსთვის დამახასიათებელ სიღრუეებს, ისეთებს, როგორც არის ძაბრის ტიპის სიღრუეები, მათ შორის შედგენილი ტიპის (ერთი ძაბრისებრი სიღრუე გადადის მეორე მის ქვეშ მდებარე ძაბრისებრ სიღრუეში), ფიქსირდება მეტ-ნაკლებად პარალელური კედლებით შექმნილი სიღრუეები როგორც უსწორმასწორო ჰორიზონტალური, ასევე ჩამოყალიბებული თალოვანი სახურავის მქონე დახურული სივრცეები. გამოკვლეულ არეში გამოიყოფა, აგრეთვე, დახურული არეები, რომლებიც შეიცავენ ქვესიღრუეებს ნაწილობრივ ან მთლიანად შევსებულს ჩამონანგრევი მასალით, წყლით, ნაწილობრივ წყლითა და სიცარიელით (ჰაერი).

გეორადიოლოკაციური ჭრილების ინტერპრეტაციისას გამოყენებულ იქნა ავტორთა (დ.ოდილავაძე, თ. ჭელიძე) მიერ შემუშავებული რადიოსახეების გაშიფვრის ხერხი, რომელიც ეფუძნება ელექტრომაგნიტური ველების მსგავსობის თეორიას [1-9].

პროფილები 1-28 მეტად მდიდარია კირქვეულ-კარსტული წარმონაქმნების შესაბამისი გეორადიოლოკაციური სახეებით (რადიოსახეები).

29,30,31,32 პროფილები არ შეიცავენ გაბარიტული სიცარიელების რადიოსახეებს და წარმოადგენენ მეტ ნაკლებად დაურღვეველ გარემოს.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდის გამოყენებით განისაზღვრა ქანების სიღრმული განთავსების ლითოლოგია, ხოლო გეორადიოლოკაციის მეთოდით კი – სიღრუეთა განთავსების ფორმა და ლოკაცია. ელექტროძიებისა და გეორადიოლოკაციის მეთოდებით მიღებული შედეგები, გადაფარვის არეებში, ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია.

ლიტერატურა

1. Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Physical modeling of lava tubes in the GPR. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII; ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2017, pp. 129-142.
2. Odilavadze, D. Chelidze T., Tskhvediasvili T. Georadiolocation physical modeling for disk-shaped voids. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, vol. 18, 2015,
3. Odilavadze D., Chelidze T., Glonti N., Kiria J., Tarkhishvili A. Physical modeling of the type "layer wedge" model in direct and reverse problems of georadiolocation. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXIX, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2018, pp. 44-61, (in Russian).
4. Neal A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. //Earth-Sci. Rev. , 66, 2004. pp. 261-330.
5. Negi J. G., Gupta C. P. Models in applied geoelectromagnetics // Earth Sci. Rev. 4., 1968, pp. 219-241.
6. Одиладзе Д. Т., Челидзе Т. Л. Физическое моделирование георадиолокационного поля в прямой и обратной задачах электродинамики. // Geophysical Journal V.35, №4, 2013, (in Russian).
7. Sena D'Anna A. R. Modeling and imaging of ground penetrating radar data. // Texas: The University of Texas at Austin, 2004. 251 p. (repositories. Lib.Utexas. edu).
8. Sharma P.V. Environmental and engineering geophysics. //Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
9. Jashi G., A.,Tarkhishvili , Odilavadze D ., Arziani Z., Bolashvili N., Tsikarishvili k. Common and Distinguishing Features of the Karst Phenomena in the Territory of Georgia. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII; ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2017, pp. 116-121.

PREVENTION OF THE DANGER TRIGGERED BY AN EARTHQUAKE OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS PROCESSES, USING A COMBINATION OF GEOPHYSICAL-GEOELECTRIC METHODS IN GEOTECHNICS

Odilavadze D., Tarkhan-Mouravi A., Varamashvili N., Arziani Z.

Summary: Due to the presence of sufficiently complex and diverse forms of karst depths, which cause a weakening of the bearing properties of the soil, geotechnical, in particular, engineering and construction sites, may be at risk of damage from an earthquake.

Due to the possibility of the presence of complex and diverse forms of karst cavities, geophysical work was carried out comprehensively by the methods of GPR and vertical electrical sounding.

The use of vertical electrical sounding determined the lithology of rocks, and the GPR method determined the shape and location of karst cavities. The results obtained by the VES and GPR methods are in good agreement with each other in the areas of their overlap.

Key words: earthquake, triggering.

**საქართველოში ეგზოგენური სტიქიური პროცესების
საშიშროების რისკების შეფასებისა და მართვის ზოგიერთი
მეთოდოლოგიური ასპექტები**

*****ნერეთელი ე., ***გაფრინდაშვილი გ., *გაფრინდაშვილი მ., **ბოლაშვილი ნ.**

** გარემოს ეროვნული სააგენტო, თბილისი, საქართველო*

*** ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბავრაციონის სახ.*

გეოგრაფიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

gaprindashvili.george@gmail.com

ანოტაცია: საქართველო სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების მასშტაბებით, განმეორებადობის სიხშირით და ქვეყნის მოსახლეობისა და ეკონომიკისადმი მათგან მიყენებული ნეგატიური შედეგებით, მსოფლიოს მთიან ქვეყნებს შორის ერთ-ერთი გამორჩეულ რეგიონს წარმოადგენს. გეოლოგიური სტიქიის ძლიერ ზეგავლენას პერიოდულად განიცდის ჩვენი ქვეყნის ათასობით დასახლებული პუნქტი, მინის სავარგულები, გზები, ნავთობისა და გაზის მილსადენები, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ანძები, ჰიდროტექნიკური ობიექტები და სხვ. სტიქიის საშიშროებისგან მოსახლეობის დაცვა-ადაპტაციის და ტერიტორიის სივრცითი ათვისების ეფექტური მართვის მიზნით პირველყოვლისა საჭიროა თანამედროვე მეთოდოლოგიებზე დაყრდნობით მდგომარეობის შეფასება.

საკვანძო სიტყვები: გეოლოგია, სტიქია, მენყერი, ღვარცოფი, საქართველო.

საქართველო, რომელიც კავკასიის მთიანი რეგიონის ტიპურ ქვეყანას წარმოადგენს, მისი უნიკალური ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობები უძველესი დროიდან ჰქმნიდა ადამიანის დასახლება-განსახლებისა და ოპტიმალური საქმიანობის გარემო ჰაბიტატს. მაგრამ XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ადამიანის საქმიანობის უკიდურესად ფართო მასშტაბებმა, კლიმატის გლობალური ცვლილების მაღალმა ეფექტმა და მინისძვრების გააქტიურებამ უკიდურესად რთული და სენსიტიური გეოლოგიური გარემოს საერთო ფონზე განაპირობა ეგზოგენური პროცესების სტრესული აფეთქება და მასშტაბური გააქტიურება, რასაც მატერიალურ ზარალთან ერთად მოჰყვა ადამიანთა მსხვერპლი და ათიათასობით ოჯახის აყრა დამკვიდრებული საცხოვრისიდან. გეოლოგიური სტიქიის საშიშროების რისკის შემეცნებისათვის საჭირო იყო დადგენილი ყოფილიყო სტიქიური პროცესების წარმოქმნა-რეაქტივაციის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი და განსაზღვრული „კრიზისულ“ მდგომარეობაში და „კონფლიქტურ“ სიტუაციაში მყოფი სივრცეები და გეოლოგიურ გარემოზე დასაშვები ზღვრული ტექნო-ანთროპოგენური დატვირთვები, აგრეთვე ის სამეურნეო-ინფრასტრუქტურული ობიექტები, რომლებსაც შეიძლებოდა დამუქრებოდა გეოლოგიური სტიქია.

სტიქიის საშიშროებისგან მოსახლეობის დაცვა-ადაპტაციის და ტერიტორიის სივრცითი ათვისების ეფექტური მართვის მიზნით პირველყოვლისა საჭირო იყო დადგენილი ყოფილიყო რეგიონალურ მასშტაბში, ერთის მხრივ, ყველა სახის საშიში გეოლოგიური მოვლენა, მათი იდენტიფიცირება და დაკვირვებები პროცესების „ქცევის“ ხასიათზე და განვითარების ტენდეციებზე გეოლოგიურ გარემოს სისტემაში შემავალ იმ პროცესგამსაზღვრელ სუბსტანტზე

როგორც არის ქანების შედგენილობა და მათი მგრძობიარობა-რეცეპტორული თვისებები ამა თუ იმ სახის გეოლოგიური პროცესისადმი და რელიეფის ენერგეტიკული პოტენციალი, ხოლო, მეორეს მხრივ, დადგენილი ყოფილიყოს გეოლოგიური პროცესების მაპროვოცირებელი ისეთი სტოქასტიკური ფაქტორ-აგენტები, როგორც არის კლიმატის დამყარებული სტატისტიკური მდგომარეობიდან გამოსული მეტეოროლოგიური ელემენტების მკვეთრი გადახრები მრავალწლიურის რეჟიმიდან, ასევე მინისძვრების გააქტიურება და ანთროპო-ტექნოგენური ზემოქმედების პრესინგი გეოლოგიურ გარემოზე და ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების მონაცემების გაანალიზებაზე დაყრდნობით დადგენილი ყოფილიყოს მათი სინერგიზმის კორელაციური კავშირი.

საქართველოში XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან გეოლოგიური სტიქიის მასშტაბურმა განვითარებამ და მათ არეალში მოქცეული დასახლებული პუნქტების, საინჟინრო ობიექტების და ქვეყნის უმთავრესი სიმდიდრის მინის რესურსების (ისედაც შეზღუდული) დაცვის თვალსაზრისით საჭირო გახადა შექმნილიყო არაერთი იურიდიული დოკუმენტი გეოლოგიური სტიქიის მართვითი ღონისძიებების შესახებ. მასთან მიმართებაში პირველ ყოვლისა გეოლოგიის სახელმწიფო სამსახურს დაევალა ქვეყანაში გეოლოგიური საშიშროების მდგომარეობის შესწავლა – შეფასება და მართვითი ღონისძიებების შემუშავება.

ამ პერიოდიდან მოყოლებული „საქგეოლოგია“ ათეული წლების მანძილზე აწარმოებდა ქვეყნის მასშტაბით გეოლოგიური პროცესების კარტირებას, სწავლობდა მათი წარმოშობა-რეაქტივაციის მიზეზებს, აფასებდა მათი საშიშროების რისკს მოსახლეობისა და სამეურნეო ინფრასტრუქტურული ობიექტებისადმი, ადგენდა სივრცობრივი განვითარების საზღვრებს და მენყრებისა და ღვარცოფების კადასტრებს და ამუშავებდა სხვადასხვა შინაარსისა და მასშტაბის საინჟინრო-გეოდინამიკურ რუკებს. დღეისათვის საქართველოს მასშტაბით არსებობს საინჟინრო-გეოდინამიკური კომპლექსური რუკები 1:200000 – 1:50000 მასშტაბში, ხოლო 1:10000 – 1:25000 მასშტაბში სპეციალიზირებული საინჟინრო-გეოდინამიკურ-მელიორაციული რუკები 37 მუნიციპალიტეტისათვის ქვეყნის საერთო ფართობის 45%-ზე და ცალკეული მუნიციპალიტეტებისათვის სტიქიური მოვლენების სახეობითობის მოსახლეობისა და სასოფლო-სამეურნეო მიწების დაზიანებადობის ხარისხის მიხედვით რანჟირებული იქნა კოეფიციენტი 0-დან – 1-ამდე.

მთავრობის დავალებით შესრულებული სამუშაოების ანალიზისა და განზოგადოების საფუძველზე პირველად პოსტსაბჭოთა სივრცეში დამუშავდა და გამოიცა მონოგრაფიული ნარკვევი „საქართველოს ტერიტორიაზე ეროზიის საწინააღმდეგო გენერალური სქემა“ 1981-2000 წლების პერიოდისათვის [1], რომელშიდაც განხილულია ქვეყანაში განვითარებული ყველა სახის გეოდინამიკური პროცესი და დარაიონებულია საშიშროების რისკის მიხედვით ეროზიული, მენყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესები როგორც სტიქიური გეოლოგიური პროცესების დომინანტი, შესაბამისი ღონისძიებების დასახვით დამუშავებული და გამოცემულია აგრეთვე ეროზიის საწინააღმდეგო გენერალური სქემის შემადგენელი სპეციალიზირებული რუკები: საქართველოს ტერიტორიაზე საშიში გეოლოგიური პროცესების განვითარების საინჟინრო მდგომარეობის რუკა 1:200000 მასშტაბში და საქართველოს ტერიტორიის მენყრული და ღვარცოფული დაზიანებადობისა და საშიშროების რისკების რუკები 1:500000 მასშტაბში.

საქართველოს ტერიტორიაზე სტიქიურ გეოლოგიურ პროცესებზე ჩატარებული მრავალწლიანი კვლევებით მიღებული შედეგების ანალიზისა და განზოგადოების საფუძველზე, პირველად პოსტსაბჭოთა სივრცეში მოსკოვის საინჟინრო-გეოლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის ინსტიტუტის ბაზაზე დამუშავდა აგრეთვე მენყრების, ღვარცოფებისა და ზღვის ნაპირების სანაპიროების წარცხვის (აბრაზიის) გრძელვადიანი პროგნოზი 1981-2000 წლების პერიოდისათვის, რომელთა მდგომარეობის შედეგები შემონმებული და დადასტურებული იქნა მაღალი საიმედოების კოეფიციენტით ყოველწლიური გეომონიტორინგული კვლევებით. სამსახროდ 2000 წლის შემდეგ გეოლოგიური საშიშროების გრძელვადიანი პროგნოზი აღარ

დამუშავებულა, მაგრამ არსებული ინფორმაცია, როგორც ბაზისური საფუძველი, საშუალებას იძლევა გეომონიტორინგული კვლევების პერმანენტული წარმოებისათვის, რომელსაც 2005 წლამდე აწარმოებდა „საქგეოლოგია“, ხოლო შემდეგ გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროებში შემავალი სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო.

ცხრილი 1. საქართველოს ტერიტორიაზე 1995-2018 წლებში დაფიქსირებული მეწყრულ-ღვარცოფული მოვლენების დინამიკური აქტივობა (წყარო: გარემოს ეროვნული სააგენტო).

წელი	მეწყერი			ღვარცოფი			მსხვერპლი (ჯამი)	სულ მიახლოებითი ეკონომიკური ზარალი (მლნ USD)	საშიშროების რისკის ზონაში მოქცეული ობიექტები	
	გააქტიურებული და ახლად წარმოქმნილი	ადამიანთა მსხვერპლი	შიაზლოებითი ეკონომიკური ზარალი (მლნ აშშ დოლარი – USD)	გააქტიურებული და ახლად წარმოქმნილი	ადამიანთა მსხვერპლი	შიაზლოებითი ეკონომიკური ზარალი (მლნ აშშ დოლარი – USD)			დას. პუნქტები	საცხ. სახლი
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1995	670	6	57.39	250	12	41.74	18	99.13	–	195
1996	610	3	34.91	165	5	11.74	8	46.65	–	626
1997	871	2	44.35	335	7	19.13	9	63.48	–	227
1998	543	5	29.13	173	6	8.70	11	37.83	–	159
1999	56	1	5.22	27	0	1.96	1	7.17	–	314
2000	65	1	6.52	23	0	1.30	1	7.83	–	207
2001	75	0	6.52	26	0	11.30	0	17.83	–	127
2002	69	1	6.00	23	2	10.00	3	16.00	–	193
2003	71	3	6.30	28	0	1.74	3	8.04	–	207
2004	949	4	63.91	258	2	12.17	6	76.09	342	6042
2005	603	0	41.74	155	4	3.91	4	45.65	306	3682
2006	356	1	30.65	63	0	3.91	1	34.57	238	2066
2007	136	0	8.91	104	1	5.00	1	13.91	249	707
2008	311	8	20.87	126	8	6.52	16	27.39	275	1198
2009	323	1	27.61	193	3	7.17	4	34.78	285	2696
2010	250	3	8.70	81	2	2.17	5	10.87	295	822
2011	94	3	5.60	37	8	3.91	11	9.51	309	463
2012	325	1	11.80	88	5	21.74	6	33.54	350	845
2013	336	0	19.50	93	0	20.30	0	39.80	472	1269
2014	727	0	26.70	141	10	65.22	10	91.92	845	962
2015	936	4	29.80	167	19	108.70	23	138.50	931	1014
2016	780	0	17.60	208	0	8.90	0	26.50	934	1084
2017	845	0	21.30	165	0	10.60	0	31.90	1042	1353
2018	702	1	19.6	122	0	16.80	1	36.40	1057	1245
ჯამი	10703	48	550.64	3051	94	404.64	142	955.28		27703

დღეისათვის ჩატარებული კვლევებით და პერმანენტულად წარმოებადი რეგიონალური გეომონიტორინგით საქართველოში გეოლოგიური სტიქიური პროცესები სხვადასხვა ხარისხით ემუქრება ქვეყნის ტერიტორიის 70%-ს, მათგან დომინანტ ადგილს იკავებენ მწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები, რომელთა რიცხვი 53000 აჭარბებს, ხოლო ღვარცოფების ტრანსფორმაცია დარეგისტრირებული იქნა 3000 მდინარეში, ხოლო მდინარეთა და ზღვის ნაპირების წარეცხვის პროცესი 2000კმ-ზე მეტი საერთო სიგრძით. დღეისათვის გეოლოგიური სტიქიის საშიშროების სივრცეში იმყოფება 3000-მდე დასახლებული პუნქტი (ანუ 63%), სადაც სხვადასხვა ხარისხით დაზიანებული და დანგრეულია 400000-მდე სახლი და საინჟინრო ნაგებობა და ეკომიგრანტების სტატუსით გაყვანილია 60000-მდე ოჯახი [2,3].

გეომონიტორინგული კვლევებით დადგენილია, რომ სტიქიური გეოლოგიური მოვლენების გააქტიურების საშიშროების რისკი წლიდან წლამდე იზრდება. ამის რეალური მაჩვენებელია ბოლო პერიოდის 1995-2018 წლების მონაცემები, სადაც მწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების ახლად წარმოქმნილი და გააქტიურებული რიცხვის რაოდენობამ გადააჭარბა 10703-ს, ღვარცოფმაფორმირებელი წყალსადინარების რიცხვმა კი მიაღწია 3051. მათგან მიყენებულმა მიახლოებითმა ზარალმა კი შეადგინა 995.28 მლნ. აშშ დოლარი, ხოლო ადამიანთა მსხვერპლმა 142.

ამრიგად, დღეისათვის სტიქიური გეოლოგიური პროცესების მართვასთან მიმართებაში მნიშვნელოვანი ინფორმაციაა დაგროვებული, რომელთა ანალიზი და განზოგადოება სეისმოგეოფიზიკური მონაცემებისა და კლიმატის გრძელვადიანი პროგნოზის დამუშავება 20-30 წლების პერიოდისთვის (არაუმეტეს ორი-სამი წლის ინტერვალებში) და არსებული „საქართველოს ტერიტორიის ეროზიის სანინაალმდეგო გენერალური სქემის გადამუშავება, ფასდაუდებელ შედეგს მოგვცემს სტიქიური გეოლოგიური პროცესების გეომონიტორინგული კვლევების ეფექტურად სანარმოებლად და მართვითი ღონისძიებების შესამუშავებლად.

ლიტერატურა

1. Генеральная схема против эрозионных мероприятий Грузии на период 1981- 2000 гг. (монография). // „Сაბჭოთა საქართველო“, Тбилиси, 1988.
2. Tsereteli E., Gaprindashvili G., Donadze Ts., Nanobashvili T., Kurtsikidze O. Some Aspects of the Methodology of Disaster Geological Process Hazard and Risk Mapping on the Example of Georgia. // Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations", Tbilisi 2015, pp: 30-36.
3. Tsereteli E., Gaprindashvili M., Gaprindashvili G., Chelidze T., Varazanashvili O., Tsereteli N. Problems of Natural and Anthropogenic Disasters in Georgia.// Journal of the Georgian Geophysical Society. Issue A. Physics of Solid Earth. Vol. 15 A, Tbilisi, 2011-2012, pp. 14-22.

GEODYNAMIC HAZARD RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT METHODOLOGICAL ASPECTS IN GEORGIA

Tsereteli E., Gaprindashvili G., Gaprindashvili M., Bolashvili N.

Summary: Georgia is one of the most prominent regions in the mountainous countries of the world, due to the magnitude of the natural geological processes, the frequency of recurrence and the negative effects they have on the population and economy. Thousands of settlements, land plots, roads, oil and gas pipelines, high-voltage power transmission towers, hydraulic facilities and others are periodically affected by the geological disaster. Assessment of the situation based on modern methodologies is necessary first of all for the purpose of protection, adaptation and spatial management of the population from the geological hazards.

Key words: geology, disaster, landslide, mudflow, Georgia.

**წყალსაცავების აბრაზიული ნაპირების
წარეცხვისგან დამცავი
ახალი კონსტრუქციების დამუშავება**

***კანდელაკი ნ., **იორდანიშვილი ი., **ირემაშვილი ი.,
კუპრეიშვილი შ., **იორდანიშვილი კ.

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახ. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
ingairema@yahoo.com

ანოტაცია: დამუშავებულია წყალსაცავების აბრაზიული ნაპირების წარეცხვისაგან დამცავი ახალი კონსტრუქციები – „ჰექსაბლოკი“ და „ტეტრაბლოკი“, რომლებიც გამოირჩევა ფერდზე მაღალი ტალღაჩამქრობი ეფექტით, არსებულთან შედარებით მისი დამზადება ეკონომიურია, ხასიათდება მაღალი გამჭოლიანობით, ნახნაგების ხარჯზე ერთმანეთთან დიდი შეჭიდულობით, ნაკლები წონით და ნაპირის ფერდზე მდგრადობით.

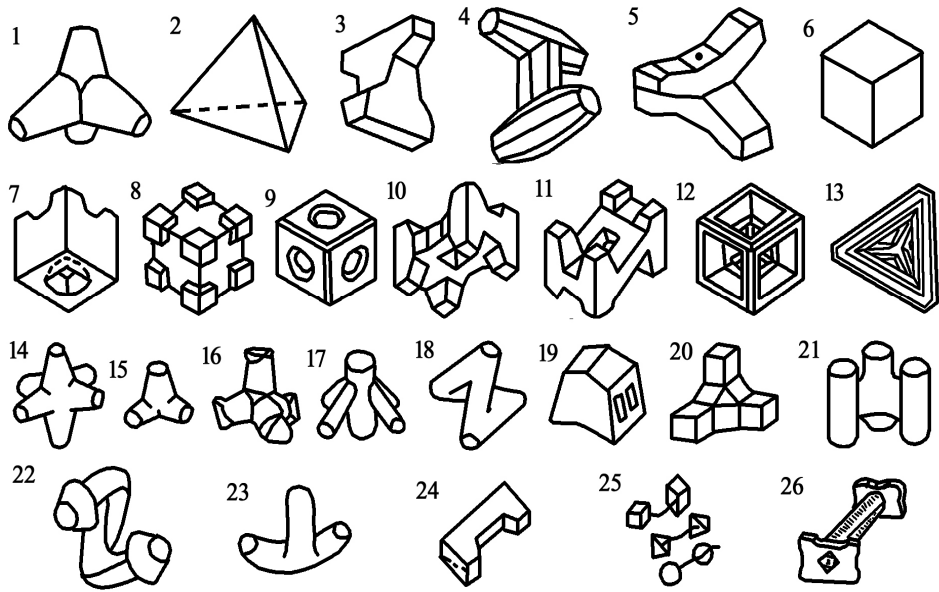
შემოთავაზებული უნივერსალური ფორმულის გამოყენებით, ჰექსაბლოკის და ტეტრაბლოკის ფერდებზე წონასწორობა გამოითვლება მინიმალური დასაშვები წონის გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავები, აბრაზია, ფიგურული მასივები.

წყალსაცავების აბრაზიული ნაპირების დაცვა ახალი, თანამედროვე, მაღალი ტალღაჩამქრობის უნარის და მათი დაბალი თვითღირებულების მქონე ნაპირდამცავი ნაგებობების მეშვეობით – აქტუალური პრობლემაა.

თანამედროვე პერიოდში მრავალ ქვეყანაში უკვე უარი თქვეს მასიური, ერთიანი და ძვირადღირებული ნაპირდამცავი ნაგებობების გამოყენებაზე. შექმნილია სხვადასხვა მოხაზულობის ფიგურული მასივებისგან გამჭოლი კონსტრუქციები, რომელთა წონითი დიაპაზონი 0,5-5,0 ტონის ფარგლებშია [4,5,1,2,3] (ნახ. 1-3).

ფიგურული მასივების გამოყენებით შესაძლებელია აბრაზიული ციცაბო ($\alpha=33^\circ$ -მდე) ფერდების გამაგრება. ფიგურული მასივებისგან აგებული კონსტრუქციების ეფექტური მუშაობის ძირითადი ფაქტორია – ტალღების ენერჯის ჩახშობა და ფერდზე მათი აგორების სიმაღლის შემცირება ($2\div 30$ -ჯერ). ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში მასივების მაქსიმალური წონა 60,0 ტონას აღწევს.



ნახ. 1. ფიგურული მასივების ძირითადი ტიპები

- 1 – ტეტრაპოდი; 2 – ტეტრაედრი; 3 – დიპოდი; 4 – დოლოსი; 5 – ML-ტიპი; 6 – კუბუსი; 7 – მოდიფიცირებული კუბუსი; 8 – BH3 ბლოკი; 9 – სტიბლოკი; 10 – H-სებრი ბლოკი; 11 – II-სებრი ბლოკი; 12 – KOB-ბლოკი; 13 – ღრუ ტეტრაედრი; 14 – ჰექსპოდი; 15 – კვადრიპოდი; 16 – სტაბილოპოდი; 17 – სტაპოდი; 18 – სტაბიტი; 19 – სვიბლოკი; 20 – ტრიპოდი; 21 – ტრიბარი; 22 – დინოზავრი; 23 – არტილისი; 24 – II-ბლოკი; 25 – შეკრული ბლოკი; 26 – ჰანტელისებური ბლოკი



ნახ. 2. ტეტრაპოდები ხიდის საყრდენთან მდ. ლიახვზე (საქართველო)



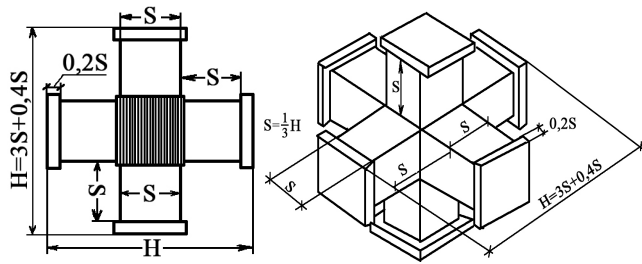
ნახ. 3. აბრაზიული ნაპირის გამაგრება სპეციალური ოთხისრიანი კონსტრუქციების მრავალრიგიანი წყობით (აშშ)

ბლოკების ტალღაჩამქრობი უნარის და ურთიერთშეჭიდულობის გაუმჯობესების, ფერდის ტალღების აგორების სიმაღლის შემცირებისათვის დამუშავდა ფასონური ბლოკების **ახალი ტიპები** – „ჰექსაბლოკის“ და „ტეტრაბლოკის“ სახით (დასახელება შერჩეულია ჩვენ მიერ, მათი შვერილების რაოდენობის შესაბამისად – „ჰექს“ – ექვსი და „ტეტრა“ – ოთხი).

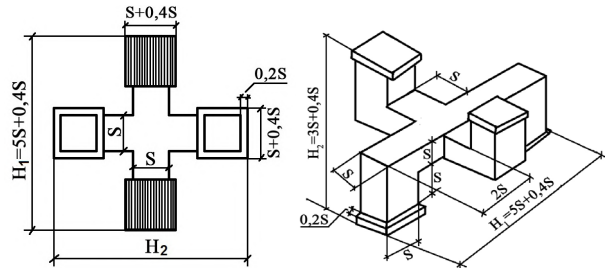
ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ბლოკების – „ჰექსაბლოკის“ და „ტეტრაბლოკის“ და არსებული მასივების „ტეტრაპოდის“, „დიპოდის“ და „დოლოსის“ მახასიათებლების შედარება მოყვანილია მე-4-5-6 ნახაზზე.

ჰექსაბლოკი, $\gamma = 2,60 \text{ ტ/მ}^3$		
P , ტ	0,21	1,64
H , მ	0,75	1,50
S , მ	0,22	0,44
V , მ ³	0,08	0,63

ტეტრაბლოკი, $\gamma = 2,60 \text{ ტ/მ}^3$		
P , ტ	0,21	1,70
H_1 , მ	0,97	2,11
H_2 , მ	0,61	1,33
S , მ	0,18	0,39
V , მ ³	0,064	0,65



ნახ. 4. „შექსაბლოკის“ სქემა და მისი მახასიათებლები

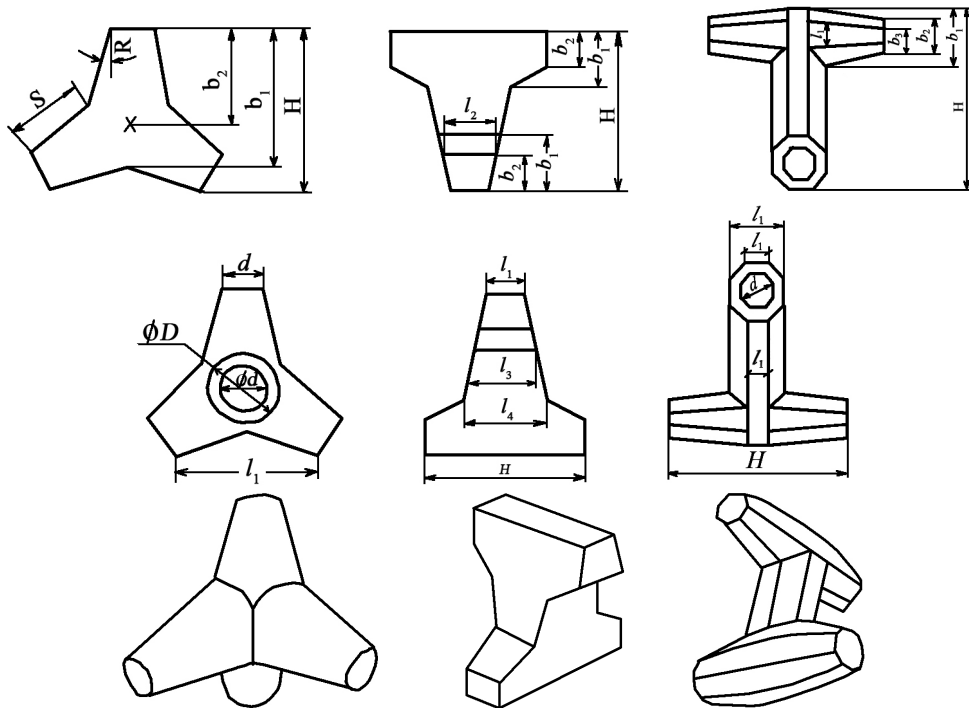


ნახ. 5. „ტეტრაბლოკის“ სქემა და მისი მახასიათებლები

ტეტრაპოდი, $\gamma = 2,60 \text{ ტ/მ}^3$		
P , ტ	1,00	6,00
H , მ	1,30	2,30
d , მ	0,30	0,60
D , მ	0,50	1,01
S , მ	0,60	1,10
b_1 , მ	1,07	1,95
b_2 , მ	0,75	1,40
$\text{tg}\alpha$	0,22	0,22

დიპოდი, $\gamma = 2,60 \text{ ტ/მ}^3$		
P , ტ	1,00	6,00
H , მ	1,20	2,20
b_1 , მ	0,41	0,76
b_2 , მ	0,26	0,48
l_1 , მ	0,28	0,52
l_2 , მ	0,39	0,71
l_3 , მ	0,45	0,82
l_0 , მ	0,57	1,04

დოლოსი, $\gamma = 2,60 \text{ ტ/მ}^3$		
P , ტ	1,00	6,00
H , მ	1,38	2,50
b_1 , მ	0,43	0,80
b_2 , მ	0,28	0,51
b_3 , მ	0,11	0,21
l_1 , მ	0,18	0,33
d , მ	0,30	0,55



ნახ. 6. არსებული ფიგურული მასივების – ტეტრაპოდის, დიპოდის და დოლოსის სქემები და მისი მახასიათებლები (γ – ბეტონის მოცულობითი წონა (ტ/მ^3))

ფერდზე „ეტრაბლოკის“ და „შექსაბლოკის“ ნაყარის ყველაზე ეფექტური ზომების და ფორმის დასადგენად საჭიროა მასზე ტალღური დატვირთვის და ფერდზე ტალღის აგორების სიდიდის ($h_{\text{run up}}$) დადგენა.

ა) ფერდის „შექსაბლოკებით“ და „ტეტრაბლოკებით“ ნაყარის ზედა საზღვრის პროგნოზირება ხორციელდება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$h_{\text{run up, max (შექს.)}} = k_{\text{(შექს.)}} \cdot k_w \cdot k_{\text{run up (გლ)}} \cdot h_{1\%}, \quad (1)$$

სადაც $k_{\text{შექს.}} = 0,60$ – შექსაბლოკებით გამაგრებული ფერდის სიმქისის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა დადგენილია ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე. მისი მნიშვნე-

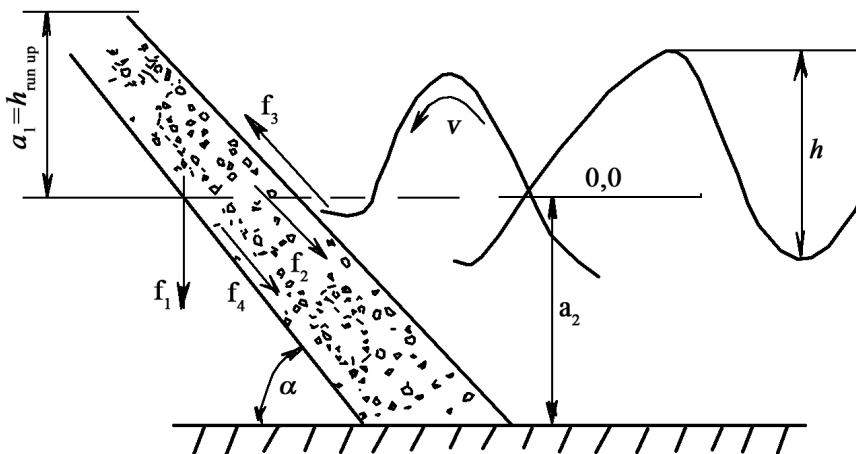
ლობა მიღებულია გლუვ ფერდზე ტალღის აგორების სიმაღლის ($h_{run\ up-გლ.}$) და „ჰექსაბლოკებით“ გამაგრებულ ფერდზე ტალღის აგორების სიმაღლის ($h_{run\ up-ჰექს.}$) შეფარდებით –

$$k_{(ჰექს.)} = \frac{h_{run\ up\ ჰექს.}}{h_{run\ up\ გლ.}} = 0,60 \text{ (ფოტო 1); } k_w = 1,5 - \text{კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა სამშენებლო ნორმატივების } СНИП\ 2.06.04-82 \text{ მიხედვით დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე და ფერდის დახრილობაზე); } k_{run\ up(გლ.)} - \text{კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გლუვ ფერდზე ტალღის დამრეცობაზე (} h/\lambda \text{) და ფერდის დახრილობაზე (} \alpha \text{).}$$



ფოტო 1. „ჰექსაბლოკებით“ გამაგრებული ფერდის მოდელი

„ტეტრაბლოკის“ და „ჰექსაბლოკის“ ოპტიმალური წონის ანგარიში ტარდება სტაბილიზირებადი და გამომწვევი ფაქტორების საფუძველზე, მსგავსების თეორიის გამოყენებით. ანგარიში ტარდება მიღებული განმსაზღვრელი პარამეტრების გათვალისწინებით, ესენია: m – „ჰექსაბლოკის“ და „ტეტრაბლოკის“ მასა (ტ); ρ_m – „ჰექსაბლოკის“ და „ტეტრაბლოკის“ მასალის სიმკვრივე (ტ/მ³); α – ფერდის დახრილობის კუთხე (გრადუსებში); h – ტალღის სიმაღლე (მ); λ – ტალღის სიგრძე (მ); θ – ტალღების ნაპირთან მოსვლის კუთხე (რადიანებში); ρ – წყლის სიმკვრივე; g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება; μ – წყლის კინემატიკური სიბლანტე (იხ. ნახ. 7).



ნახ. 7. „ტეტრაბლოკებით“ შექმნილი კონსტრუქციის მდგრადობის განმსაზღვრელი ფაქტორების სქემა

მაშინ, განმსაზღვრელი პარამეტრების სისტემა იქნება:

$$f(m, \rho_m, \rho, \alpha, h, \lambda, \theta, g, \mu) = 0 \quad (2)$$

პარამეტრების უგანზომილებო სახით გათვალისწინებით, დამოკიდებულება (2) ასე ჩაიწერება:

$$f\left(\frac{m}{\rho_m \cdot h^3}, \operatorname{ctg} \alpha, \frac{\rho_m}{\rho}, \frac{h}{\lambda}, \theta, \frac{h^2}{\left(\frac{\lambda}{g}\right)^{0.5} \mu}\right) = 0 \quad (3)$$

მაშინ მასივის ელემენტის ოპტიმალური მასა ჩაიწერება უნივერსალური დამოკიდებულების სახით:

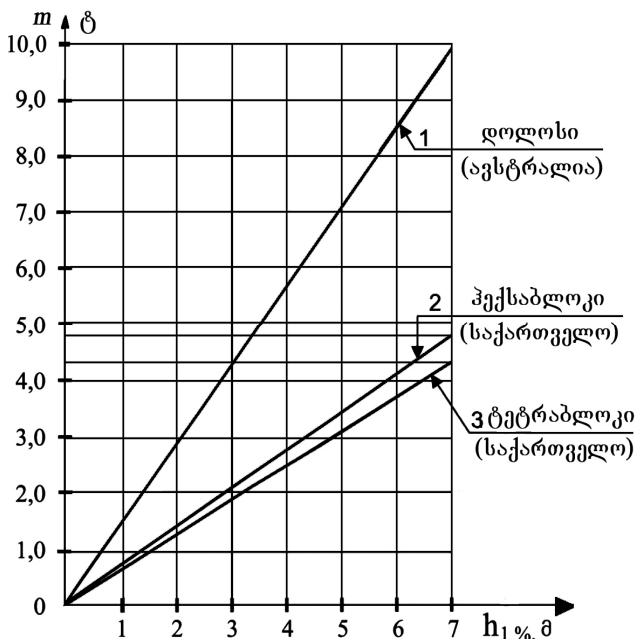
$$m = \frac{a \rho_m h_{1\%}^3}{(\rho_m - \rho)^3 \operatorname{ctg} \alpha} \cdot \sqrt{\frac{\lambda_{1\%}}{h_{1\%}}} \quad (4)$$

ცხრილში 1 და მე-8 ნახაზზე მოყვანილია სხვადასხვა ტიპის (დოლოსი, ტეტრაპოდი, ტრიბარი, სტაბიტი, ჰექსაბლოკი და ტეტრაბლოკი) მასივების ფაქტობრივი და საანგარიშო ოპტიმალური მასის მნიშვნელობები.

ცხრილი 1

ფასონური ბლოკების ოპტიმალური წონის (m) მონაცემები

№	ადგილმდებარეობა / ბლოკების ტიპი	ფაქტობრივი მნიშვნელობები							საანგარიშო მნიშვნელობები	
		d , მ	$h_{\%}$, მ	$\lambda_{\%}$, მ	$\sqrt{\frac{\lambda_{\%}}{h_{\%}}}$	$\operatorname{Ctg} \alpha$	m , ტ	a , დამოკიდ(4)-ში	სამშ. ნორმები	დამოკიდ. (4)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	გუმბოლტი (აშშ)/დოლოსი	14,0	12,2	244	4,47	4,0	43,0	0,021	31	41
2	რიჩარდ ბეი (არაბეთი)/დოლოსი	17,9	9,0	134	3,86	2,0	30,0	0,021	29	29
3	ჰეი-პონტი (ავსტრალია)/დოლოსი	10,0	6,1	90	3,84	2,0	10,0	0,023	9	9
4	მინა-რაისუნი (ომანი)/დოლოსი	13,0	7,0	140	4,47	1,5	20,0	0,02	22	21
5	ჰანს ბეი (სამხრ. არაბეთი)/დოლოსი	11,8	6,0	153	5,05	1,5	13,5	0,019	16	15
6	ტეიბლ ბეი (სამხრ. არაბეთი)/დოლოსი	8,8	4,5	130	5,38	1,5	6,0	0,018	7	7
7	კრიშენტ-სიტი (აშშ)/ტეტრაპოდი						25,0		22	24
8	ჰავაი/ტრიბარი						17,8		16	17
9	ინგლისი/სტაბიტი						25,0		23	24
10	საქართველო/ჰექსაბლოკი	2,3	6,9	69	3,16	3,0	4,5	0,02		4,6
11	საქართველო/ტეტრაბლოკი	2,3	6,9	69	3,16	3,0	4,2	0,02		4,4



ნახ. 8. ბლოკების მდგრადობის გაანგარიშებული წონის (m) დამოკიდებულება ტალღის სიმაღლესთან (h)

ლაბორატორიულ პირობებში „ჰექსაბლოკების“ და „ტეტრაბლოკების“ გამოკვლევისათვის საჭიროა მექანიკური მსგავსების კანონის გამოყენება, რომელიც გულისხმობს გეომეტრიული, კინემატიკური და დინამიკური მსგავსების შენარჩუნებას ზღვრული და საწყისი პირობების დაცვით.

ტალღების და „ჰექსაბლოკებით“ და „ტეტრაბლოკებით“ ნაყარის ურთიერთქმედების მექანიზმის თავისებურებების გამოკვლევები ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში.

ჰიდროდინამიკური და ფიზიკური ლაბორატორიული მახასიათებლების გადაანგარიშება ნატურაში ტალღების მსხვერვის (ჩამოქცევის) ზონამდე, (სადაც პროცესი მიმდინარეობს ავტომოდელურ ზონაში),

ხორციელდება მოდელირების წრფიული მასშტაბისა და ფრუდის კრიტერიუმის გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს სიძიმის (გრავიტაციული) ძალების იდენტურობას ($a_L = L_{ნატ} / L_{მოდ}$). ტალღების ჩამოქცევის ზონის შემდეგ (სადაც ავტომოდელირება აღარ სრულდება) ტალღის ფერდზე აგორების სიმაღლე და ფერდზე ტალღური წნევის ანგარიში ტარდება მასშტაბური შემასწორებელი კოეფიციენტის ($K=0,75$) გათვალისწინებით, (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

ნატურული ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების ლაბორატორიული გადაანგარიშება „ჰექსაბლოკისა“ და „ტეტრაბლოკის“ გამოკვლევისათვის

(ფრუდის კრიტერიუმის გამოყენებით ($F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}}$, $g = idem$, $p = idem$))

ფიზიკური სიდიდეები	მასშტაბური წრფივი მამრავლი $a_L = L_{ნატ} / L_{მოდ}$	მოდელური სიდიდეები ტალღების მსხვერვის ზონამდე	მოდელური სიდიდეები ტალღების მსხვერვის ზონაში მასშტაბური კოეფიცი. $K = 0,75$ გათვალ.
1	2	3	4
წრფივი ზომები			
h (ტალღის სიმაღლე)	$a_h = a_L = h_{ნატ} / h_{მოდ}$	$h_{მოდ} = h_{ნატ} / a_L$	$h_{მოდ} = h_{ნატ} / a_L$
λ (ტალღის სიგრძე)	$a_\lambda = a_L = \lambda_{ნატ} / \lambda_{მოდ}$	$\lambda_{მოდ} = \lambda_{ნატ} / a_L$	$\lambda_{მოდ} = \lambda_{ნატ} / a_L$
H_Σ (წყლის სიღრმე)	$a_\Sigma = a_L = H_{ნატ,\Sigma} / H_{მოდ,\Sigma}$	$H_{მოდ,\Sigma} = H_{ნატ,\Sigma} / a_L$	$H_{მოდ,\Sigma} = H_{ნატ,\Sigma} / a_L$
$l = 3,0 \cdot S^*$ (S^* ჰექსაბლოკის სიმაღლე)	$a_l = a_L = l_{ნატ} / l_{მოდ}$	$l_{მოდ} = l_{ნატ} / a_L$	$l_{მოდ} = l_{ნატ} / a_L$
Ω (ფართობის სიდიდე)	$a_\Omega = a_L^2$	$\omega_{მოდ} = \omega_{ნატ} / a_L^2$	$\omega_{მოდ} = \omega_{ნატ} / a_L^2$
W (მოცულობის სიდიდე)	$a_W = a_L^3$	$W_{მოდ} = W_{ნატ} / a_L^3$	$W_{მოდ} = W_{ნატ} / a_L^3$

$h_{run\ up}$ ტალღის აგორების სიმაღლე	$a_{run\ up} = a_L$	$h_{run\ up\ მოდ} = h_{run\ up\ ნაბ} / a_L$	$h_{run\ up\ მოდ} = h_{run\ up\ ნაბ} / a_L$
t (დრო, პერიოდი)	$a_t = a_L^{1/2}$	$t_{მოდ} = t_{ნაბ} / \sqrt{a_L}$	$t_{მოდ} = t_{ნაბ} / \sqrt{a_L}$
V (წრფივი სიჩქარე)	$a_V = a_L^{1/2}$	$V_{მოდ} = V_{ნაბ} / \sqrt{a_L}$	$V_{მოდ} = V_{ნაბ} / \sqrt{a_L}$
α° (კუთხე)	$a_\alpha = 1$	$\alpha_{მოდ}^\circ = \alpha_{ნაბ}^\circ$	$\alpha_{მოდ}^\circ = \alpha_{ნაბ}^\circ$
m (მასა)	$a_m = a_L^3$	$M_{მოდ} = M_{ნაბ} / a_L^3$	$M_{მოდ} = M_{ნაბ} / a_L^3$
F (ძალა)	$a_F = a_L^3$	$F_{მოდ} = F_{ნაბ} / a_L^3$	$F_{მოდ} = F_{ნაბ} / a_L^3$
$E_{გამჭ.}$ (გამჭოლიანობა)	$A_{გამჭ.} = 1$	$E_{გამჭ.მოდ} = E_{გამჭ.ნაბ}$	$E_{გამჭ.მოდ} = E_{გამჭ.ნაბ}$
P (წნევა)	$a_P = a_L$	$P_{მოდ} = P_{ნაბ} / a_L$	$P_{მოდ} = P_{ნაბ} / a_L$

$I = 3,0 \cdot S^*$ – ჰექსაბლოკის და ტეტრაბლოკის ყველაზე ეფექტური ზომაა, რომელიც განპირობებულია მათი მაღალი ტალღაჩამქრობი ეფექტით, ფერდზე მდგრადობით და მათი მშენებლობის ტექნოლოგიის სიმარტივით.

დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ შემოთავაზებული ფიგურული მასივებით გამაგრებულ ფერდზე ტალღის აგორების სიმაღლე 40%-ით ნაკლებია.

ტალღების სამოდულო და ნატურული პარამეტრები განისაზღვრება მოდელში და ნატურაში მათი ზომების შესაძლო მაქსიმალური სიდიდის შესაბამისად.

ლიტერატურა:

1. Bilyay E., Ozbachceci B., Bacanlı S., Kiziroğlu G. A New Approach to Breakwater Design – 2B Block. //Coastal Engineering Proceedings, Bilyay №35, 2016.
2. Iordanishvili I., Iremashvili I., Iordanishvili K., Bilanishvili L., Potskhveria D., Kandelaki N., Sukhishvili N. Grapho-analytical method of forecasting the transformation of abrasion banks of highland water reservoirs. //VII International Scientific and Technical conf. “Modern Problems of water management, environmental protection, architecture and construction”. Tbilisi, 2017, pp. 52-60.
3. Soares F., Henriques M.J., Roca C. Concrete Block Tracking in Breakwater Models. //Conference: FIG Working Week, Helsinki, 2017.
4. Иорданишвили И.К. Откосные крепления с повышенной волногасящей способностью для защиты берегов горных водохранилищ. // Ж. "Энергия", 4(24), Тбилиси, 2002, стр. 166-169.
5. Шеренков И.А., Складнев М.Ф. Применение бетонных блоков для защиты земляных откосов. // Гидротехническое строительство, №2, 1971, стр. 51-54.

DEVELOPMENT OF NEW CONSTRUCTIONS AGAINST WASHING THE RESERVOIRS ABRASIVE SHORES

Kandelaki N., Iordanishvili I., Iremashvili I., Kupreishvili Sh., Iordanishvili K.

Summary: new constructions against washing the reservoirs abrasive shores are being developed – Hexablock and Tetrablock, which are distinguished by the high ripple effect on the slope, their production are more economical compared to the existing one, they are characterized by high piercing, by great traction at the expense of facets, by less weight and stability on the shore of slope.

Using the proposed universal formula, the equilibrium of Hexablock and Tetrablock on the slopes is calculated by taking into account the minimum permissible weight.

Keywords: reservoirs, abrasion, figure arrays.

SEPARATION AND EVALUATION OF SIMULTANEOUS HEAT-MASS EXCHANGE IN SUBWAY TUNNELS

Lanchava O.

G. Tsulukidze Mining Institute, Tbilisi, Georgia
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
o.lanchava@yahoo.com

Summary: During simultaneous heat and mass transfer between a ventilation flow and a surrounding massif, the heat flow is supported by the mining massif, and the moisture flow is due to hygroscopic processes occurring only within the tunnel's concrete support. This is result of using moisture resistant membranes between the mining massif and the underground space. The simultaneous heat and mass transfer processes in the presented paper considered on the basis of π -theorem and established a new criterion by means of it is possible to divide processes heat and mass transfer at the two-component system "massif-air". The new criterion relates a thermal resistance $1/\alpha$ with mass transmission analogical resistance $1/\alpha_m$ within the limits of corresponding boundary layers. Thus, estimation of a ventilation air flow by it appears to be possible as both of those values are the current characteristics. As a result, it may be concluded that separation and evaluation of simultaneous heat mass exchange processes using the criterion introduced in this paper is possible.

Key Words: Subway tunnels; Non-stationary heat and mass (moisture)exchange; Heat and mass flows

Introduction. According to modern technologies of transport tunnels' construction, there are the installation of various moisture resistant membranes between the mining massif and the underground space, therefore drainage of water does not occur through the concrete fastening of the tunnel inside the underground space. The appearance of the water in an explicit form here is local in its nature and should be consider separately. Consequently, in the area of tunnel's concrete fastening takes place a non-stationary process of transfer of hygroscopic moisture together with a similar process of heat transfer. Therefore, during simultaneous heat and mass transfer between the ventilation flow and the surrounding massif, the heat flow is supported by the massif, and the moisture flow is due to hygroscopic processes occurring only within the tunnel's concrete support.

The considerable practical interest has the separate assessment of heat and mass fluxes for jointly occurring processes, as well as the comparison of the numerical values of the coefficients of unsteady heat and mass transfer taking into account the mutual influence of temperature and mass transfer potential on the values of heat and mass fluxes. The great interest has also the establishment of cases when the noted effect should be taken into account and when it can be neglected without compromising the accuracy of the results obtained. The joint processes of heat and mass transfer also take place in karst caves [1], as well as into the tunnels of mines [2-5].

Study area, material and methods. Thus, in underground tunnels heat and mass transfer between the rock massif and the ventilation stream is non-stationary, which is due, on the one hand, to a periodic change in air speed in all sections of the tunnel depending on the movement of trains. and, on the other hand, with the conditions of heat and mass transfer in the rock massif, in the concrete fastening of the tunnel and the conditions of heat and mass transfer at the interface of the two-component thermodynamic system "massif – air". The temperature of surrounding rock massif is equal to the neutral layer temperature

for Tbilisi metro conditions – 12.3 °C [6]. Mentioned temperature does not actually change over the year. In the area of the tunnel's concrete mount takes place maximum hygroscopic mass content, it also does not actually change during the year and from the point of view of mass exchange, this element of tunnel plays the role of a damper and equalizes the relative humidity [7]. The standard theoretical research methods are used, including the π -theorem.

Results and discussion. Let us assume that mountain massif is characterized by temperature and mass transmission potential force fields, kinetic coefficients describing the environment do not change by time within the range of temperature and potential variations and also the current temperature, mass exchange potential and relative humidity are invariable. In such conditions, the mutual heat mass exchange can be described by Luikov-Mikhailov's differential equation system [8].

In order to get an unambiguous solution to this system, it is necessary to observe the boundary conditions of the third kind at the interface of the mentioned binary system "massif – air". The boundary conditions of the third kind in this case are of the form

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha(t_1 - t_2) + \alpha_m r(\theta_1 - \theta_2) = 0 \quad (1)$$

where λ – the heat conductivity coefficient of the massif, W/m.⁰C; t , t_1 , t_2 – temperatures of the body, the tunnel walls and the air respectively, °C; α – heat emission factor, W/m².⁰C; α_m – mass emission factor, kg·mol/J·m²·s; r – specific heat of the phase change, kJ/kg; θ_1 – mass transmission potential of the wall, J/mol; θ_2 – mass transmission potential of the air, J/mol; R – cylindrical coordinate, m.

Equation (1) is an expression of the energy conservation law for the mentioned system. To analyze it, application of a new similarity criterion is needed. According to π -theorem, similarity criteria for dimensional, primary dimensional and dimensionless quantities in this equation are 9, 5 and 4 respectively [9]. These criteria are dimensionless temperature, Bio- and mass-transfer Posnov complexes, which respectively have the form

$$\frac{\Delta_\tau t}{\Delta_R t} = t_{(R,\tau)} = \frac{t - t_2}{t_0 - t_2}, \quad Bi = \frac{\alpha R_0}{\lambda}, \quad Pn_m = \delta_\theta \frac{\Delta t}{\Delta \theta}, \quad (2)$$

where τ – time, s; t_0 – the natural temperature of undisturbed mining massif, °C; R_0 – an equivalent radius of the tunnel, m; δ_θ – thermal gradient factor in the mass transmission potential scale showing additional mass transmission in the system in the form of Soret effect, J/mol.⁰C; Δt , ΔQ – temperature and mass transfer potential increments respectively. The rest of the symbols were determined previously.

After insertion of limited proportional quantities according to L'Hopitale's rule and multiplication by $R/\lambda\Delta_\tau t$, equation (1) will transform as

$$\frac{\Delta_\tau t}{\Delta_R t} = \frac{\alpha R}{\lambda} + \frac{\alpha_m r R}{\lambda} \frac{\Delta_\tau \theta}{\Delta_\tau t}. \quad (3)$$

For the tunnel wall, when $R=R_0$ after simple transformations equation (3) will get the following form

$$\frac{\Delta_\tau t}{\Delta_{R_0} t} = Bi + La \frac{Bi}{Pn_m} \quad (4)$$

where a new criterion

$$La = \frac{\delta_\theta \alpha_m r}{\alpha} \quad (5)$$

is introduced. As it is seen from equation (4), dimensionless temperature of a tunnel wall is combination of the appointed complexes. Thus, criterion expressed by formula (5) is the very fourth dimensionless complex that is necessary for the process analysis according to π -theorem.

The new criterion is a synthesis of Lewis, Kosovitch and Posnov criteria. To prove it, let us consider heat and mass densities on the binary system interface according to the basic Fourier conduction law and Newton law, which are expressed as

$$\alpha(t_1 - t_2) = -\lambda \text{ grad } t \quad \alpha_m(\theta_1 - \theta_2) = -\lambda_m \text{ grad } \theta \quad (6)$$

respectively. In addition to already defined values there is a new one – λ_m denoting mass conductivity factor of the massif, kg·mol/J·m·s.

The basic relations of heat and mass physical characteristics of rocks are

$$\lambda = ac\gamma_0 \quad \lambda_m = a_m c_m \gamma_0 \quad (7)$$

where α - heat conductivity factor of the rock, m²/s; α_m - conductivity factor of the mass transfer potential, m²/s; c – specific heat, J/kg·°C; c_m – specific isothermal mass capacity, mol/J; γ_0 – the rock density, kg/m³. Using simple transformations and considering (7) and (6) we get

$$\alpha = -ac\gamma_0 \frac{\Delta_\tau t}{\Delta_{R_0} t}, \quad \alpha_m = -a_m c_m \gamma_0 \frac{\Delta_\tau \theta}{\Delta_{R_0} \theta}. \quad (8)$$

Taking into account expressions of Lewis and Kosovitch criteria, which are

$$Le = \frac{a_m}{a} \quad Ko = \frac{rc_m}{c} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (9)$$

respectively and inserting equation (8) in (5), after simple transformations we get

$$La = LeKoPn_m \quad (10)$$

that is the proof of our suggestion.

The new criterion relates thermal resistance $1/\alpha$ with mass transmission analogical resistance $1/\alpha_m$ within the limits of corresponding boundary layers. Thus, estimation of a ventilation air flow by it appears to be possible as both of those values are the current characteristics.

The first impression is that the same result can be obtained by Lewis, Kosovitch, or Posnov criteria separately. This is not quite correct as each of them taken separately characterizes just the massif showing only a rate of increase of cooled and dried up layers thicknesses.

The mentioned rate for a layer is what Lewis criterion shows in its classical form. Coefficient α shows temperature exchange rate in a massif caused by distortion introduced by an air flow energy impulse. Analogically, α_m is an indicator of potential exchange rate. It is impossible, to estimate air flow parameters by relation between them. Moreover, neither Kosovitch, nor Posnov criteria allow the correct thermophysical calculation of air flow as it requires knowledge of the desired quantities such as flow temperature and mass transfer potential in advance. The point is that temperature and potential increments in the first approximation are $\Delta t = t_1 - t_2$ and $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$, where t_2 and θ_2 are the desired values.

In fact, temperature gradient always causes additional mass flow and vice versa – potential gradient causes additional thermal current, but there are cases in practice, when consideration of these additional currents is not necessary for calculation of flow temperature, mass transfer potential and relative humidity. The said is corroborated by the critical value of the new criterion $10^6 La = 1$. Consideration of interference of these two processes for solution of multiparametric tasks is needed when this equality fails.

In any case, dimensionless temperature by solution of the afore mentioned Luikov-Mikhailov's differential equations has the following form:

$$t_{(\tau, R_0)} = Bi(1 + LaPn_m^{-1}). \quad (11)$$

This equation makes it possible to determine nonstationary heat transmission factor considering an additional heat flow or without it.

Conclusions

- As a result, it may be concluded that separation and evaluation of simultaneous heat mass exchange processes using the criterion introduced in this paper is possible.
- The heat and mass fluxes in the underground space are the result of the influence of two gradients-the temperature and the mass transfer potential. The additional threads initiated by the effects of Sore and Dufour tend to amplify the main flows, but in practice, there is a case where there is no need to consider the effect of additional flows. Marked effects can be ignored when $10^6 La = 1$.

References

1. Bolashvili N., Lanchava O., Tsikarishvili K. Tskaltubo (Prometheus) Cave System – Some Issues of Research. // Monograph, ISBN: 978-3-330-04974-1, LAP LAMBERT Academic Publishing, Gmbh & CO. Saarbrucken, Germany, 2017, 136 p.
2. Petrilean D.C., Stanilă S., Irimie S.I., Study of variable heat exchange between a thickness limited cylindrical pipe and the rock massif for application in mine environment. // Environmental Engineering and Management Journal, 13(6), Iasi, Romania, 2014, pp. 1383-1388.
3. Petrilean D.C., Stanilă S., Dosa I., A mathematical model for the determination of the dimensionless heat flux with application in mine environment. // Environmental Engineering and Management Journal, 16(6), Iasi, Romania, 2017, pp. 1331-1340.
4. Lanchava O.A., Heat and mass exchange in permanent mine workings. // Journal of Mining Science 1(6), Novosibirsk, 1982, pp. 87-92, (in Russian).
5. Lanchava O.A., Heat and mass exchange in newly driven mine workings. // Journal of Mining Science 1(5), 1985. pp. 99-104, (in Russian).
6. O. Lanchava, N. Ilias. Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. // Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 3, Issue 1, AGIR Publishing House, Bucharest, 2018, pp. 69-84.
7. O. Lanchava, N. Ilias. Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro. // Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 2, Issue 2, AGIR Publishing House, Bucharest, 2017, pp. 92-105.
8. Luikov A. A. Teplomassoobmen. // Monograph, Moscow, 1978, 480 p. (in Russian).
9. Qutateladze C. C. Analiz Podobiya v Teplofizike, // Monograph, Novosibirsk, 1982, 308 p. (in Russian).

ბათონის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მდგომარეობის შეფასების ულტრაბგერითი მეთოდები

* ვარამაშვილი ნ., ** ასანიძე ბ., *** ჯახუტაშვილი მ.

* ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

** ბიფი ექსპლორეიშენ (კასპიის ზღვა) ლიმიტედის საქართველოს თბილისის ფილიალი, თბილისი,
საქართველო

*** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: კვლევების მიზანი იყო ცაგერის წყალშემკრების თანამედროვე მდგომარეობის გეოფიზიკური მეთოდებით შესწავლა. ამ მეთოდების ერთ-ერთი სახეა ულტრაბგერითი კვლევების მეთოდი. ამ მეთოდით შესაძლებელია საკვლევი ობიექტის დრეკადი პარამეტრების გაზომვა და გამოთვლა, მისი დაზიანების გარეშე. საკვლევი ობიექტზე ხდებოდა ულტრაბგერითი გრძივი (P) და განივი (S) ტალღების გავრცელების სიჩქარეების გაზომვა. შემდეგ გამოთვლილი სიჩქარეების საფუძველზე მასალის სიმკვრივის (ρ) პუასონის კოეფიციენტის (ν) და იუნგის მოდულის (E) გამოთვლა. ულტრაბგერითი ხელსაწყო-დანადგარების საშუალებით შესაძლებელია საკვლევი გარემოს ე.წ. ტომოგრაფია, მისი „გაშუქება“ ცალი მხრიდან არეკლილი ტალღების საშუალებით. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია საკვლევი სხეულში არსებული, გარკვეული ზომის სიცარიელეების, არაერთგვაროვანი უბნების დაფიქსირება და სხვადასხვა სიმკვრივის (შესუსტებული) უბნების გამოყოფა.

საკვანძო სიტყვები: მასალის სიმკვრივე, ულტრაბგერითი მეთოდი.

შესავალი

აკუსტიკური მეთოდები წარმოადგენს საკმაოდ მძლავრ იარაღს გეოფიზიკურ ძიებაში, საინჟინრო და სამედიცინო კვლევებში. ულტრაბგერითი ტესტირება იყენებს მაღალი სიხშირის ბგერით ტალღებს გამოკვლევების ჩასატარებლად და გაზომვების შესასრულებლად. საინჟინრო პროგრამებში მისი ფართო გამოყენების გარდა (მაგალითად, დეფექტის აღმოჩენა/შეფასება, მასალის მახასიათებლები და ა.შ.), ულტრაბგერითი საშუალებები ასევე გამოიყენება სამედიცინო სფეროში. ზოგადად, ულტრაბგერითი ტესტირება ემყარება არეკლილი ტალღების (იმპულსი-ექო) ან გამჭოლი ტალღების რეგისტრირებას და რაოდენობრივ შეფასებას. ორი ტიპიდან თითოეული გამოიყენება გარკვეულ პირობებში [3,4]. ჩვენს სამეცნიერო კვლევებში აკუსტიკას ვიყენებთ გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევების ჩასატარებლად [1,2,4]. მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილი გვაქვს აკუსტიკური მეთოდების საშუალებით ჩატარებული სამეცნიერო-გამოყენებითი კვლევები გეომექანიკის მიმართულელებით [5].

ულტრაბგერითი კვლევის აპარატურა და პროგრამული უზრუნველყოფა

ჩვენს მიერ გეოფიზიკური სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული იქნა შვეიცარიული კომპანიის (PROCEQ, <https://www.proceq.com/>) მიერ წარმოებული ულტრაბგერითი აპარატურა, რომლის სახელწოდება არის Pundit PL-200 და Pundit PL-200PE. ულტრაბგერითი გამზომები (Pundit PL-200 и Pundit PL-200PE) გამოიყენება არადაზიანებული კონტროლის აკუსტიკური მეთოდებით ბეტონის, ხის და ქვის მასალების და ნაგებობების შესასწავ-

ლად. აპარატურა და მეთოდები შეიძლება გამოყენებული იქნას: მასალებში შინაგანი დეფექტების და ბზარების, არაერთგვაროვნებების და სიცარიელების შესასწავლად, მასალების მოდულების, სიხისტის და პუასონის კოეფიციენტის გამოსათვლელად.

ულტრაბგერითი კვლევების მეთოდიკა

ჩვენ შემთხვევაში გამოყენებულია ულტრაბგერითი ზონდირება 54 კჰც სიხშირის პიეზოელექტრული გადამწოდების საშუალებით. ასევე 250 კჰც სიხშირის განივი ტალღების პიეზოელექტრული გადამწოდები, ხოლო ულტრაბგერითი ტომოგრაფიისათვის გამოყენებული იქნა 50 კჰც სიხშირის პიეზოელექტრული გადამწოდები. ასეთი სიხშირის გადამწოდებით შესაძლებელია მყარი სხეულის და ბეტონის სტრუქტურის შესწავლა 50-60 სანტიმეტრის სიღრმეზე, გარკვეულ შემთხვევებში 1 მეტრამდეც კი.

ულტრაბგერითი სამუშაოების შესრულება

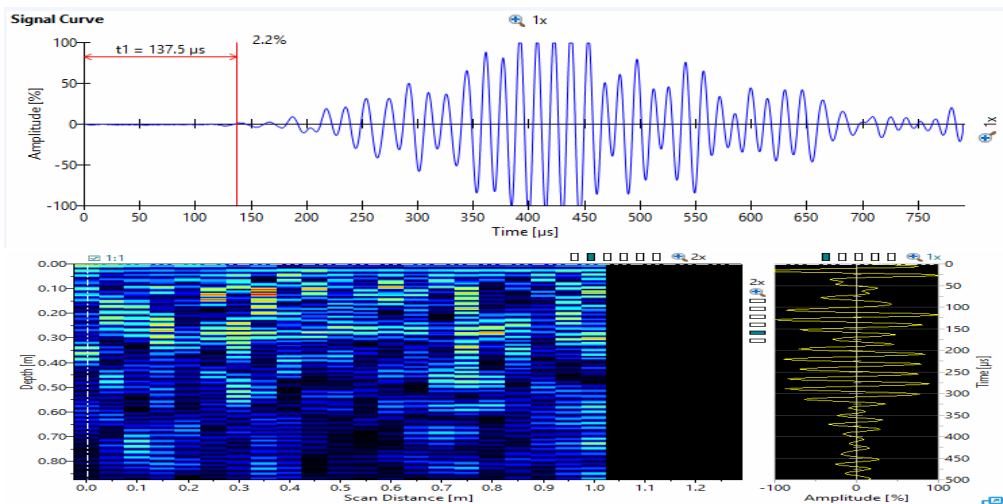
ულტრაბგერითი კვლევები შესრულდა ცაგერის წყალშემკრები ნაგებობის მზიდ ბურჯებზე და კედლებზე (ნახ. 1). ნაგებობის კედლებზე ვერტიკალური მიმართულებით ამორჩეული იქნა დაახლოებით 100 უბანი სადაც მოხდა ბეტონის მექანიკური მახასიათებლების შესწავლა.



ნახ. 1. ა) ცაგერის წყალშემკრები. 1 – აღმოსავლეთი კედელი, 2 – პირველი (აღმოსავლეთი) ბურჯი, 3 – მეორე (ცენტრალური) ბურჯი, 4 – მესამე (დასავლეთი) ბურჯი და 5 – დასავლეთი კედელი.
ბ) ულტრაბგერითი სამუშაოების ამსახველი სურათი წყალშემკრები აუზის კაშხლის მზიდ ბურჯებზე და კედლებზე.

მონაცემების დამუშავება

ულტრაბგერითი ტალღური და ტომოგრაფიული (B-scan) ჩანაწერების (ნახ.2) დამუშავება მოხდა აპარატურის სტანდარტული პროგრამის (software) **PL-Link**-ის საშუალებით.



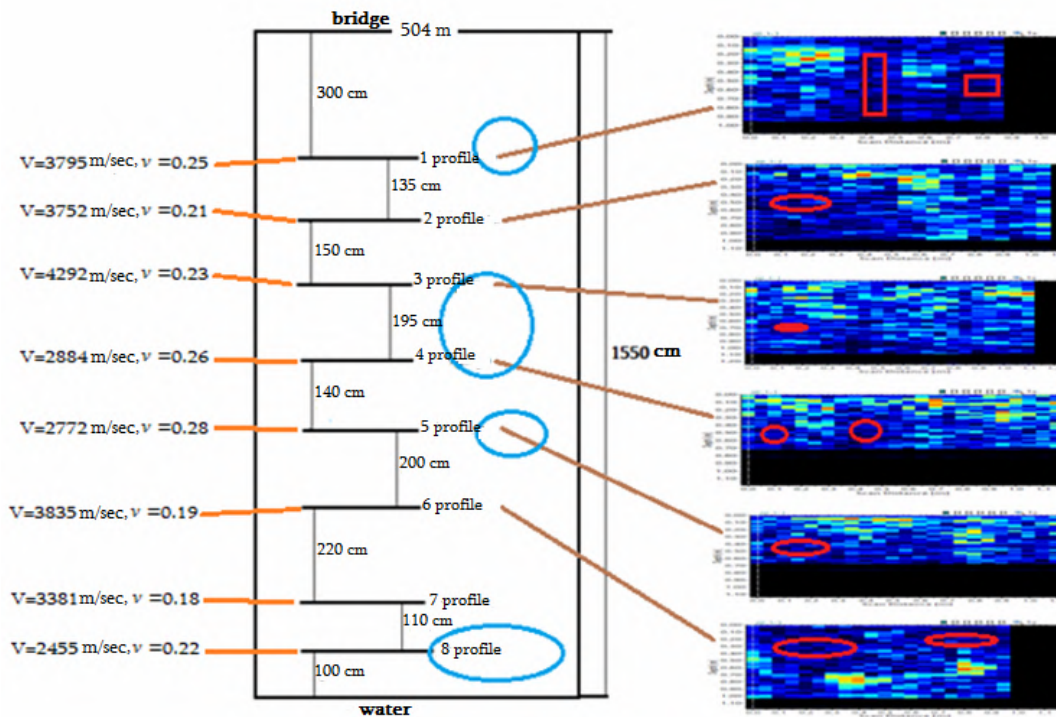
ნახ.2. წარმოდგენილია ულტრაბგერითი ტალღური ფორმის (ზედა) და ტომოგრაფიული (ქვედა) ჩანაწერები.

ტალღური ფორმის ჩანაწერებში ხდებოდა P და S ტალღების გამოყოფა, მათი სიჩქარეების განსაზღვრა და შესაბამის პროფილებზე სხვადასხვა დრეკადი პარამეტრების გამოთვლა. ტომოგრაფიული ჩანაწერების (B-scan) დამუშავებით და ანალიზით ხდებოდა ბეტონში არსებული შესაძლო სიცარიელების, არაერთგვაროვანი და შესუსტებული უბნების გამოყოფა.

ულტრაბგერითი კვლევების შედეგები

დამუშავდა დაახლოებით 100 უბანი. თითოეული უბნისათვის წარმოდგენილ სურათზე ყავისფერი ხაზებით მითითებულია ტომოგრაფიული სურათების შესაბამისობა პროფილებთან. ყვეთელი ხაზებით მითითებულია გრძივი სიჩქარეების და პუასონის კოეფიციენტის შესაბამისობა პროფილებთან. ცისფრად მონიშნულია სიჩქარეების გაზომვით ლოკალიზებული სავარაუდო დაზიანებული ადგილები, ხოლო წითლად მონიშნულია სკანირებით, სხვადასხვა სიღრმეებზე ლოკალიზებული სავარაუდო დაზიანებები და შესუსტებები ბეტონის სავარში. აქ წარმოდგენილი გვაქვს ერთ-ერთი უბანი.

ამ უბანზე რვა პროფილზე შესრულდა ულტრაბგერითი ტესტირების სამუშაოები. სხვადასხვა პროფილების მიდამოებში გრძივი (P) ტალღების სიჩქარეები იცვლება 4292 მ/წმ -დან 2455 მ/წმ – მდე ინტერვალში, განივი (S) ტალღების სიჩქარეები იცვლება 3795 მ/წმ -დან 2772 მ/წმ – მდე ინტერვალში, პუასონის კოეფიციენტი (ν) 0.26 -დან 0.18-მდე ინტერვალში, ხოლო იუნგის მოდული (E)– (11639-39857) მგპა ინტერვალში.



ნახ.4. წყალშემკრების ერთ-ერთი უბნის პროფილები და ტომოგრაფიული ჩანაწერები.

ამ უბნის ყველა პროფილზეც შესრულდა ულტრაბგერითი ტალღების სიჩქარეების ერთი და მეტი გაზომვა. ისინი შესრულებულია ბეტონის ფილაზე, „ჩასხმულ ბეტონზე“ და ბეტონიდან ფილაზე გადასვლის მიდამოებში. უბნის ზედა პროფილებიდან ქვედა პროფილებისაკენ გადასვლისას დაიკვირვება ულტრაბგერითი ტალღის სიჩქარის თანდათანობით ცვლილება. სიჩქარეთა სიდიდეები შემცირებულია მესამე და მეოთხე პროფილების მიდამოებში. პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობები ზედა ხუთი პროფილის არეებში 0.21-0.28 ინტერვალში იცვლება, რაც სავარაუდოდ მიანიშნებს ამ არეებში ბეტონის სტრუქტურის შესუსტებას. სიჩქარე განსაკუთრებით მცირდება მერვე (სულ ქვედა) პროფილის მიდამოებში, რაც სავარაუდოდ ნიშნავს ამ ადგილზე ბეტონის დაზიანებას ან მისი სტრუქტურის გაუარესებას ბურჯის ამ ნაწილში.

დასკვნა

1. ულტრაბგერითი კვლევის თანამედროვე მეთოდები და გამოყენებული ხელსაწყოები ეფექტური აღმოჩნდა ბურჯების და კედლების ამგები ბეტონის კონსტრუქციების მდგომარეობის შესაფასებლად. ვიზუალურად შეუმჩნეველი ბზარების, ბეტონის სტრუქტურის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შეფასებისა და გამოსაკვლევადა.
2. გაზომვის შედეგებზე დაყრდნობით გამოთვლილი დრეკადი პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა სიდიდის ფარგლებში მერყეობს. განსხვავებულია ულტრაბგერითი ტომოგრაფიული სკანირების სურათებიც. მათზე ნათლად გამოიყოფა ანომალური უბნები. ეს ანომალური უბნები უნდა უკავშირდებოდეს ბეტონის სტრუქტურის ცვლილებას.
3. პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა მკვეთრი ცვლილებაც უნდა უკავშირდებოდეს დასინჯული ობიექტების ამგები მასალის სიმტკიცეს და მისი სტრუქტურის შეცვლას.
4. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ შესწავლილი ობიექტების კვლევის შედეგები ადასტურებენ, რომ ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები უფრო ანომალურია დაბლა, გამორეცხილ-ეროზიული უბნების მიმდებარე მონაკვეთებში, ვიდრე მაღლა ბეტონის ფილების არეებში. ბეტონის სტრუქტურა აქ უფრო შეცვლილი უნდა იყოს და ხასიათდებოდეს ნაკლები სიმტკიცით.

ლიტერატურა

1. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., დევიძე მ., ჩიხლაძე ვ. გარეშე ფაქტორებით ტრიგერირებული მენყრების ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელირება. საველე კვლევები. // მიხეილ ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXVIII, მონოგრაფია, 2017.
2. Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Chikhladze V., Tefnadze D. Acoustic pulses detecting methods in granular media. // Journal of Georgian Geophysical Society, v. 16, 2013.
3. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., ჭელიძე ზ., გიგბერია მ., ლლონტი ნ. აკუსტიკური მეთოდები გეოდინამიკურ და გეომექანიკურ ამოცანებში. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2018.
4. Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Gigiberia M., Ghlonti N. Acoustics in Geophysics and Geomechanics. // Journal of Georgian Geophysical Society, v. 22(1), 2019.
5. Kurt Heutschi. Lecture Notes on Acoustics I. // Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, 2016.

ULTRASONIC METHODS FOR ASSESSING THE STATE OF HYDROTECHNIC CONCRETE STRUCTURES

Varamashvili N., Asanidze B., Jakhutashvili M.

Summary: The purpose of these studies was to study the current state of the Tsageri catchment by geophysical methods. One such method is the ultrasound method. This method can measure and calculate the elastic parameters of the object of study without damaging it. We measured the propagation velocities of ultrasonic longitudinal (P) and shear waves (S) at the studied object. Then, material density (ρ), Poisson's ratio (ν) and Young's modulus (E) were calculated based on the measured speed. Ultrasonic devices, availability in our laboratory, can be used for the so-called tomography, "coverage" from the one side with the help of reflected waves. In this case, it is possible to identify voids of certain sizes, inhomogeneous regions in the body under study, and to distinguish regions of different densities (weakened).

Key words: material density, ultrasound method

MODELING IN THE SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING OF RESERVOIRS

Gekkieva S.

*Federal State Budgetary Institution «High-Mountain Geophysical Institute»,
Nalchik, The Russian Federation
sgekkieva@list.ru*

Summary: *The increasing scale of environmental pollution, including water bodies, by various technogenic substances is the reason for environmental monitoring and the development of criteria for assessing the state of the environment. This paper presents a mathematical model of the maximum permissible discharge into water bodies.*

Key words: *pollution, water bodies, maximum permissible discharge, modeling*

The impact of man on the environment has sharply increased all over the world, and it has become apparent that the uncontrolled exploitation of nature leads to very serious negative consequences. The state of the biosphere changes under the influence of natural and man-made influences. However, there is a significant difference in the results of such actions: the state of the biosphere, which is constantly changing under the influence of natural causes, usually returns to its original state. And if we talk about the impact of man on the ecosystem, then it can lead to serious irreversible problems for certain subsystems of the natural environment.

Since environmental pollution is relatively “enclosed” within the territorial and economic regions, environmental monitoring is regional in nature. An indicator on the scale of the possible impact on the natural environment, where significant anthropogenic restructuring of the ecosystem is possible, is open water bodies. The water element of the environment largely determines the state of the environment as a whole. Therefore, it is very important to know the laws of pollution and their formation under the influence of natural and anthropogenic factors. One of the basic questions in this problem is the reaction of water resources to a changing anthropogenic load. Establishing the actual level of pollution of water bodies, which are complex objects of analysis, due to their exceptional multicomponent nature and a wide concentration range of elements, heavy metals is one of the most serious problems, especially in natural ecosystems, since they migrate from one ecosystem object to another, accumulating and sometimes causing secondary pollution [1].

Under the influence of pollutants, there is a shift in the natural equilibrium of a multicomponent system, such as natural water. A water body "mobilizes forces" that counteract the violation of natural conditions and seek to return the entire system to its original state.

The process of distribution of pollutants in water bodies and streams can be represented by scheme 1 (Fig. 1), which includes three zones of the mixing section: I – the jet (inertial) zone of the initial mixing, II – the concentration equalization zone (three-dimensional diffusion of the pollutant occurs in it, and when shallow depth – two-dimensional); III – zone of complete mixing (the so-called longitudinal diffusion of the pollutant occurs in it). Thus, impurities that have fallen into one or another part of a river runoff or reservoir are carried away by the current and, under the influence of turbulent mixing, are distributed into adjacent stream jets. In this case, the impurities are diluted, as they move away from the place where the impurities enter the stream, their concentration gradually decreases and, in the presence of self-purification, approaches the background [2].

z, n, respectively; μ_c is the rate of physicochemical transformations, which in some cases can be represented as:

$$\mu_c = f_1 c \quad (3)$$

where f_1 is a parameter depending on the characteristics of physicochemical transformations.

In expression (2), the first term on the right-hand side determines the influx of impurities into the reservoir, due to the water velocities, and the second, the influx of impurities associated with the pulsation components of the actual velocities.

The distribution of impurities in ponds and watercourses from the moment they arrive should be considered as a single continuous process. In connection with the sufficient complexity of calculating the entire zone of influence of discharged effluents on the quality of natural waters, it is customary to consider three sections (Fig. 1). When studying the distribution of impurities in the zones marked in fig. 1, equation (1) can be used with certain assumptions. Due to the great complexity of solving system (1), (2) in engineering practice, simplified dependencies for conditionally selected mixing zones are most widely used.

Then, to calculate maximum permissible discharge (MPD) for the j-th polluting component:

$$MPD_j = g_B \frac{\hat{C}_B(\hat{C}_{MPD} + \hat{C}_{Ej} - \hat{C}_{Fj})}{100} - 3\sigma_{Bj}^2 \quad (4)$$

where g_B - parameter of the pollutant, \hat{C}_B - concentration of the j-th pollutant; $(\hat{C}_{MPD} + \hat{C}_{Ej} - \hat{C}_{Fj})$ - background characteristic of water quality; σ_{Bj} - is the variance of the process.

After calculating the MPD, the materials on the substantiation of the MPD should be systematized and formalized. To conduct a more detailed comprehensive forecast of the degree of pollution and the dynamics of the accumulation of pollutants in water bodies, it is necessary to develop models for predicting changes in the ecosystem, taking into account possible forms of transition (migration) of pollutants. In our case, the hydrosphere is the atmosphere (evaporation from water to the atmosphere), the hydrosphere is the land surface (the bottom of rivers, lakes) is the transition from water to soil (filtration, "self-cleaning", sedimentation to the bottom of water bodies). It is also necessary to take into account that one of the natural factors that can significantly change the concentration of chemical elements in enclosed bodies of water is the regime of precipitation. In dry years, due to a decrease in the water level, an increase in the concentration of chemical elements occurs, and in rainy years, on the contrary, their dilution occurs.

References

1. Danilov-Danilyan V. Environmental problems: what is happening, who is to blame and what to do? // Moscow: MNEPU, 1997.35 p.
2. Gekkiewa S. Ecological aspects of active impacts on clouds.// Doct. Diss., Nalchik, 2002,107 p.
3. Izrael Yu. Ecology and environmental monitoring. // Moscow, 1984, 197 p.
4. Zeldovich I, Myshkis A. Elements of applied mathematics. // Moscow, Science, 2002, 592 p.

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE REDISTRIBUTION OF PRECIPITATION BY THE METHOD OF THE CLIMATIC AVERAGE

Gekkieva S.

*Federal State Budgetary Institution «High-Mountain Geophysical Institute»,
Nalchik, The Russian Federation
sgekkieva@list.ru*

Summary: *Precipitation has significant natural variations in time and space. The calculation of the probability of increasing or decreasing the amount of precipitation against the background of their natural variability as a result of work on active influences is not an easy task. A statistical assessment of the effect of the redistribution of precipitation in the protected and control areas was carried out using the climatic average method*

Key words: *active effects, artificial increase in precipitation, redistribution of precipitation, climatic average method*

Weather conditions often deviate from "normal" and people are forced to look for ways to address the targeted impact on the weather, depending on the tasks that need to be addressed. In particular, work is underway on the practical implementation of the method of active effects on clouds in order to increase (reduce) the amount of precipitation. The purpose of such works is to create more comfortable living conditions for large Metropolitan areas and solve the water shortage for the needs of the agricultural sector. Many scientists argue that most of the world's population will lack fresh water in the near future. Even in Russia, a feature of which is its high availability of water resources (average annual flow-4300 cubic km), many agricultural regions belong to the zone of risky agriculture with an acute shortage of water. Therefore, the problem of water scarcity is urgent, and scientists from all over the world are working to solve it [1].

However, the uncertainty in determining the effectiveness of artificial rain, has not yet received significant development for some reasons. One of them is that it is not yet possible to give a definite satisfactory answer. There is much doubt about the impact that artificial rain in one area can have on neighboring areas. What will happen to the water supply in an area if the clouds moving towards it are artificially dewatered in advance?

It should be noted that in a number of works, it is suggested that the increase in precipitation over a certain area should be accompanied by a decrease in another area, located relative to the first in the wind, that is, that active effects for the purpose of artificial increase in precipitation do not lead to an absolute increase in precipitation, but to some of their redistribution over the area. There are works in which the opinion is expressed that there will be no such decrease in precipitation. Therefore, the assessment of the impact results is currently carried out by statistical methods [2]. On the basis of statistical methods, a methodology for assessing the effect of precipitation redistribution has been developed. This assessment boils down to the fact that it is necessary to determine whether there is a redistribution effect at all and what is its magnitude?

The main contribution to the amount and intensity of precipitation in the North Caucasus, in particular, in the Stavropol territory is made by wet frontal processes moving from West to East. As we move to the East and the transformation of wet air masses on the Stavropol upland decreases their moisture content and increases the aridity of the territories. In the same direction, the amount of precipitation decreases and their natural fluctuation increases, so in the Stavropol territory, work was carried out for a long time to artificially increase precipitation [3]. However, the impact of these works on the regime of

precipitation in neighboring areas remained uncertain. To date, data on precipitation in protected and control areas have been collected, which allows for preliminary statistical analysis using a single methodology. As a control of the territories was taken: Mineralnye Vody, Kislovodsk, Karachaevsk. Adjacent territories: Nalchik, Cool, Terek, Kamennomostskoye, Mozdok, Yuzhno-Sukhokumsk, Terek-Mekteb, Kochubey. On the map of the North Caucasus (figure 1) you can see their geographical location.



Fig. 1- Map of the North Caucasus

Protected and control areas are selected so that they meet the basic requirements for further comparison. The main requirements include the following:

- similar physical and geographical characteristics;
- close to the area of impact size, close to the density of the terrestrial sedimentary network, approximately the same length of the series of observations of precipitation;
- time-stable correlation of precipitation on control areas and protected area for the longest possible number of years before the onset of impacts.

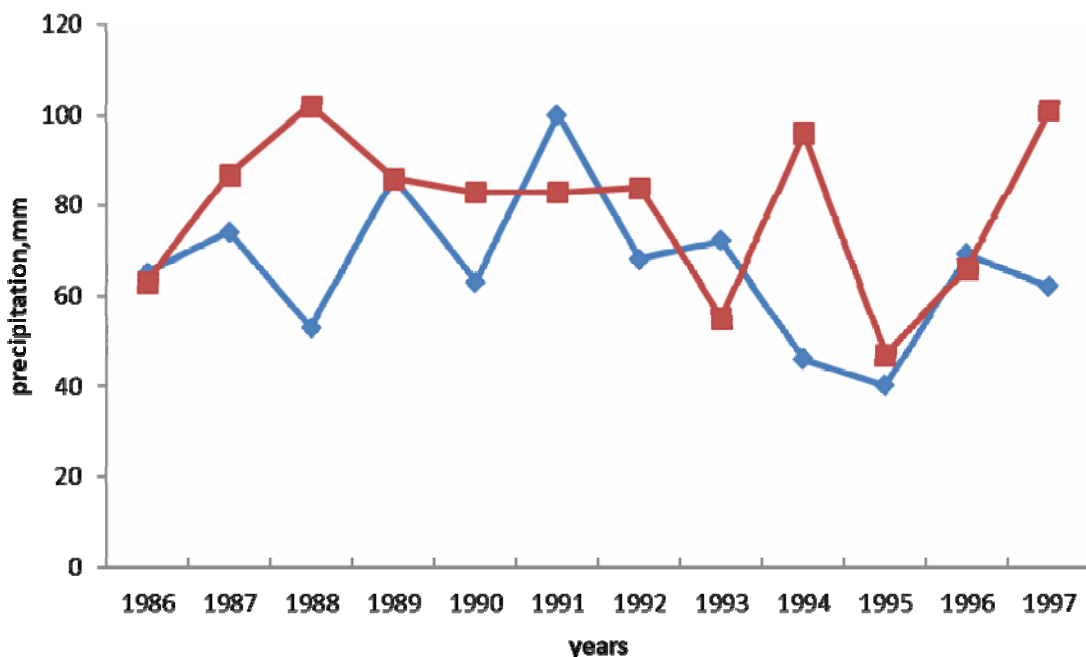


Fig. 2 – time course of precipitation (may-august) in the control and adjacent territory, row 1(blue) – control territory, 2(red) – adjacent territory

Local and regional changes in the nature of precipitation variability depend largely on the nature of atmospheric circulation variability. Some of these observed fluctuations are related to global climate change. This makes some regions wetter and some, often nearby, drier, making it more difficult to assess the effect of precipitation redistribution through artificial precipitation augmentation work.

Evaluation of the effect of redistribution in artificial increase in precipitation using the climatic average.

In accordance with the method of climatic average, deviations of precipitation values from their norms in the control and adjacent territories are compared. Works on active influences for the purpose of artificial increase of precipitation in Stavropol Krai were begun in 1986, in connection with what the natural mode of precipitation was broken. Therefore, the calculation period was chosen from this year. The heterogeneity of the intensity and spatial distribution of spring-summer precipitation, as well as the heterogeneity of the sedimentary network in the study areas lead to the need for space-time averaging of precipitation. Precipitation averaging can significantly reduce the coefficient of variation of precipitation. The data on the distribution of precipitation for may – august in the study area for the period of active impacts from 1986 to 1997 are presented in [4].

$$Y_{atc} = \frac{X_{ct} \times \bar{Y}_{at}}{\bar{X}_{ct}} \quad (1)$$

Y_{atc} , X_{ct} , \bar{Y}_{at} , \bar{X}_{ct} – accordingly, the estimated amount of precipitation in the adjacent territory in the absence of exposure, rainfall on site, the actual amount of precipitation in the control area, the rainfall in the control area.

Table 1– Data on additional precipitation over the years of active impacts, obtained by the method of climatic mean

years	X(mm)	Y(mm)	Y _c (mm)	ΔY(mm)
1986	65,2	63,0	85,0	-22,0
1987	74,3	86,8	97,0	-10,2
1988	53,2	102,1	69,0	33,0
1989	86,0	86,0	112,0	-26,0
1990	62,8	82,6	81,6	1,00
1991	100,3	82,7	130,0	-47,0
1992	68,2	84,3	89,0	-4,70
1993	71,8	54,8	93,0	-38,2
1994	45,5	95,8	59,0	36,8
1995	40,3	47,3	52,0	-4,70
1996	68,5	66,0	89,0	-23,0
1997	61,4	100,8	80,0	20,8

To assess the significance of differences in average values of precipitation ratios, as a percentage of the norm in the control and adjacent areas for each year, we use the student's criterion [5]:

$$T_{obs} = \frac{(\bar{X}_{ct} - \bar{Y}_{at})}{\sqrt{(n_n - 1)S^2 + (n_k - 1)S_k^2}} \times \sqrt{\frac{n_c n_a (n_a + n_c - 2)}{n_a + c}} \quad (2)$$

According to the level of significance of α , the null hypothesis $H_0: E(X_{ct}) = E(Y_{at})$ on the equality of the two means is tested with the competing hypothesis $H_1: E(X_{ct}) \neq E(Y_{ct})$. From the table of the student's distribution by the level of significance α and the number of degrees of freedom $\kappa = \kappa = n_{at} + n_{ct} - 2$ we find the critical point $t_{cr}(\alpha, \kappa)$. If $T_{obs} < T_{cr}$, then there is no reason to reject the null hypothesis. In this case, the

difference between the mean X_{ct} and Y_{at} in the control and adjacent areas is not significant (at the level of significance α). If $T_{obs} > T_{ct}$, we reject the null hypothesis and accept the competing hypothesis.

By the formula (2) we find $T_{obs} = 2,3$. According to the student's distribution table, we find $T_{ct}(0.05; 20) = 2.08$. $T_{obs} > T_{ct}$, therefore reject the null and accept the competing hypothesis. That is, the difference between the average X_{ct} and Y_{at} in the control and adjacent areas is significant at a significance level of 5%.

In order to analyze the effect of the impact for each individual year with AB, it is necessary to know to which year it refers-with excess or, conversely, with a deficit of precipitation. To find out the humidity (aridity) of the year, we use the method of integral curves, where deviations from the norm K have a positive sign, i.e. corresponds to the year with excess precipitation, and the area with a negative value to the period with a shortage of precipitation.

In order to analyze the effect of the impact for each individual year with AB, it is necessary to know to which year it refers-with excess or, conversely, with a deficit of precipitation. To find out the humidity (aridity) of the year, we use the method of integral curves, where deviations from the norm K have a positive sign, i.e. corresponds to the year with excess precipitation, and the area with a negative value to the period with a shortage of precipitation.

$$K = \frac{X_i}{\bar{X}} - 1 \quad (3)$$

where X_i is the monthly rainfall for each year, \bar{X} is the monthly rainfall.

Table 3 – Calculations of coefficient K for the adjacent territory (Nalchik)

years	X (mm)	K
1986	63,0	- 0,3
1987	86,8	0,02
1988	102,1	0,2
1989	86,0	0,01
1990	82,6	-0,03
1991	82,7	-0,03
1992	84,3	-0,01
1993	54,8	-0,4
1994	95,8	0,12
1995	47,3	-0,4
1996	66,0	-0,22
1997	100,8	0,18

From table 3 it is evident that the year of drought include: 1986, 1993, 1995 – 1997; wet years: 1988, 1997. The monthly rainfall for Nalchik is $\bar{X} = 85$ mm.

Thus, taking into account the calculated data given in table 2, we conclude that the greatest increase in precipitation in the surrounding area occurs in wet years (1987,1997), and the greatest decrease in years with a shortage of moisture (1986, 1989, 1991, 1993, 1996). The greatest effect of precipitation redistribution is observed in the years when natural precipitation is most variable. That is, in years with abundant moisture, there is an even greater increase in precipitation, and, conversely, in years with a lack of moisture-an even greater decrease in precipitation, which causes in both cases quite undesirable consequences, whether it is a drought or too rainy, wet year.

The other side of this question is economic. Should we try to cause precipitation artificially if there is not enough rain and agricultural areas are affected? Of course, Yes, if it rains heavily, and we get high yields of agricultural crops. The cost of cloud seeding per hectare is usually small compared to the cost of crops on the same area. However, if cloud seeding has not led to an increase in precipitation, then minor costs may seem too high.

References

1. Danilov-Danilyan V. Environmental problems: what is happening, who is to blame and what to do? // Moscow: MNEPU, 1997.35 p.
2. Ekba Ya. a., Kaplan L. G., Zakinyan R. G. On evaluation of physical efficiency of works on artificial increase of precipitation in Stavropol Krai. // In proceedings: Physics of clouds and active influences. Proceedings of HMGI, vol.85, 1992, pp. 71-72.
3. Gekkieva S. Ecological aspects of active impacts on clouds. // Doct. Diss., Nalchik, 2002, 65 p.
4. Mitropolsky A. K. Technique of statistical calculations.// Moscow, Fizmatgiz, 1961, 98 p.
5. Shipilov O. The use of statistical methods to assess the effectiveness of work to increase precipitation. // Hydrometeorology, Obninsk, VNIIGMI-MCD, 1983, 28 p.

ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმი საქართველოში და გლობალური დათბობის გავლენა მასზე

*თავართქილაძე კ., *სუქნიძე ნ., **ანანიძე მ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის სახ.
გეოგრაფიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

**ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ბათუმი, საქართველო

ანოტაცია: საქართველოს ტერიტორიაზე დაკვირვების 28 პუნქტის 104 წლის მონაცემებით (1906-2009 წწ) შესწავლილი და დადგენილია მინისპირული ექსტრემალური ტემპერატურული ველის ტერიტორიული და დროში განაწილება. ექსტრემალურ ტემპერატურად დაკვირვების ყოველი პუნქტის ყოველი წლისთვის მიჩნეულია დღე-ღამის საშუალო ტემპერატურის უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობები მათი დადგომის შესაბამის თარიღებთან ერთად. აღნიშნული ტემპერატურები და მათი დადგომის თარიღები კონკრეტული დაკვირვების პუნქტის კონკრეტული წლისთვის განსაზღვრულია საშუალო თვიური ტემპერატურების შიდაწლიური მსვლელობის აპროქსიმაციით მეშვიდე რიგის პოლინომის გამოყენებით. აღსანიშნავია, რომ ასეთი მიდგომა ნაწილობრივ გამოორიცხავს ტემპერატურულ ველზე არარეჟიმული, შემთხვევითი ფაქტორების გავლენას. აღნიშნული წესით მიღებული მონაცემებით შესწავლილია მინისპირული ტემპერატურული ველის რეჟიმული სტრუქტურა.

საკვსანძო სიტყვები: ექსტრემალური ტემპერატურა, დადგომის თარიღი, კორელაცია, ცვლილება, განაწილება.

აქტუალობა. ჰავის თანამედროვე გლობალური დათბობის დროს, ირღვევა რა ატმოსფეროს მინისპირული ფენის ტემპერატურული ველის ნონასწორული მდგომარეობა, ადგილი აქვს ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურის განმსაზღვრელი პარამეტრების ცვლილებებს. ამ პარამეტრებიდან ტემპერატურული ველის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრი უაღბათესი ტემპერატურა ანუ ნორმაა და მისი ცვლილების შესწავლას საერთოდ, და კერძოდ საქართველოში, ძირითადი ყურადღება ექცევა. მაგრამ, მნიშვნელოვანია სხვა პარამეტრებიც, მაგალითად ვარიაციები, უკიდურესი გადახრები და სხვ., რომლებზეც ჰავის ცვლილების გავლენა ნაკლებადაა შესწავლილი.

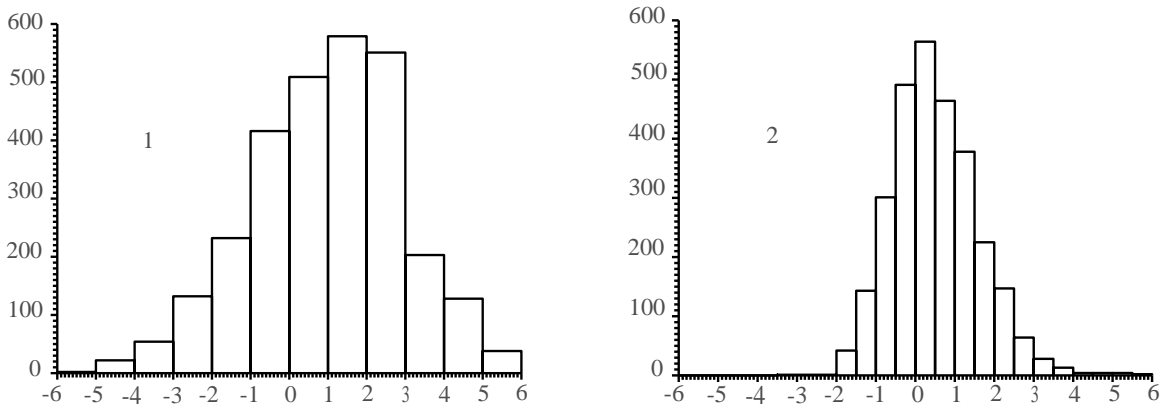
ამ ნაშრომის მიზანს შეადგენს ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ნორმიდან მაქსიმალური და მინიმალური გადახრების რეჟიმულ სტრუქტურაზე ისეთი რთული რელიეფის პირობებში როგორც საქართველოს ტერიტორია წარმოადგენს. საქართველოში ნორმიდან ძლიერ გადახრილი ანუ ექსტრემალური ტემპერატურის გამოყოფასთან დაკავშირებული სირთულეები გადმოცემულია შრომებში [1,2]. ამ შრომებში ნაჩვენებია, რომ ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ექსტრემალურ გადახრებზე ცალსახადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორაა შერჩეული ექსტრემალური გადახრის განმსაზღვრელი საზღვარი. მაგალითად, თუ ექსტრემალურად ჩავთვლით ტემპერატურის რანჟირებული მწკრივის საწყისს და ბოლო წევრებს საერთო წევრთა რიცხვიდან 10 პროცენტის რაოდენობით, გავლენა გარკვეული მიმართულებითაა. მაგრამ, თუ იგივე მწკრივის 3 პროცენტს ავიღებთ, გავლენა საწინააღმდეგო

მიმართულებას იღებს. ე.ი. ნორმიდან უკიდურესად გადახრილ ტემპერატურაზე ჰავის ცვლილების გავლენა დამოკიდებულია ნორმიდან გადახრის სიდიდეზე. ეს ართულებს ნორმიდან უკიდურესად გადახრილი ტემპერატურის საზღვრის დადგენის პროცესს. ამ პრობლემის მოგვარება შემდეგი გზით ვცადეთ.

საწყისი მონაცემები და კვლევის მეთოდები. გამოვიყენეთ რა საქართველოს დაკვირვების 28 პუნქტის 1906-2009 წლებში მინისპირულ ტემპერატურაზე ჩატარებული დაკვირვებათა მონაცემები (ტემპერატურის დღე-ღამის საშუალო მნიშვნელობები [3]), ყოველი დაკვირვების პუნქტის ყოველი წლის მიხედვით, მე7-ე რიგის პოლინომით, რომელიც სხვა რიგის პოლინომებთან შედარებით ფაქტიურ ტემპერატურასთან ყველაზე კარგ მიახლოებას იძლევა [4], განვსაზღვრეთ მინისპირული ტემპერატურის უწყვეტი შიდაწლიური განაწილება. ამან საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მოცემული წლის მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის მნიშვნელობები და მათი დადგომის თარიღი ერთი დღის სიზუსტით. ასეთ გზით მიღებული მნიშვნელობები გამოიციხავენ მოცემული ტერიტორიისთვის ნაკლებად დამახასიათებელ შემთხვევით პროცესებს რომლებსაც შეუძლიათ უკიდურესი გადახრები შეასუსტოს ან გააძლიეროს.

ამრიგად, მონაცემთა ბაზა შემდეგი სახით ჩამოყალიბდა: საქართველოს ტერიტორიის ერთმანეთისაგან განსხვავებული 28 ადგილმდებარეობისთვის განისაზღვრა ჭეშმარიტი მაქსიმალური და მინიმალური მინისპირული ტემპერატურის მნიშვნელობები და მათი დადგომის შესაბამისი თარიღები 1906-2009 წლების ყოველი წლისთვის.

ძირითადი შედეგები. საქართველოს ტერიტორიაზე მინისპირული ტემპერატურის ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური გადახრების განაწილება სიდიდეების მიხედვით ნახ.1-ზეა წარმოდგენილი. ნახაზზე უკიდურესი გადახრები წარმოდგენილია ანომალიების (საშუალო არითმეტიკულიდან გადახრების) სახით.

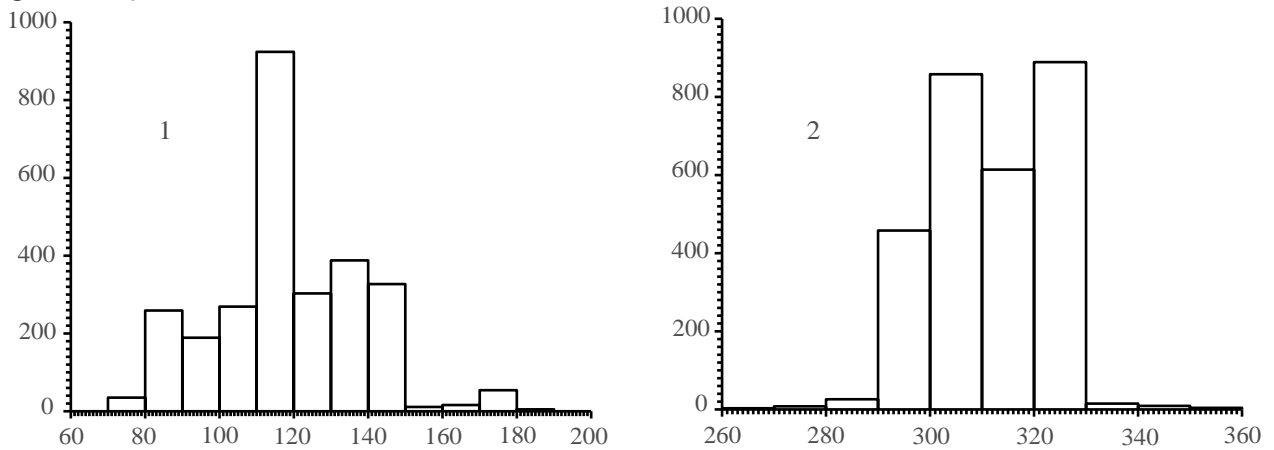


ნახ. 1. წლის განმავლობაში დღე-ღამის საშუალო მინისპირული ტემპერატურის მინიმალურ (1) და მაქსიმალურ (2) მნიშვნელობათა ანომალიების შემთხვევათა რიცხვის განაწილება 1906-2009 წლებში საქართველოს 28 დაკვირვების პუნქტის მონაცემების მიხედვით.

კოორდინატთა ღერძებზე გადაზომილია შემთხვევათა რიცხვები და ანომალიის მნიშვნელობები. როგორც ნახაზიდან ჩანს უარყოფითი გადახრების დიაპაზონი გაცილებით მეტია დადებით გადახრებთან შედარებით. აღსანიშნავია, რომ თუ დადებითი ექსტრემალური გადახრები ახლოსაა ნორმალური განაწილების კანონთან, უარყოფითი გადახრების შემთხვევაში მკვეთრად გამოხატული მარცხენა ასიმეტრია.

რაც შეეხება უკიდურესად მინიმალური ან მაქსიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღს, მისი განაწილების სახე მოცემულია ნახ. 2-ზე და როგორც ნახაზიდან ჩანს იგი რაიმე კანონზომიერებით არ გამოირჩევა. ვერტიკალურ ღერძზე აქაც გადაზომილია შემთხვევათა რიცხვი, ხოლო ჰორიზონტალურზე – დღე-ღამის რაოდენობა, რამდენითაც დაშორებულია

უკიდურესი მინიმალური ან მაქსიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღი პირველი ოქტომბრიდან.



ნახ. 2. ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური (1) და მაქსიმალური (2) მინისპირული ტემპერატურების დადგომის თარიღების (დღე-ღამის რაოდენობა 1 ოქტომბრიდან) განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე 1906-2009 წლების მიხედვით.

აქაც, როგორც მინიმალური ტემპერატურის დროს, მინიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღების ცვალებადობის დიაპაზონი გაცილებით ფართოა ვიდრე მაქსიმალურის.

მონაცემთა ბაზის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე მიზანშეწონილია სამ რეგიონად დაყვით. ტერიტორიის სამ ძირითად რეგიონად დაყოფა გვიკარნახა დიდი წაყინვებისა და ძლიერი გვალვების საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელების პროცესმა, განსაკუთრებით ძლიერი წაყინვების დროს. დიდი წაყინვები, როცა იგი დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიას მოიცავდა, აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში თითქმის არ ვრცელდებოდა და პირიქით. საქართველოს მაღალმთიანეთის ტემპერატურული რეჟიმი კი იმავე პერიოდში განსხვავებული იყო.

ცხრილი 1

ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური T1 და მაქსიმალური T2 ტემპერატურის (°C) მნიშვნელობათა დიაპაზონი და მათი შესაბამისი თარიღები D1, D2 (რიცხვით) საქართველოში 1906-2009 წლების მიხედვით

ტერიტორია	T1			D1			T2			D2			დპ რაოდ
	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	
დასავლეთ საქართველო	-6.3	3.92	9.9	11.12	25.01	08.04	16.3	23.51	29.9	12.06	31.07	20.09	7
აღმ. და სამხ. საქართველო	-9.5	-0.33	5.3	11.12	17.01	17.04	18.5	23.65	29.7	22.05	29.07	25.09	11
მაღალმთიანი ზონა	-	-7.51	3.4	04.12	24.01	25.03	2.2	14.17	23.1	30.06	29.07	23.09	10
საქართველო	-	-1.83	9.9	04.12	18.01	17.04	2.2	20.44	29.9	22.05	29.07	25.09	28

ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიაზე მინისპირული ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურის განსაზღვრის მიზნით ტერიტორია დაყვავით სამ რეგიონად: დასავლეთ საქართველოდ; აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოდ და მაღალმთიან ზონად.

უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობები და მათი ცვლილების საზღვრები, აგრეთვე შესაბამისი თარიღების იგივე პარამეტრები, საქართველოს აღნიშნული სამი რეგიონის მიხედვით და საქართველოსთვის მოცემულია ცხრილში 1. ცხრილი სრულად განსაზღვრავს საქართველოში, 1906-2009 წლებში, უკიდურეს

სად მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურისა და შესაბამისი თარიღების უალბათეს მნიშვნელობებს და მათი ცვლილებების დიაპაზონს აღნიშნულ პერიოდში.

იმისათვის, რომ დაგვედგინა გამოყოფილი სამი რეგიონის შიგნით როგორია უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილებათა კავშირი ცალკეულ დაკვირვების პუნქტებს შორის განვსაზღვრეთ კორელაციის კოეფიციენტები გამოყოფილ რეგიონებში შემავალ დაკვირვებათა პუნქტების უკიდურესი ტემპერატურის მნიშვნელობებსა და მათი დადგომის თარიღებს შორის. ცხრილში 2 მოცემულია ცალკეულ რეგიონებში და ასევე დაკვირვების ყველა პუნქტის მიხედვით გასაშუალებული კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდეები და მათი უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები.

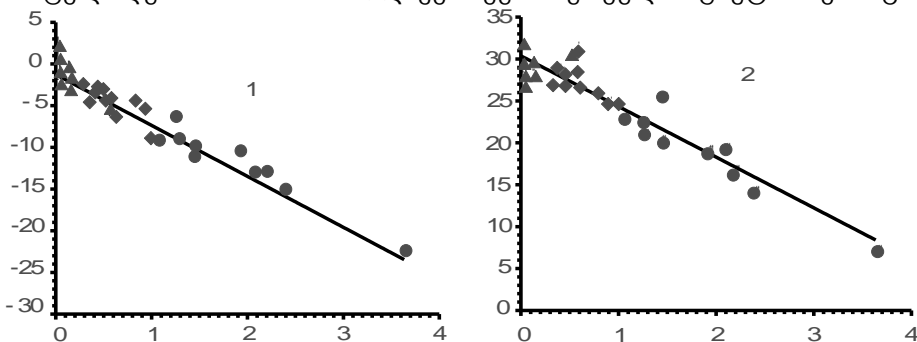
ცხრილი 2

კორელაციური კავშირი ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური T1 და მაქსიმალური T2 ტემპერატურისა და მათი შესაბამისი თარიღებისა (D1, D2 დაკვირვების პუნქტებს შორის საქართველოში 1906-2009 წლების მიხედვით

ტერიტორია	T1			D1			T2			D2			დპ რაოდ
	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	
დასავლეთ საქართველო	0.608	0.804	0.973	0.117	0.424	0.807	0.534	0.719	0.909	0.608	0.804	0.973	7
აღმ. და სამხ. საქართველო	0.690	0.869	0.978	0.175	0.495	0.878	0.304	0.739	0.949	0.690	0.869	0.978	11
მაღალმთიანი ზონა	0.629	0.761	0.920	0.143	0.514	0.895	0.309	0.693	0.901	0.629	0.761	0.920	10
საქართველო	0.473	0.742	0.978	-0.30	0.471	0.926	0.195	0.599	0.949	0.437	0.742	0.978	28

ცალკეული რეგიონების მიხედვით მიღებული კორელაციის კოეფიციენტების შედარება საქართველოს მთელი ტერიტორიისთვის მიღებულ კორელაციის კოეფიციენტთან გვიჩვენებს რომ, მიუხედავად შემთხვევათა რიცხვის მნიშვნელოვნად შემცირებისა, კორელაციის კოეფიციენტები რეგიონებში უფრო მაღალია ვიდრე საქართველოს მთლიანი ტერიტორიისთვის. ე.ი. რეჟიმული სტრუქტურის განმსაზღვრელი პარამეტრები ფაქტიურთან უფრო ახლოს არიან ვიდრე პარამეტრები, რომლებიც მთლიანი ტერიტორიის მიხედვითაა გამსაზღვრული ანუ პროცესის შესწავლა რეგიონების მიხედვით მიზანშეწონილია.

როგორც ცნობილია ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით გარკვეული კანონზომიერებით ხასიათდება. მონაცემთა ბაზა, რომელიც ამ ნაშრომშია გამოყენებული, შესაძლებლობას იძლევა შევამოწმოთ ხასიათდება თუ არა ექსტრემალური გადახრების რეჟიმული სტრუქტურა ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით კანონზომიერი ცვლილებით. ამ მიზნით, დაკვირვების ყოველი პუნქტისთვის განვსაზღვრეთ



ნახ. 3. 1906-2009 წლებში დღეღამის საშუალო მინისპირული ტემპერატურის ექსტრემალურ (1-მინიმალური; 2-მაქსიმალური) მნიშვნელობათა ცვლილება ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით დასავლეთ საქართველოში (▲), აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში (■) და საქართველოს მაღალმთიანი ზონაში (●).

ყოველწლიურ მინიმალურ და მაქსიმალურ სიდიდეთა საშუალო მნიშვნელობები და მათი ცვლილება ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით წარმოვადგინეთ ნახ. 3-ზე. აბსცისისა და კოორდინატის ღერძებზე შესაბამისად გადაზომილია დაკვირვების პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან კმ-ში და მინიმალური და მაქსიმალური ექსტრემალური ტემპერატურის 1906-2009 წლების საშუალო მნიშვნელობები.

ნახაზიდან ჩანს რომ, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით დაახლოებით ერთნაირია და სიმაღლის ზრდასთან ერთად წრფივ შემცირებას განიცდის. ანალიზურად ეს ცვლილებები შეიძლება წრფივი სახით წარმოვადგინოთ. კერძოდ, მინიმალური ტემპერატურის შემთხვევაში:

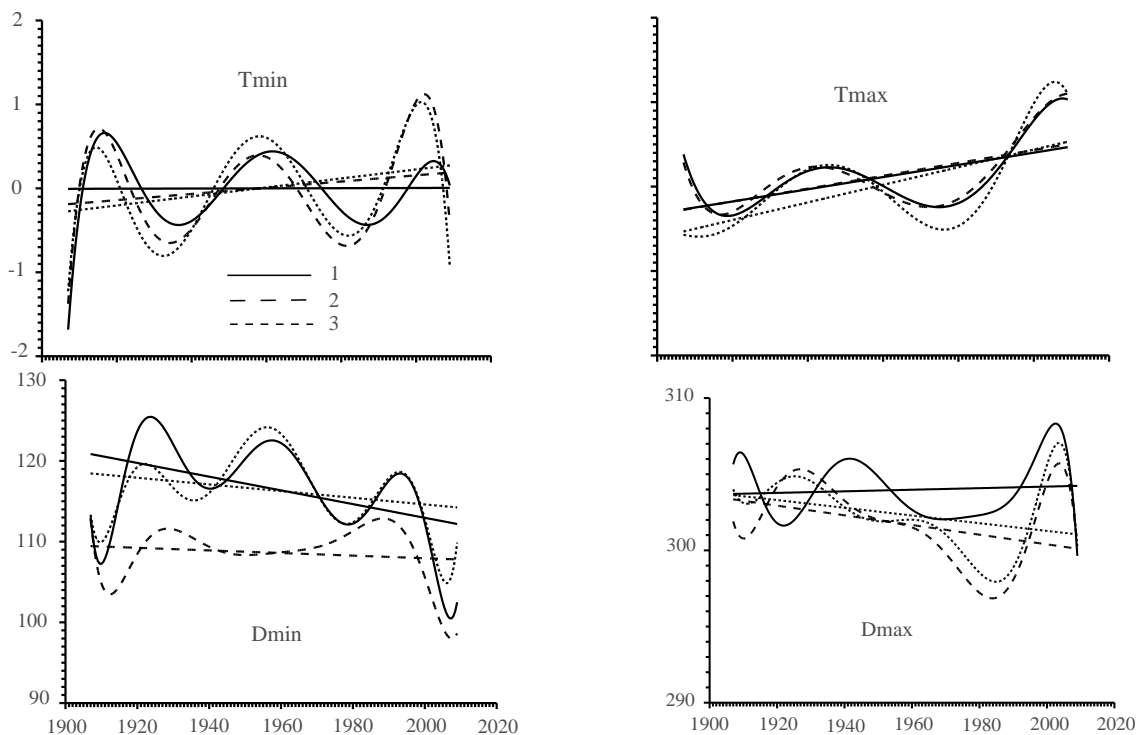
$$T_{min} = -1.26 - 6.11 z,$$

სადაც z – ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლეა კმ-ში, ხოლო მაქსიმალური ტემპერატურის შემთხვევაში:

$$T_{max} = 30.38 - 6.05 z.$$

ამრიგად, როგორც მინიმალური, ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის შემცირება სიმაღლის ზრდასთან ერთად ერთნაირად ხდება კერძოდ, ყოველ ას მეტრზე ექსტრემალური ტემპერატურის (მინიმალურის და მაქსიმალურის) შემცირება ხდება 0.6°C -ით.

დღეისთვის შეიძლება დანამდვილებით ითქვას, რომ ჰავის თანამედროვე დათბობა ატმოსფერული პროცესების ექსტრემალური შემთხვევების გააქტიურებას იწვევს, ე.ი. იგი ატმოსფეროს მდგომარეობის განმსაზღვრელი ძირითადად პარამეტრების ექსტრემალური შემთხვევების სიხშირის ზრდის მიზეზია. ამ თვალსაზრისით უაღრესად საინტერესოა იმის დადგენა, რა გავლენას ახდენს იგი ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის სიდიდეზე და მისი დადგომის თარიღზე. ამის დასადგენად ნახ. 4-ზე წარმოდგენილია ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური (T_{min}) და მაქსიმალური (T_{max}) ტემპერატურის და მათი დადგომის თარიღების (შესაბამისად D_{min} და D_{max}) ცვლილება, საქართველოს გამოყოფილი სამი რეგიონისთვის, 1905-2009 წლების პერიოდისთვის.

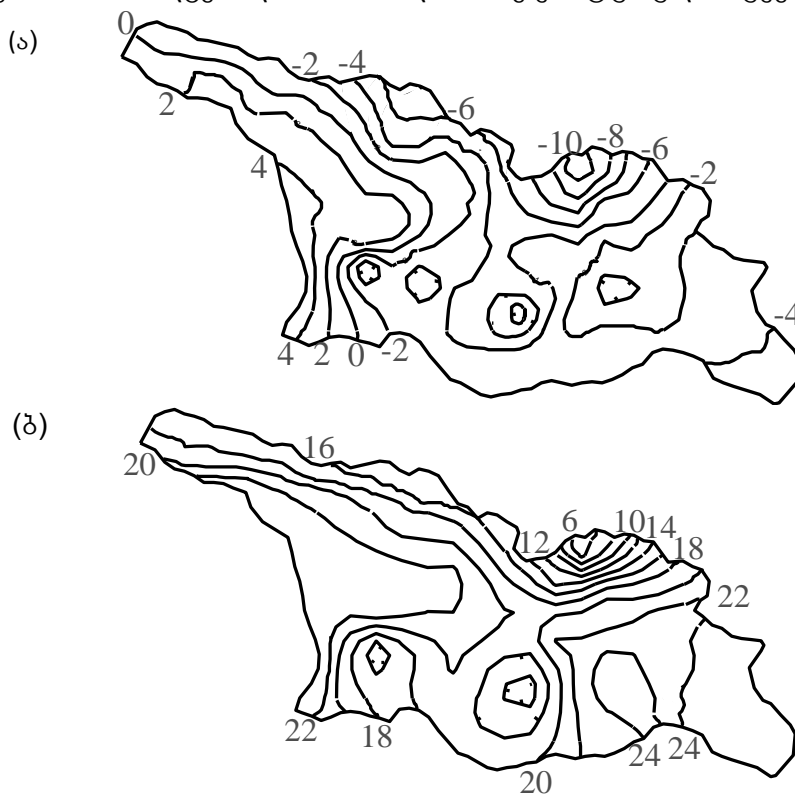


ნახ. 4. უკიდურესი ყოველწლიური მინიმალური (T_{min}) და მაქსიმალური (T_{max}) ტემპერატურის და მათი დადგომის თარიღების (დღეების რაოდენობა 1 ოქტომბრიდან D_{min} და D_{max}) ცვლილება 1906-2009 წლებში დასავლეთ საქართველოსთვის (1), აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოსთვის (2) და საქართველოს მაღალმთიანი ზონისთვის (3).

კოორდინატთა ღერძებზე გადაზომილია დაკვირვების პერიოდი (აბსცისთა ღერძები) და ტემპერატურის ცვლილება ($^{\circ}\text{C}$ / წელი) და შესაბამისი თარიღები (დღე-ღამეების რაოდენობა დაწყებული 1 ოქტომბრიდან). განხილულ პერიოდში შედარებით ზუსტი ცვლილებები, გამოყოფილი რეგიონების მიხედვით, წარმოდგენილია მრუდების სახით. მრუდები აგებულია მეშვიდე რიგის პოლინომებით, რომელთა პარამეტრები განსაზღვრულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდით [5]. უპირველეს ყოვლისა ყურადღებას იქცევს ის გარემოება რომ, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის ყოველწლიური უკიდურესი გადახრები მკვეთრად გამოხატული ციკლურობით ხასიათდება. ეს ციკლურობა, ნაკლები ინტენსიურობით მათი დადგომის თარიღებზეც ვრცელდება. მოსალოდნელია, რომ მომავალში ტემპერატურის ციკლური ცვლილების შესწავლისათვის მეტი და უფრო დამაჯერებელი ინფორმაციის მიღება იყოს შესაძლებელი არა მთელი ტემპერატურული მწკრივზე, არამედ მის ექსტრემალურ ნაწილზე დაყრდნობით.

დასკვნები. როგორც ყოველწლიური უკიდურესი ტემპერატურის, ასევე მათი დადგომის თარიღების, ტენდენციურ ცვლილებას (კლებას ან ზრდას) მათი წრფივი აპროქსიმაცია განსაზღვრავს. ნახაზზე წარმოდგენილია წრფეები, რომლებიც აგებულია ყველა გამოყოფილი რეგიონისთვის დამოუკიდებლად, უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ექსტრემალური ტემპერატურის მნიშვნელობა, გლობალური დათბობის პირობებში, საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე თანდათანობით ზრდას განიცდის, ზრდის ინტენსიურობა არათანაბარია, იგი გაცილებით ძლიერია მაქსიმალური ტემპერატურისთვის. რაც შეეხება მათი დადგომის თარიღებს, მათი წანაცვლება ხდება წლის უფრო ადრეული პერიოდისკენ (როგორც მინიმალურის ასევე მაქსიმალურის). ამაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ დღეების რაოდენობა, ანუ დაშორება 1 ოქტომბრიდან მცირდება.

ამრიგად, ზემოთ აღწერილი სამუშაო და მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე განვსაზღვროთ ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობები (რეჟიმული სტრუქტურა). წინამდებარე ნაშრომში განსაზღვრულია რა იგი დაკვირვების 28 პუნქტის 104 წლის ფაქტიური მონაცემებით, წარმოდგენილია ნახ. 5ა და 5ბ-ზე კონტურული რუკების სახით.



ნახ. 5 ა,ბ. უკიდურესი მინიმალური (ა) და მაქსიმალური (ბ) ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე.

კონტურულ რუკებზე დატანილი რიცხვები განსაზღვრავენ უკიდურესი ტემპერატურების უაღბათეს მნიშვნელობებს და მათი განზომილებაა °C.

ლიტერატურა

1. თავართქილაძე კ. ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემალური ვარიაციები საქართველოში ჰავის ცვლილების ფონზე. // ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 111, თბილისი, 2007, გვ. 168-180.
2. თავართქილაძე კ. უკიდურესი გადახრები მინისპირა ტემპერატურული ველის ვარიაციებში და მისი კავშირი ჰავის ცვლილებასთან (თბილისის მაგალითზე). // გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 3, 2011, გვ. 39-45.
3. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.6, N 3, 2012, pp. 55-60.
4. თავართქილაძე კ., მუმლაძე დ., ლომიძე ნ. ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება. // ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 119, თბილისი, 2011.
5. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. // Недра, Москва, 1968, 436 с.

EXTREME TEMPERATURE REGIME IN GEORGIA AND THE IMPACT OF GLOBAL WARMING ON IT

Tavartkiladze K., Suknidze N., Ananidze M.

Summary: *On the territory of Georgia, according to 28 observation points for 104 years (1906-2009), the territorial and temporal distributions of the extreme temperature field were studied and established. The indicated temperatures and their settling times using polynomials of the seventh degree are described. Using the data obtained, the regime structure of the surface temperature field was studied.*

Key words: *Extreme temperature, date of establishment, correlation, change, distribution.*

კლიმატის გლობალური ცვლილებით გამოწვეული ეკოლოგიური კატასტროფები საქართველოში და მათი პრევენციის შესაძლებლობები

ფორჩხიძე ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

ანოტაცია: განიხილება გლობალური კლიმატური ცვლილებები, ბოლო დროს მათი ნეგატიური შედეგები დედამიწაზე და მათთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები საქართველოში. არის რამდენიმე იდეა, თუ როგორ შეიძლება ამ პრობლემის გადაწყვეტა და ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესება ქვეყანაში.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატის გლობალური ცვლილებები, ეკოლოგია.

ბოლო ხანების ყველაზე აქტუალური ეკოლოგიური პრობლემა რა თქმა უნდა არის დედამიწის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის და მსოფლიო ოკეანის საშუალო წლიური ტემპერატურის სწრაფი ზრდის პროცესი, რაც ცნობილია როგორც გლობალური დათბობა. ლაპარაკია დედამიწაზე საშუალო ტემპერატურის დაახლოებით 1 გრადუსით გაზრდაზე. თითქოს ეს არც ისე დიდი მაჩვენებელია, თუმცა ამის შედეგად აშკარაა ათასობით წლის განმავლობაში დედამიწაზე ჩამოყალიბებული კლიმატური სისტემის რღვევა. თითქმის ყველგან თავი იჩინა არახელსაყრელი ჰიდრომეტეოროლოგიური და მასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური სახის მოვლენებმა, კერძოდ, მენყერების, წყალდიდობების, ზვავების და სხვ. გახშირებამ.

დათბობას ძირითადად დიდი ოდენობით სათბური ეფექტის მქონე გაზების გაფრქვევა იწვევს, მაგ. CO₂ და სხვ. თუ ზომები არ იქნა მიღებული მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ საუკუნის ბოლოს ტემპერატურამ შესაძლოა 2,5-3 გრადუსით აიწიოს.

ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის ზრდა გამოიწვევს მყინვარების დნობას და ზღვის დონის აწევას, გაიზრდება კატასტროფული კლიმატური მოვლენების სიხშირე და სიმძლავრე, შეიცვლება ნალექების რაოდენობა და განაწილება, შეიცვლება სოფლის მეურნეობის მოსავლიანობა, გადაშენდება ცოცხალი ორგანიზმების ზოგიერთი სახეობები, გაიზრდება დაავადებათა რიცხვი.

ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე გლობალურმა ეკოლოგიურმა პრობლემებმა არც საქართველოს აუარა გვერდი. მდინარეებით მდიდარ ქვეყანაში ბოლო წლებში უხვად მოსული ნალექები იწვევს მათ გადმოსვლას კალაპოტიდან, იტბორება სახნავდსათესი, საცხოვრისი და ძირძველი მოსახლეობა იქცევა ეკომიგრანტებად.

ერთი გრადუსით ტემპერატურის მომატება თითქოს არც ისე დიდი სიდიდეა, სინამდვილეში კი კატასტროფული. რადგან იგი წყლის დონის 15 სანტიმეტრით აწევას ნიშნავს.

ამ პერიოდში შავმა ზღვამ კოლხეთის დაბლობის 6000 ჰექტარი ჩარეცხა და გამოუყენებელი გახადა, ზოგან კი მოსახლეობაც აყარა. მაგალითად ბათუმთან ახლომდებარე სოფელ ადლიის მიწა 80-იანი წლებიდან ზღვამ 200 მ-ით „გადაყლაპა“, სოფელი კი 2-ჯერ აიყარა და საცხოვრებელი სხვა ადგილზე გადაიტანა.

საუკუნის ბოლოსთვის მეცნიერები წყლის დონის 60 სანტიმეტრით ზრდას ვარაუდობენ. ასეთ შემთხვევაში ფოთი, ჭალადიდი, ქობულეთი, ბათუმი დაიტბორება, ხოლო პალიასტომის ტბა შავ ზღვას შეუერთდება.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მეცნიერთა ნაწილის ვარაუდით, გლობალური დათბობის კატასტროფა საქართველოს ისე არ შეეხება, როგორც სხვა ქვეყნებს, რადგან ჩვენი ქვეყანა ორ ზღვასა და ორ მთას შორის არის მოქცეული. სწორედ მათ დაიფარეს ჩვენი ქვეყანა გლობალური გამყინვარებისგან. ერთი მხრივ, კასპიისა და შავი ზღვის თბილმა ჰაერმა, მეორეს მხრივ კი კავკასიონისა და მესხეთის ქედების ფარმა საქართველოში გლობალური ყინულის მასა არ შემოუშვა. ასე იქნება გლობალური დათბობის დროსაც. ზღვას ახასიათებს, ზაფხულობით ტემპერატურა შთანთქმას, ზამთარში კი გამოუშვას. ეს პროცესებს დაარეგულირებს [1].

გამძაფრებული გლობალური დათბობის ფონზე საქართველოს მყინვარების შესწავლას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან მთის მდინარეების კალაპოტში წყალმოვარდნები ზოგჯერ უშუალოდ დაკავშირებულია მყინვარების დნობასთან. ეს ნათლად გამოჩნდა დევდარაკის, მესტიაჭალის ნენსკრის და განმეორებით მესტიაჭალის სტიქიების დროს, როდესაც ქვეყნის ბიუჯეტს ათეულობით მილიონი ლარის ზარალი მიადგა.

ასეთი სტიქიების პროგნოზირება ძალიან რთულია, მაგრამ დევდარაკის ტიპის მყინვარებისაგან სტიქიის წარმოქმნას ყოველთვის უნდა ველოდოთ. დევდარაკი ცნობილია თავისი მყინვარული ზვავებით და მისი სამეცნიერო კვლევა ჯერ კიდევ XIX საუკუნის 60-იან წლებში დაიწყო. 1776–1876 წლებში დევდარაკზე დაფიქსირებულია სულ მცირე ექვსი ღვარცოფი. მაგალითად, 1776 წლის 18 ივლისს მყინვარიდან წამოსულმა ზვავმა, რომელიც გლაციალურ ღვარცოფად გარდაიქმნა, მდინარე სამი დღით შეაგუბა, ხოლო 1832 წლის 13 აგვისტოს გლაციალური ღვარცოფი დაახლოებით 100 მ სისქის და 2 კმ სიგრძის იყო. სტიქიამ მცირედი ზიანი ვლადიკავკაზსაც კი მიაყენა. ასეთი ისტორიული წარსულის მქონე მყინვარის ძირში მასშტაბური ჰიდროდსაინჟინრო ნაგებობის მშენებლობა, როგორც არის დარიალჰესი, არ იყო მიზანშეწონილი. შესაბამისად, ასეთ ადგილებში ნებისმიერი სახის ჰიდროდსაინჟინრო ნაგებობათა პროექტები კვალიფიციურ სპეციალისტებთან ერთად უნდა განიხილონ, აცხადებს გლაციოლოგი ლ. ტიელიძე პერიოდულ პრესაში მიცემულ ინტერვიუში.

საგანგაშო ზღვარს უახლოვდება ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონე. მაგალითად, თბილისში გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის დეპარტამენტის მიერ ჩატარებული ანალიზის მიხედვით მტვრის მაქსიმალური კონცენტრაცია ქალაქის ცენტრალურ უბნებში ზღვრულად დასაშვებ ნორმას აღემატება, ეს უარყოფითად აისახება მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. ონკოლოგები საუბრობენ დაავადებების მატებაზე, ბავშვებში გახშირდა ალერგია და რესპირატორული დაავადებები [1].

თბილისის მერია და შესაბამისი სამსახურები იტყობინებიან, რომ დაინყეს საწვავის ხარისხის გაკონტროლება, აღდგენილი იქნა ავტოტრანსპორტის ტექნიკური დათვალირება, მიმდინარეობს საზოგადოებრივი ტრანსპორტის განახლება და სხვ. ეს ყველაფერი მისასალმებელია.

რა თქმა უნდა ეს გვაფიქრებინებს, რომ იგივე ან უარესი სიტუაციაა ქვეყნის სხვა ქალაქებში.

არანაკლებ არის დაბინძურებული ატმოსფერული ჰაერი ქვეყნის სიდიდით მეორე ქალაქში – ქუთაისში, რომელიც გადატვირთულია აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ და პირიქით მოძრავი სატრანზიტო ავტომობილების უწყვეტი ნაკადით.

ქალაქის ჰაერის გასუფთავებისთვის პანაცეად გამოიყურება შემოვლითი გზის მშენებლობა, რომელიც მიმდინარეობს, უნდა დამთავრდეს 2020 წელს და საგრძნობლად გააუმჯობესებს დიდი ქალაქის ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ასევე მისასალმებელია მიმდინარე წლის ოქტომბერში გაფლერებული ინფორმაცია რუსთავის „აზოტის“ ქარხანაში შესრულებული სიახლის შესახებ, სადაც დაიდგა ტურბინა, რომელსაც მიენოდება ქარხანაში გამომუშავებული ორთქლი და იგი სანარმოს უზრუნველყოფს საჭირო ენერჯის 20%-ით. რაც მთავარია ტოქსიკური ორთქლი საფრთხეს აღარ შეუქმნის გარემოს.

რაც დრო გადის, მსოფლიოში სულ უფრო აქტუალური ხდება ტრადიციული, არაგანახლებადი ენერგორესურსების მარაგის შემცირების პრობლემა და გარემოზე მათი ზემოქმედებით გამოწვეული ეკოლოგიური კატასტროფის შედეგები. ჩვენ არ გავაჩნია ტრადიციული ენერჯის წყაროები (აირი, ნავთობი), მაგრამ განახლებადი ენერჯის წყაროების მიხედვით, მსოფლიოში ერთდერთი წამყვანი ადგილი გვიჭირავს. დღეისათვის საქართველოს

ენერგეტიკა განისაზღვრება ჰიდრო და თბოენერგეტიკით. ჰიდრორესურსების მარაგი ნორვეგიის შემდეგ, საქართველო მეორეა ევროპაში. ჰესების მშენებლობის პერსპექტივით საქართველოს დიდი შესაძლებლობები გააჩნია, მაგრამ დიდი ჰესების გვერდით მიზანშეწონილია მცირე ენერგეტიკის განვითარება.

ბოლო ხანებში კამათი გამოიწვია ენგურზე მეორე, დიდი ხუდონჰესის აგების საკითხმა, საუბარი იყო სოფელ ხაიშის მოსალოდნელ დატბორვაზე და გარემოს შეცვლაზე.

რა თქმა უნდა მძლავრი ჰესის მიერ გამოიმუშავებული ენერგია ნიშნავს ქვეყნის ძლიერ ეკონომიკას, ენერჯის ექსპორტით გადიდებულ ბიუჯეტს, მაგრამ ეს უნდა გაკეთდეს ისე, რომ არ დაირღვეს ბალანსი [2].

მიმდინარე წლის ოქტომბერში შედგა საქართველოში სიდიდით მეორე შუახვევის ჰესის სატელევიზიო პრეზენტაცია. როგორც ითქვა, ჰესი პირველ ოპერირებას გააკეთებს მიმდინარე წლის ბოლოს, ხოლო სრულად ამუშავდება 2020 წლიდან. ყველაზე მთავარი კი იყო გამოთქმული აზრი, რომ ეს დიდი ჰესი არ შექმნის ეკოლოგიურ საფრთხეს.

გარდა მდიდარი ჰიდროენერგორესურსებისა, საქართველოში უხვად არის განახლებადი ენერჯის კომპონენტები, როგორცაა: მზე, ქარი, გეოთერმული წყლები და ბიომასა. მათგან მინიმალურადაა გამოყენებული მზის ენერგია, ბოლო ხანებში გაიხსნა ქარის ელექტროსადგურები გორთან და ზესტაფონთან, დაგეგმილია შემდეგი სადგურების აშენება თბილისის აეროპორტის და ქუთაისის მიმდებარე ტერიტორიებზე. ასევე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქუთაისში დანერგულია მზის პანელების და ელექტრომობილების ქარხნების მშენებლობა. ეს კი ნიშნავს, რომ გამოყენებული იქნება მზის ენერგია, რომელიც ასე უხვადაა საქართველოში, ხოლო ეკოლოგიურად სუფთა ელექტრომობილები თანდათან ჩაანაცვლებენ ტრადიციულ სანვაზე მომუშავე მანქანებს.

სამწუხაროდ, საქართველოში მივიწყებულია გეოთერმული ენერგეტიკა. ამ შემთხვევაში ენერჯის წყაროდ გამოიყენება დედამიწის შინაგანი სითბო, რომლის მოპოვება ხდება ჭაბურღილებით. ენერჯის ამოტანა ხდება ზედაპირზე ორთქლის ან ცხელი წყლის სახით. ასეთი სითბო შეიძლება გამოყენებული იქნას შენობების გასათბობადაც. დღეს ამ მეთოდს მსოფლიოს 20-ზე მეტი ქვეყანა იყენებს.

რაც შეეხება საქართველოს, აქ ყველაზე ცნობილი გეოთერმებია: წყალტუბოს, ახალი ათონის, თბილისის, მენჯის, ნოქალაქევის, ცაიშის, აბასთუმნის, ზეკარის, ციხისჯვრის, სოხუმდბესლეთის.

გეოთერმული ენერჯის დადებითი მხარეა მისი ამოუნურავი მარაგი. ენერჯის გამოიმუშავება ყოველთვის თანაბარია და პროგნოზირებადი, არ არის საჭირო კაშხალის აგება და რაც მთავარია, არ გამოყოფს ბუნებისთვის საფრთხის შემცველ ნივთიერებებს.

აქვე უნდა შევეხოთ პრობლემას, რომელსაც ადგილი აქვს ნაგავსაყრელებზე, სადაც არ ხდება ნარჩენების დანვა. ამ დროს იწყება მეთანური დუღილი და ტერიტორიაზე იქმნება ტოქსიკური ნივთიერებების წარმოქმნის შესაძლებლობა. ერთი ტონა მშრალი ორგანული ნარჩენების დუღილის დროს 350-55 მ³ ბიოგაზის მიღება შეიძლება. ბიოგაზი შედგება საშუალოდ 60% მეთანის, 40% ნახშირორჟანგისაგან და მცირე რაოდენობით სხვა გაზებისგან. მაგ. გოგირდწყალბადი, რომელიც მას ლაყე კვერცხის სუნს აძლევს.

ასეთ დაბინძურებასთან ბრძოლა შესაძლებელია, თუ სანაგვეს გამოვიყენებთ, როგორც ბიოგაზის წყაროს. ამისათვის სანაგვეს ტერიტორია უნდა დაიფაროს აირდამცავი ფენით, რომელშიც გაზის მიღები იქნება გაყვანილი. ამ დროს ნაგავსაყრელი იმუშავებს როგორც გაზის მიღების საბადო [2].

საქართველოში ასევე შესაძლებელია სინთეზური თხევადი სანვავის წარმოება. როგორც ცნობილია ეს მასალები მიღებულია ბუნებრივი აირისგან, ნახშირისგან და ბიომასისგან. სინთეზურ სანვავზე გადასვლა არ მოითხოვს არსებული ავტოგასამართი ინფრასტრუქტურის შეცვლას. როგორც ამტკიცებენ, სინთეზური სანვავი გაცილებით ეკოლოგიურია და უზრუნველყოფს ძრავების მუშაობის უკეთეს რეჟიმს, სინთეზური სანვავი შეიცავს ნაკლებ მავნე ნივთიერებებს, რაც ამცირებს ატმოსფეროში კანცეროგენული ნივთიერებების მოხვედრას.

საქართველოს თხევადი სანვავის მისაღებად საჭირო ქვანახშირის მარაგი გააჩნია (ტყიბული, შაორი, ახალციხე, ახალქალაქი, ტყვარჩელი) საქართველოს ქვანახშირის ხარისხი თა-

ვისი მახასიათებლებით სავსებით გამოსადეგია თხევადი სანვავის, ქიმიური პროდუქტების და ნახევარპროდუქტების მისაღებად. ამ თვალსაზრისით გერმანიისა და სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკის ნახშირებთან შედარებით ზოგიერთი უპირატესობანიც კი გააჩნია.

ნახშირის ქიმიისადმი მიძღვნილ ერთდერთ ფართოდ ცნობილ (ჯ. კუსუმანო) ნიგნში აღნიშნულია, რომ ნახშირიდან თხევადი სანვავის მიღება არ შეიძლება განხილული იქნას, როგორც ალტერნატივა – ეს გარდაუვალი აუცილებლობაა [3].

დღევანდელი გადასახედიდან შეგვიძლია განვაცხადოთ, რომ ადამიანი ის ერთადერთი არსებაა, რომელმაც მშვიდი ცხოვრება არ იკმარა და თავისი საქმიანობით დალი დაასვა ბუნებას. ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია, რომელიც დღეს არსებობს ატმოსფეროში, ადამიანის 100 წლიანი და უფრო მეტი წლის საქმიანობის შედეგია, მას ხელის ერთი მოსმით ვერ დავარეგულირებთ, თუმცა თუ თითოეული ჩვენგანი მიიღებს მონაწილეობას ამ პრობლემის გადაჭრაში, მაშინ შევძლებთ მნიშვნელოვნად შევცვალოთ ჩვენი მომავალი და იგი უფრო უსაფრთხო გავხადოთ.

ლიტერატურა

1. გორდაძე ე.ა., ჟორჟოლიანი ც.ა. რამდენად შეეხება გლობალური კლიმატური ცვლილებები საქართველოს. // საერთაშორისო სამეცნიეროდპრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოყენებითი დიზაინი“, შრომების კრებული, ანსუდს გამომცემლობა, ქუთაისი, 2011, გვ. 7–10.
2. ქებურია მ. განახლებადი, არატრადიციული ენერგორესურსები და მათი ენერგეტიკა. // ანსუდს გამომც., ქუთაისი, 2013, გვ. 7–8, 405–412.
3. სიდამონიძე შ.ი. სინთეზური თხევადი სანვავის ქიმია.// თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2000, გვ. 5–11.

ECOLOGICAL CATASTROPHES CAUSED BY CLIMATE GLOBAL WARMING AND THEIR PREVENTION POSSIBILITIES IN GEORGIA

Porchkhidze A.

Summary: *Is discudsssed climate global changes, their horrible results recently on the earth and Georgian reality ecological problems connected to them. There are mantioned some ideas how to solve problems that will improve ecological conditions in the country.*

Key words: *climate global changes, ecology.*

სარჩევი – Content

ავტორები – მოხსენება/Autors – Paper	გვ. PP.
შესავალი	7
Introduction	9
გოგუა რ. – დუშეთის (თბილისის) მაგნიტური ობსერვატორია მსოფლიოს ობსერვატორიათა ქსელში	11
Gogua R. – DUSHETI (TBILISI) MAGNETIC OBSERVATORY IN THE WORLD OBSERVATORY NETWORK	15
Jimsheladze T.J., Melikadze G.I., Kobzev G.N., Matiashvili T.G. – PROBABLE INFLUENCE OF THE EARTH’S ELECTROMAGNETIC IMPEDANCE ON PC3- PC5 PULSATION SPECTRUM DURING AN EARTHQUAKE PREPARATION PROCESS	16
Mepharidze E., Sborshchikovi A., Chelidze T., Zhukova N., Davitashvili I., Tepnadze D., Laliashvili L., Matcharashvili T. – TEMPORAL ANALYSIS OF STICK-SLIP RECORDS	19
Kereselidze Z., Melikadze G., Jimsheladze T. – EVALUATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION POWER IN CONNECTION WITH SEISMIC ACTIVITY IN THE TSKALTSMINDA-UREKI GEOMAGNETIC ANOMALY AREA	23
ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ლომაძე ე. – თბილისის მინისქვეშა მიმოქცევითი ლაბორატორიის 1989-1991 წლების ვერტიკალური ექსტენზომეტრის მონაცემების ერთი ეფექტური შეფასების შესახებ	27
Kiria T., Nikolaishvili M., Lomadze E. – ON ONE EFFECTIVE EVALUATION OF 1989-1991 DATA BY VERTICAL EXTENSOMETER OF THE UNDERGROUND CIRCULATORY LABORATORY IN TBILISI	31
ქართველიშვილი კ. , ბერიშვილი გ., მეზალიშვილი ნ., ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ლომაძე ე. – აცანის ძლიერი ლოკალური მაგნიტური ანომალიის კვლევა ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტის საბაზო მოდელის შექმნის მიზნით	32
Kartvelishvili K. , Berishvili G., Mebhagishvili N., Kiria T., Nikolaishvili M., Lomadze E. – STUDY OF STRONG LOCAL MAGNETIC ANOMALY IN ORDER TO CREATE A BASELINE MODEL OF A NATURAL MAGNETOTHERAPY RESORT IN ATSANA REGION	35
Nazaretyan S.N., Nazaretyan S.S., Mirzoyan L.B. – SOME BASELINE DATA FOR A EFFECTIVE RESPONSE OF EMERGENCY SERVICES IN A SEISMIC DISASTER IN SOUTHERN CAUCASUS	36
Nazaretyan S.N., Mkhitarian K.A., Nazaretyan S.S. – METHODOLOGY FOR PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF A STRONG EARTHQUAKE IN ARMENIA	40
Nurtaev Bakhram – EFFECT OF SOLAR FORCES ON EARTHQUAKES	43
Nurtaev B.S., Kurbanova D.U. – LANDSLIDES TRIGGERED BY DISTANT EARTHQUAKES IN CENTRAL ASIA	45
ოდიაღვაძე დ., ლლონტი ნ., თარხან-მოურავი ა. – ახლო ქვეზედაპირული განთავსების სამარხ/საცავთა მონიტორინგი სეისმოაქტიურ ტერიტორიაზე	50
Odilavadze D., Ghlonti N., Tarkhan-Mouravi A. – STORAGES IN SEISMICALLY ACTIVE TERRITORIES	53
Oragvelidze M., Gheonjian L., Paataashvili T. – LABORATORY MODEL OF SELF-ORGANIZED CRITICALITY PARAMETRIC MODULATION AND THE RESULTS OF EXPERIMENTS FOR APPLICATIONS IN SEISMOLOGY	54
ხერხეულიძე გ. – ქვემო სვანეთის რეგიონში ღვარცოფული საშიშროების ხასიათის შეფასება და მისი გავრცელების ზონების დადგენა	58
Kherkheulidze G. – ASSESSMENT OF THE NATURE OF MUDFLOW HAZARDS IN THE LOWER SVANETI REGION AND IDENTIFYING ITS SPREADING ZONES	62
ხერხეულიძე გ. – მდინარეთა აუზებში ღვარცოფული სიტუაციის სანყისი შეფასება და შემდგომი განვითარების მოსალოდნელი ტენდენციები	63
Kherkheulidze G. – INITIAL ESTIMATION OF MUDFLOW SITUATION IN THE PONDS OF RIVERS AND THE EXPECTED TRENDS OF THEIR SUBSEQUENT DEVELOPMENT	66

ცინცაძე თ., გრიგოლია გ., გორგიჯანიძე ს., ცინცაძე ნ. – მდ. ენგურის ჩამონადენის დინამიკის შეფასება ზაფხულის პერიოდში	67
Tsintsadze T., Grigolia G., Gorgijanidze S., Tsintsadze N. – ASSESSMENT OF THE RIVER ENGURI RUN OFF DYNAMICS DURING SUMMER	69
ბასილაშვილი ც. – აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა მოსალოდნელი წყალმცირობის პრობლემები და მათი დაძლევის გზები	70
Basilashvili Ts. – CHALLENGES OF EXPECTED LOW WATER LEVELS ON THE RIVERS OF EAST GEORGIA AND THE WAYS OF OVERCOMING THEM	73
Bliadze T., Gvasalia G., Kirkitadze D., Mekoshkishvili N. – CHANGEABILITY OF THE ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS REGIME IN KAKHETI IN 1956-2015	74
ელიზბარაშვილი მ., ელიზბარაშვილი ე., ელიზბარაშვილი შ. – სხვადასხვა საშიში და კატასტროფული მეტეოროლოგიური მოვლენის ერთდროული რეალიზაციის სტოქასტიკური პროცესის მოდელირება	78
Elizbarashvili M., Elizbarashvili E., Elizbarashvili Sh. – MODELING OF THE STOCHASTIC PROCESS OF JOINT IMPLEMENTATION OF VARIOUS DANGEROUS AND CATASTROPHIC METEOROLOGICAL PHENOMENA	81
კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი. – ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურის რყევადობა კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე	82
Kapanadze N., Mkurnalidze I. – TBILISI AIR TEMPERATURE FLUCTUATIONS AGAINST THE BACKGROUND OF GLOBAL CLIMATE CHANGE	85
Amiranashvili A. – CHANGEABILITY OF AIR TEMPERATURE AND ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN TBILISI FOR 175 YEARS	86
Jamrishvili N., Tavidashvili Kh. – EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE FREEZING LEVEL IN KAKHETI	94
მელაძე გ., მელაძე მ. – კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე და გვალვების განმეორებაზე საქართველოში (კახეთის რეგიონის მაგალითზე)	96
Meladze G., Meladze M. – IMPACT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON AGROCLIMATE FEATURES AND REOCCURRENCE DROUGHTS IN GEORGIA (ON THE EXAMPLE OF KAKHETI REGION)	100
მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ. – ექსტრემალური ნალექების განმეორებადობის შეფასება ქ. ქუთაისში კლიმატის გამოვლენილი ცვლილების ფონზე	101
Miqautadze D., Kvabziridze M. – ASSESSING THE REPEATABILITY OF EXTREME RAINFALLS IN THE BACKGROUND OF REVEALED CLIMATE CHANGE OF KUTAISI	104
მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ. – ელქეების სეზონური განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე	105
Mkurnalidze I., Kapanadze N. – SEASONAL DISTRIBUTION OF THUNDERSTORMS IN GEORGIA	108
Nurtaev Bakhram – PREDICTIVE ANALYTICS APPLICATION EXPERIENCE FOR CLIMATE TRENDS IN CAUCASUS MOUNTAIN REGION	109
ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., დიასამიძე ლ., ჯინჭარაძე გ. – ქარბუქის ზოგიერთი თავისებურებანი სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში	110
Pipia M., Beglarashvili N., Diasamidze L., Jincharadze G. – SOME FEATURES OF BLIZZARD IN SAMTSKHE-JAVAKHETI REGION	113
Janelidze I., Pipia M. – HAIL STORMS IN GEORGIA IN 2016-2018	114
Tatishvili M., Khvedelidze Z., Samkharadze I., Palavandishvili A. – ATMOSPHERE PROCESSES AND CLIMATE PARAMETERS VARIATION IN RIVER MTKVARI BASIN	117
Kartvelishvili L., Megreliidze L., Kurdashvili L. – WINTER TOURISM DEVELOPMENT TRENDS IN GEORGIA	122
Jamrishvili N., Tavidashvili Kh. – ESTIMATION OF THE CRITICAL SIZE OF HAILSTONES IN CLOUDS NON PREJUDICED TO AGRICULTURE IN KAKHETI	126
შავლიაშვილი ლ., ინკირველი ლ., ბაქრაძე ე., კუჭავა გ., ბუაჩიძე ნ., მდივანი ს. – მძიმე ლითონების კონცენტრაციების ცვალებადობა აღმოსავლეთ საქართველოს ზედაპირულ წყლებსა და ნიადაგებში ანთროპოგენული გავლენის გათვალისწინებით	130

Shavliashvili L., Intskirveli L., Bakradze E., Kuchava G., Buachidze N., Mdivani S. – CHANGE OF HEAVY METAL CONCENTRATION IN SURFACE WATERS AND SOILS OF EAST GEORGIA CONSIDERING THE ANTHROPOGENIC IMPACT	133
Surmava A., Gigauri N., Kukhalashvili V., Intskirveli L., Mdivani S. – NUMERICAL MODELING OF THE ANTHROPOGENIC DUST TRANSFER BY MEANS OF QUASISTATIC AND NON-QUASISTATIC MODELS	134
დავითაშვილი მ., მარგალიტაშვილი დ., ნადირაძე თ., აზიკური გ. – ხმაურით დაბინძურების დონე ქალაქ თელავში	138
Davitashvili M., Margalitashvili D., Nadiradze T., Azikuri G. – NOISE POLLUTION LEVEL IN TELAVI	140
დემეტრაშვილი დ., კვარაცხელია დ. – მსოფლიო ოკეანის დაბინძურება (შავ ზღვაზე აქცენტირებით) ნავთობპროდუქტებითა და მყარი ნარჩენებით. მონიტორინგი და პროგნოზი	141
Demetrashvili D., Kvaratskhelia D. – POLLUTION OF THE WORLD OCEAN (WITH FOCUSING ON THE BLACK SEA) BY OIL PRODUCTS AND MARINE LITTER. MONITORING AND FORECASTING	144
მათიაშვილი ს. – საქართველოს ზოგიერთი აქტუალური ტერიტორიის რადიოეკოლოგიური კვლევის მიმოხილვა	145
Matiashvili S. – OVERVIEW OF RADIOECOLOGICAL RESEARCH IN SOME CURRENT AREAS OF GEORGIA	149
Kekenadze E., Kharchilava J., Chkhaidze G., Senik I. – COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI AND AT KISLOVODSK HIGH MOUNTAIN STATION	150
გუნია გ. – საქართველოს პირობებში ეკოლოგიურად „საშიში“ მეტეოროლოგიური მოვლენების მინისპირა მონიტორინგის ასპექტები	155
Gunia G. – ASPECTS OF SURFACE MONITORING OF ENVIRONMENTALLY “DANGEROUS” METEOROLOGICAL PHENOMENA IN GEORGIA	158
ელიზბარაშვილი ე. – მეტეოროლოგიური დაკვირვებები იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ავტომატურ მეტეოსადგურზე	159
Elizbarashvili E. – METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AT THE AUTOMATIC WEATHER STATION OF IAKOB GOGEBASHVILI TELAVI STATE UNIVERSITY	162
Gheonjian L., Paatashvili T., Oragvelidze M., Tsotskolauri P. – TBILISI STATE UNIVERSITY EXTREMELY LOW FREQUENCY RADIATION RESEARCH NET (ELFTSU NET)	163
Mitin M., Khvedelidze I. – RADAR CHARACTERISTICS OF RAIN CLOUD WICH CAUSED LANDSLIDE INTO AKHALDABA AND CATASTROPHIC FLOOD IN TBILISI ON JUNE 13-14, 2015	167
Gvasalia G., Kekenadze E., Mekoshkishvili N., Mitin M. – RADAR MONITORING OF HAIL PROCESSES IN EASTERN GEORGIA AND ITS NEIGHBORING COUNTRIES (AZERBAIJAN, ARMENIA)	172
Javakhishvili N., Janelidze I. – ON THE PREDICTION OF FLOODS CAUSED BY RAINFALL IN THE AREA OF ACTION OF THE METEOROLOGICAL RADAR “METEOR 735CDP10”	177
Berianidze N., Javakhishvili N. Mtchedlishvili A. – ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE “METEOR 735CDP10” RADAR FOR MONITORING VOLCANIC FORMATIONS, DUST STORMS AND SMOKE FROM LARGE FIRES IN ATMOSPHERE IN SOUTH CAUCASUS	182
Stankevich S.A., Titarenko O.V., Svideniuk M.O. – LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING USING GIS-BASED WEIGHT-OF-EVIDENCE MODELLING IN CENTRAL GEORGIAN REGIONS	187
Bliadze T., Kirkitadze D., Samkharadze I., Tsiklauri Kh. – STATISTICAL CHARACTERISTICS OF ANGSTROM FIRE INDEX FOR TBILISI	191
ადეიშვილი თ., ბერძენიშვილი ნ. – ზოგიერთი კოსმოგენური ფაქტორის გავლენა დიაბეტით დაავადებულ ადამიანებზე	195
Adeishvili T., Berdzenishvili N. – SOME COSMOGENIC FACTORS IN PEOPLE WITH DIABETES	200
Japaridze N., Khazaradze K. – STUDIES IN THE FIELD OF THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS ON HUMAN HEALTH IN GEORGIA: CURRENT STATUS AND PLANNED WORKS	201
Japaridze N., Khazaradze K. – CHANGEABILITY OF MORTALITY IN GEORGIA IN DIFFERENT SEASONS AND PERIODS OF YEAR INTO 1993-2017	205

თელია შ., კვესელავა ნ., საური ი., ჩიხლაძე ვ., ძოდუაშვილი უ., წერეთელი ა. – სეტყვასანიანალმდეგო სამუშაოების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობა კახეთში 2015-2019 წწ.	209
Telia Sh., Kveselava N., Sauri I., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Tsereteli A. – PHYSICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ANTI-HAIL WORKS IN KAKHETI FOR THE PERIOD 2015-2019	211
ბერიტაშვილი ბ. , ბურნაძე ა., კვესელავა ნ., წერეთელი ა. – სეტყვასანიანალმდეგო სამუშაოების წარმოება ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე – რეტროსპექტული ანალიზი და მათი განახლების პერსპექტივები	212
Beritashvili B. , Burnazde A., Kveselava N., Tsereteli A. – CARRYING OUT ANTI-HAIL WORKS ON THE TERRITORY OF KVEMO KARTLI – A RETROSPECTIVE ANALYSIS AND THE PROSPECT OF THEIR RESUMPTION	215
Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghloni N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. – WEATHER MODIFICATION IN GEORGIA: PAST, PRESENT, PROSPECTS FOR DEVELOPMENT	216
აღფენიძე მ., გონგაძე მ., კორსანტია კ., მზარელუა ლ. – შავი ზღვის დისკრეტული ნაპირგასწვრივი ნაკადები და ნაპირდაცვა	223
Alphenidze M., Gongadze M., Korsantia K., Mzarelua L. – BLACK SEA DISCRETE COASTAL FLOWS AND COAST PROTECTION	227
ოდილავაძე დ., თარხან-მოურავი ა., ვარამაშვილი ნ., არზიანი ზ. – ეგზოგენური და ენდოგენური საფრთხის შემცველი პროცესების მინისძვრით შესაძლო ტრიგერირების პრევენცირება გეოფიზიკური (გეოელექტრული) მეთოდების კომპლექსურად გამოყენებით გეოტექნიკაში	228
Odilavadze D., Tarkhan-Mouravi A., Varamashvili N., Arziani Z. – PREVENTION OF THE DANGER TRIGGERED BY AN EARTHQUAKE OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS PROCESSES, USING A COMBINATION OF GEOPHYSICAL-GEOELECTRIC METHODS IN GEOTECHNICS	232
წერეთელი ე., გაფრინდაშვილი გ., გაფრინდაშვილი მ., ბოლაშვილი ნ. – საქართველოში ეგზოგეოდინამიკური სტიქიური პროცესების საშიშროების რისკების შეფასებისა და მართვის ზოგიერთი მეთოდოლოგიური ასპექტები	233
Tsereteli E., Gaprindashvili G., Gaprindashvili M., Bolashvili N. – GEODYNAMIC HAZARD RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT METHODOLOGICAL ASPECTS IN GEORGIA	236
კანდელაკი ნ., იორდანიშვილი ი., ირემაშვილი ი., კუპრეიშვილი შ., იორდანიშვილი კ. – წყალსაცავების აბრაზიული ნაპირების წარცხვისგან დამცავი ახალი კონსტრუქციების დამუშავება	237
Kandelaki N., Iordanishvili I., Iremashvili I., Kupreishvili Sh., Iordanishvili K. – DEVELOPMENT OF NEW CONSTRUCTIONS AGAINST WASHING THE RESERVOIRS ABRASIVE SHORES	243
Lanchava O. – SEPARATION AND EVALUATION OF SIMULTANEOUS HEAT-MASS EXCHANGE IN SUBWAY TUNNELS	244
ვარამაშვილი ნ., ასანიძე ბ., ჯახუტაშვილი მ. – ბეტონის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მდგომარეობის შეფასების ულტრაბგერითი მეთოდები	248
Varamashvili N., Asanidze B., Jakhutashvili M. – ULTRASONIC METHODS FOR ASSESSING THE STATE OF HYDROTECHNIC CONCRETE STRUCTURES	251
Gekkieva S. – MODELING IN THE SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING OF RESERVOIRS	252
Gekkieva S. – EVALUATION OF THE EFFECT OF THE REDISTRIBUTION OF PRECIPITATION BY THE METHOD OF THE CLIMATIC AVERAGE	255
თავართქილაძე კ., სუქნიძე ნ., ანანიძე მ. – ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმი საქართველოში და გლობალური დათბობის გავლენა მასზე	260
Tavartkiladze K., Suknidze N., Ananidze M. – EXTREME TEMPERATURE REGIME IN GEORGIA AND THE IMPACT OF GLOBAL WARMING ON IT	266
ფორჩხიძე ა. – კლიმატის გლობალური ცვლილებით გამოწვეული ეკოლოგიური კატასტროფები საქართველოში და მათი პრევენციის შესაძლებლობები	267
Porchkhidze A. – ECOLOGICAL CATASTROPHES CAUSED BY CLIMATE GLOBAL WARMING AND THEIR PREVENTION POSSIBILITIES IN GEORGIA	270

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
აა(ი)პ ასოციაცია მეცნიერებისათვის

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
Technical University of Georgia
Institute of Hydrometeorology
N(N)LE Association for Science

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში:
მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შერბილება

ექლენება საქართველოში რეგულარული მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური და
სეისმური დაკვირვებების ორგანიზების 175-ე და 120-ე წლისთავს

შ რ ო მ ე ბ ი

ტირაჟი 60 ც.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**NATURAL DISASTERS IN GEORGIA:
MONITORING, PREVENTION, MITIGATION**

Dedicated to 175 and 120 Anniversary of the Organization in Georgia
of Regular Magneto-Meteorological and Seismological Observations

Proceedings

Circulation 60 copy.

ISBN 978-9941-13-899-7

E-mail: avtandilamiranashvili@gmail.com

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/254>

თბილისი – 2019 – Tbilisi

კომპ. უზრუნველყოფა **ლალი კურდღელაური**
გარეკანის დიზაინი **მარიამ ებრალიძე**

Layout Designer **Lali Kurdghelashvili**
Cover Designer **Mariam Ebralidze**

0179 თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 14
14, Ilia Tchavtchavadze Ave., Tbilisi 0179
Tel: 995(32) 225 14 32
www.press.tsu.edu.ge