

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
IVANE JAVAKHISHVILI TBILISI STATE UNIVERSITY
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
TECHNICAL UNIVERSITY OF GEORGIA
Institute of Hydrometeorology

ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია
დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები
თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ.

შრომები

INTERNATIONAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS

Modern Problems of Earth Sciences
Tbilisi, Georgia, November 21-22, 2022

PROCEEDINGS



თბილისი, საქართველო/Tbilisi, Georgia
ნოემბერი 21-22 November
2022

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
IVANE JAVAKHISHVILI TBILISI STATE UNIVERSITY
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
TECHNICAL UNIVERSITY OF GEORGIA
Institute of Hydrometeorology

ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია
დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები
თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ.
შრომები

INTERNATIONAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS
Modern Problems of Earth Sciences
Tbilisi, Georgia, November 21-22, 2022
Proceedings



უნივერსიტეტის
გამომცემლობა

თბილისი - 2022 - Tbilisi

სამეცნიერო კომიტეტი და სარედაქციო საბჭო

თამაზ ჭელიძე: აკადემიკოსი, სამეცნიერო კომიტეტის თავმჯდომარე, მთავარი რედაქტორი; ნუგზარ ღლონტი: სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე; ავთანდილ ამირანაშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ჯემალ ქირია, თამარ ჯიმშელაძე, დავით სვანაძე – თსუ, მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო; თენგიზ ცინცაძე: სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე; მარიკა ტატიშვილი, ნათია გიგაური, ინგა სამხარაძე - სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო; სერგეი სტანკევიჩი – უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დედამიწის კვლევის აეროკოსმოსური სამეცნიერო ცენტრი, უკრაინა; ბახტიერ ნურტაევი – ჰ. აბდულაევის სახელობის უზბეკეთის რესპუბლიკის გეოლოგიისა და მინერალური რესურსების სახელმწიფო კომიტეტის გეოლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი, უზბეკეთი; სერგეი ნაზარეთიანი - სეისმური დაცვის ტერიტორიული სამსახური, სომხეთის საგანგებო სიტუაციების სამინისტრო, გიუმრი, სომხეთი; ბახრამ ნურტაევი – ჰელიოკლიმატოლოგიის ინსტიტუტი, გერმანია.

SCIENTIFIC COMMITTEE AND EDITORIAL BOARD

Tamaz Chelidze: Academician, Chairman of the Scientific Committee, Editor-in-Chief; **Nugzar Ghloni:** Co-Chairman of the Scientific Committee; **Avtandil Amiranashvili** (Deputy Editor-in-Chief), **Jemal Kiria**, **Tamar Jimsheladze**, **Davit Svanadze** - TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia; **Tengiz Tsintsadze:** Co-Chairman of the Scientific Committee; **Marika Tatishvili**, **Natia Gigauri**, **Inga Samkharadze** - GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia; **Sergey Stankevich** – Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine; **Bakhtier Nurtaev** – Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullayev, State committee of the republic of Uzbekistan on geology and mineral resources, Uzbekistan; **Sergey Nazaretyan** - Territorial Survey for Seismic Protection, Ministry of Emergency Situations of Armenia, Gyumri, Armenia; **Bakhram Nurtaev** – Institute of Helioclimatology, Germany.

საორგანიზაციო კომიტეტი

მიხეილ ფიფია: საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელი, სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი / თსუ, მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო; მანანა ნიკოლაიშვილი: საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელის მოადგილე; სოფიკო მათიაშვილი, ხატია თავიდაშვილი – თსუ, მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო; ნაზიბროლა ბეგლარაშვილი, ნარინე არუთინიანი - სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო.

ORGANIZING COMMITTEE

Mikheil Pipia: Chairman of Organizing Committee; GTU, Institute of Hydrometeorology / TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia; **Manana Nikolaishvili** – Deputy Chairman of Organizing Committee; **Sophiko Matiashvili**, **Khatia Tavidashvili** – TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia; **Nazibrola Beglarashvili**, **Narine Arutiniani** - GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia.

© ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2022

Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2022

ISBN 978-9941-36-044-2

DEVELOPMENT OF A SPECIAL MACROSEISMIC SCALE BASED ON THE DATA OF CHURCHES DAMAGED BY THE 1926 LENINAKAN EARTHQUAKE

Tataryan V. H.

Territorial Survey for seismic protection of the Ministry of Emergency Situations of Republic of Armenia

Abstract: *To assess the intensity of strong historical earthquakes on the territory of Armenia, a special macroseismic scale was compiled based on statistical data on the damage to the buildings of Armenian churches by the devastating 1988 Spitak earthquake. It is important that the stored data covers a long period of time (about 2000 years) without big breaks. The absence of a macro-seismic scale made it impossible to accurately determine the severity of these earthquakes. Therefore, this information was interpreted differently by different seismologists, and the strength of earthquakes was largely underestimated. A new preliminary special scale was created based on the damage analysis of church buildings located in the 7-10 intensity zone of the 1988 Spitak earthquake. It was necessary to improve this scale with other, well-studied, similar studies of earthquakes. We chose the 1926 Leninakan earthquake having studied in detail the technical condition of the church buildings damaged by this earthquake, the injuries received local factors affecting the seismic intensity (soils, relief, groundwater level, etc.), types of church buildings and written sources about their damage, and summarizing them, we tried to improve a special macroseismic scale:*

Keywords: *earthquake, church, damaged, intensity, macroseismic scale*

Introduction

There is a lot of written information about strong earthquakes in the Armenian Highlands (Eastern Anatolia) over the past two thousand years [1]. These data describe the behavior of the most significant monumental architectural structures-churches, temples, palace buildings, fortresses, etc. In case of strong earthquakes [10]. Despite the available, rather rich historical written information, it is difficult to estimate the intensity of earthquakes on known scales (MSK-64 or EMS - 98, MM, etc.), since there is no data on damage to Armenian churches in the descriptive parts of the earthquake [3,7]. When determining the intensity of historical earthquakes, various experts interpreted the facts in their own way, which could not be objective. Therefore, for a more objective and systematic interpretation of the actual historical data, it was necessary to compile a special scale of seismic intensity based on the degree of damage to the buildings of Armenian churches by earthquakes of our time. Such an initial scale was compiled by S. Nazaretyan, in which the basic principles of the creation of the MSK-64 [5] scale, were observed, in particular the 12-point gradation of intensity [4,6,7,8]. Studies show that Armenian churches can suffer from seismic fluctuations of 7 or more points [6] therefore, it makes sense to create a scale for the intensity of 7-10 points [7].

Structurally, the central dome has an important place in the buildings of Armenian churches, the height of which is often commensurate with the height of the building itself. The buildings studied are divided into two groups – churches with domes and without. Almost all the buildings of Armenian churches are built of dense tuff on lime mortar, masonry type „midis,, and the wall thickness averages 0.8-1.0 m [6].

The method of drawing up a new special scale, which we also used, is as follows [7]. Strong earthquakes are selected, for which reliable isoseismal maps have been compiled and then the damaged buildings of churches located in an intensity zone of 7 or more points are studied. The local ground, hydrogeological and topographic conditions affecting the magnitude of the seismic intensity are studied separately to determine the possible increment of the score. Based on the collected data, a table of the most characteristic damages of churches is first compiled, and then a special macroseismic scale. The number of church buildings on the territory of the Republic of Armenia is quite large (more than 1,500) and they are located throughout the territory [7,9]. Naturally, in order to compile a reliable scale, a data set of as many earthquakes as possible is

needed. However, the choice of such earthquakes is very small. Among such earthquakes is the 1926 Leninakan earthquake. But, despite the diversity of buildings in churches, there are many elements, such as layout schemes, dimensions, building material used, features of construction technology, etc., which allow, from the point of view of earthquake resistance, to combine them into groups and form the basis of a macroseismic scale [6].

1. Parametrs of 1926 Leninakan earthquake and Map of isoseismals

According to macroseismic data, the coordinates of the earthquake epicenter are: $\varphi=40,68$; $\lambda =43,75$, magnitude-5.75, Intensity: 8-9 points.- For our purpose, we chose the map constructed by Bjus, shown in Figure 1. It follows from the map that the isoseismals has a strong attraction in the north-east direction, which coincides with the active breakthrough of Akhuryan. The isoseismals of 8 and 7 points are parallel to each other, and the isoseismals of lower intensity is gradually rounded taking an isometric form. The accuracy of the isoseismals of the earthquakes of 1926 and the Spitak earthquakes of 1988 is quite different: The 1988 Spitak earthquakes isoseismals is more accurate.

2. Investigation buildings of Armenian Churches dislocation on intensity zone 7-9 of 1926 Leninakan earthquake

When describing the technical condition of church buildings, a large place was given to walls, especially the occurrence of through cracks, their size and position, displacements of walls with cracks, damage or fall of domes, damage to foundations, etc.

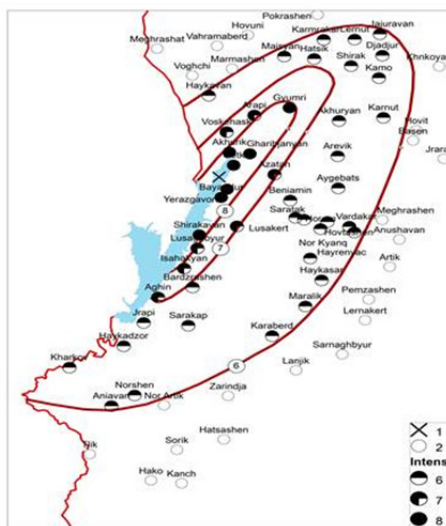


Fig. 1. Isoseismal map of 22.10.1926 Leninakan earthquake [2]: 1- macroseismic epicenter; 2- surveyed settlements.

A format (questionnaire) was developed to describe all church buildings, which included data on the location of church buildings, their plan, year of construction, soil and terrain characteristics affecting the level of seismic hazard, data on the main building materials used, the type of overlap, the presence of a dome, the location of old ones (before the Leninakan earthquake of 1926) damage, etc. Separately, a description of the damage received as a result of the Leninakan earthquake is presented, which are accompanied by appropriate illustrations (Appendix # 1).

Structurally, the centrifugal type has an important place in the buildings of Armenian churches, the height of which is often equivalent to the height of the building itself. Therefore, the buildings studied by us are divided into two groups: domed and without. Almost all the buildings of Armenian churches are built of thick tuff lined with limestone "midis". The thickness of the walls is on average 0.8-1.0 m. (Tokarsky, 1948; Toramonian, 1942-48; Khalpakhchian, 1980) [6,7].

3. Investigation of damage to church buildings from the earthquake

The buildings of all the churches were studied and photographed in detail on the spot. In advance, written data was collected, including fund data, about the earthquakes that occurred in that place and the damage to the churches, the repairs and reconstructions of the buildings. On the basis of all these a table was compiled showing what kind of injuries the buildings received in the same seismicity zone of the 1926 Leninakan earthquake and as a result the special macroseismic scale compiled and improved on the basis of the data of the 1988 Spitak earthquake. It should be noted that there are not many elements of improvement of the scale and changes.

Predictions of possible damage to church buildings in this scale case were reconfirmed. However, injuries not characteristic of the given level of danger were also observed. For example, on the entire 36 m high dome and the south wall of the Mother Church of Harichivank a transverse crack was caused by 1926 Leninakan earthquake, while according to the isoseismal map, the intensity here was 5-6 points. Here, it is appropriate to remember the role of the resonance phenomenon in building damage when a rigid building is built on rock soils [4], as the same effect was observed during Spitak earthquake when large cracks with a different location appeared after intensity seven [7]. However, this is a unique case that needs special research. Basically, especially in the 7-8 scale intensity zone, the damage received by the churches confirms the reliability of the Special Macroscopic scale.

4. Conclusion

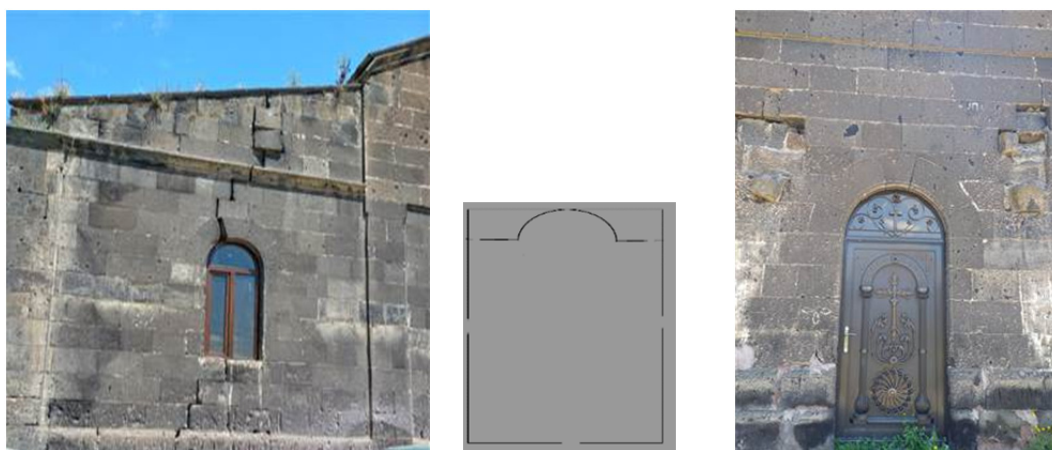
We have carried out special research in order to find out the damaged buildings of Armenian churches from the 1926 earthquake in Leninakan, depending on the intensity of the earthquake, and to obtain their main characteristics. The viability of the Special Macroscopic Scale compiled by S. Nazaretyan for assessing the intensity of historical strong earthquakes was confirmed by the data of the buildings damaged by this earthquake. The same church building, which was located in the same earthquake zone of Spitak 1988 and Leninakan 1926, received basically the same type of injuries. In particular, the new transverse cracks on the walls had approximately the same characteristics. However, they differed in their location on the building. This can be explained by the change in the location of the earthquake's focus in relation to the church. Often the cracks caused by the 1926 earthquake on the church building were widened in 1988 from the Spitak earthquake.

References

1. Balasanyan S. JU., Nazaretyan S.N., Amirbekyan V.S. Seismic protection and its organization. Ed. Eldorado. Gyumri, 2004. 438 p. (in Russian).
2. Bjus E.I. and Gigineshvili V.M. Leninakan earthquake on October 22, 1926 (according to macroseismic observations). Quarterly seismological bulletin // Metsniereba, Tbilisi. 1943. No. 12. pp. 39-111.
3. FEMA. Multi-Hazard Models. [Accessed October 23, 2017]. <https://www.fema.gov/multi-hazard-models>
4. Khachiyani, E.E., 2018a. Spitak earthquake on December 7, 1988: basic seismological characteristics and analysis of its destructive consequences (to the thirtieth anniversary of the earthquake) // Seismic construction. Safety of structures. 4. P. 9–30 (in Russian). http://seismic-safety.ru/sites/default/files/ssbs-2018-04_khachiyani.pdf.
5. Medvedev S.V, Sponheuer W. Scale of seismic intensity (1969). [Accessed October 16, 2017] http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/4_voll_A2-143.pdf
6. Mushegyan G. R. On some issues of seismic resistance of ancient Armenian architectural structures // Collection "Issues of earthquake-resistant construction", Yerevan, 1970, P. 111-120.
7. Nazaretyan, S.N. Seismic hazard and risk of the city's of zone 1988 Spitak earthquake // Publishing House "Gitutyun-Science" NAS RA. Yerevan, 20132, 12 p. (in Russian).
8. Nazaretyan, S.N. Main features of the new methodology for seismic risk assessment of Armenian cities. // Seismic Instruments, 56, 2020. P. 317-331. DOI: 10.3103/S0747923920030093
9. Nazaretyan S. N., Tataryan V.H. Perspectives for improving the Special macroseismic scale, created on the basis of damage to the buildings of Armenian churches // Prosidings of VIII Inter. Conferense "Dangerous natural and technogenic processes in mountainous areas: models, systems, technologies". Vladikavkas, 2022, P. 125-128. (in Russian).
10. Nazaretyan S.N., Aramyan Sh.A., Tataryan V.H., Tatoyan S.S. Historical earthquakes in Armenian Upland as a database for the Development of applied seismology //Crisis management and Technologies. 1(20), 2022. P. 179-190. (in Russian). <http://csiam.sci.am/ru/9481476E>

Questionnaire № 5

Church St. Mary, v. Gusanagjukh



22x15x5 m

General information

1. Time of construction-1910
2. Recovery time- 2022
3. General plan, dimensions- 22x15x5
4. Terrain relief- flat, it is leveled to the west
5. Soils according to seismic properties- 1-2
6. Groundwater level-
7. The presence of the dome, its preservation- it was demolished in 1926.
8. Construction data- black tuff (hard)
9. Old injuries- were not
10. Roof- stone
11. The wave magnitude scale of Leninakan's 1926 earthquake - 8 : (according to T. Babayan).

Description of the damage caused by the 1926 Leninakan earthquake

- All walls have cracks as well as hairline cracks.
- 3 cracks on 3 walls in the western part, 2 cracks (not wide) on the eastern wall.
- 3 cracks along the entire height of the wall.
- The dome was damaged by the 1926 earthquake and demolished in 1933.
- The bell tower built later was demolished due to lack of connection with the building.

ILLEGAL STRUCTURAL MODIFICATIONS AFFECTING THE SEISMIC VULNERABILITY OF MULTI-APARTMENT BUILDINGS

Tatoyan S. S.

Territorial Survey for seismic protection of the Ministry of Emergency Situations of Republic of Armenia

Abstract: *The results of the study of the consequences of the 1988 earthquake in Spitak showed that many illegal modifications were carried out by the residents in the apartment buildings, which led to the reduction of the seismic resistance of the buildings. For example, the reason for the collapse of at least 10% of stone apartment buildings in Gyumri was also one of those illegalities. This issue remains relevant to this day, so these illegalities must be prevented, and those committed in the past must be eliminated. In this work, we tried to identify the allowed illegal modifications, dividing them into groups according to the danger of affecting the seismic resistance of the building.*

Key words: *earthquake, vulnerability, damage, Illegal structural modifications.*

1. Introduction

The results of the study of the consequences of the 1988 earthquake in Spitak showed that many illegal modifications were carried out by the residents in the apartment buildings, which led to the reduction of the seismic resistance of the buildings. For example, the reason for the collapse of at least 10% of 147 multi-story residential buildings in Gyumri was also those illegalities, and the number of badly damaged buildings was many times more [1,5,6,7]. Residents had grossly violated almost all the points of the building operation procedure approved by government decisions, which led to the deterioration of the building's technical condition (weakening of the foundations, damage to bearing columns and beams, making openings in the bearing walls and demolishing the inner layer of the row of walls, installing large volume water tanks on the roofs), implementation of additional constructions inside the building, etc.).

In some buildings, the overloading of stairwells, common corridors, attics, and balcony platforms with metal lockers by residents has become a serious problem. During the 1988 Spitak earthquake, some single-entrance, five-story 1-451-20 C type buildings with long corridors collapsed for this very reason [7,8]. Congestion of corridors also poses a problem in terms of the evacuation of residents during earthquakes and emergencies. The installation of heavy water tanks on the roofs also has a very negative impact on the seismic resistance of buildings, which, in addition to additional loading, also causes additional inertial forces due to water fluctuations.

Residents carry out illegal modifications in buildings for various purposes, many times not realizing the consequences of what they have done in terms of reducing the seismic resistance of the entire building or its individual parts. Among the most common purposes of alterations are the constructions of basements and garages, the extension of rooms at the expense of other rooms or corridors and the kitchen, the opening of doors or windows, the demolition of the inner row of stone walls to open cupboards or doors, the "beautification" of an apartment or rooms, the extension of an apartment to outbuildings or balconies, at the expense of opening the exit from the roof slabs to the roof, installing pipes in the walls, which is especially unacceptable in the case of a „midis“ layout, etc.

These illegalities gained a greater scale after the privatization of housing. If we take into account that apartment buildings built in the Soviet years, before 1989, are seismically vulnerable due to poor quality construction and design with reduced seismic risk, the importance of the problem discussed in this work will become obvious.

2. The results of the research

In order to clarify the problem, we specially examined 2 apartment buildings of the Akhuryan community, one built before the 1988 Spitak earthquake, and the other after the earthquake. All rooms,

toilets, bathrooms, kitchens, and corridors of the apartments were studied. Let's briefly present the data about the buildings and the detected illegalities [6].

A. **The stone building 83 of Akhuryan highway** (commissioned at the end of 1987, individual project, 4 floors, 3 entrances, 28 apartments, with basement, level of damage 1-2). Conclusions:

- There are no significant changes in the basement floor, even some basements are not used by the owner;
- Almost all the studied apartments underwent various types of modifications. Only one apartment did not undergo any changes;
- Changes according to the degree of danger: a) modifications that do not affect the seismic resistance of the building: balconies on the side of the yard were connected to the kitchen or room by demolishing the partition; connecting toilets to bathrooms by eliminating or moving light partitions. Such transformations are prevalent in almost all apartments; b) changes in shape when partition walls have been demolished or moved. Only two cases have been reported; c) Full or partial demolition of bearing walls to connect apartments. Only one case was observed where 1- and 2-room apartments were connected by demolishing the bearing wall.

B. **New Akhuryan Yu. Ghambaryan street, building 3a** (commissioned in 2000, individual project, 3 floors, 1 entrance, 21 apartments, with basement, no renovation).

The newly built building (after the 1988 earthquake in Spitak). It has a monolithic-concrete skeleton, the exterior walls are brick or stone-lined. There are no modifications or reconstructions in the basement. The building is quality built and the earthquakes that have occurred in the last 21 years have not had any noticeable effect on the building.

The following illegal modifications were recorded: the balconies of the 3-room and 2-room apartments on the first floor were connected to the living room and the kitchen, which do not affect the seismic resistance of the building. There were no modifications in the other apartments examined. Conclusions:

- There are no significant modifications in the basement;
- Only two apartments have undergone transformation;
- These modifications do not affect the seismic resistance of the building;
- Perhaps the residents have learned from the 1988 earthquake in Spitak and the municipal administration did not allow massive changes to be made.

The results of the studies are summarized in Table 1. We have grouped the illegal modifications into 3 groups according to the degree of danger and the difficulty of eliminating the illegalities.

3. The most common illegal modifications carried out in multi-apartment buildings

Research conducted by experts, especially after the Spitak earthquake of 1988, when the causes of building collapse were studied, allows us to distinguish the following relatively more common illegalities in apartment buildings. When describing these illegal modifications, we conventionally divided apartment buildings of different types into two groups: **stone and reinforced concrete constructions**. And we have divided the building into three parts according to the floor plan: basement, first, second and higher floors. In the case of such a division, the illegalities found in the same parts of different types of buildings are basically the same.

Table 1. The results of the investigation of two apartment buildings in Akhuryan, regarding the illegal modifications carried out by the residents in the building [6].

N	Address of the building	Modifications that do not affect seismic resistance	Modifications that can be easily eliminated	Modifications, complete or partial demolition of bearing walls	No modifications
1	Akhuryan Highway, 83	77.8%	11,0%	5,6%	5,6%
2	New Akhuryan, Ghambaryan, 3a	12.5%	-	-	87.5%

A. The most common illegal modifications in stone apartment buildings [2,3,4,6,7].

➤ **Basement**

- Below the foundation of the building, in the immediate vicinity of the load-bearing wall, digging of pits;
- Damage to the foundation of the building, cutting;
- Demolition or relocation of partitions.

➤ **First floor.**

- Excavating pits in the ground below the building foundation (in the absence of a basement);
- Demolition or relocation of bearing walls,
- Partial demolition of the inner row of bearing walls;
- Demolition or relocation of partitions,
- Demolition of bearing walls for access to the outside of the building or to the outbuilding.

➤ **Second and higher floors**

- Partial destruction of the inner row of walls,
- Demolition or relocation of partitions,
- Expansion of living spaces at the expense of balconies;
- Disassembly or damage of reinforced concrete connections.
- Making an opening in the ceiling covering of the last floor.

B. Buildings with reinforced concrete structures

➤ **Basement**

- Digging holes in the ground in the immediate vicinity of the bearing element below the foundation of the building,
- Damage, cutting of the foundation of the building or the foundation of the pillar,
- Demolition or relocation of basement partitions.

➤ **First floor.**

- Opening pits in the ground below the foundation of the building,
- Damage, dismantling of external wall panels;
- Demolition or relocation of partitions;
- Implementation or demolition of openings in panel walls;
- Damage to load-bearing reinforced concrete columns, opening of cavities in them, cutting of column reinforcements;
- Dismantling or damage of reinforced concrete connections.

➤ **Second and higher floors**

- Demolition or relocation of partitions,
- Damage to bearing or non-bearing exterior wall panels;
- Extension of living spaces to create balconies or to expand existing ones;
- Dismantling or damage of reinforced concrete connections;
- Making an opening in the ceiling covering of the last floor.

4. Conclusion

1. Research shows that the problem concerns almost all apartment buildings in the Republic of Armenia's settlements, especially during the Soviet years. It has a large scale in cities, particularly in Yerevan. If we take into account that the vast majority of multi-apartment buildings built between 1957 and 1989 have medium and high seismic vulnerability for various reasons, then the critical importance of the problem will become evident, because of the illegal modifications and reconstructions of the structural elements allowed in the buildings increase their seismic vulnerability.

2. The illegal modifications and especially the reconstructions carried out in the buildings in the past, regardless of who did it, on what grounds, and when they are eliminated, can be conditionally divided into three groups:

- a) modifications that do not affect the seismic resistance of the building.
- b) Irregularities that affect the seismic resistance of the building can be eliminated quickly, at a low cost, with the help of non-licensed professionals.

- c) reconstructions that have a significant impact on the seismic resistance of the building and their elimination is mandatory and requires certain financial resources, time, and also the involvement of licensed professional forces (for a project, construction, supervision, acceptance-handover, etc.).
- d) In order to prevent new illegal modifications in multi-apartment buildings, a key place should be given to the strengthening and monitoring of local self-government bodies and councils. It is important to involve the professional forces of the municipal administration, the territorial inspection bodies of the Republic of Armenia, and the seismic service of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Armenia. Emphasize the implementation of explanatory works for residents of multi-apartment buildings.

References

1. Balasanyan S. Y., Nazaretyan S.N., Amirbekyan V.S. Seismic protection and its organization. Ed. Eldorado. Gyumri, 2004. 438 p. (in Russian).
2. FEMA. Multi-Hazard Models. [Accessed October 23, 2017]. <https://www.fema.gov/multi-hazard-models>
3. Khachiyani, E.E., Spitak earthquake on December 7, 1988//basic seismological characteristics and analysis of its destructive consequences (to the thirtieth anniversary of the earthquake). Seismic construction. Safety of structures. 2018a. 4, pp. 9–30 (in Russian). http://seismic-safety.ru/sites/default/files/ssbs-2018-04_khachiyani.pdf.
4. Nazaretyan, S.N. Seismic hazard and risk of the city's of zone 1988 Spitak earthquake. Publishing House "Gitutyun-Sciences" NAS RA. Yerevan, 2013, 204 p. (in Russian).
5. Nazaretyan, S.N. Main features of the new methodology for seismic risk assessment of Armenian cities. Seismic Instruments, 2020, 56, pp. 317-331. DOI: 10.3103/S0747923920030093
6. Nazaretyan S.N., Tatoyan S.S., Zakaryan N.H. Guidebook for the exclusion and detection of illegal modifications that reduce earthquake resistance multiapartment buildings in RA. Ed. Eldorado. Gyumri, 2022. 68 p. (in Armenian).
7. The tragedy of Spitak should not be repeated (edited by E.E. Khachiyani). Ed. Voskan Yerevantsi, Yerevan, 1998. 346 c. (in Russian).
8. The Project for Seismic Risk Assessment and Risk Management Planning in the Republic of Armenia Final Report Vol. I. JICA, MES RA. Yerevan, 2012. 93 p. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12086047.pdf>

APPLICATION OF INTEGRATED INTERPRETATION OF GEOPHYSICAL DATA IN SEARCH OF HIDDEN MINERALIZATION (ON EXAMPLE OF SULTAN-UVAIS AND TAMDYTAU MOUNTAINS)

Abduvaliev A.A., Nurmukhamedov I.I., Eshmurodov A.P.

*Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullayev, State committee of the
republic of Uzbekistan on geology and mineral resources*

Abstract. *Application of the geophysical method of induced polarization on the example of the search for hidden mineralization of chromites. In the mountains of Uzbekistan.*

Keywords: *Induced polarization, chromites, hidden mineralization.*

Despite the rather detailed knowledge of most aspects of the geological structure and ore content of the Sultanuvais and Tamdytau mountains up to date, the problems of identifying patterns of localization and development of chromite mineralization in promising areas, the development of criteria for forecasting and assessing hidden mineralization remain relevant and requiring solution. This is important for addressing issues related to vertical and horizontal zoning elements, the identification of which is necessary for in-depth prediction of mineralization. Many of the Uzbekistan's hyperbasite massifs are overlain by loose sediments, making it difficult to study them geologically from the surface. Disseminated ores is characterized by a very wide range of changes in physical properties, depending on the content of chrome spinel in the ore, the nature of silicate cement, porosity and fracturing. In the matter of finding deposits under siege geophysical methods help, but serpentinization, the tectonic nature of ore-controlling structures and the vein-like shape of chromite deposits greatly complicate the overall picture of physical fields [1]. This paper raises the question of the possibility of using a complex of geological and geophysical data at the stage of searching for local deposits and hidden mineralization. The purpose of this work was to study the polarization properties of chromium ores and their host ultramafic rocks of the ophiolite series. Ore occurrences and deposits, as is known, are confined to the intersections of tectonic faults. On a regional scale, confirmation of this are easily found, both when considering the location of oil and gas deposits and in the spatial position of various ore deposits. [6].

In order to answer this question, we have done a number of works:

1. According to previous geological and geophysical work, the most promising areas were identified
2. Geophysical work was carried out on a local scale with their subsequent processing and as a result we obtained area maps of the distribution of physical parameters of the studied areas.
3. Comparative analysis and interpretation of the data were performed.

Knowing that minerals are confined to the zones of intersection of tectonic faults, the first step was to identify them at the work site. To do this, we interpreted the map of the magnetic field in the areas of Sultan-Uvais and Tamdytau (Fig. 1) [4].

The first research area is located within the central part of the Sultan-Uvais massif. The central strip of ultramafite formations of the Sultanuvais mountains stretches through the entire ridge from northwest to southeast for almost 50 km with an average width of 2-2.5 km [2.6]. Serpentinities and products of their change (listvenites, talcites, pyroxenites, rodingites, talc-carbonate, actinolite, tremolite rocks, gabbro and gabbro-amphibolites, as well as plagiogranites developed in its eastern part [6]. The zone of ophiolite complexes outcrops of the Sultan-Uvais ridge has a significant extent and finds its expression in high positive magnetic field anomalies. Often, bodies not only split, but, following the latter, make knee-like bends. These blocks are the least studied, but a number of features in them can be expected to identify industrial deposits. After conducting electro- and magnetometric studies in the selected area, we obtained the

following values of electromagnetic fields, shown in Figure 2. Magnetic exploration was carried out by equipment GSM-19 manufactured by GEM Systems, Inc Canada. Also, vertical electric probing profiles were passed with the measurement of induced polarization (VEZ-VP) by a IMVP-8 device manufactured by North-West company. As can be seen from the figure, a zone with increased magnetic field intensity corresponds to a zone with reduced resistance and increased polarization. Such a ratio of abnormal fields, according to [1], corresponds to the zone of latent mineralization.

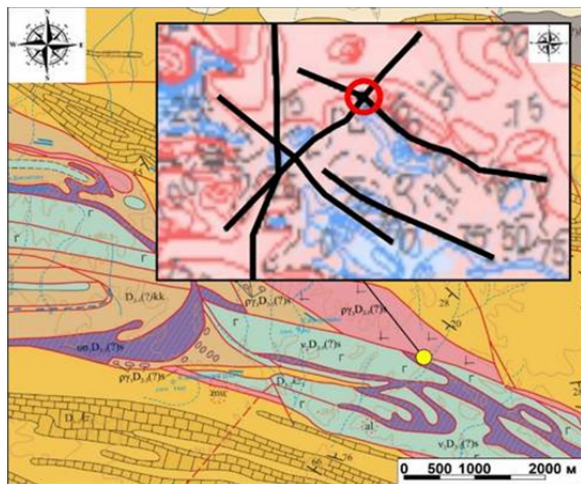


Fig. 1. Field area based on geomagnetic data interpretation. Black - lines of suspected tectonic faults, yellow point - work area. The basis is a fragment of the geological map of the Sultan-Uvais mountains, [2], a map of magnetic anomalies [4].

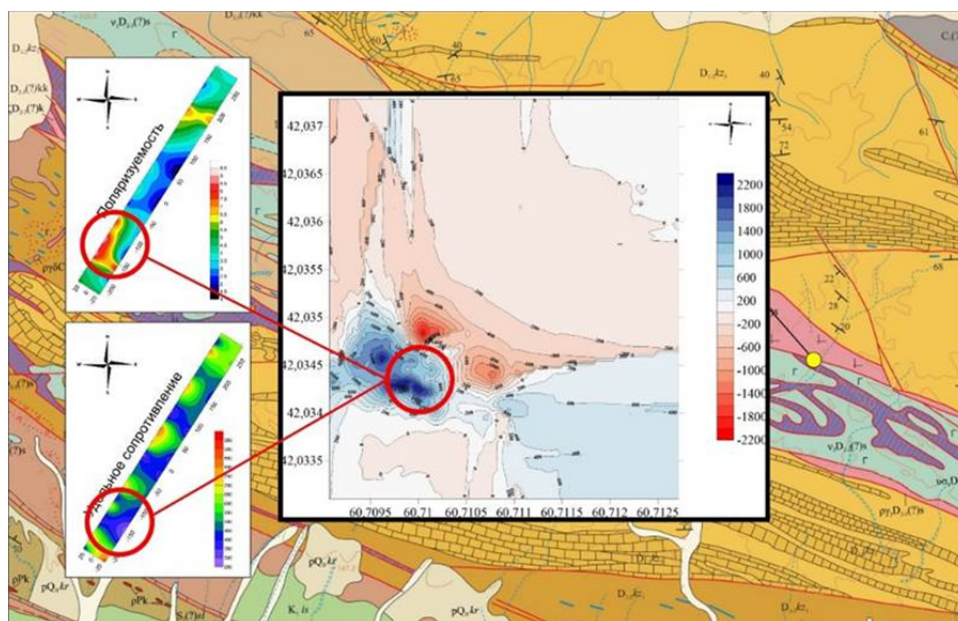


Fig. 2. Results of electrical and magnetic survey work on the Sultan-Uvais area.

Ultrabasite-basite formations of Northern Tamdytau are divided into two formation complexes: Tamdy gabbro-peridotite and Djamankingir gabbro-plagiogranite complexes [6,7]. They are confined to the zone of the deep Muruntau-Nuratau fault and are located in its operating structures at the junction of the Silurian and Riphean formations [3]. Field experimental and methodological studies in order to develop elements of the technology for prospecting for chromite deposits using high-precision magnetic and electrical prospecting were carried out using the method of induced polarization by installing a median gradient (Fig. 3).

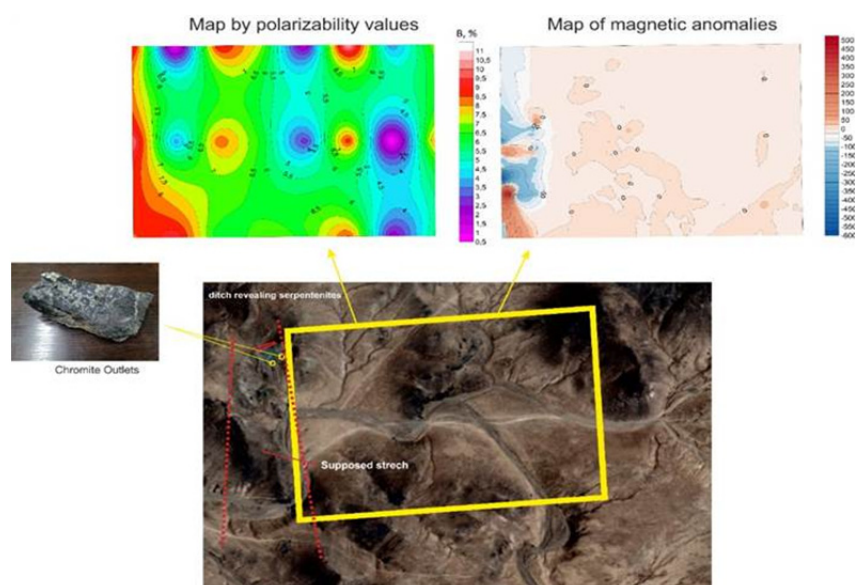


Fig. 3. Area of works performed with reference to coordinates.

The sections show a pronounced electrical resistivity anomaly at the expected intersection of the profile with the ore vein. The magnetic field within the work area has a complex structure. The intensity of positive and negative anomalies reaches 500 nT. Only one linear anomaly is well manifested in the structure of the magnetic field. The interpretation scheme identifies an extended linear minimum with an intensity of -50 nT above the outcrops of chromite-containing rocks in the left part of the observation area. Also, a reduced magnetic field is observed over large dunite lenses. In most of the area covered by Quaternary deposits, a calm field of positive anomalies is observed. It is known that chromites in magnetic fields, as a rule, are distinguished by the minimum values of ΔT . The correctness of the ore body reference is confirmed by a negative magnetic field anomaly of -50 nT.

Conclusion.

The study of the polarization and electromagnetic properties of chromite ores and ultramafites containing them in their natural occurrence using electrical and magnetic exploration facilities in Uzbekistan is still under development. The experience of prospecting for the search for chromites in two areas shows that ground-based magnetic survey and the method of induced polarization in the VP-SG survey options, in combination with geological studies, can effectively solve the problems of searching for objects. Based on the research results, we have obtained encouraging results on the anomalous behavior of electrical resistance and magnetic field anomalies in the proposed ore zones. The use of geophysical prospecting methods is several times cheaper than exploratory drilling, which reduces costs and speeds up the process of searching for hidden mineralization.

References

1. Davydov V.A. Study of the effect of frequency dispersion on ultrabasic chromite-bearing massifs of the Urals//Ural Geophysical Bulletin, 2017, No. 2 (30), pp. 11-16.
2. Nikitina O.N., Panasyuchenko V.K. New ideas about the geological structure of the Sultanuvais Mountains//Geology and Mineral Resources. 2005. № 5. pp. 11-16.
3. Nurtaev B.S., Zenkova S.O., Kurbanova D.U., Tsai O.G. Ophiolite complexes of Southern Tian-Shan: geodynamics of formation and mineralogy//Geology and mineral resources. 2020, No. 5, pp. 3-12.
4. Nurtaev B.S., Kremnev I.G. Geophysical methods in search of oil and gas promising objects in basement rocks//Materials of the conference "Actual issues of oil and gas geological science, technology and technology of deep drilling, well research." Tashkent, 2014, pp. 51-53.
5. Khain V.E., Lomise M.G. Geotectonics with the basics of geodynamics. M: Publishing House of Moscow State University, 1995. 480 p.
6. Khamrabaev I.Kh. Petrological-geochemical criteria of magmatic ore content complexes. T: Fan. 1969. 214 p.
7. Yuldashev M.N., Rustamov A.I., Kholikov A.B. Structure and ore content (gold, platinoids) of mafit-ultramafit manifestations of Western Tamdytau//Geology and mineral resources, 2001, № 6. pp. 3-6.

THE ANALYSIS OF DYNAMICAL CHANGES OF BEHAVIOR OF ENGURI ARCH DAM

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

* Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
** Business and Technology University, Tbilisi, Georgia
a.sborshchikov@gmail.com

Abstract. The main goal of this research was the analysis of dynamic changes in dam foundation displacement according to the periodic variation in water level in the lake around the Enguri Arch Dam. We used a database, for the information collected from 1974 to 2021. In this work, we have tested and analyzed the dynamical changes by modern several nonlinear methods. We choose one of the most effective methods Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MF-DFA). From the results of our research, we can see that dynamic changes in dam foundation displacement are connected with the process of dam behavior. One of the main facts is that water level change in the reservoir behind the Enguri high dam also affects this process.

Key words: Dynamical changes, nonlinear analyses, datasets.

Introduction

The first step of our research was studying the literature close to our task. During this process, we have found a lot of mentioned facts that the construction and functioning of large water reservoirs have a strong influence on the environment. Here, we can list some of them: influence on the local seismic activity, changes in local weather, initiation of landslides, etc. As we conclude the attention to this fact is great, so, naturally, the question must be studied deeper and paid attention to multidisciplinary. We have used this location of the Enguri Dam area because it is one of the highest dams in the world. The high of our dam located in West Georgia is 271 meters. Nowadays, the Enguri arch dam is part of the Enguri Hydro Power Plant (HPP) located in the river Enguri Gorge, Georgia. Since the start of construction, contemporary, to that time, multi-disciplinary geodynamical–geophysical monitoring was organized in the dam area [1-3].

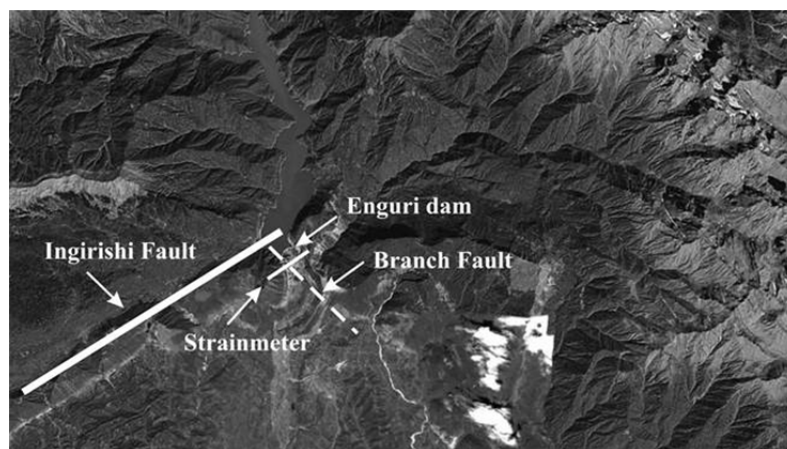


Fig. 1. Enguri dam and reservoir area with locations of the main Ingirishi fault and the branch fault.

The geological survey documented that the branch fault of the large active beneath the Enguri dam, the Ingirishi fault crosses the right wing of the dam foundation. At the same time, it is known that the presence of the active (or potentially active) fault in the large dam foundation is a serious threat to dam safety [1,4,5]. It was quite logical that the monitoring of the fault zone started well before the beginning of dam construction and reservoir filling. The branch fault of the main Ingirishi fault (Fig.1) crosses the foundation of the Enguri dam and, thus, poses a significant hazard to the dam.

Actually, the studying area is a natural large-scale laboratory for the investigation of tectonic, man-made, and environmental impacts on the fault zone deformation pattern. Two main facts influenced the fault. The first (tectonic strain) leads to piecewise linear displacement, which we define as a trend component, and the second to quasiperiodic oscillations, decorating the main trend.

The information from the dam is recorded for the period from 1974 to 2021. This database is unique because it contains such important characteristics, such as high weir foundation and weir body tilts, deformation of foundation, weir body temperature, water level variation in the reservoir, etc. Some of the results from datasets we have already published in scientific periodicals [2-6]. In this work, we aimed to be focussed on dam foundation displacement datasets of Enguri arch dam during the period from 1974 to 2021 (Fig. 2).

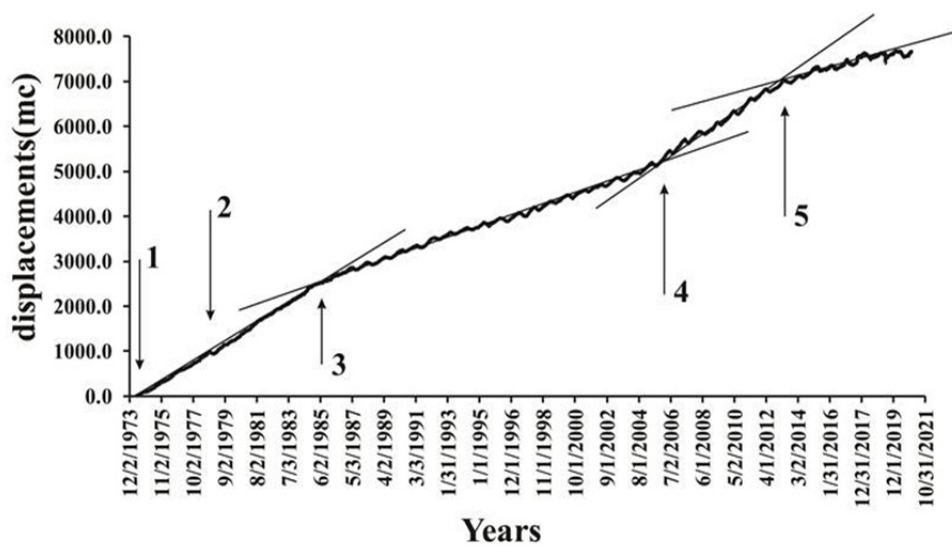


Fig. 2. Dam foundation displacement data sets around Enguri in period from 1974 to 2021. Arrows 1, 2, 3, 4, 5 correspond to the start of 5 periods of fault zone extension.

To control the fault behavior permanently, 4 years before the first filling of the reservoir, in 1974, the quartz strainmeter, crossing the fault zone was installed. The strainmeter recorded the displacement of the blocks, divided by the fault zone (the thickness of the zone is around 10 m) in the normal to the fault plane direction, so it shows fault zone extension/contraction. The length of the quartz tube is 22.5 m and the free end of the tube is equipped with a photo-optical recording system (now in parallel with a laser system). The tube was placed so that both fixed and free ends are on the opposite sides of the fault zone, separated from it by several meters. The readouts from the photo recording were made once per day at the same time. The displacements sensitivity of the system was of the order of 0.18 m/mm.

Since 15 April 1978, the reservoir was filled step by step. Since 1987, the water level in the reservoir has been changing seasonally, almost periodically. Seismic datasets were obtained from monitoring systems created around the Enguri area. The representative threshold for the local earthquake catalog from 1974 to 2021 was M2.2.

During our research, we take datasets from a strainmeter, which fixed measures of displacements of high dam foundation. As we have noted above, filling the Enguri reservoir influences the seismic activity around the dam. For investigating the dynamical changes of the dam foundation displacements behavior, we have taken multifractal detrended fluctuation analysis (MF-DFA). Based on Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, M. Nodia Institute of Geophysics the software for calculating MF-DFA was created.

The first method of our analysis is multifractal detrended fluctuation analysis. MF-DFA method finds higher-dimensional fractal and multifractal characteristics hidden in time series. The MF-DFA was proposed by [7] and is based on DFA (detrended fluctuation analysis). This method is considered to be an effective tool for measuring whether multifractal characteristics exist in displacement time series [7,8]. Our research group has done this analysis for a different fluctuation degree q . According to the results, we can study the multifractal scaling behavior of time series. In this work we have used three main characteristics: Hurst exponent ($H(q)$), Multifractal Dimensions ($D(q)$), and Fluctuation functions ($F(q)$). The slope H depends on the fluctuation degree of it is the regression line, called the Hurst exponent (Hurst, 1951). The MF-DFA method determines positive generalized Hurst exponents $h(q)$, and it becomes inaccurate for strongly anti-correlated signals – where $h(q)$ is close to zero.

The Hurst exponent will be in the interval between 0 and 1 for noise-like time series, whereas above 1 for a random walk-like time series. So, we have a long-range correlated structure – the Hurst exponent is in the interval 0.5–1, an anti-correlated structure – the Hurst exponent is in the interval 0–0.5 and uncorrelated Hurst exponent $H = 0.5$. One more situation is when we have $H = 0.5$, in this case, we can say that we have a short-range dependent structure [9,10]. The MF-DFA method represents the best method for carrying out multifractal nonstationary time series. The datasets for the period 1974–2021 were fixed for different external influences: filling the reservoir, weather conditions, and seismic activity. Before starting our analysis, we have detrended the displacement datasets. We divided the study period into several periods (1974-1978, 1978-1985, 1985-2006, 2006-2013, 2013-2017, 2017-2021) where changes in movement are actively noticeable. For Example, the analysis was done for the polynomial degree p_2, p_5 . (Fig. 3(a,b)).

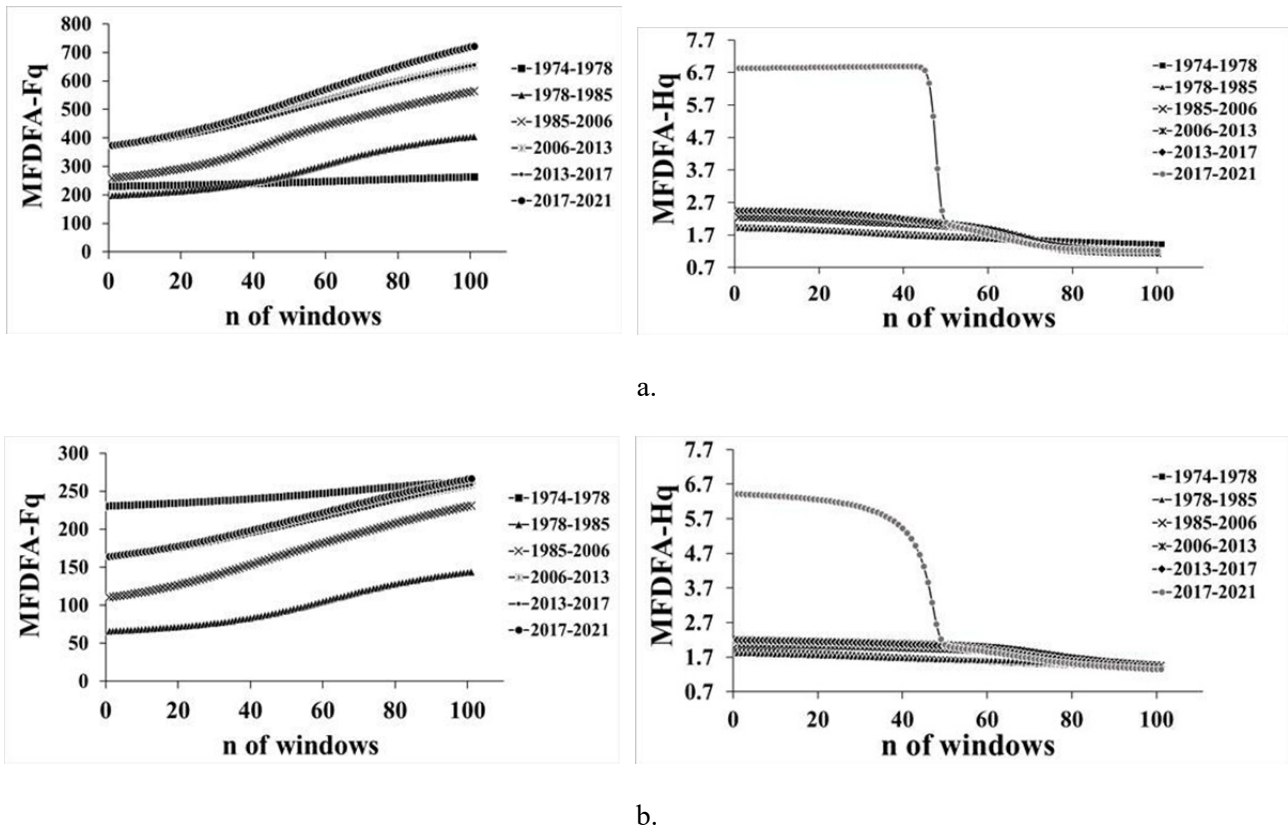


Fig. 3. MF-DFA ($F(q), H(q)$) analysis of displacements of Enguri Arc Dam foundation (a. polynomial degree $=p_2$; b. polynomial degree $=p_5$).

From the results of the MF-DFA analysis, we can see how the three main characteristics, $H(q)$ and $F(q)$ are changed (so active changes in period 2017-2021). We can conclude from the results that increasing the polynomial degree leads to a decrease in the value of $F(q)$. The $H(q)$ is in the numerical range 0.5–1 and above, which indicates that we have a long-range dependent (i.e. correlated) structure of time series. According to our studies, we can conclude that increasing the degree of polynomial makes changes in the dynamical structure of the system and decreases the fluctuation.

Conclusion

From the task of our analysis, we have investigated the dynamical characteristics of Enguri high weir foundation displacements dynamical changes. All databases of dam foundation displacements datasets were collected in the period started from 1974 to 2021. In our analysis, we used the MF-DFA modern method of data analysis. With our research, we conclude that the dynamics of dam foundation displacement are strongly influenced by the process of Arc Dam construction and especially by water level change in artificial helps us savor behind Enguri high dam. From MF-DFA analysis, we got clear results, which helps us to define the degree of dynamic changes and behavior of our system.

Acknowledgments

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF), grant FR-21-7273 “The analysis of time and spatial distribution of world seismic catalogues and Enguri Dam datasets”.

Reference

1. Chelidze, T., Matcharashvili, T., Abashidze, V., Kalabegashvili, M., and Zhukova, N., Real-time monitoring for analysis of dam stability: Potential of nonlinear elasticity and nonlinear dynamics approaches// *Frontiers in Structural and Civil Engineering*, 7, 2013, 188–205.
2. Chelidze, T., Tepnadze, D., Mepharidze, E., Sborshchikovi, A., Laliashvili, L., and Matcharashvili, T. Scaling features of earthquake occurrences in the equally distributed non-overlapping time windows// *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences* 14(4), 2020, 40–45.
3. Chelidze, T., Matcharashvili, T., Abashidze, V., Dovgal, N., Mepharidze, E., and Chelidze, L., Time series analysis of fault strain accumulation around large dam: the case of enguri dam, greater Caucasus, building knowledge for geohazard assessment and management in the Caucasus and other orogenic regions. In: Bonali, F. L., Mariotto, F. P., Tsereteli, N. (eds). *Building Knowledge for Geohazard Assessment and Management in the Caucasus and other Orogenic Regions*. Dordrecht: Springer, 2021, 185–204.
4. Matcharashvili, T., Hatano, T., Chelidze, T., and Zhukova, N., Simple statistics for complex earthquake time distributions// *Nonlinear Processes in Geophysics* 25, 2018, 497–510.
5. Matcharashvili, T., Chelidze, T., Zhukova, N., Mepharidze, E., Sborshchikovi, A., Tepnadze, D., and Laliashvili, L., Dynamical Changes of Foundation Displacements and Local Seismic Activity Occurred During Construction of Enguri Arch Dam// *25th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* The Hague, Netherlands: European Association of Geoscientists & Engineers, vol. 1, 2019, 1–5.
6. Peinke, J., Matcharashvili, T., Chelidze, T., Gogiashvili, J., Nawroth, A., Lursmanashvili, O., and Javakhishvili, Z., Influence of periodic variations in water level on the regional seismic activity around a large reservoir: field data and laboratory model// *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 156, 2006, 130–142.
7. Kantelhardt, J.W., Zschiegner, S.A., Koscielny-Bunde, E., Havlin, S., Bunde, A., and Stanley, H.E., Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series// *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 316, 2002, 87–114.
8. Espen, I.A.F. Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis in Matlab// *Frontiers in Physiology* 3(141), 2012, 1–18.
9. Gao, K., Hu, J., Tung, W.-W., Cao, Y., Sarshar, N., & Roychowdhury, V. P., Assessment of long-range correlation in time series: how to avoid pitfalls// *Phys. Rev. E, Stat. Nonlin. Soft Matter Phys.*, 73, 2006, 016117.
10. Sborshchikovi A., Chelidze T., Mepharidze E., Tepnadze D., Zhukova N., Matcharashvili T. and Laliashvili L., The Analysis of Dynamical Changes and Local Seismic Activity of the Enguri Arch Dam, In: Dinesh C. S. Bisht, Mangey Ram, *Computational Intelligence-based Time Series Analysis*, River Publishers, Denmark, 2022, 53–63.

ელექტროდიების მეთოდების გამოყენება მეწყერის შესწავლაში

ვარამაშვილი ნ., ამილახვარი დ., დვალი ლ., ქიტესაშვილი ლ.

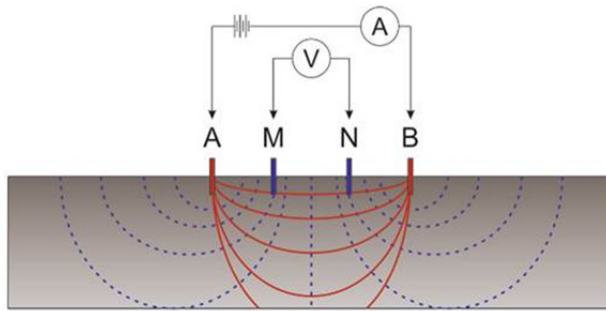
მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თსუ

ანოტაცია. ელექტროდიების მეთოდების საშუალებით შესაძლებელია გეოლოგიური გარემოს ელექტრომაგნიტური მახასიათებლების (წინააღმდეგობა, გამტარობა და ა.შ.) დადგენა, საიდანაც შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნები შესწავლილი ტერიტორიის აგებულების და დატენიანების შესახებ. ელექტრული გამოკვლევა, ისევე როგორც გეოფიზიკური კვლევების ძირითადი ნაწილი, შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: პასიური და აქტიური მეთოდები. პირველ მათგანს მიეკუთვნება ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდები, ხოლო მეორეს - ხელოვნური ელექტრული ველის მეთოდები. ნაშრომში წარმოდგენილი მასალები მიღებულია, მეწყერულ სხეულზე, ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების და ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდებით. მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნები ქანების გაწყლიანების და მიწისქვეშა წყლების ნაკადების შესაძლო არსებობის შესახებ. საკვანძო სიტყვები: ელექტროდიება, ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება, ბუნებრივი ელექტრული ველი

შესავალი

ელექტროდიება (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება)

წინააღმდეგობის მეთოდით ელექტროდიების მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ ელექტრული დენები შედის მიწაში და შედეგად მიღებული პოტენციალთა სხვაობები იზომება ზედაპირზე, რაც იძლევა ინფორმაციას ზედაპირის ქვეშ ელექტრული წინააღმდეგობის განაწილების შესახებ. საბოლოოდ, ეს მიუთითებს ქვეზედაპირის ლითოლოგიურ და სტრუქტურულ ცვალებადობაზე (რადგან წინააღმდეგობა დამოკიდებულია ქანების ფორიანობაზე და ფორებში წყალზე). მცირე სიღრმეებზე, წყლის არსებობა აკონტროლებს გამტარობის ცვალებადობას. წინააღმდეგობის გაზომვა, ზოგადად, არის გატენიანების და ფორების სივრცის დაკავშირების საზომი (1,2,3,5). ეს იმიტომ ხდება, რომ წყალს აქვს დაბალი წინააღმდეგობა და ელექტრული დენი მიჰყვება მინიმალური წინააღმდეგობის გზას. გაჯერების გაზრდა, მიწისქვეშა წყლების მარილიანობის მატება, ქანების ფორიანობის გაზრდა (წყლით სავსე სიცარიელები) და რღვევების რაოდენობის გაზრდა (წყლით სავსე), ეს ყველაფერი ამცირებს გაზომილ წინააღმდეგობას. ნიადაგის ან ქანების მზარდი გამკვრივება გამოდევნის წყალს და ეფექტურად ზრდის წინააღმდეგობას. გარემოს ΔV (პოტენციალთა სხვაობა) და შესაბამისად, ρ წინააღმდეგობა დამოკიდებული უნდა იყოს ელექტროდების კონფიგურაციასა და მდებარეობაზე [2]. ამიტომ, გაზომილ ρ მნიშვნელობას არაჰომოგენურ გარემოში ეწოდება მოჩვენებითი წინააღმდეგობა და აღინიშნება, როგორც ρ_a . არათანაბარი გარემოსთვის გადაანგარიშების კოეფიციენტი დამოკიდებულია ელექტროდების კონფიგურაციაზე. ელექტროდების სხვადასხვა კონფიგურაცია გამოიყენება დასმული ამოცანის ტიპის მიხედვით.



ნახ.1. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების შლუმბერჟეს მეთოდი.

ჩვენს ამოცანებში ვიყენებდით შუმერბერჟეს მეთოდს. მიმღები MN ელექტროდები მოთავსებულია გაზომვის სისტემის ცენტრში, ხოლო დენის AB ელექტროდებს შორის მანძილი თანდათან იზრდება [3,6,7,8].

ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდი

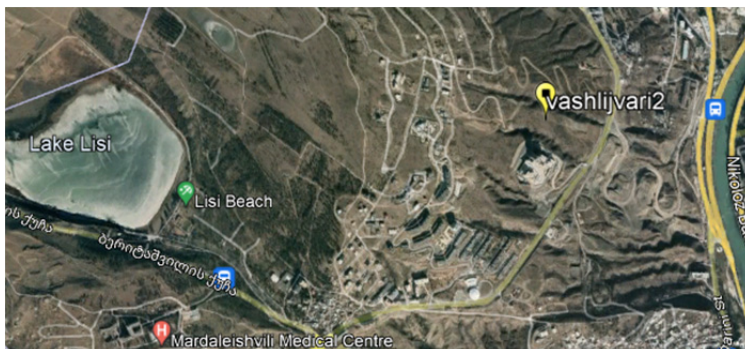
ბუნებრივი ველის მეთოდი იძლევა გამტარ მიწისქვეშა ქანებში ელექტრული დენების შემფოთებების შეფასებისა და გამოსახვის საშუალებას. მას აქვს გამოყენების მზარდი რაოდენობა. მათ შორის გეო-სამიშროების, წყლის რესურსებისა და ჰიდროთერმული სისტემების კვლევებთან დაკავშირებით [9,8].

მეწყერი წარმოადგენს ფარულ საფრთხეს სიცოცხლისა და ინფრასტრუქტურისთვის მთელ მსოფლიოში [4]. მასების ასეთი მოძრაობები ხშირად გამოწვეულია ფოროვანი წნევის გაზრდით. ბუნებრივი ველის მეთოდი გამოყენებულია მონიტორინგის კვლევების ფართო სპექტრში. როდესაც არსებობს სითხის ნაკადი, ბუნებრივი ველის ყველაზე მნიშვნელოვანი წყაროა ნაკადის პოტენციალი, რომელიც გამოწვეულია ელექტროლიტის ნაკადით ელექტრულად დამუხტული შიდა ზედაპირების ფოროვან გარემოში [10,8].

ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდში გამოიყენება დაკვირვების ორი მეთოდი: გრადიენტული მეთოდი და პოტენციური მეთოდი. გრადიენტული მეთოდის გამოყენებისას იზომება პოტენციალთა სხვაობა პროფილის მეზობელ წერტილებს შორის. ყველაზე ხშირად გამოყენებული და უმარტივესი დამუშავებისთვის არის ბუნებრივი ველის გაზომვა პოტენციური სქემის მიხედვით, როდესაც ერთი ელექტროდი ფიქსირდება, ხოლო მეორე იდენტური ელექტროდის გამოყენებით იზომება პოტენციალთა სხვაობა ფიქსირებულ ელექტროდსა და სივრცის დანარჩენ წერტილებს შორის.

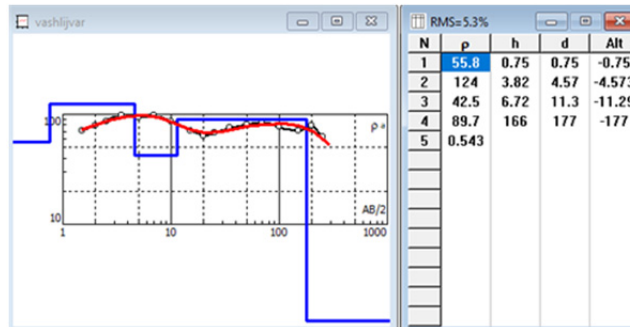
საველე გაზომვები და დამუშავების მეთოდები

ელექტროსადიებო სამუშაოები. 2021 წლის 29 მარტს მაჭავარიანის ქუჩაზე მდებარე მეწყერზე ელექტროსადიებო სამუშაოები ჩატარდა ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდით (სურ. 2).



ნახ. 2. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების წერტილი მეწყერული სხეულზე.

გაზომვა განხორციელდა მეწყრულ სხეულზე (სურ. 2). გაზომვა შესრულებულია ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდით, შლუმბერჯეს გაშლით. მაქსიმალური მანძილი მკვებავ ელექტროდებს შორის იყო 250 მეტრი.



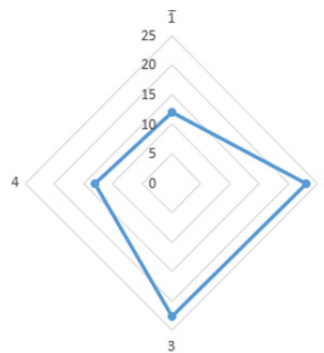
ნახ.3. მეწყერის სხეულზე გაზომვების შედეგად მიღებული ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მრუდი.

შესაბამისი ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მრუდი წარმოდგენილია ნახ.3-ზე. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მრუდზე გამოყოფილია პოტენციურად დატენიანებული ფენები. თუმცა, ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მრუდის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ მთელი გამოკვლეული მიწისქვეშა სივრცე ხასიათდება მაღალი ტენიანობით, რაც შეიძლება მიუთითებდეს წყლის შემოდინებაზე გარკვეული უბნებიდან.

ბუნებრივი ელექტრული ველის სამუშაოები. ბუნებრივი ელექტრული ველის გაზომვა განხორციელდა ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების წერტილის (ვაშლიჯვარი2) სიახლოვეს (სურ.2). გაზომვა განხორციელდა პოტენციალის მეთოდით (ნახ.4ა). ერთი ელექტროდი დაფიქსირდა სტაციონარული წრის ცენტრში, ხოლო მეორე ელექტროდი, მასთან დაკავშირებული 25 მეტრიანი კაბელით, მოძრაობდა წრის გარშემო 90 გრადუსიანი კუთხით. პოტენციალთა სხვაობა გაზომილი იყო თითოეულ საფეხურზე. ბუნებრივი ელექტრული ველის გაზომვები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მიწისქვეშა წყლის ნაკადის შესაძლებელი არსებობა და მიმართულება. დიაგრამის ასიმეტრიიდან გამომდინარე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ადგილი აქვს მიწისქვეშა წყლების მოძრაობას. წარმოდგენილი დიაგრამის (ნახ.4ბ) ანალიზით შეიძლება ვივარაუდოთ მიწისქვეშა წყლების დინების მიმართულება. სავარაუდოდ, მიწისქვეშა წყლის ნაკადის მოძრაობა ხდება მცირედან დიდი პოტენციალთა სხვაობის მიმართულებით.



ა.



ბ.

ნახ. 4. ა) არაპოლარიზებული ელექტროდები PMS 9000, ბ) ბუნებრივი ველის გაზომვის შედეგი წრიული (90° კუთხით) ბრუნვით.

დასკვნა

1. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდი ეფექტურია მიწისქვეშა წყლების დონის, მიწისქვეშა ლითოლოგიის და მიწისქვეშა ქანების ტენიანობის შესაფასებლად. ასევე, დატენიანებული ფენების სისქის შესაფასებლად.
2. ზუნებრივი ელექტრული ველის გაზომვები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მიწისქვეშა წყლების ნაკადის არსებობა და მიმართულება.
3. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ გაწეული სამუშაო არ არის საკმარისი საკითხის სიღრმისეულად შესასწავლად. საჭიროა შემდგომი კვლევები.

ლიტერატურა

1. Varamashvili N., Chelidze T., Devidze M., Chikhladze V. Laboratory and mathematical modeling of landslides triggered by external factors. Field research. // Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakishvili Tbilisi State University, vol. LXVIII, Monography, Tbilisi, 2017, (in Georgian).
2. Vertical electrical sounding, practical course “Basics of geophysical methods” for students of geological specialties, Moscow, 2007 (in Russian).
3. Electroprospecting: a guide to electrical exploration practice for students of geophysical specialties. Edited by prof. V.K. Khmelevskoy, Assoc. I.N. Modina, Assoc. A.G. Yakovleva – Moscow, 2005 (in Russian).
4. Fabio Vittorio De Blasio, Introduction to the Physics of Landslides. Springer, 2011.
5. Varamashvili N., Tefnadze D., Amilaxvari D., Dvali L., Chikadze T., Qajaia G., Varamashvili D. Vertical electric sounding in water search tasks and for landslide hazards assessment // International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“, Kutaisi, Georgia, 21-22 September, 2018 (in Georgian).
6. Chelidze T., Varamashvili N., Chelidze Z., Kiria T., Ghlonti N., Kiria J., Tsamalashvili T. Cost-effective telemetric monitoring and early warning systems for signaling landslide initiation. Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakishvili Tbilisi State University. Monography. Tbilisi, 2018 (in Georgian).
7. Varamashvili Nodar D., Tefnadze Dimitri V., Amilaxvari Dimitri Z., Dvali Levan B., Chikadze Tornike G., Qajaia George T., Varamashvili Davit N. // Water Search and Landslides Study Using Electroprospecting. Journal of the Georgian Geophysical Society, v.22(1), 2019, pp.10 – 15.
8. Nodar Varamashvili, Jemal Kiria, Avtandil Tarkhan-Mouravi, Nugzar Ghlonti. The Possibility of Electroprospecting Methods in the Assessment of Subsurface Humidity and Groundwater Flow in a Landslide Area // Journal of the Georgian Geophysical Society, 2022. v.25(1), pp.12–20, DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224796>
9. Revil André, Jardani Abderrahim. The self-potential method: Theory and applications in environmental geosciences. 2013, Cambridge University Press.
10. Heinze T., Limbrock J.K., Pudasaini S.P. and Kemna A.. Relating mass movement with electrical self-potential signals. Geophys. J. Int., 2019, 216, pp. 55–60.

APPLICATION OF ELECTROPROSPECTING METHODS IN THE STUDY OF LANDSLIDES

Varamashvili N., Amilakhvari D., Dvali L., Kitesashvili L.

M. Nodia Institute of Geophysics, TSU, Tbilisi, Georgia

Abstract. *With the help of electrorprospecting methods, it is possible to determine the electromagnetic characteristics of the geological environment (resistance, conductivity, etc.), from which we can draw conclusions about the structure and moisture content of the studied area. Electrical survey, like the main part of geophysical surveys, can be divided into two groups: passive and active methods. The first of them includes natural electric field methods, and the second - artificial electric field methods. The materials presented in the work were obtained, on the landslide body, by vertical electric sounding and natural electric field methods. Based on the analysis of the obtained results, conclusions are made about the possible existence of rock humidity and underground water flows.*

Keywords: *electric search, vertical electric sensing, natural electric field.*

HYDRODYNAMIC ANOMALIES RELATED WITH PREPARATION OF EARTHQUAKES MAG>4 IN GEORGIA (2022)

*Jimsheladze T., *Melikadze G., *Kobzev G., *Tchankvetadze A.,
**Razmadze-Brokishvili T.

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

**Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. In terms of geodynamic life, territory of Georgia is one of the most active region. More the 20 year was operating a special network of hydro-geodynamical (water level, Atmosphere pressure and air temperature) observation on the territory of Georgia [1,2,3]. Ten deep boreholes located basically on the main geo-plate and open deep aquifers. These wells as sensitive strain-meters recorded all kinds of deformation caused by exogenous (atmospheric pressure, tidal variations and season variation), as well as endogenous processes. During observation on the territory of Georgia has observed various anomalies by water level before seismic events [4,5]. Revealing of the mechanism of interrelation between the deformation processes, forestall strong earthquakes, and a hydrodynamic variation of underground waters, would allow to explain such preliminary behavior of hydrodynamic effects and to develop scientifically proven methods of the forecast of earthquakes.

Key words: Hydrodynamic field, earthquake indicator.

The article contain information about several hydrodynamic anomalies were observed during earthquake (2022, Mag>4) in Georgia on the multiparametric monitoring network of M. Nodia institute of Geophysics. Data were analyzed by the special program which gives possibility to exclude the influence of geological factors by the common value of tidal variations. Was analyzed reaction of parameters to the earthquake preparation process.

Measuring on all stations is taken every one minute. For data recording we use datalogger XR5-SE-M and the program LogXR. Data transferring is made by GSM modules Siemens and Wavecom-type. Data processing and figures creation is realized by program StationsMany [6].

Let us consider the changes in parameters during the preparation of the earthquakes for Mag>4 (in the period from 01.01.2021 to 31.07.2022 for four stations.

1. Earthquake in City Dmanisi - South-West - 26km. Village Sameba-9km. 13.02.2022 18:25, Mag = 6.1, Depth = 10km.

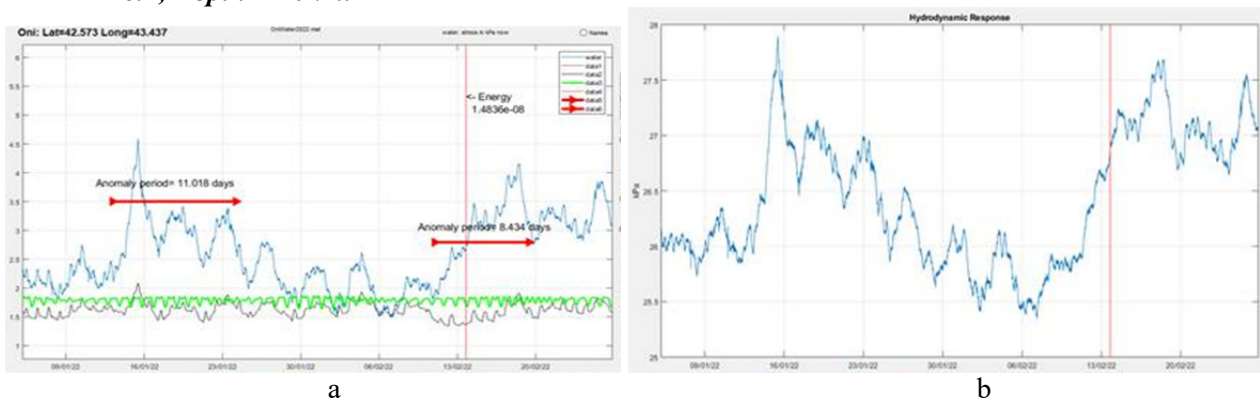


Fig.1. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Oni borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

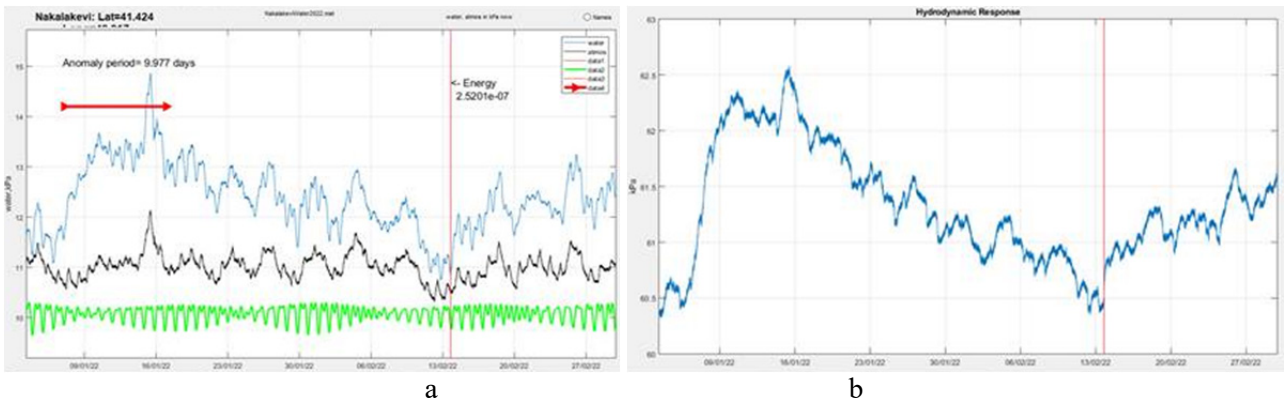


Fig.2. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Nakalakevi borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

The first of them - "Oni", is located 165 km from the epicenter, the second, "Nakalakevi", is located 64km from the epicenter.

Anomaly was revealed on "Oni" and "Nakalakevi" stations before 13 February 2022 earthquakes, 14 days earlier. Anomalous change of water level can be seen on the graph (Fig.1 a, b and Fig. 2 a, b). The duration of the anomalous period is fixed on figure.

2. Earthquake in City Vani - South-East - 18km. Resort Sairme-6km. 15.03.2022 12:25 Mag=4.8, Depth=13 km.

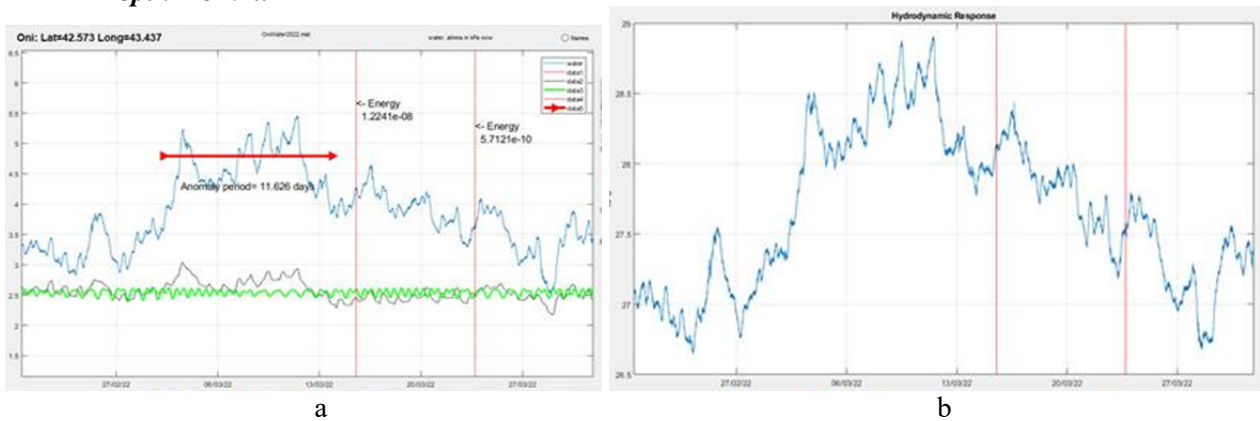


Fig.3. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Oni borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

In Oni, which is 87 km away from the epicenter, we observed an anomaly that continued for 10 days. The duration of the anomalous period is fixed on figure.

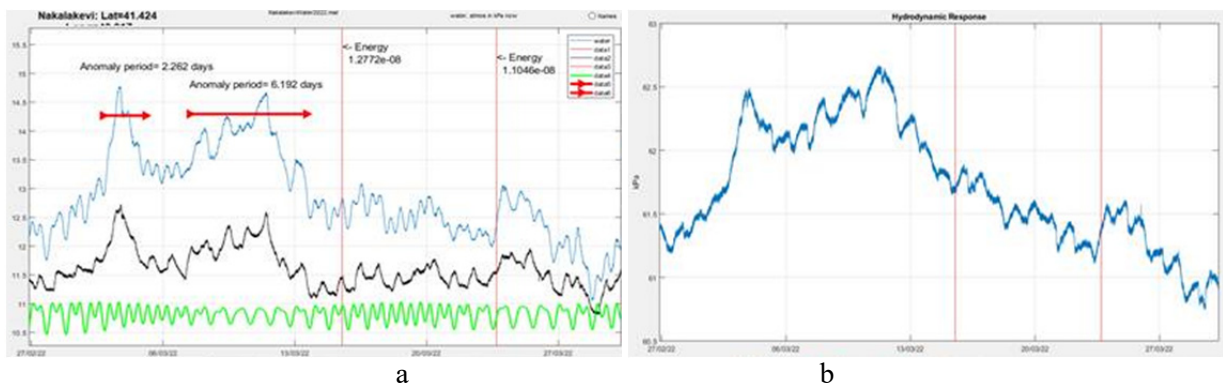


Fig. 4. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Nakalakevi borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

Anomaly was observed in Nakalakevi borehole 10 days earlier before event of 15 March 2022. The Earthquake occurred in 86 km far from a station.

3. Earthquake in City Dmanisi - South-West - 26km. Village Sameba - 8km. 14.05.2022 17:14 Mag=4.4, Depth=9km.

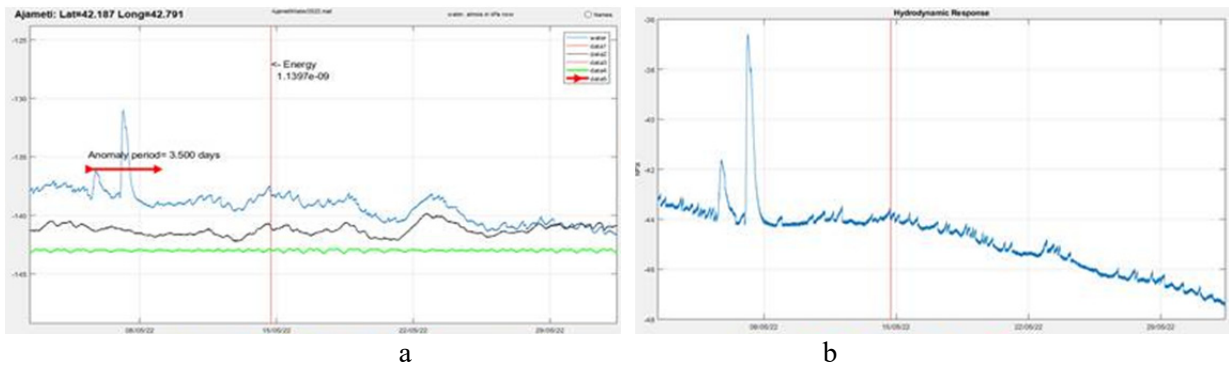


Fig.5. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Ajameti borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

At Ajameti station anomaly behavior was 7 day earlier before the earthquake and continued for 3 days. Earthquake epicenter was located in 143 km far from the station.

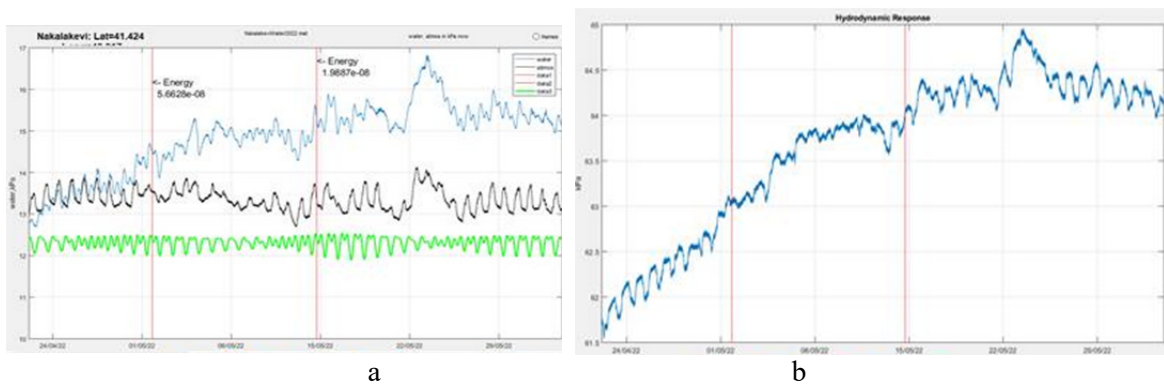


Fig. 6. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Nakalakevi borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

In Nakalakevi, which is 55 km away from the epicenter, we observed an anomaly that continued for 10 days.

4. Earthquake in City Dmanisi - South-West - 25km. Village Sameba - 9km 11. 07.2022 03:36, Mag=4.4, Depth=10km, Georgia

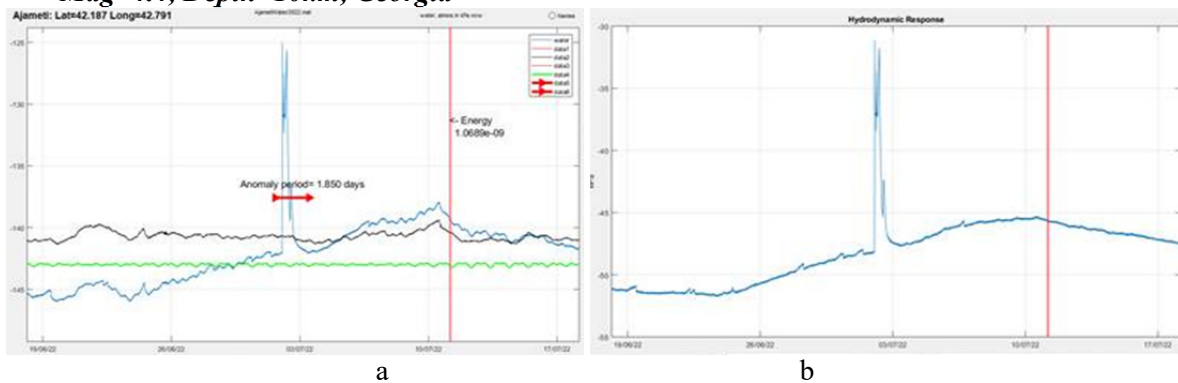


Fig.7. a - Water level, atmospheric pressure and tidal variations at the Ajameti borehole. Vertical line marks an earthquake. b- Hydrodynamic Response.

Anomaly was revealed on Ajameti Station before 11 July 2022 earthquake, 7 days earlier and continued 2 days long. The earthquake was in 146 km distance from the station.

Conclusion

Results of data analysis demonstrate the informatively of water level as an indicator of tectonic activity.

Variations in hydrodynamic parameters are caused by the earth stress. During normal period it change according tidal variation and has “background” value. Before seismic event character of variation changed above “background” value, as indicator of tectonic activity. During the observed time period were fixed earthquake with Magnitude >4, between 50-170 km from the station, occurred on the territory of Caucasus.

References:

1. Melikadze G., Kobzev G., Kapanadze N., Machaidze Z., Jimsheladze T. Analyze of underground water regime factors for determine tectonic component//LEPT Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Collection articles, Tbilisi, 2007, vol. XYI. Proceeding of Conference Dedicate to the 100-th Anniversary of Professor Josef Buachidze.
2. Kartvelishvili K., Melikadze G., Kobzev G. Influence of atmosphere pressure and tidal variation of gravity of the hydrosphere.// Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Proceedings of the Institute Geophysics, 2010, Volume 65, pp.169 -173.
3. Kobzev G., Melikadze G. Methods of hydrogeodynamical analysis for revealing earthquakes precursors//Workshop materials “Exploration and exploitation of groundwater and thermal water systems in Georgia, Tbilisi, Georgia, 2010, pp. 60-69,
4. Chelidze T., Matcharashvili T., Melikadze G. Earthquakes’ Signatures in Dynamics of Water Level Variations in Boreholes. // In: Synchronization and Triggering: from Fracture to Earthquake Processes, Eds.V.de Rubeis, Z. Czechowski, R. Teisseyre, Geoplanet: Earth and Planetary Sciences, 2010, Volume 1, Part 3, pp.287-304, DOI: 10.1007/978-3-642-12300-9_20, Springer.
5. Jimsheladze T., Kobzev G., Melikadze G., Zhukova N. Geodynamical Impact on the Water Level Variations in the Boreholes//Workshop materials “Exploration and exploitation of groundwater and thermal water systems in Georgia, Tbilisi, Georgia, 2010, pp. 69-83.
6. Melikadze G., Kobzev G., Jimsheladze T. Some Methods of Analyze Geodynamic Impact on the Deep Aquifare //Journal of Georgian Geophysical Society 01/2014; Physics of Solid Earth, v.17a (Issue (A)), pp.47-52.

საქართველოს წყალსაცავებით აღძრული სეისმური მოვლენები

იორდანიშვილი კ., იორდანიშვილი ი., ირემაშვილი ი.,
კანდელაკი ნ., ბილანიშვილი ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ანოტაცია. სტატიაში გაანალიზებულია მსოფლიოში მთის წყალსაცავებით აღძრული სეისმური მოვლენები (ე.წ. „აღძრული სეისმურობა“). განხილულია საქართველოს ტერიტორიის გეომორფოლოგიური პირობები და წყალსაცავები მაღალი კაშხლებით. აღნიშნულია ამ წყალსაცავებით „აღძრული სეისმურობის“ შესაძლო წარმოშობისა და განვითარების ძირითადი ფაქტორები, ესენია: ტერიტორიაზე მიმდინარე ტექტონიკური აქტიურობა, წყალსაცავში დაგროვილი ნატანისა და წყლის მასა, წყალსაცავის დონის ცვალებადობის დინამიკა, წყლის სიღრმე და ტერიტორიის ჰიდროლოგიური ზონალობა. გაანალიზებულია ენგურის წყალსაცავით აღძრული მიწისძვრები, რომლებიც იყო შემჩნეული მისი ექსპლუატაციის პირველივე წელს.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავები, „აღძრული სეისმურობა“.

შესავალი

მიწისძვრის მაგნიტუდა (M) [ლათ. magnitudo-სიდიდე] პირობითი სიდიდეა და მიწისძვრის ენერჯის ის რაოდენობაა, რომელიც ნიადაგის გადაადგილების მაქსიმალური ამპლიტუდის ლოგარითმის პროპორციულია. მიწისძვრის მაქსიმალური მაგნიტუდაა $M=9$, რაც შეესაბამება ენერჯის 10^{19} ჯოულს [1]. მიწისძვრის ენერჯის გასაზომად გამოიყენება სეისმოგრაფი, რომელიც აფიქსირებს მიწისძვრის ბალიანობას რიხტერის 8.2 ან მერკალის 12 ბალიან სკალით, ცხრ. 1. მსოფლიოს მკვლევარებმა ყურადღება მიაქციეს ხელოვნურად წარმოქმნილ სეისმურობას, რომელიც იყო გამოწვეული მსხვილი წყალსაცავების აგებით და შესაბამისად - წყლის დიდი რაოდენობის აკუმულირებით.

ძირითადი ნაწილი

მიწისძვრები მიმდინარეობს დედამიწის მთის რეგიონებში და იშვიათად-ვაკის. დედამიწის ზედაპირზე სეისმურობა განისაზღვრება მიწისძვრის მაგნიტუდით (M), ეპიცენტრალური მანძილით და ჰიპოცენტრის განლაგების სიღრმით. ამ თვალსაზრისით ენგურის აუზის მიწისძვრის ჰიპოცენტრები 5-10 კმ-ის სიღრმეზეა განლაგებული.

წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიაზე სეისმური მოვლენების აქტივიზაცია პირველად იყო შემჩნეული დიდი მოცულობის წყალსაცავების შექმნის შემდეგ. სეისმური მოვლენების გამწვავების ფაქტორებია - მთის ქანების დამაბული მდგომარეობის ცვლილებები და დამაბულობების კონცენტრაცია ქანების გადანატეხების ზონებში. წყალსაცავებით გამოწვეული „აღძრული“ სეისმურობის გამომწვევი ფაქტორებია: ტერიტორიის გეოლოგიური სიტუაცია (ქანების ტიპი, ტერიტორიის მთიანობა და სეისმიკა, სიღრმული ქანების რღვევები), წყალსაცავში წყლის და დაგროვილი ნატანის სიმაღლე და მასა, დონური რეჟიმის დინამიკა და წყალსაცავში წყლის სიღრმე.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [საგრანტო პროექტის N FR 21- 2942].

წყალსაცავების ტერიტორიის გეოლოგიური სიტუაცია განსაზღვრავს წყლის და ქანების ურთიერთდამოკიდებულებას. ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლების განსხვავების გამო, იქმნება ფერდობების სტატიკური მდგრადობის არახელსაყრელი პირობები: ქანების „ატივტივება“ - წყალსაცავში წყლის დონის აწევსას და მათი „დამძიმება“ - წყალსაცავში წყლის დონის დაწევსას. „აღძრული სეისმურობა“, რომელიც გამოწვეულია მსხვილი და ღრმა წყალსაცავებით, დაფიქსირდა დედამიწაზე გასული საუკუნის 50-იან წლებში, როდესაც დაიწყო მსხვილი და ღრმა წყალსაცავების აგება (ცხრ. 1).

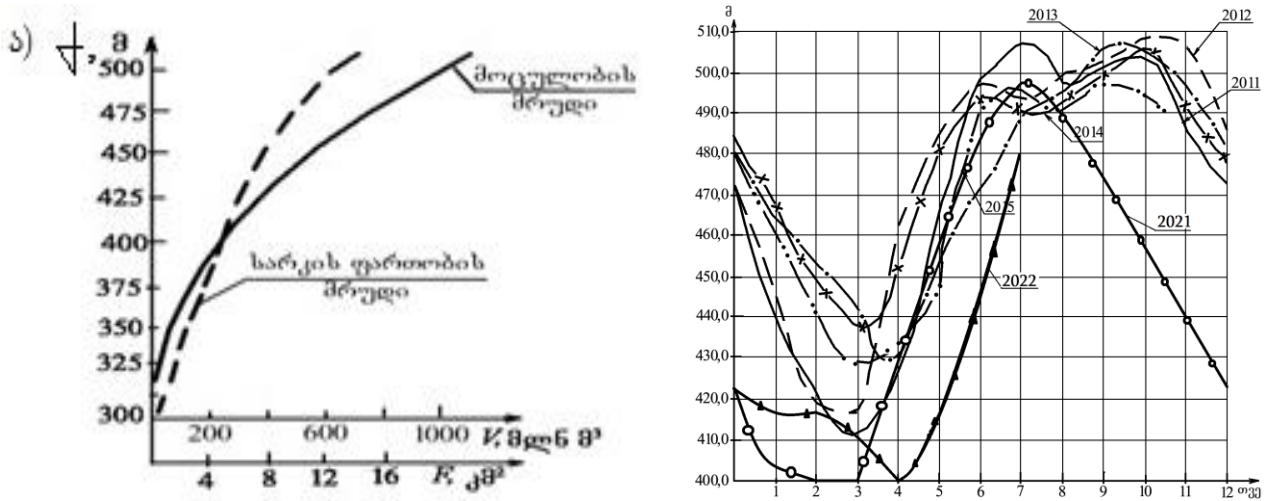
მიწისძვრის დროის (თარიღის) პროგნოზირება - მეტად რთული საკითხია. ყველაზე მნიშვნელოვანი ჰიდროსეისმური ფაქტები ადასტურებს იმას, რომ წყალსაცავში წყლის სიღრმის 100 მ-ზე და მოცულობის 0.01 კმ³-ზე მეტი გაზრდით - ფიქსირდებოდა მიწისძვრები.

ცხრილი 1. დედამიწის წყალსაცავების შექმნის შედეგად აღძრული მიწისძვრების წარმოქმნა

	კაშხალი (წყალსაცავი)	მდინარე	ქვეყანა	წყ-ის აგების წელი (ნ.შ.დ.-მდე)	წყ-ის მოცულობა, კმ ³	წყალსაცავის მაქსიმალური სიღრმე, მ	მიწისძვრის თარიღი	მაგნიტუდა, M
1	კრემასტა	აქელოოსი	საფრანგეთი	1965	4,8	120	24.01.1966	9,0
2	კოინა (შივა- ჯისადარი)	კოინა	ინდოეთი	1961	2,8	100	10.12.1967	7,0
3	კასირაკიონი	კრიკელიო-ტიკოს	საბერძნეთი	1969	1,0	100	1969	6,3
4	კარიბუ	ზამბეზი	ზამბია - ზიმბაბვე	1959-1963	175,0	122	23.09.1963	6,25
5	სინფინიანი	სინფინიანი	ჩინეთი	1961	13,9	105	1961	6,1
6	ოროვილი	ფეტერი	აშშ	1968	4,4	204	01,08,1975	5,7
7	უარაგამბა	უარაგამბა	ავსტრალია	1960	2,0	104	09,03,1973	5,4
8	აკოსომბო (ვოლტა)	ვოლტა	განა	1964-1967	165,0	109	11,1964	5,3
9	პორტო კოლუმბია	რიუ-გრანდე	ბრაზილია	1973	1,5	50	24,02,1974	5,1
10	ვოლტა გრანდე	რიუ-გრანდე	ბრაზილია	1973	2,3	31	24,02,1974	5,1
11	ბენმორი	უაიტაკი	ახალი ზელანდია	1963-1966	2,0	96	07,07,1968	5,0
12	ეუკუმბენე	ეუკუმბენე	ავსტრალია	1958	4,8	106	18,05,1959	5,0
13	ჰუვერი (Mid)	კოლორადო	აშშ	1935-1936	36,7	191	10,03,1940	5,0
14	მონტეინარი	დრაკი	საფრანგეთი	1962	0,3	125	25,04,1963	4,9
15	ბაინა-ბამტა	დრინა	იუგოსლავია	1965-1966	0,3	80	03,07,1967	4,8
16	კაჟურუ	პარა	ბრაზილია	1953-1959	0,2	21	23,01,1972	4,7
17	კანელიესი	ნოგუერა	ესპანეთი	1960	0,7	132	09,01,1962	4,7
18	სეფიდრუდი	სეფიდრუდი	ირანი	1962	1,8	80	02,08,1968	4,7
19	პუკაკი	პუკაკი	ახალი ზელანდია	1976	10,0	108	1978	4,6
20	ნურეკი	ვახში	ტაჯიკეთი	1972-1984	11,0	285	27,11,1972	4,5
21	კაფუე-გოჯი	კაფუე	ზამბია	1973-1978	5,0	62	13,05,1978	4,2
22	მანიკუაგან-3	მანიკუაგანი	კანადა	1975	10,4	96	23,10,1975	4,1
23	ენგურის	ენგური	საქართველო	1957	0,23	100	12.1979	4,4

ასეთივე მოვლენები დაფიქსირდა ენგურის წყალსაცავზე (საქართველო). „აღძრული“ სეისმური მოვლენების ანალიზმა გვაჩვენა, სეისმური აქტივობის გაზრდა, როდესაც წყლის

სიღრმემ 100 მ-ს მიაღწია. ენგურის წყალსაცავი - ყველაზე მსხვილი წყალსაცავია საქართველოში, რომელიც ექსპლუატაციაში შევიდა 1978 წელს. ენგურის წყალსაცავის სრული საპროექტო მოცულობა $V_{სრ}=1090,0$ მლნ მ³, $V_{სას}=66.20$ მლნ მ³, სიგრძე $L=38.5$ კმ, სიღრმე $H_{წყ.მაქს.}=230,0$ მ, წყალსაცავის დონის დამუშავება $H_{დონ.დამ.მაქს.}=70,0$ მ, ბეტონის თაღოვანი კაშხლის სიმაღლე $H_{კაშხ.}=271,5$ მ; კაშხლის სიგრძე $L_{კაშხ.}=758,0$ მ, კაშხლის სიგანე $B_{კაშხ.}=10,0$ მ, ნახ. 1 [2,3,4,5]. მდ. ენგურის აუზი განლაგებულია $M=5,5$ მაგნიტუდის ზონაში, ხოლო მის სეისმოსაფრთხე - ჩრდილოეთისკენ მკვეთრად იზრდება, რადგან სიღრმისეული რღვევის და მიწისძვრის კერა ერთმანეთთან არის დაკავშირებული. ამ რღვევასთან დაკავშირებულია ჩხალთის 9 ბალიანი მიწისძვრა (1963 წ.), რომლის მაგნიტუდა $M=6,4$.



ნახ. 1. ენგურის წყალსაცავის ჰიდროლოგიური მონაცემები
 ა) წყალსაცავის სარკის ფართობებისა და მოცულობების მრუდები;
 ბ) წყალსაცავის დონური რეჟიმის მრუდები

საქართველოს წყალსაცავების ტერიტორიის სეისმურობა დამოკიდებულია მიმდინარე ტექტონიკურ აქტიურობაზე, წყალსაცავში დაგროვილი ნატანის და წყლის მასაზე, წყალსაცავის დონის ცვალებადობის დინამიკაზე, წყლის სიღრმეზე და ტერიტორიის ჰიფსომეტრულ ზონალობაზე (ა), ცხრ. 2. ამის მიხედვით, 6-9 ბალიან ზონაში განლაგებულია ენგურის, ალგეთის, ჟინვალის, სიონის, შაორის და ხრამის წყალსაცავები, ცხრ. 3. მაგრამ რადგან საქართველოს წყალსაცავების სიღრმე ნაკლებია 100 მ-ზე (გარდა ენგურისა) ამიტომ სავარაუდოდ ამ წყალსაცავებზე არ არის მოსალოდნელი „აღძრული“ მიწისძვრები.

ცხრილი 2. საქართველოს ტერიტორიის ჰიფსომეტრული ზონალობის კოეფიციენტები (ა)

№	წყალსაცავის ტიპი	წყალსაცავის შეტბორვის დონე, მ	„ა“-ს მნიშვნელობა
1	ვაკის	<400.0	0.52
2	მთის წინა	400.0-800.0	0.34
3	მთის	800.0-1200.0	0.32
4	მაღალი მთის	>1200.0	0.30

ცხრილი 3. საქართველოს მსხვილი წყალსაცავებით აღძრული შესაძლო სეისმურობის წარმომქმნელი ძირითადი ფაქტორები.

	წყალსაცავის დასახელება	წყალსაცავის მაქსიმალური მოცულობა V_{max} , (მლნ მ ³) და მასა (მლნ ტ)	წყალსაცავის მაქსიმალური სიღრმე, H_{max} , მ	წყალსაცავის დონის მაქსიმალური ჰიფსომეტრია, 4_{max} , მ	წყალსაცავში დაგროვილი ნატანის მასა, მლნ ტ	წყალსაცავის ფსკერზე წყლის და ნატანის საერთო მასა, მლნ ტ.	წყალსაცავის ტერიტორიის მაკროსეისმური ინტენსივობა,	რელიეფის მთიანობის კოეფიციენტის
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ენგურის	1090.0	230.5	510.0	200.0	1300.0	8	0.404
2	ქინვალის	510.0	98.00	810.0	250.0	770.0	8	0.384
3	სიონის	325.0	68.6	1068.0	50.0	375.0	7	0.259
4	ხრამის	312.0	25.0	1512.0	15.0	330.0	8	0.203
5	შაორის	71.0	12.3	1132.0	6.0	80.0	7	
6	ალგეთის	65.0	72.5	792.0	8.0	75.0	6	0.349

საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებულია 36 წყალსაცავი, რომელთა შორის ყველაზე მსხვილია და ღრმა (100 მ-ზე მეტი)- ენგურის.

ენგურის წყალსაცავში წყლის სიმაღლე 105 მ-მდე აწევსას მიწისძვრათა საერთო რაოდენობა გაიზარდა. სეისმური რეჟიმი გააქტიურდა [5]. სეისმური მოვლენები შემდეგნაირად მიმდინარეობდა: 1978 წლის აპრილში კაშხლიდან 30 კმ-ის რადიუსში დაფიქსირდა $K=5\div 7$ ენერგეტიკული კლასის რვა მიწისძვრა, მათ შორის ექვსი - 20 კმ-ის რადიუსში; ± 345 მ ნიშნულზე წყალსაცავის შევსებიდან ერთი თვის შემდეგ, წყალსაცავში მუდმივი დონის შენარჩუნების პირობებში, დარეგისტრირდა ათი $K=6\div 7$ კლასის მიწისძვრა, რომელთაგან შვიდი იყო კაშხლიდან 10 კმ-ის რადიუსში. მათი უმეტესი ნაწილი დაკავშირებულია ინგირის რღვევასა და ტყვარჩელის ფლექსურის გადაკვეთასთან, სადაც 1978 წლის მაისში რვა დღის განმავლობაში მოხდა რვა მიწისძვრა. ენგურის მიწისძვრების მაკროსეისმური ენერგია თავსდება იმ სეისმურ აქტიურობაში, რომელიც მიღებული იყო ენგურის წყალსაცავის დაპროექტებისას (ფონური სეისმურობა შეფასებული იყო 8 ბალად). ენგურის წყალსაცავის რაიონის მიწისძვრის ჰიპოცენტრები განლაგებულია 5-10 კმ სიღრმეზე. ასეთ პირობებში 5 მაგნიტუდამ შეიძლება გამოიწვიოს მიწის ზედაპირზე 8 ბალიანი მიწისძვრა. საქართველოს დანარჩენ წყალსაცავებზე (ცხრ.3) აღძრული მიწისძვრები არ არის შემჩნეული.

დასკვნა

არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, გამოვყოთ ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ წყალსაცავებით აღძრულ სეისმურ სიტუაციას, ესენია: წყალსაცავის დონის არასწორი აწევ-დაწევა; წყალსაცავის სიღრმე 100 მ-ზე მეტი ფსკერზე ინფილტრაციული და წყლების განტვირთვის პირობების ცვლილებები; დედამიწის ქერქში გადანატეხების

* K - მიწისძვრის ენერგეტიკული კლასი, რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მაგნიტუდის მნიშვნელობაზე (M), $K=1,87M+3.9$.

არსებობა; მთის ქანების დამაბული მდგომარეობის ცვლილებები; მიწისქვეშა წყლების ჰიდროსტატიკური დაწნევის გაზრდა.

ძნელია აიხსნას საქართველოს მთის წყალსაცავებით „აღძრული“ სეისმური აქტივიზაციის ბუნება. ნათელია, რომ ის დაკავშირებულია ქანების დამაბულობის ცვლილებასთან და წყლის მზარდი ჰიდროსტატიკურ დაწნევასთან. „აღძრული“ სეისმურობის შესწავლა და პროგნოზირება - წარმოადგენს სეისმური მოვლენების ახალ ამოცანას.

„აღძრული“ სეისმური მოვლენების არიდების ერთ-ერთი მეთოდია წყალსაცავის წყლის დონის აწევ-დაწევის სიჩქარის სწორი რეგულირება.

ლიტერატურა

1. Шукин И.С. Советская энциклопедия, 1980, 703 стр.;
2. იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., საქართველოს მთის წყალსაცავები და მათი ზემოქმედება გარემოზე. უნივერსალი, თბილისი, 2010, 340 გვ.;
3. იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., საქართველოს წყალსამეურნეო ობიექტების კადასტრი, უნივერსალი, თბილისი, 2015, 223 გვ.;
4. მეტრეველი გ., მაჭავარიანი ლ., გულაშვილი ზ. წყალსაცავების პოზიტივები და ნეგატივები, სამშობლო, თბილისი, 2022, 200 გვ.;
5. Чоговадзе Г.И., Мгебришвили И.М., Ломов И.Е., Ингурская электростанция. Энергоиздат, М., 1987, 200 стр.

SEISMIC EVENTS CAUSED BY WATER RESERVOIRS OF GEORGIA

Iordanishvili K., Iordanishvili I., Iremashvili I., Kandelaki N., Bilanishvili L.

Tsothe Mirtskhulava Water Management Institute of the Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The article analyzes the seismic phenomena provoked by the mountain reservoirs of the world (the so-called "caused seismicity"). The geomorphological conditions of the territory of Georgia and reservoirs with high dams are discussed. The main factors of the possible occurrence and development of "seismicity" caused by these reservoirs are named, namely: tectonic activity in the area, the mass of sediment and water accumulated in the reservoir, the dynamics of the reservoir level, water depth and hypsometric zoning of the territory. The earthquakes provoked by the Enguri reservoir, which were noticed in the first year of its operation, are analyzed.*

Key words: *reservoirs, "caused seismicity".*

დუშეთის გეომაგნიტური ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერის სტატისტიკური ანალიზი

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ., მეზაღიშვილი ნ.

თსუ, მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
kiria8@gmail.com

ანოტაცია. ნაშრომში შესწავლილია დუშეთის გეომაგნიტური ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერების სტატისტიკური პარამეტრები. გამოკვეთილია ძლიერი ანომალური ეპოზოდები 2020-2021 წლის მაის-ივნისის პერიოდში. დაიკვირვება მდგენლებისთვის განსხვავებული ბუნების პროცესები. გამოიკვეთა X მდგენელის სტაციონარობა დროში და Z მდგენლისთვის, პირიქით, არასტაციონარული ბუნება, ვინაიდან არასტაბილურია ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრის მნიშვნელობები. სამივე მდგენლისთვის ჩატარებულმა ტესტმა ნორმალური განაწილების შესახებ უარყოფითი პასუხი მოგვცა. ისინი, როგორც მაგნიტური ველის მთავარი კომპონენტები, ეპიზოდურად ავლენენ სუსტ და ძლიერ ანომალიებს. გარკვეულწილად, ეს პროცესები მონაცვლეობითი კანონზომიერებით ხასიათდება.

საკვანძო სიტყვები: მაგნიტური ველის მდგენლები, სტატისტიკური ანალიზი

გეომაგნიტური მონაცემების დაგროვება, მათზე დაკვირვება და სამეცნიერო ინტერპრეტაციების შექმნა კრიტიკულად ღირებულია დედამიწის მაგნიტური ველის ევოლუციის საიდუმლოებების დასადგენად. ზოგადად, გეომაგნეტიზმის თეორია ითვალისწინებს მაღალი დინამიკის მქონე გეოფიზიკური მონაცემების კვლევას. მიუხედავად დედამიწის მაგნიტური ველის ვარიაციების ურთულესი ბუნებისა, თანამედროვე ტექნიკური შესაძლებლობები გარკვეულ იმედებს იძლევა კვლევების სანდოობის თვალსაზრისით. ჩვენს ნაშრომში მოყვანილია კვლევის ისეთი მეთოდები, რომლებიც ადაპტირებულია სხვადასხვა საბუნებისმეტყველო მიმართულებასთან, პროცესების მთავარი მახასიათებლების შესწავლისა და მნიშვნელოვანი კანონზომიერების იდენტიფიცირებისთვის, რაც, თავის მხრივ, მაღალი სანდოობის ინტერპრეტაციებს და დასკვნებს იძლევა. მონაცემთა დროით-სივრცითი ანალიზის ბევრი მეთოდი არსებობს, მათ შორისაა გაფართობული სტატისტიკური ანალიზი, სხვადასხვა პიკური დონისა და გეომაგნიტურ მდგენელთა თვისებრივი (შესაბამისად, მიხრილობათა) ცვლილებები დროში, სპექტოგრამული და სხვა ვიზუალური მანქანური შესაძლებლობებით ძლიერი, საშუალო და სუსტი ანომალიების აღმოსაჩენად.

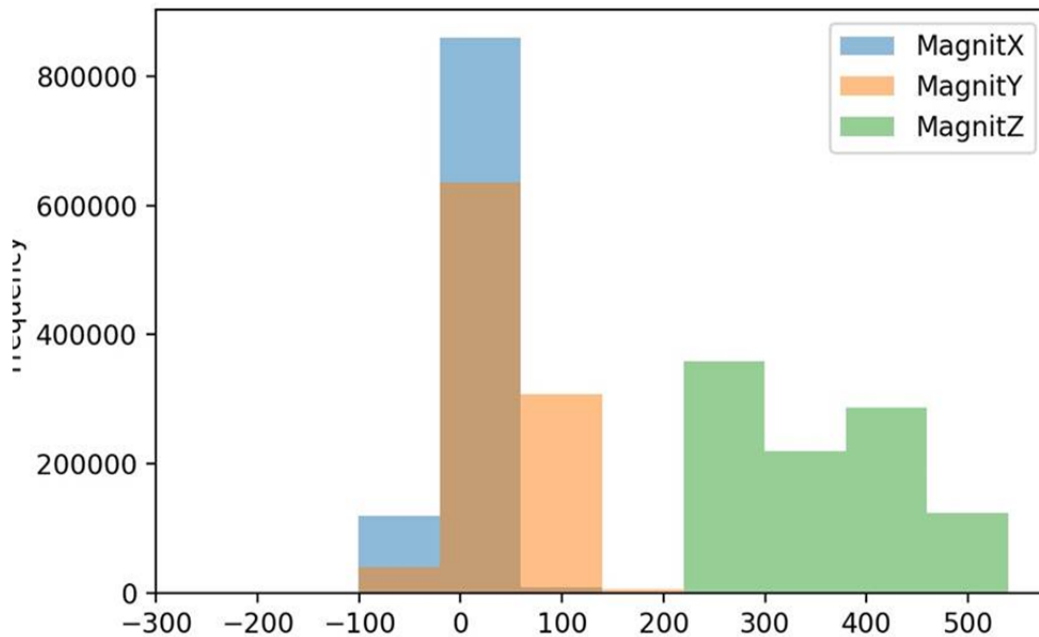
დუშეთის ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერი მოიცავს Time – დროს, X, Y და Z – მაგნიტური ველის შესაბამისი მდგენლებს. დრო აღრიცხულია წუთობრივი დისკრეტიზაციით, მონაცემთა მასივის სიგრძე კი მოიცავს 990612 ჩანაწერს.

ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი 1. გვიჩვენებს მონაცემთა ზოგადსტატისტიკურ მნიშვნელობებს. მათ შორისაა ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 1. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენლების ჩანაწერთა სტატისტიკა (ე.წ. Describe)

	MagnitX	MagnitY	MagnitZ
count	990612.000000	990612.000000	990612.000000
mean	6.653477	43.593003	352.956217
std	25.245375	35.184209	80.340438
min	-260.162000	-89.558000	209.985000
25%	-8.238250	19.385000	272.527000
50%	8.108000	48.824000	352.088000
75%	23.799000	64.118000	420.433000
max	151.281000	191.524000	539.250000

მაგნიტური ველის მდგენლებისთვის ნაჩვენებია სიხშირეთა ჰისტოგრამული წარმოდგენა, რომელიც საშუალებას გვაძლავს, უფრო კონკრეტულად დავაკვირდეთ ანომალიების ინტენსივობას (წილობრივ რაოდენობას) მთელ დროით მწკრივებში. აშკარად იკვეთება მდგენელთა ვარიაციებში დომინანტურად მეტად ცვალებადი მნიშვნელობები.



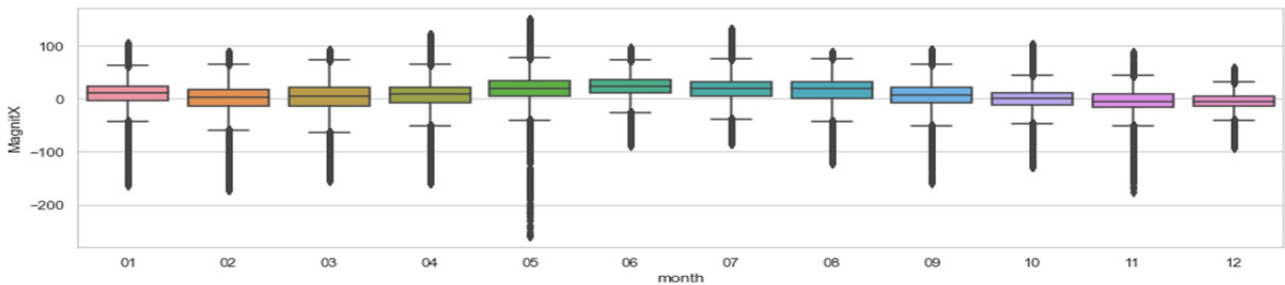
ნახ. 1. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენლების ჩანაწერთა ჰისტოგრამული წარმოდგენა.

ნახ. 1. საშუალებას იძლევა, განვმარტოთ X, Y და Z მდგენელთა თავისებურებები. X, Y-ების ქცევის ბუნება აშკარად თანხვედრილია, რაც ურთიერთშეთანხმებულ ვარიაციებს კიდევ ერთხელ ადასტურებს. იმავეს ვერ ვიტყვი Z მდგენელზე. ის აშკარად ნაკლებად ვარიაციულია და მისი მნიშვნელობათა განაწილების წესი ახლოსაა თანაბარ განაწილებასთან.

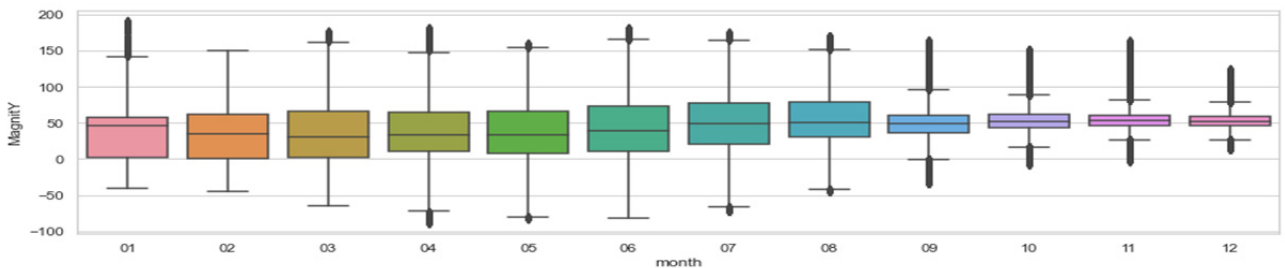
ცხრილი 2. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენელების ჩანაწერთა კორელაციური კავშირების ცხრილი.

	MagnitX	MagnitY	MagnitZ
MagnitX	1.000000	-0.387206	-0.157344
MagnitY	-0.387206	1.000000	0.621403
MagnitZ	-0.157344	0.621403	1.000000

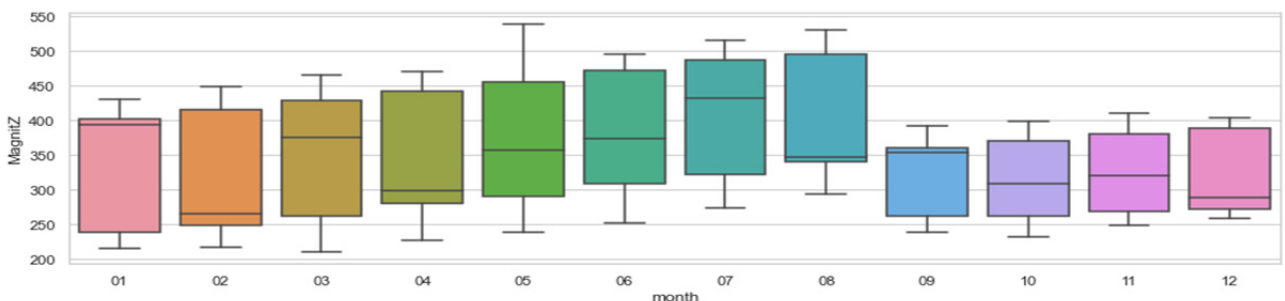
ცხრილი 2-ზე კარგად ჩანს მდგენელთა შორის კორელაციური კავშირები. ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ მაღალი კორელაციაა Y და Z მდგენლებს შორის (0,62). აქედან გამომდინარე, საჭიროდ ჩავთვალეთ, გამოვიკვლიოთ თითოეული მათგანის განაწილება თვისებებზე ეპიზოდურად ბოქსჩარტების გამოყენებით.



X-მდგენელი



Y-მდგენელი



Z-მდგენელი

ნახ. 2. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენელების ჩანაწერთა განაწილების ყოველთვიური ანალიზი.

როგორ უკვე ჩანს ნახ. 2-დან, მაისი ორივე წელს განსაკუთრებით განსხვავდება სხვა თვეებისგან. ვფიქრობთ, ეს თვე იმსახურებს ცალკე შესწავლას სხვა გეოფიზიკურ პროცესებთან მიმართებაში. X და Z მდგენლები მაის-ივნისში აჩვენებს ვარიაციის კოეფიციენტის ძლიერ ცვლილებას, საგრძნობლად იხრება საშუალო მნიშვნელობა მაქსიმუმისკენ. ზოგადად, თვიდან თვემდე ამკარაა სამივე მდგენელზე, განსაკუთრებით Z მდგენელზე, საშუალო შეწონილი მნიშვნელობების ძლიერი ვარიაცია. ამ მდგენლისთვის ფაქტიობრივად, განაწილების მთელ პოლიგონზე ვერ იპოვიოთ მსგავს თვეებს. იმავეს ვერ ვიტყვიოთ X მდგენელზე. პროცესი სტაციონარულია და მისი ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები სტაბილურია. ამ თვალსაზრისით ვღებულობთ, რომ X არის სტაციონარული, Y-ს გააჩნია საშუალოს გასწვრივ მაღალ მნიშვნელობათა კუმულაციის ნაზრდი თვისება, რაც შეიძლება მიუთითებდეს გარკვეული დროით პროცესის სტანდარტულ ნორმალურ განაწილებად ჩამოყალიბებაზე.

ლიტერატურა

1. Glatzmaier, Gary A.; Roberts, Пол X. (1995). «Трёхмерное самосогласованное компьютерное моделирование разворота геомагнитного поля». Природа. 377(6546): 203–209.
2. Ilya Loshchilov, Frank Hutter. Fixing Weight Decay Regularization in Adam. 2017. arXiv:1711.05101v2.
3. Diederik P. Kingma, Jimmy Ba. A Method for Stochastic Optimization. 22 Dec 2014 (v1), last revised 30 Jan 2017 (this version, v. 9).
4. Kratsios, Anastasis. Deep Arbitrage-Free Learning in a Generalized HJM Framework via Arbitrage Regularization Data". 2020.

THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE 2020-2021 MINUTELY RECORD OF THE MAGNETIC FIELD COMPONENTS AT THE DUSHETI GEOMAGNETIC OBSERVATORY

Kiria T., Nikolaishvili M., Chkhaidze T., Mebaghishvili N.

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

Abstract. *The paper considers the statistical parameters of the magnetic field components recorded minutely in 2020-2021 at the Dusheti Geomagnetic Observatory. Strong anomalous episodes were distinguished in the period of May-June 2020-2021 and different processes were observed in the components. The X coefficient was stationary in time and Z coefficient, on the contrary, was characterized with non-stationary nature since the values of the main statistical parameters were unstable. The test for normal distribution for all three coefficients gave us a negative answer. As the main components of the magnetic field, they periodically showed weak and strong anomalies. To some extent, these processes were characterized with alternating regularity.*

Key words: *Magnetic field components, statistical analysis*

მზის აქტივობის ანალიზი სპექტრალური და რეკურენტული მეთოდებით

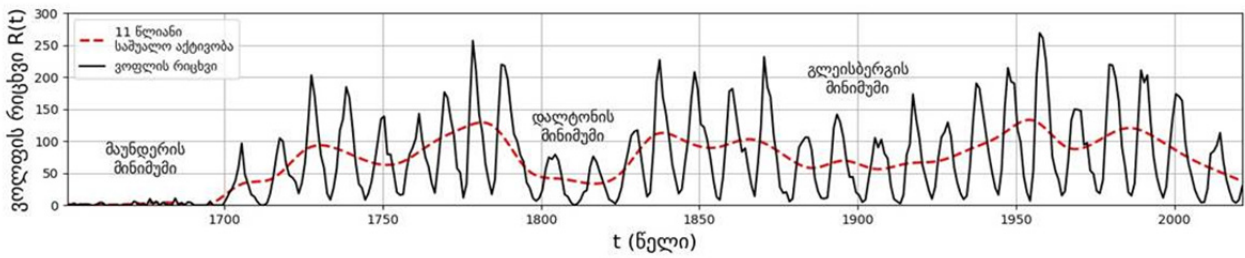
ბურდილაძე ლ., კობაიძე დ.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ანოტაცია. სტატიაში გამოკვლეულია მზის აქტივობის ერთ-ერთი ინდექსი - ვოლფის რიცხვი მონაცემთა დამუშავების შემდეგი მეთოდებით: ფურიე ანალიზი, ვეივლეტ ანალიზი, ჰილბერტ-ჰუნანგის ანალიზი და რეკურენტული რაოდენობრივი ანალიზი (RQA). სპექტრალური ანალიზის მეთოდებით ნაპოვნია მზის აქტივობის ცნობილი საშუალოდ 11 წლიანი და უფრო დიდი პერიოდებიც. ფურიე და ვეივლეტ ანალიზის მეთოდებისგან განსხვავებით, ჰილბერტ-ჰუნანგის ანალიზმა რაოდენობრივად მეტი და მოკლე პერიოდებიც აღმოაჩინა. რეკურენტული რაოდენობრივი ანალიზით გამოკვლეულია მზის აქტივობის დინამიკა რამდენიმე RQA ზომის დახმარებით. მზის აქტივობაში დაიკვირვება ფაზური გადასვლები, რომლებიც ემთხვევა მზის აქტივობის მინიმუმებს. 21-ე საუკუნის მონაცემების ანალიზით დაფიქსირდა ახალი მინიმუმის მოახლოება. ვოლფის რიცხვი აღებულია SILSO-ს მონაცემთა ბაზიდან.

საკვანძო სიტყვები: მზის აქტივობა, ვოლფის რიცხვი, სპექტრალური ანალიზი, რეკურენტული რაოდენობრივი ანალიზი (RQA).

შესავალი: გამომდინარე იქიდან, რომ მზეზე მიმდინარე პროცესები, როგორცაა მზის მაგნიტური ველის ვარიაცია, მზის ქარი და ა.შ. მოქმედებს დედამიწის კლიმატზე, ტემპერატურასა და გეომაგნიტური ველის დინამიკაზე, მზის აქტივობის გამოკვლევა დღესდღეობით აქტუალური საკითხია. მზიდან ამოტყორცნილი ცხელი პლაზმა (მზის ქარი) მაღალი სიჩქარით მოემართება დედამიწისკენ, ურთიერთქმედებს დედამიწის მაგნიტურ ველთან და იწვევს მასში ფლუქტუაციებს [3]. ამ ყველაფრის მიზეზია მზის აქტივობა, რომლის შესაფასებლადაც არსებობს მზის აქტივობის ინდექსები, ერთ-ერთი ასეთია ვოლფის რიცხვი, რომელიც გამოითვლება მზის ხილულ ზედაპირზე N ლაქებისა და G ლაქების ჯგუფების რაოდენობით შემდეგი ფორმულის საშუალებით $R = k(10G + N)$, სადაც R არის ვოლფის რიცხვი, ხოლო k - ნორმირების მუდმივა, რომელიც დამოკიდებულია დამკვირვებელ აპარატურაზე. ვოლფის რიცხვის ანალიზით დგინდება, რომ მზის აქტივობაში არსებობს 11 წლიანი პერიოდულობა. გარდა ამისა, დროის გარკვეულ შუალედებში მზე დაბალი აქტივობით ხასიათდებოდა, რის გამოც ამ შუალედებს მზის აქტივობის მინიმუმები ეწოდება (მაუნდერის მინიმუმი, დალტონის მინიმუმი, გლეისბერის მინიმუმი). მაუნდერის მინიმუმს (1645წ-1715წ) სხვანაირად „მცირე გამყინვარების ეპოქას“ უწოდებენ იმის გამო, რომ ამ დროს ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში ფიქსირდებოდა საშუალოზე დაბალი ტემპერატურა. სურ.1-ზე ნაჩვენებია ვოლფის რიცხვის ყოველწლიური საშუალო მნიშვნელობის დამოკიდებულება დროზე. მზის აქტივობის შესასწავლად მონაცემთა დამუშავებისთვის გამოვიყენეთ სპექტრალური და რეკურენტული ანალიზის მეთოდები.



სურ.1: ვოლფის რიცხვის ყოველწლიური საშუალო მნიშვნელობები [7].

ჩვენი მიზანი იყო გამოგვევლინა მზის აქტივობის მახასიათებელი ცნობილი 11 წლიანი პერიოდის გარდა სხვა პერიოდებიც. გარდა ამისა, RQA გამოვიყენეთ მზის აქტივობის შემდეგი მინიმუმის მოახლოების პროგნოზისთვის.

მონაცემთა ანალიზის მეთოდები: სპექტრალური ანალიზის მეთოდების კლასიდან ჩვენ გამოვიყენეთ: ფურიე ანალიზი, ვეივლეტ ანალიზი, რომელიც არასტაციონარული სიგნალების დასამუშავებლად გამოიყენება [2] და ჰილბერტ-ჰუნგის ანალიზი, რომელიც არაწრფივი და არასტაციონარული სიგნალების ანალიზისთვის ხელსაყრელი მეთოდია [4]. ჰილბერტ-ჰუნგის მეთოდი მოიცავს სამ საფეხურს: სიგნალის ემპირიულ მოდელად დაშლა, ანალიზური სიგნალის მიღება და ჰილბერტის სპექტრის აგება. ემპირიული მოდელის დადგენა ხდება EMD (Empirical Mode Decomposition) ალგორითმით და ისინი აღწერენ მარტივ არაწრფივ და არასტაციონარულ რხევებს. ანალიზური სიგნალი წარმოადგენს დროზე დამოკიდებულ კომპლექსურ $z(t)$ ფუნქციას, რომელიც მიიღება $x(t)$ სიგნალის ჰილბერტის გარდაქმნით

$$H[x(t)] = \frac{1}{\pi} \text{P.V.} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x(\tau)}{t - \tau} d\tau = y(t) \quad (1)$$

$$z(t) = x(t) + iy(t) = \rho(t)e^{i\theta(t)} \quad (2)$$

სადაც $\rho(t)$ -ს ეწოდება მყისი ამპლიტუდა, $\theta(t)$ -ს მყისი ფაზა, ხოლო მყისი სიხშირე განიმარტება, როგორც $\omega(t) = d\theta/dt$. რეკურენტული რაოდენობრივი ანალიზი გამოიყენება არაწრფივი სიგნალების დასამუშავებლად და არ საჭიროებს სიგნალში ანათვლების დიდ რაოდენობას. ანალიზის ჩასატარებლად x_i მიმდევრობით, ფაზური სივრცის m განზომილებითა და τ დაყოვნების პარამეტრით იქმნება m განზომილებიანი ვექტორი \vec{y}_i , რომლითაც იგება რეკურენტული დიაგრამა - კვადრატული მატრიცა R_{ij} , რომლის ელემენტები მოიცემა შემდეგნაირად:

$$\vec{y}_i = (x_i, x_{i+\tau}, x_{i+2\tau}, \dots, x_{i+(m-1)\tau}), \quad R_{ij} = \theta(\varepsilon - \|\vec{y}_i - \vec{y}_j\|) \quad (3)$$

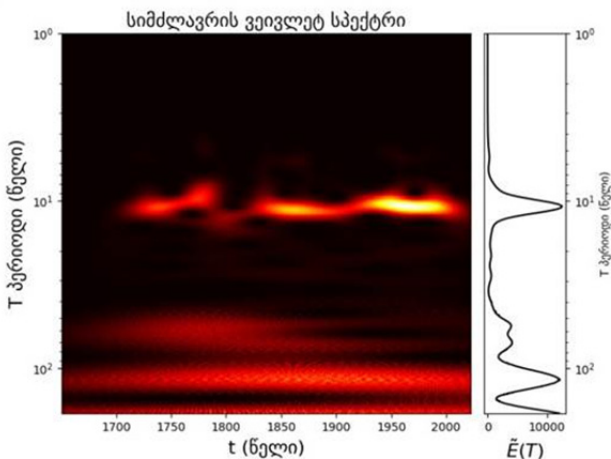
სადაც $I?$ ჰევისაიდის ფუნქციაა, $\varepsilon > 0$ ზღურბლური მანძილია \vec{y}_i და \vec{y}_j წერტილებს შორის [1]. R_{ij} იძლევა ინფორმაციას მონაცემებში მნიშვნელობების განმეორებადობის შესახებ. მონაცემების რაოდენობრივი ანალიზისთვის შემოღებულია ე.წ. RQA ზომები, რომლებიც სიგნალის სხვადასხვა მახასიათებელს გვიჩვენებს; ისინი გამოითვლება R_{ij} მატრიცის დახმარებით. ჩვენ გამოვიყენეთ შემდეგი RQA ზომები: RR (განმეორებადობის მაჩვენებელი), რომელიც გვიჩვენებს რეკურენტულ დიაგრამაზე რეკურენტული წერტილების საშუალო სიმკვრივეს; DET (დეტერმინიზმი), რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენად დეტერმინისტულია სიგნალი; L (წინასწარმეტყველების დრო), რომელიც არის რეკურენტულ დიაგრამაზე დიაგონალების საშუალო სიგრძე და ENTR (შენონის ენტროპია), რომელიც აფასებს სისტემის დეტერმინისტულ და სტოქასტურ ხასიათს რეკურენტულ დიაგრამაზე დიაგონალური ხაზების მიხედვით.

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{ij}, \quad DET = \frac{1}{N^2 RR} \sum_{\ell=\ell_{min}}^{N_D} \ell P(\ell) \quad (5.ა)$$

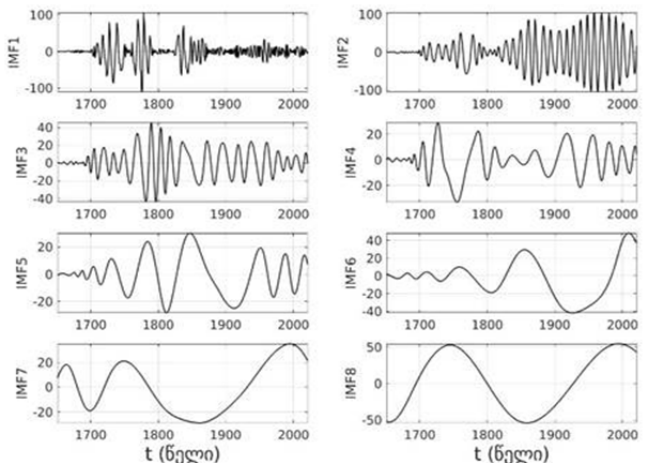
$$L = \frac{\sum_{\ell=\ell_{min}}^{N_D} \ell P(\ell)}{\sum_{\ell=\ell_{min}}^{N_D} P(\ell)}, \quad ENTR = - \sum_{\ell=\ell_{min}}^{N_D} p(\ell) \ln p(\ell) \quad (5.ბ)$$

სადაც N - სიგნალში ანათვლების რაოდენობაა, N_D - რეკურენტულ დიაგრამაზე დიაგონალების რაოდენობა, $P(\ell)$ არის ℓ სიგრძის დიაგონალების რაოდენობის ფუნქცია, ხოლო $p(\ell)$ წარმოადგენს ℓ სიგრძის დიაგონალის არსებობის ალბათობას რეკურენტულ დიაგრამაზე.

შედეგები: ფურიე ანალიზის მეთოდმა გამოავლინა ცნობილი 11 წლიანი პერიოდი და მასთან ახლოს მყოფი სხვა პერიოდებიც, რაც ნიშნავს იმას, რომ იგი განიცდის დროში ვარიაციას; თუ როგორია ვარიაცია, ამას გვიჩვენებს ვოლფის რიცხვის სიმძლავრის ვეივლეტ სპექტრი (სურ.2). როგორც ჩანს, მაუნდერის მინიმუმის დროს 11 წლიანი პერიოდი არ დაიკვირვება [5], დალტონის მინიმუმის დასაწყისში ეს პერიოდი განიცდის ცვლილებას და მსგავსი ყოფაქცევა დაიკვირვება გლეისბერგის მინიმუმშიც. მიღებული ემპირიული მოდეების სპექტრალურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ გარდა ცნობილი 11 წლიანი პერიოდისა ვოლფის რიცხვში იკვეთება 5.5, 8.5, 53.1, 124, 186.01 და 372.02 წლიანი პერიოდულობა. სურ.3-ზე მოცემულია სიგნალის შესაბამისი ემპირიული მოდეები, საიდანაც ჩანს, რომ მათი რხევის პერიოდები არ არის დროში მუდმივი, განსაკუთრებულად შესამჩნევი ცვლილება კი დაიმზირება მინიმუმების დროს. სურ.4 (ა)-დან ჩანს, რომ მინიმუმების შესაბამის დროის შუალედებში იკვეთება მოწესრიგებული (დიაგონალური) სტრუქტურები [6]; ამასთან, სურ.4 (ბ)-ზე შეგვიძლია დავაკვირდეთ, რომ RQA ზომების მნიშვნელობები იზრდება მზის აქტივობის მინიმუმების მოახლოებასთან ერთად. განსაკუთრებით აღსანიშნავია 2000-იანი წლების პერიოდი, საიდანაც ჩანს, რომ RQA ზომები ზრდას იწყებენ, რაც გვამღევეს იმის პროგნოზის საშუალებას, რომ გვიახლოვდება ახალი აქტივობის მინიმუმი, რომელიც არ უნდა იყოს მაუნდერის მინიმუმის მსგავსი, რადგან RQA ზომების ცვლილება არ არის ისეთი მკვეთრი, როგორც ეს მაუნდერის მინიმუმის შემთხვევაშია.

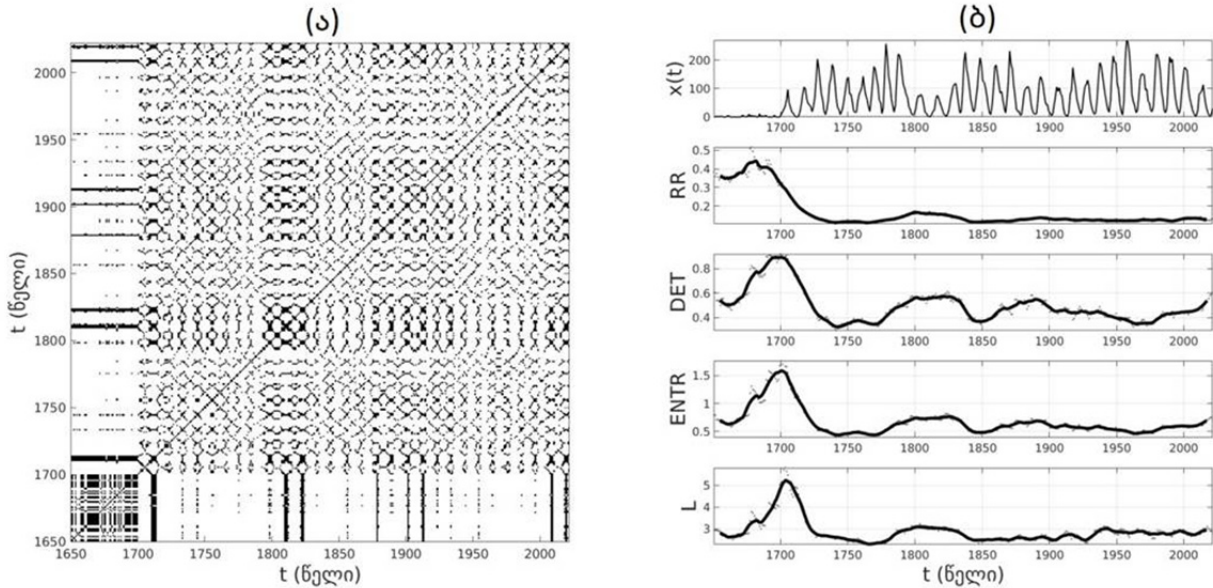


სურ.2: ვოლფის რიცხვის სიმძლავრის ვეივლეტ სპექტრი, მიღებული მორლეს კომპლექსური ვეივლეტით.

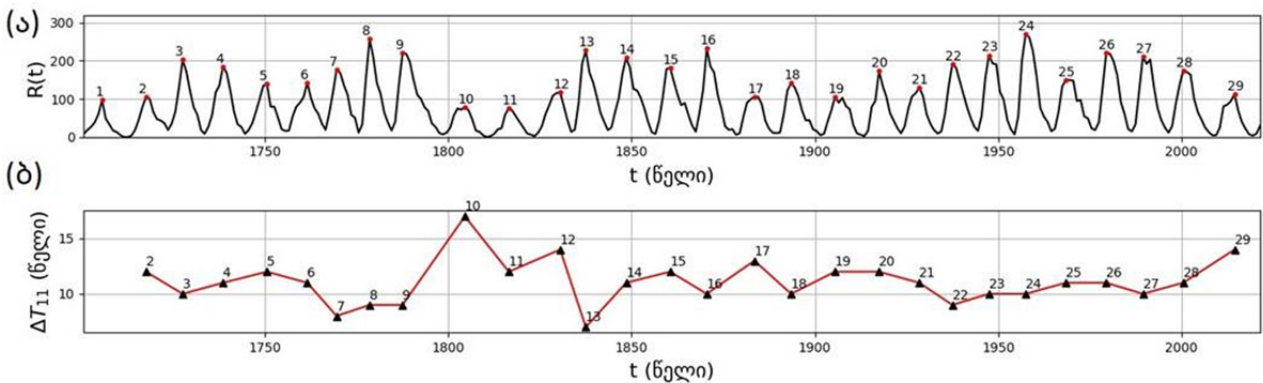


სურ.3: ვოლფის რიცხვის მონაცემების ემპირიული მოდეები, მიღებული EMD ალგორითმით.

როგორც ვნახეთ, როდესაც მზე აქტივობის მინიმუმში გადადის, ვოლფის რიცხვის პერიოდი იცვლება. ამის დანახვა მარტივად შეიძლება სურ.5-ზე მიღებული შედეგიდან, საიდანაც ჩანს, რომ როდესაც მზე აქტივობის მინიმუმის ფაზაში გადადის, ვოლფის რიცხვის ლოკალური მაქსიმუმი დროში იგვიანებს (ორ პიკს შორის დროითი დაყოვნება იზრდება, ანუ ვოლფის რიცხვის რხევის პერიოდი იზრდება). მაგალითად, სურ.5 (ა)-ზე მე-10 და მე-9 პიკს შორის დაყოვნება გაცილებით დიდია, ვიდრე მე-9-სა და მე-8-ს შორის. სურ.5 (ბ)-ზე 21-ე საუკუნის დასაწყისში დროითი დაყოვნების სწორედ ასეთი ზრდა დაიკვირვება, რაც გვამღევეს იმის ვარაუდის საშუალებას, რომ მზის აქტივობის ახალი მინიმუმი ახლოვდება.



სურ.4: (ა) რეკურენტული დიაგრამა (ბ) ვოლფის რიცხვი და შესაბამისი RQA ზომები.



სურ.5: (ა) ვოლფის რიცხვის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი (ბ) სიგნალის პიკებს შორის დროითი მანძილი.

დასკვნა: ვეივლეტ ანალიზმა აჩვენა, რომ მზის აქტივობა 11 წლიანი პერიოდულობით არ ხასიათდება მაუნდერის მინიმუმში და ეს პერიოდი განიცდის ვარიაციას დროში. ფურიე და ვეივლეტ ანალიზის მეთოდებთან შედარებით, ჰილბერტ-ჰუნანგის გარადქმნამ რაოდენობრივად მეტი და უფრო მოკლე პერიოდი გამოავლინა. ამასთან, ანალიზმა აჩვენა, რომ მზის აქტივობის მინიმუმებში RQA ზომები იზრდებიან. ეს ზრდა შეინიშნება 21-ე საუკუნის დასაწყისშიც, რაც ნიშნავს იმას, რომ ახლოვდება აქტივობის ახალი მინიმუმი და ეს ახალი მინიმუმი არ იქნება მაუნდერის მინიმუმის მსგავსი.

მადლობა: მადლობას ვუხდით ასოცირებულ პროფესორს, ბატონ ოლეგ ხარშილაძეს, გაწეული კონსულტაციებისთვის.

ლიტერატურა:

1. Chelidze T., Matcharashvili T. Dynamical patterns in seismology // Recurrence Quantification Analysis. Springer, Cham, 2015. pp. 291-334.
2. ხარშილაძე ო., რთული სიგნალების დამუშავების მეთოდები, სალექციო კურსი - 2018.
3. An Introduction to Space Weather by Mark Moldwin, 2008.
4. Norden E. Huang, Introduction to the Hilbert–Huang transform and its related mathematical problems//Hilbert–Huang transform and its applications. 2014 . pp.1-26.
5. Gao, P. X. Periodicity of sunspot group number during the Maunder Minimum//Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 472.3, 2017, pp. 2913-2918.
6. Stangalini, Marco, et al. Recurrence quantification analysis of two solar cycle indices//Journal of Space Weather and Space Climate 7 (2017): A5
7. ვოლფის რიცხვის მონაცემების ელექტრონული მისამართები: მაუნდერის მინიმუმის პერიოდის ვოლფის რიცხვი - <https://ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-indices>; მაუნდერის მინიმუმიდან დღემდე არსებული მონაცემები -<https://www.sidc.be/silso/datafiles>.

ANALYSIS OF SOLAR ACTIVITY WITH SPECTRAL AND RECURRENCE METHODS

Burdiladze L., Kobaidze D.

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

Abstract. *In this paper, we processed one of the indices of solar activity, Wolf Number (Relative Sunspot Number), using the following data analysis methods: Fourier Analysis, Wavelet Analysis, Hilbert-Huang Analysis and Recurrence Quantification Analysis (RQA). Spectral analysis methods have found the well-known solar activity period of 11 years and longer periods as well. Compared to the Fourier and Wavelet Analysis methods, the Hilbert-Huang Transform found quantitatively more and shorter periods. We investigated the dynamics of solar activity with several RQA measures. During solar activity, phase transitions have been observed that coincide with the minimum of activity. Analyzing the 21st century data, a new minimum has been observed, which will not be similar to the Maunder minimum. Wolf's number data has been taken from the SILSO world database centre.*

Keywords: *Solar Activity, Wolf's number, Spectral analysis, Recurrence Quantification Analysis (RQA)*

დედამიწის მაგნიტოსფეროს გარდამავალ ფენაში ტურბულენტობის მულტიფრაქტალური ანალიზი

დურჭუმელია ა.

მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თსუ
ე. ხარაძის სახელობის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორია

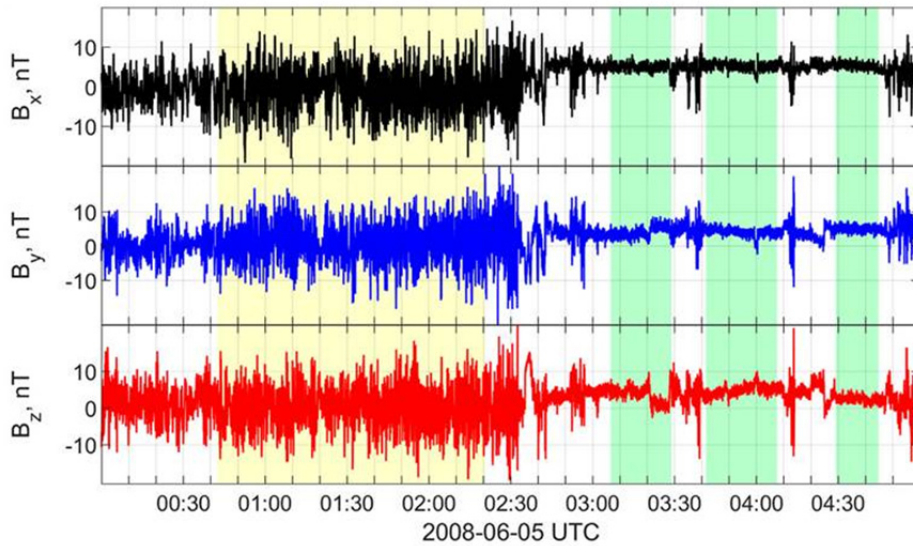
ანოტაცია: ნაშრომში გაანალიზებულია მაგნიტურ ველზე დაკვირვებები დედამიწის მაგნიტოსფეროს გარდამავალ ფენაში. შედარებულია მასთან მზის ქარის დაჯახების ორი კონფიგურაცია: ერთ შემთხვევაში მზის ქარის ნორმალური ველის კვაზიპარალელურია, ხოლო მეორე შემთხვევაში კვაზიპერპენდიკულარული. მულტიფრაქტალური სპექტრების შედარებით გაირკვა, რომ კვაზიპარალელურ კონფიგურაციაში ტურბულენტობა უფრო მულტიფრაქტალურია.

საკვანძო სიტყვები: მაგნიტოსფერო, ტურბულენტობა, მულტიფრაქტალი

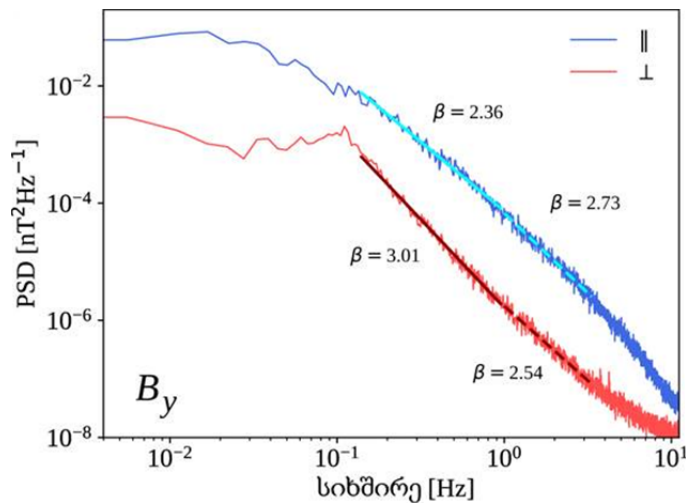
ცნობილია, რომ მაგნიტოსფერო იცავს დედამიწას მზიდან და კოსმოსიდან მომავალი დამუხტული ნაწილაკებისაგან. მზის ქარში, რომელიც ძირითადად პროტონებისა და ელექტრონებისგან შედგება, ძლიერდება ტურბულენტური პროცესები მაგნიტოგარსთან (მაგნიტოსფეროს გარდამავალ ფენასთან) დაჯახებისას. რადგანაც ამ პლაზმაზე დისტანციურად დაკვირვება შეუძლებელია, მის *in situ* პირობებში შესასწავლად 2000 წელს, NASA-სთან კოლაბორაციაში, ESA-ს მიერ იქნა ორბიტაზე გაშვებული ოთხი თანამგზავრი, მისიის სახელწოდებით Cluster II. წინამდებარე ნაშრომში გაანალიზებულია ამ თანამგზავრებზე, 2008 წლის 5 ივნისში, გაზომილი მაგნიტური ველის დროზე დამოკიდებულება 5 საათიან ინტერვალში [1], (იხ. სურ. 1).

მზის ქარის მაგნიტოგარსთან დაჯახება ხდება ორი თვისობრივად განსხვავებულ კვაზიპარალელურ და კვაზიპერპენდიკულარულ კონფიგურაციებში. კვაზიპარალელურ შემთხვევაში მზის ქარის დარტყმითი ტალღის ნორმალური $\theta < 45^\circ$ კუთხით განსხვავდება დედამიწის მაგნიტური ველის მიმართულებისაგან, ხოლო კვაზიპერპენდიკულარულ შემთხვევაში $\theta > 45^\circ$ კუთხით. კვაზიპარალელურ უბანში ტურბულენტობა ხასიათდება უფრო დიდი ფლუქტუაციებით, წყვეტებით და ძლიერი დინებებით, კვაზიპერპენდიკულარულ უბანში კი დაბალსიხშირული პიკით მაგნიტურ ველსა და იონურ სიმკვრივეში.

მულტიფრაქტალური ანალიზი წარმატებული მეთოდია ტურბულენტობის დასახასიათებლად [1,2,3], ისევე როგორც ბევრი სხვა რთული სისტემის დასახასიათებლად, მაგალითად სეისმური პროცესების [4]. ჰომოგენური თვითმსგავსი ფრაქტალური ველებისაგან განსხვავებით, რომლებიც ხასიათდება ერთი სინგულარობის მაჩვენებლით ყველა მასშტაბზე, ტურბულენტური ველების დასახასიათებლად საჭიროა სინგულარობის მაჩვენებელთა ფართო განაწილება, რათა სწორად აღიწეროს ენერჯის კასკადის შენაცვლებითობით გამოწვეული არაერთგვაროვნებები. ამ ნაშრომში შედარებულია კვაზიპარალელური და კვაზიპერპენდიკულარული უბნების მულტიფრაქტალური მახასიათებლები და სიმძლავრის სპექტრების ხარისხობრივი კანონები (ამ უკანასკნელისთვის იხ. სურ. 2).



სურ. 1. მაგნიტური ველის მდგენელები. ნაშრომში მონაცემები გაანალიზებულია მონიშნულ უბნებზე: კვაზიპარალელური (ყვითელი), კვაზიპერპენდიკულარული (მწვანე).



სურ. 2. სიმძლავრის სპექტრის ხარისხობრივი კანონები კვაზიპარალელურ და კვაზიპერპენდიკულარულ უბნებში. ფიტირებულია დიდ (0.14 – 0.95 ჰერცი) და მცირე (1 – 3.333 ჰერცი) მასშტაბებზე.

სინგულარობის მაჩვენებლების ცვალებადობის გაზომვის ერთერთი მეთოდი არის სინგულარობის სპექტრის გამოთვლა. რაც უფრო ფართოა რთული სიგნალის სინგულარობის სპექტრი მით უფრო მულტიფრაქტალურია ის და ნაკლებად ეფექტურია მისი დახასიათება ერთი სინგულარობის მაჩვენებლით. ამიტომ ამ სპექტრის სიგანით შეიძლება რაოდენობრივად შეფასდეს ენერჯის გადაცემის არხების მრავალნაირობა, სადაც მეტი მრავალნაირობა შეესაბამება უფრო მაღალი შენაცვლებითობის ტურბულენტობას.

მულტიფრაქტალურ სპექტრს ვითვლით B მაგნიტური ველის აბსოლუტური მნიშვნელობის ან ერთ-ერთი მდგენელის ანათვლების $|\Delta B_i| = |B(t_{i+k}) - B(t_i)|$ დროითი სხვაობებისთვის, სადაც $\Delta t_k = t_{i+k} - t_i \approx 0.18$ წამია. ჯერ ხდება მიმდევრობის დაყოფა არათანამკვეთ, N სიგრძის ქვემიმდევრობებად, რათა შემდეგ ეტაპზე მოხდეს სტატისტიკური დამუშავება ცდომილებების შესაფასებლად. N -ის შერჩევა ხდება ისე, რომ მას ჰქონდეს ბევრი გამყოფი. თითოეული

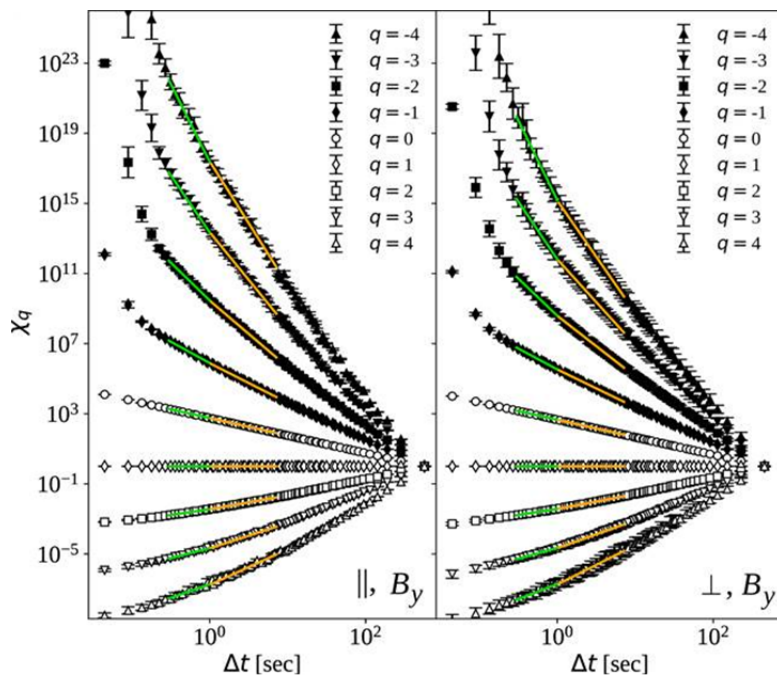
მიმდევრობისთვის და N -ის გამყოფი s_n მთელი დადებითი რიცხვისთვის გამოითვლება ე.წ. მსხვილმარცვლოვანი ალბათობის ზომა

$$\mu_j(s_n, \Delta t_j) = \frac{\sum_{i=j s_n}^{(j+1)s_n} |\Delta B_i|}{N-1} \quad (1)$$

ამ ალბათობის ზომის გამოყენებით ხდება განაწილების ფუნქციის შეფასება, როგორც:

$$\chi_q(\Delta t) = \sum_{j=0}^{N/s_n-1} (\mu_j(\Delta t))^q \Delta t \quad (2)$$

მისი ცდომილებები დაითვლება ზემოთ დაყოფილი ქვემიმდევრობების გამოყენებით. განაწილების ფუნქცია სხვადასხვა q მაჩვენებლისთვის აძლიერებს ალბათობის ზომის სხვადასხვა მასშტაბირების თვისებებს, რითაც ის ახდენს ველის ზოგადი მასშტაბირების სირთულის გამოვლენას. შემდეგ ხდება განაწილების ფუნქციაზე ხარისხობრივი $\chi_q(\Delta t) \propto \Delta t^{T_q}$ კანონის ფიტირება (იხ. სურ. 3), საიდანაც T_q მაჩვენებელი წარმოადგენს მულტიფრაქტალობის რაოდენობრივ მახასიათებელს. ჩვეულებრივი (მონო)ფრაქტალისთვის T_q მაჩვენებელი იქნება წრფივი ფუნქცია q -ს მიმართ, წრფივობიდან გადახრა კი არის მულტიფრაქტალობის შედეგი.



სურ. 3. კვაზიპარალელურ და კვაზიპერპენდიკულარულ უბნებში მაგნიტური ველის \mathcal{Y} მდგენელისთვის განაწილების ფუნქციებზე დაფიტირებული ხარისხობრივი კანონები, დიდ (ნარინჯისფერი) და მცირე (მწვანე) მასშტაბებზე, რაც შეესაბამება (სურ. 2)-ის მასშტაბებს.

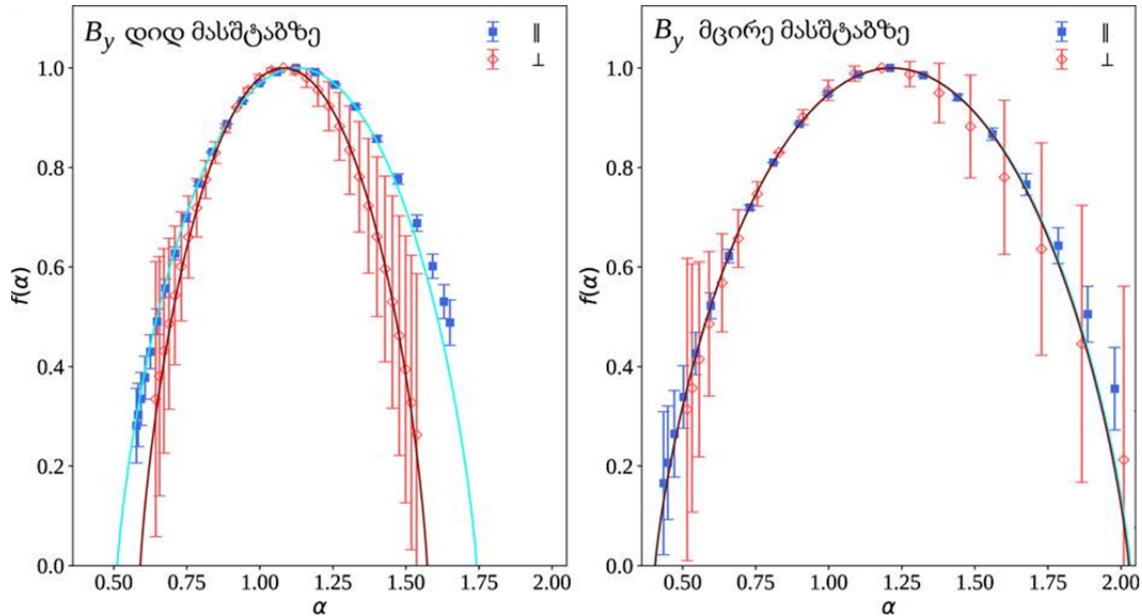
საბოლოოდ T_q მაჩვენებლიდან მიიღება მულტიფრაქტალური სპექტრი $f(a)$ ლეჟანდრის გარდაქმნის გამოყენებით:

$$\alpha_q = \frac{dr_q}{dq}, \quad (3)$$

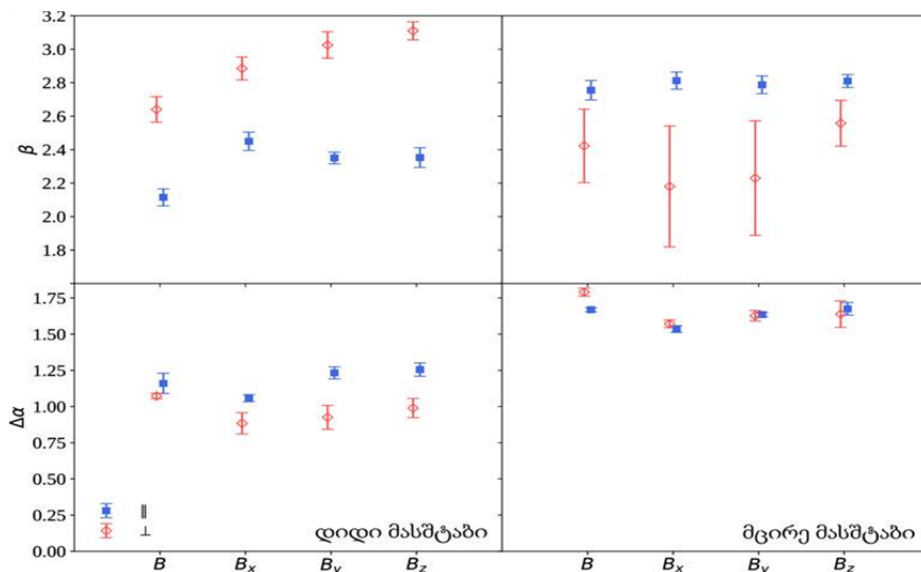
$$f(\alpha_q) = q\alpha_q - r_q. \quad (4)$$

ამ სპექტრის $\Delta\alpha$ სიგანით შეიძლება მულტიფრაქტალობის რიცხვითი შეფასება (იხ. სურ. 4).

გამოთვლის შედეგები შეჯამებულია (სურ. 5)-ზე. დიდ მასშტაბებზე (1.053 – 7.143 წამი) გამოკვეთილია მკაფიო განსხვავება კვაზიპარალელური და კვაზიპერპენდიკულარული კონფიგურაციების მულტიფრაქტალობას შორის. კერძოდ, კვაზიპარალელურ კონფიგურაციას გააჩნია უფრო ფართო მულტიფრაქტალური სპექტრი. ეს მოსალოდნელი შედეგია, რადგან ასეთ კონფიგურაციაში უფრო მაღალი შენაცვლებითობით ხასიათდება ტურბულენტობა.



სურ. 4. დიდ მასშტაბიანი უბნისთვის ჩანს მკაფიო განსხვავება მულტიფრაქტალურ სპექტრებს შორის. კვაზიპარალელური შემთხვევის სპექტრი უფრო ფართოა ვიდრე კვაზიპერპენდიკულარულის.



სურ. 5. ხარისხობრივი კანონები (ზედა გრაფიკები). მულტიფრაქტალური სპექტრის სიგანე (ქვედა გრაფიკები). ცდომილებები დათვლილია Cluster II თანამგზავრებზე გასაშვალეობით.

მადლიერება. ამოცანის დასმის და კონსულტაციისთვის მადლობას ვუხდით პროფესორებს ლ. სორისო-ვალვოს და ო. ხარშილადეს.

ლიტერატურა

1. Gurchumelia, A., Sorriso-Valvo, L., Burgess, D., Yordanova, E., Elbakidze, K., Kharshiladze, O., Kvaratskhelia, D. Comparing Quasi-Parallel and Quasi-Perpendicular Configuration in the Terrestrial Magnetosheath: Multifractal Analysis. *Frontiers in Physics*, 2022, 506.
2. Sreenivasan, K. Fractals and multifractals in fluid turbulence//*Annual review of fluid mechanics*, 1991. 23(1), pp. 539-604.
3. Paladin G., Vulpiani A. Anomalous scaling laws in multifractal objects//*Physics Reports*, 1987, 156(4), pp. 147-225.
4. Chelidze, T., Matcharashvili, T. Complexity of seismic process; measuring and applications//*A review. Tectonophysics*, 2007, 431(1-4), pp. 49-60.

MULTIFRACTAL ANALYSIS OF TURBULANCE IN EARTH'S MAGNETOSHEATH

Gurchumelia A.

*M. Nodia Institute of Geophysics, TSU, Tbilisi, Georgia
E. Kharadze Georgian National Astrophysical Observatory, Tbilisi, Georgia*

Abstract: *Magnetic field measurements in Earth's magnetosheath are analyzed in this work. Two configurations of its interaction with solar wind are compared: in one case bow shock normal is quasiparallel to the magnetic field, and in another it's quasiperpendicular. Comparing their multifractal spectra showed that turbulence is more multifractal than in quasiparallel case.*

Keywords: *magnetosphere, turbulence, multifractal*

Acknowledgement: I thank professors L. Sorriso-Valvo and O. Kharshiladze for consultations and helping with problem formulation.

სისტემის სანდოობის შეფასების ამოცანა მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით

არაბაშვილი ნ.

გორის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ნაშრომში განხილული მონტე-კარლოს მეთოდი - ეს არის რიცხობრივი მეთოდი შემთხვევით სიდიდეების მოდელირებისათვის, რომლითაც საკვლევი პროცესის რეალურთან მაქსიმალურად მიახლოებული სცენარის წინასწარი მოდელირება შესაძლებელია. ქვემოთ განხილული ნაშრომი არამარტო მათემატიკური ამოცანების გადაწყვეტისას არამედ დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე აპარატურის პრობლემების (კალიბრაციის საკითხები) აღმოჩენისთვისაა რეკომენდირებული. საკვანძო სიტყვები: შემთხვევითი პროცესები, მოდელირება

ზოგადად, მონტე-კარლოს მეთოდით დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდის გათამაშება გულისხმობს შემდეგს: a სიდიდის მნიშვნელობის საპოვნელად ავარჩიოთ ისეთი X შემთხვევითი სიდიდე, რომლის მათემატიკური ლოდინი

$$a: M(X) = a \quad (1)$$

პრაქტიკულად, ვმოქმედებთ შემდეგნაირად: ვითვლით (გავათამაშებთ) n შესაძლო x_i მნიშვნელობებს X შემთხვევითი სიდიდიდან, ამასთან ვპოულობთ მათ საშუალო მნიშვნელობას

$$\bar{x} = (\sum x_i) / n \quad (2)$$

\bar{x} რანგში ვიღებთ შეფასებას (მიახლოებით მნიშვნელობას) a^* და საძიებელი a -სთვის გვაქვს:

$$a \approx a^* = \bar{x} \quad (3)$$

ამრიგად, მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებისას უნდა შევძლოთ გავათამაშოთ შემთხვევითი სიდიდე.

შემოვიტანოთ $(0, 1)$ ინტერვალზე R თანაბრად განაწილებული უწყვეტი შემთხვევითი სიდიდე და r_j ($j = 1, 2, \dots$) არის შესაძლო სიდიდეები R -დან.

წესი: იმისათვის, რომ გავათამაშოთ X დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდე, რომლის განაწილების წესია (4)

$$\begin{array}{cccccc} X & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ P & p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{array} \quad (4)$$

საჭიროა: 1. $(0,1)$ დავხლიჩოთ ინტერვალებად: $A_1 - (0; p_1), A_2 - (p_1; p_1 + p_2), \dots, A_n - (p_1 + p_2 + \dots + p_{n-1}; 1)$; 2. შევარჩიოთ (ვთქვათ, თანაბრად განაწილებული შემთხვევითი რიცხვების სპეციალური ცხრილიდან) შემთხვევითი რიცხვები r_j .

თუ r_j ჩავარდა A_i ინტერვალში, მაშინ გათამაშდა მნიშვნელობა x_i [1-3].

მაგალითი: გავათამაშოთ დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდის ექვსი შესაძლო მნიშვნელობა, რომლის განაწილების კანონი არის შემდეგი ცხრილის სახით:

$$\begin{array}{ccc} X & 2 & 10 & 18 \\ p & 0,22 & 0,17 & 0,61 \end{array}$$

ამოხსნა. $(0,1)$ ინტერვალი დავხლიჩოთ შემდეგ ინტერვალებად შემდეგ წერტილებში $0,22$; $0,22 + 0,17 = 0,39$ და მივიღებთ ინტერვალებს $A_1 - (0; 0,22), A_2 - (0,22; 0,39), A_3 - (0; 39,1)$.

2. ამოვწეროთ თანაბრად განაწილებული შემთხვევითი რიცხვების სპეციალური ცხრილიდან 6 რიცხვი, მაგალითად $0,32$; $0,17$; $0,90$; $0,05$; $0,97$; $0,87$.

შემთხვევითი რიცხვი $r_1 = 0,32$ მიეკუთვნება ინტერვალს Δ_2 , ამიტომ, გათამაშდა დისკრეტული შემთხვევით სიდიდე $x_2 = 10$; შემთხვევითი სიდიდე $r_2 = 0,17$ ეკუთვნის Δ_1 -ს, გათამაშებული შემთხვევით სიდიდე იქნება $x_1 = 2$. ანალოგიურად ექვსივესთვის ვიპოვით გათამაშების მნიშვნელობებს და საბოლოოდ მივიღებთ შესაძლო გათამაშების შედეგებს: 10; 2; 18; 2; 18; 18.

სისტემის სანდოობის შემოწმება მონტე-კარლოს მეთოდით

ვთქვათ, სისტემა შედგება ორი ბლოკისგან, რომლებიც ჩართულები არიან მიმდევრობით. სისტემა აჩერებს მუშაობს მაშინ, როცა ჩერდება მაშინაც კი, როცა ერთ-ერთ ბლოკი ჩერდება. პირველი ბლოკი შეიცავს ორ ელემენტს: A, B (ისინი დაერთებულია პარალელურად) და პირველი ბლოკი ჩერდება თუ A, B ჩერდება ორივე ერთდროულად. მეორე ბლოკი შეიცავს ერთ ელემენტს - C -ს და ჩერდება მაშინ როცა ეს ელემენტი ჩერდება.

ამოვხსნათ ორი ამოცანა:

ა) ვიპოვოთ მონტე-კარლოს მეთოდით სისტემის უწყვეტი მუშაობის ალბათობის P^* -ის შეფასება, თუ ცნობილია ელემენტების უწყვეტად მუშაობის ალბათობები: $P(A) = 0,8, P(B) = 0,85, P(C) = 0,6$;

ბ) მოვიყვანოთ $|P - P^*|$ -ს აბსოლუტური ცდომილების ანალიტიკური გამოთვლა, სადაც P -არის სისტემის სანდოობის ალბათობა. ჩავატაროთ 50 ცდა.

ამოხსნა. ა) ზემოხსენებული თანაბრად განაწილებული შემთხვევით რიცხვების ცხრილიდან ავირჩიოთ (პირველი ცდა): 0,10, 0,09 და 0,73 ; მონტე-კარლოს მეთოდში არსებობს ასეთი წესი: თუ შემთხვევითი სიდიდე ნაკლებია ალბათობაზე , მაშინ ეს ხდომილება შედგა, ხოლო თუ შემთხვევითი სიდიდე მეტია ან ტოლია ხდომილების ალბათობის, მაშინ ეს ხდომილება არ შედგა. გავათამაშოთ ხდომილებები A, B, C , ცდის შედეგები წარმოვადგინეთ ცხრილი 1-ის სახით:

ვინაიდან , $P(A) = 0,8$ და $0,10 < 0,8$, მაშინ A ხდომილება შედგა ე.ი A ელემენტი უწყვეტად მუშაობს ამ ცდის დროს. ასევე, ვინაიდან $P(B) = 0,85$ და $0,09 < 0,85$, მაშინ ხდომილება B შედგა, მაშასადამე B ელემენტიც მუშაობს.

გამოდის, რომ პირველი ბლოკის ორივე ელემენტი მუშაობს ამ გათამაშების მიხედვით;

ცხრილი 1

ცდის N	ბლოკი	ელემენტის მოდელირების შემთხვევით სიდიდე			დასკვნითი ნაწილი				
					შედეგი ელემენტებისთვის			ბლოკის შედეგი	შედეგი სისტემისთვის
		A	B	C	A	B	C		
1	პირველი მეორე	0,10	0,09	0,73	"+"	"+"	"-"	"+" "-"	"-"
2	პირველი მეორე	0,25	0,33	0,76	"+"	"+"	"-"	"+" "-"	"-"
3	პირველი მეორე	0,52	0,01	0,35	"+"	"+"	"+"	"+" "+"	"+"
4	პირველი მეორე	0,86	0,34	0,67	"-"	"+"	"-"	"+" "-"	"-"

ვინაიდან $P(C) = 0,6$ და $0,73 > 0,6$, გამოდის რომ ხდომილება C არ დადგა, ე.ი. ელემენტი C არ მუშაობს ამ გათამაშების დროს; სხვა სიტყვებით, მეორე ბლოკი არ მუშაობს. რაც იმას ნიშნავს რომ მთლიანი სისტემა არ მუშაობს.

ცხრილ 1-ში მოყვანილია, მხოლოდ 4 გათამაშების შედეგი.

ანალოგიურად ჩავატაროთ კიდევ 49 ექსპერიმენტი და ავირჩიოთ შემთხვევითი სიდიდეების სპეციალური ცხრილიდან შემთხვევით მნიშვნელობები.

საბოლოოდ ჩავატარეთ 50 ცდა. მივიღეთ, რომ 50-დან 28 შემთხვევაში სისტემა მუშაობდა გამართულად (შეფერხებების გარეშე). სისტემის სანდოობის P საძიებო ალბათობის რანგში შეგვიძლია მივიღოთ ფარდობით სიხშირე $P^* = 28/50 = 0,56$.

ბ) ვიპოვოთ სისტემის მუშაობის სანდოობის P ალბათობა ანალიზურად. პირველი და მეორე ბლოკის უწყვეტი მუშაობის ალბათობა შესაბამისად არის:

$$P_1 = 1 - P(A) \cdot P(\bar{B}) = 1 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,97, P_2 = P(C) = 0,6.$$

ხოლო, აქედან გამომდინარე მთელი სისტემის უწყვეტი მუშაობის ალბათობა იქნება:

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0,97 \cdot 0,6 = 0,582.$$

საძიებელი ალბათობის აბსოლუტური ცდომილება $|P - P^*| = 0,582 - 0,56 = 0,022$.

დასკვნა

წარმოდგენილ ექსპერიმენტში გამოიკვეთა, რომ მონტე-კარლოს მეთოდით შეფასებული რისკის ალბათობა სისტემის გამართული მუშაობის შესახებ და ანალიტიკურად გამოთვლილი ალბათობა საკმაოდ ახლოს არიან. თუ ექსპერიმენტების რიცხვს გავზრდით ცხადია ეს აბსოლუტური ცდომილება კიდევ უფრო შემცირდება. ხშირად მონტე-კარლოს მეთოდი პრაქტიკაში უფრო მოხერხებულია და გვადლევს სურათს შესაძლო მოვლენათა განვითარების შესახებ. ზოგადად მონტე-კარლოს მეთოდი ითვლება ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდად სხვადასხვა პროცესების წინასწარი მოდელირების ამოცანებში.

ლიტერატურა

1. Tarantola, Albert (2005). Inverse Problem Theory. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. ISBN 978-0-89871-572-9.
2. Vose, David (2008). Risk Analysis, A Quantitative Guide (3rd ed.). John Wiley & Sons. ISBN 9780470512845.
3. Mazhdrakov, Metodi; Benov, Dobriyan; Valkanov, Nikolai (2018). The Monte Carlo Method. Engineering Applications. ACMO Academic Press. ISBN 978-619-90684-3-4.

SYSTEM RELIABILITY ASSESSMENT TASK USING MONTE CARLO METHOD

Arabashvili N.

Gori State University, Gori, Georgia

Abstract. The probability of the risk estimated by the Monte-Carlo method about the correct operation of the system and the analytically calculated probability are quite close. It is established that the Monte-Carlo method is one of the best methods in the tasks of preliminary modeling of various processes.

Keywords: random processes, modeling

ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკისა და მინარევების გავრცელების ზოგიერთი ამოცანის მათემატიკური მოდელირება

კუხალაშვილი ვ.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ანოტაცია. ამჟამად, ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა, მათი მონიტორინგი და პროგნოზი დიდ აქტუალობას იძენს და საზოგადოების მდგრადი განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია შავ ზღვის საქართველოს სექტორსა და ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური და მინარევების გავრცელების პროცესების მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი შედეგი. ამ მიზნით გამოყენებულია შავი ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის რიცხვითი მოდელები, რომლებთანაც შეწყვილებულია მინარევების გავრცელების გადატანა-დიფუზიის მოდელები. ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელებს საფუძვლად უდევს ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში, ხოლო მინარევების გავრცელების მოდელებს - გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარული განტოლებები. საკვანძო სიტყვები. შავი ზღვა, განტოლებათა სისტემა, ცირკულაცია, რიცხვითი მოდელირება.

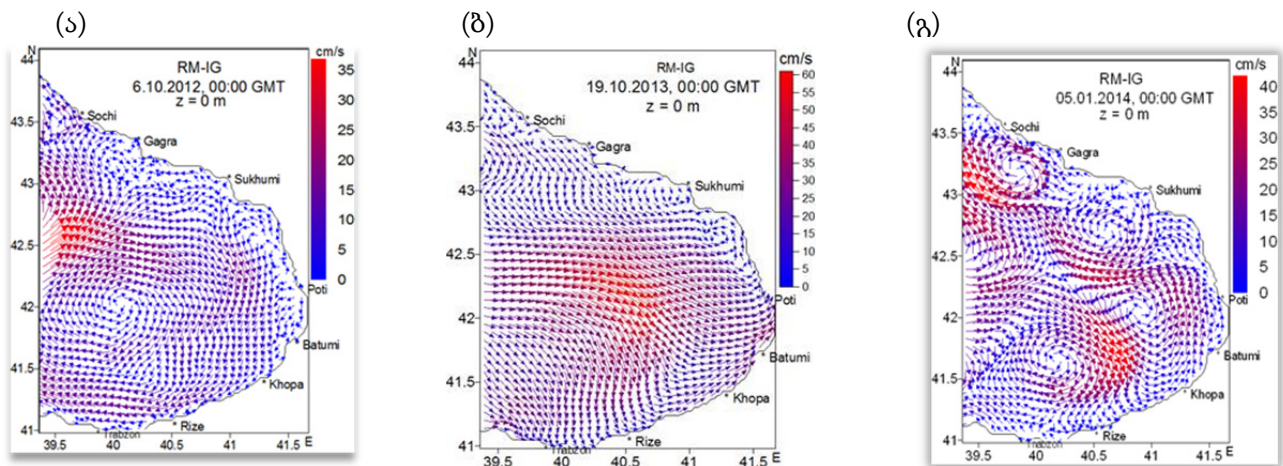
დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ბუნებრივ გარემოში (ზღვა, ატმოსფერო, ნიადაგი) მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა, მათი მონიტორინგი და პროგნოზი დიდ აქტუალობას იძენს და საზოგადოების მდგრადი განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. პრობლემის აქტუალობა გამოწვეულია ადამიანის გაზრდილი სამეურნეო საქმიანობითა და მასთან დაკავშირებული გარემოზე ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედებით. ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლისა და პროგნოზირების ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური საშუალებაა მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენება.

წინამდებარე სტატიის მიზანია მოკლედ აღწეროს შავ ზღვის საქართველოს სექტორსა და ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური და მინარევების გავრცელების პროცესების მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი შედეგი. ამ მიზნით გამოყენებულია შავი ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის რიცხვითი მოდელები, რომლებთანაც შეწყვილებულია მინარევების გავრცელების გადატანა-დიფუზიის მოდელები. ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელებს საფუძვლად უდევს ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში, ხოლო მინარევების გავრცელების მოდელებს - გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარული განტოლებები.

შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი საფუძვლად უდევს საზღვაო რეგიონულ პროგნოზულ სისტემას ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ აკვატორიისათვის, რომელიც მოიცავს საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიას [1-3]. რეგიონული პროგნოზული სისტემა ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტია მთლიანად შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემისა, რომლის შემუშავებაც განხორციელდა ევროკავშირის სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების ARENA და ECOOP ჩარჩოებში. მათემატიკური მოდელების კომპიუტერულმა რეა-

ლიზაციამ 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობითა და რეალური მონაცემების გამოყენებით საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიაში 2010-2022 წწ.-ში განვითარებული ჰიდროდინამიკური პროცესების ზოგიერთი თავისებურებანი; ასევე, ზღვის ზედაპირზე ჰიპოტეტური წყაროდან ავარიულად დაღვრილი ნავთობის აფსკის გავრცელების პროცესი სხვადასხვა ცირკულაციურ პირობებში.

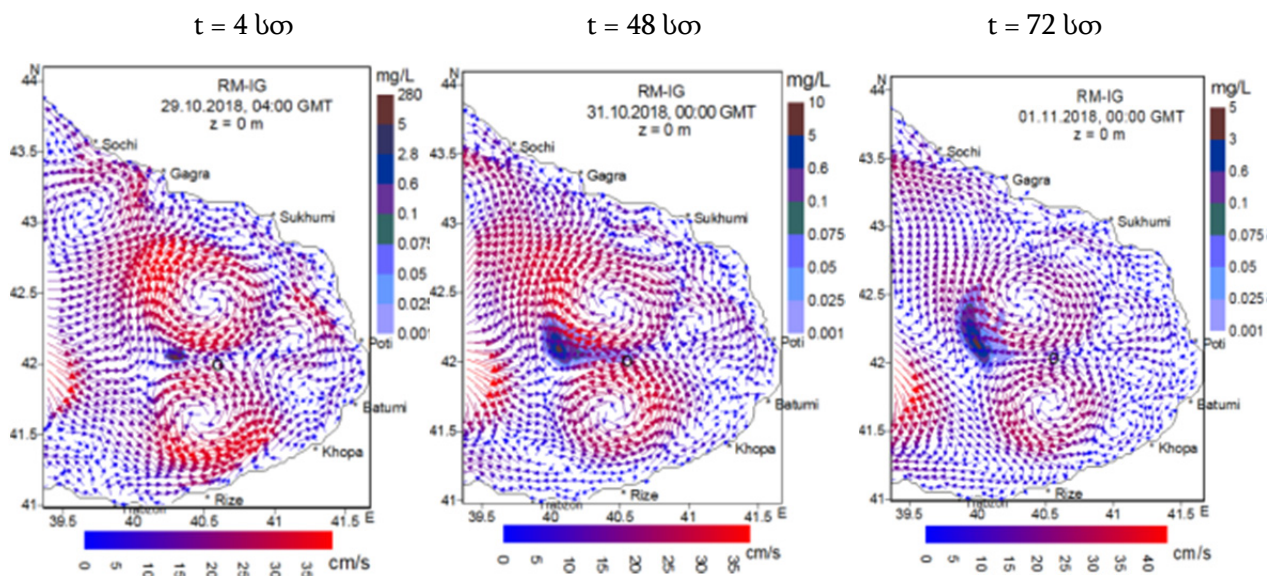
რიცხვითი გამოკვლევები აჩვენებს, რომ შავი ზღვის საქართველოს აკვატორია ხასიათდება ცირკულაციისა და თერმოხალინური ველების მნიშვნელოვანი სეზონური და წლიური ცვალებადობით. წლის განმავლობაში მუდმივად ადგილი აქვს სხვადასხვა მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურების გენერაციას და ევოლუციას.



ნახ. 1 მოდელირებული ზღვის ზედაპირული ცირკულაცია დროის სხვადასხვა მომენტებისთვის: (ა) – 6 ოქტომბერი 2012, (ბ) – 19 ოქტომბერი 2013, (გ) – 5 იანვარი 2014.

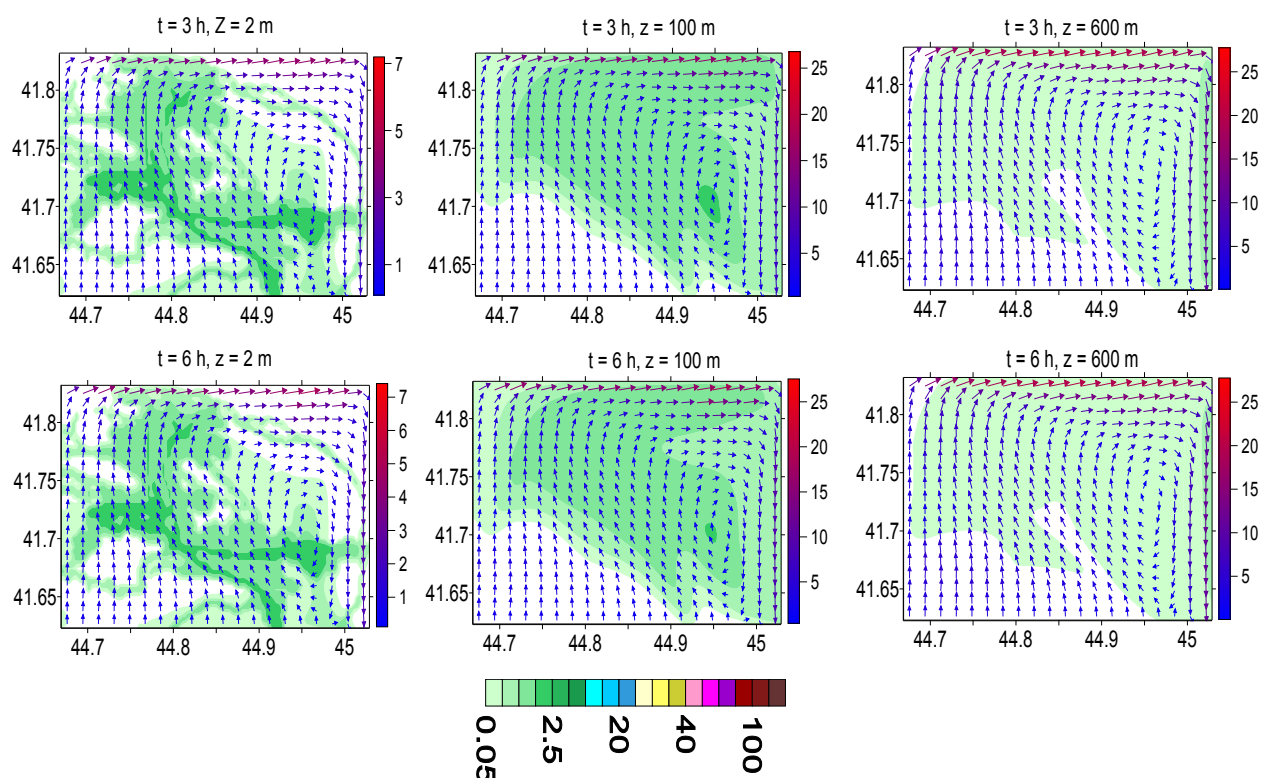
ილუსტრაციის მიზნით, ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია მოდელირებული ზღვის ზედაპირული ცირკულაციის სურათები, რომლებიც შეესაბამებია სხვადასხვა დროის მომენტებს. ნახაზიდან ჩანს, რომ ცირკულაციური პროცესები მნიშვნელოვანი მრავალფეროვნებით ხასიათდება. მაგალითად, 2012 წლის ოქტომბერში ცირკულაციური რეჟიმი ხასიათდებოდა მდგრადი ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის ფორმირებით, რომლის დიამეტრი დაახლოებით 200 კმ იყო (ნახ. 1ა). ნახ. 1ბ - ზე გამოსახული დინების სურათი შეესაბამება 2013 წლის 19 ოქტომბერს, როცა შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის ზემოთ ძლიერი ქარები იყო გაბატონებული. როგორც ნახაზიდან ჩანს ქარმა გამაგლუვებელი გავლენა მოახდინა დინებაზე და გრიგალური წარმონაქმნები ამ შემთხვევაში აღარ დაიკვირვება. დინების მაქსიმალური სიჩქარე ამ შემთხვევაში 60 სმ/წმ-ს აღწევდა და განსახილველი არის დიდ ნაწილში დინება მიმართული იყო დასავლეთიდან საქართველოს სანაპიროსკენ.

ნახ.2-ზე ილუსტრირებულია პროგნოზული ზედაპირული ცირკულაცია და ნავთობის აფსკის დრეიფი ზღვის ზედაპირზე შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილში. ვთვლიდით, რომ 10 ტონა ნავთობი ავარიულად იღვრებოდა 4 სთ-ის განმავლობაში წერტილში, რომელიც მდებარეობდა ანტიციკლონურ და ციკლონურ გრიგალებს შორის დიპოლურ სტრუქტურაში. ნახაზიდან ჩანს, რომ მიგრაციის პროცესში ნავთობის ლაქა დეფორმირდება - იცვლის ფორმას, ფართოვდება და იკავებს მეტ ტერიტორიას ჰიდროდინამიკური ფაქტორების - დინებისა და ტურბულენტობის გავლენით. ამავდროულად, ნავთობის კონცენტრაციები მცირდება ნავთობის აფსკის დიფუზიური გაფართოებისა და ზოგიერთი ფიზიკური და ბიოქიმიური ფაქტორების (აორთქლება, ემულგირება და ა.შ.) გამო, რომლებიც მათემატიკურ მოდელში არაპირდაპირი გზით არის გათვალისწინებული არაკონსერვატულობის პარამეტრით.



ნახ. 2. მოდელირებული დინება და ნავთობის აფსკის გავრცელება ნახაზზე მითითებული დროის მომენტებში (დრო ათვლილია ნავთობის ჰიპოთეტური ჩაღვრის მომენტიდან).

ჩვენს მიერ შესწავლილია ავტოტრანსპორტის მიერ გამოფრქვეული PM2.5 და PM10 ნაწილაკების სივრცით-დროითი გავრცელება ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში რთული რელიეფის გათვალისწინებით სხვადასხვა ფონური ქარის პირობებში[4, 5].



ნახ. 3. ქარის სიჩქარის (მ/წმ) და PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) ველები ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენაში, როცა t = 3, და 6 სთ.

მაგალითის სახით, ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია რიცხვითი მოდელირებით მიღებული ქ. თბილისის ტერიტორიაზე ქარის სიჩქარის და PM10-ის კონცენტრაციის მნიშვნელობები ზაფხულში სუსტი სამხრეთის ქარის დროს, როცა t = 3 სთ და t = 6 სთ. ნახაზიდან ჩანს, რომ

ქალაქისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში ფორმირებულია მიწისპირა ანტიციკლონური გრიგალი, რომლის ცენტრი მდებარეობს ქალაქის მიმდებარე აღმოსავლეთ ნაწილში. თვით ქალაქის ტერიტორიაზე ქარი სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთისაა. ქალაქის ტერიტორიაზე კონცენტრაციის სიდიდე მცირეა და ურბანიზირებულ ტერიტორიაზე მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე არ აღემატება 5 მკგ/მ³-ს. აეროზოლის ანალოგიური სივრცული განაწილება არის შენარჩუნებული დილის 6 საათსთვისაც. აღნიშნული განაწილება ფორმირებულია ქარის ანტიციკლონური ველის გავლენით, რომელსაც გააქვს აეროზოლი ქალაქის ტერიტორიიდან და ავრცელებს მას ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულეობით.

მადლიერება. კვლევა PDHF-21-2209 განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით.

ლიტერატურა

1. Kordzadze A. A, Demetrashvili D. I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP//Ocean Science, 2011,7, pp. 793-803, www.ocean-sci.net/7/793/2011/, doi: 10.5194/os-7-793-2011.
2. Kubryakov A. I., Korotaev G. K., Dorofeev V. L., Ratner Y. B., Palazov A., Valchev N., Malciu V., Matescu R., Oguz T. Black Sea Coastal forecasting system//Ocean Science, 2012, 8, pp. 183-196.
3. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Surmava A., Kvaratskhelia D. Modeling of variability of the regional dynamic processes developed during 2017-2019 in the easternmost part of the Black Sea//Proceedings of the International Conference *GEOLINKS 2020*, Book 2, Vol. 2, pp. 111-120
4. Surmava A., Kukhalashvili V., Gigauri N., Intskirveli L., Kordzakhia G. Numerical modeling of dust propagation in the atmosphere of a city with complex terrain. The case of background eastern light air// Journal of applied mathematics and physics. 2020, v.8, No. 7, pp.1222-1228.
5. Surmava A., Intskirveli L., Kukhalashvili V., Gigauri G. Numerical investigation of meso and microscale diffusion of Tbilisi dust//Annals of agrarian sciences. 2020, v.18, No. 3, pp.295-302.

MATHEMATICAL MODELING OF SOME PROBLEMS OF THE SEA AND ATMOSPHERIC DYNAMICS AND IMPURITY DISTRIBUTION

Kukhalashvili V.

M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *Currently, the study of hydrothermodynamic and ecological processes taking place in the natural environment, their monitoring and forecasting are gaining great relevance and are a necessary condition for the sustainable development of society. The present article presents some results of mathematical modeling of the hydrodynamic and impurity diffusion processes in the atmosphere of the Georgian sector of the Black Sea and Tbilisi and its surroundings. For this purpose, the numerical models of the dynamics of the Black Sea and the atmosphere are used, with which the advection-diffusion models of the distribution of impurities are coupled. The models of the dynamics of the sea and the atmosphere are based on the full systems of the equations of the dynamics of the ocean and the atmosphere in the hydrostatic approximation, and the models of the distribution of impurities are based on the non-stationary advection-diffusion equations.*

Keywords. *Black Sea, system of equations, circulation, numerical modeling.*

INVESTIGATION OF FLOODING EVENT IMPACT ON TERRITORIAL PLANNING IN THE SHAKI DISTRICT

Artunov N.

Institute of Geography, Azerbaijan

nofel.ertunov@gmail.com

Abstract. *In the article, the impact of natural disasters on regional planning in the Sheki region has been studied. It was determined that flood events have the greatest influence in the research region. The villages and localities where natural disasters occurred were studied, the degree of its impact, the number of the affected population and the number of families were studied. The flooding effect on agriculture, farmland and livestock were analyzed, scale and areas of villages and places were calculated. During the research, the information of the Ministry of Emergency Situations and the State Statistics Committee was used and a corresponding map was prepared. At the end relevant suggestions were given.*

Keywords : *natural hazards, territorial planning, Shaki district, Greater Caucasus, flooding*

Introduction

Settlement of the population, development of agricultural areas and the application of modern technology in territorial planning reduce natural disasters, but at the same time they also affect their increase (Chaudhary, M.T.; Piracha, 2021). As a result, the areas affected by natural disasters are expanding, the number, scale, type, power and intensity of recurrence of risky areas are increasing as well. (Linnerooth-Bayer, Amendola, 2000) Sheki-Zagatala economic region is one of the most affected territories by natural disasters in our Republic. (Nazarov E, 2011) In this region where all types of natural disasters, including flood, inundation, landslide and earthquake events are frequently observed. Currently, 171 settlements with a population of 400,000 people, including 55,000 or 55.8% of the 98,000 families in the region, are at risk of flooding. (Pashayev.N. , p 58) The Shaki region is the most affected by natural disasters and the highest level of damage is recorded. At the same time, Sheki is the political and economic center of the region that increases the urgency of this problem. The largest rivers of the Greater Caucasus flow into the region lead to an increase in damage. 29 villages in Sheki district (including Sheki city) are flooded, which accounts for 41.2% of rural areas. Flooding events in the area have extensively damaged the economy and social infrastructure of the region during the various periods. The most serious and dangerous incidents were recorded in the city itself. In the city during a flood event, overflow of sewage systems and leaks into the streets, flooding of residential areas and catering facilities; in riverside settlements in areas where floods occur in rural areas damage agriculture, farmland and livestock.

Material and Methods

Name	Total area (ha)	Flooded area (ha)	%
Crop land	69596	18848.5	27.1
Summer pastures	55731	9153.5	16.4
Forest field	40160	11749.3	29.3

Figure 1.

Flooding influence on agriculture and forest areas

The greatest and most severe damage was caused to forest and cultivated areas. (Figure 1.) This constitutes 56.4% of the total area. Together with summer pastures, 72.8% of the area is exposed to flooding. Considering that the bulk of the Sheki region's economy and most of the population's income comes from agriculture, this is a huge figure for the district. There are different forms of damage, flooding of arable land, planting and other products fall into disrepair.

Name	Height above sea level	Total area	Flooded area	indicator percent (%)	Distance from the river	Population	Existing families	Flood-affected families	%
Bash Kungut	850	103.071	55.725	54.1	200	1498	380	130	34.2
Bash Layısky	1030	155.3	80.4	51.8	650	2184	337	310	92
Shin	1010	78.1	39.3	50.3	270	1543	325	325	100
Bash Goynuk	850	322.2	150.6	46.7	440	7597	1548	825	53.3
Kish	1175	224.9	103.4	46	130	6687	1348	1348	100
Okhud	900	227.3	101	44.4	400	4825	1100	794	72.2
Baltali	325	260.2	109.6	42.1	900	2051	460	400	86.9
Varazat	850	63.9	26.8	41.9	35	1790	349	125	35.8
Gudula	240	116.5	47.5	40.8	60	621	184	172	93.5
Baggal	420	28.9	11.7	40.5	160	528	122	73	59.8
Ashaghi Shabalid	525	66.9	26.4	39.5	940	672	140	137	97.8
Bash Zayzid	800	220.9	74.3	33.6	0	4788	1007	795	78.9
Gorkhmug	325	212.5	63.9	30.1	460	4853	1000	820	82
Ashaghi Kungut	420	235.7	64.4	27.3	160	1358	465	265	57
Junud	650	67.1	18.3	27.3	30	1010	190	136	71.6
Kondalan	655	45	12.1	26.9	170	844	169	132	78.1
Bidayiz	650	134.7	35.4	26.3	200	1278	280	138	49.3
İnja	500	59.4	15.4	25.9	0	1355	308	274	89
Zunud	600	90.1	23	25.5	130	1339	272	147	54
Bash Kaldag	900	61.6	15.7	25.5	210	1053	259	47	18.1
Bash Shabalıd	800	53.9	12.8	23.7	0	871	183	175	95.6
Shaki city	500	15851	374.1	23.6	300	62965	13327	13136	98.6
İkinji Biləjik	300	150	33.6	22.3	200	1198	263	154	58.5
Gumukh	500	59.3	12.8	21.6	230	4853	25	25	100
Ashaghi Kaldag	445	20.7	4.4	21.3	270	96	24	19	79.2
Oraban	850	69	12.1	17.5	700	1069	233	68	29.2
Orta Zayzid	500	219	37.9	17.3	130	3035	825	417	50.5
Birinci Biləjik	315	120	18.6	15.5	240	1500	331	125	37.8
Babaratma	225	70.1	7.2	10.3	350	319	62	46	74.2
Total		5120.671	1534.325			123780	24691	21558	

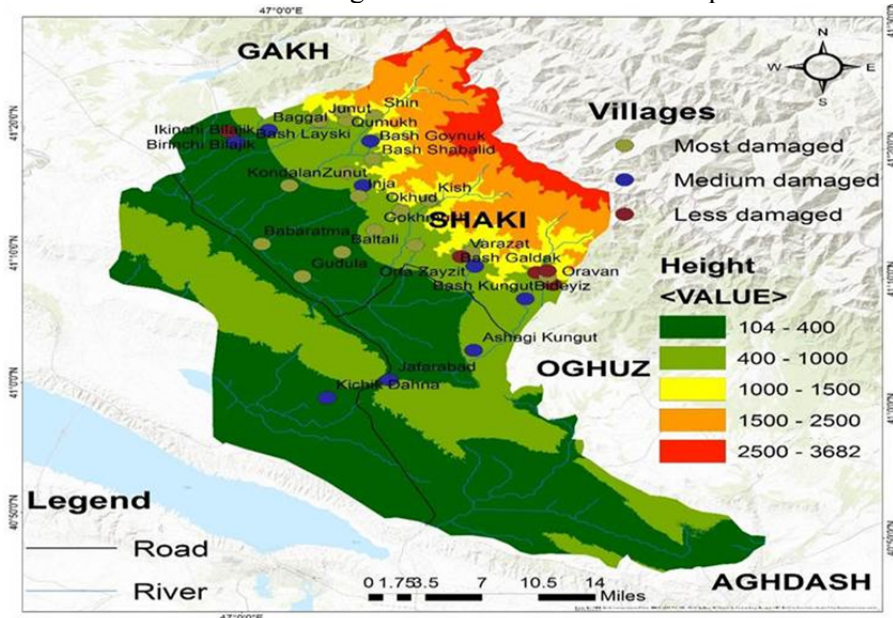
Villages affected by flooding process between 2000-2017 years.

Ministry of Emergency Situations and the State Statistics Committee ASSC 2009.

The table above shows flood events that have hit the area for 17 years. Villages and settlements affected by floods and inundations, depending on their distance to the rivers, the number of affected populations, as well as the number of families, were generally identified as flooded areas. The highest incidence was recorded in rivers and nearby villages, where floods with high cone levels were observed. Sometimes these floods account for 40-50% of the total flood area. Similarly, this leads to an increase in the number of affected people as well. After the outbreak of floods in the area surveyed, the number of people affected and the damage has been determined.

Methodology

In this paper, we have used the following research methods. Based on these research methods we have determined major flooding areas where people suffered recorded with high damage. A survey of literature of natural hazards on territorial planning and its economic influence have been reviewed. Thus, the report analyses and estimates the hazard, vulnerability and risk based on the historical events that have impacted the region over the last 17 years (2000 to 2017). In this study, the intent is to quantify the risk directly based on recorded historical losses. This approach is much simpler than the standard probabilistic methods but provides reliable estimates so long as records cover a sufficient period



Flooding impact and their grades in Sheki district (Prepared based on Ministry of Emergency Situations and the State Statistics Committee ASSC 2009).

Conclusion

In Seki, floodings cause serious damage to the region, amounting to 4-5% (about 30 million manats) of GDP (gross domestic product) of the district. It is a very high ranking. Although there has been a significant reduction in flooding process with the implementation of the measures by the authorities, it is insufficient for territory. However, the damage may be reduced or minimized. The following suggestions may be considered for this purpose.

- Conducting of dams in rivers with high discharge cones.
- Deepening of the bed of the river (this should be done regularly).
- Awareness-raising activities among the population.
- Forecasting of floods and inundation that can be made by modern programs.

References

1. Pashayev.N.A. "Economic-geographic assessment of the impact of natural disasters on the economy in the Republic of Azerbaijan", Baku, European publishing house 2018, p. 372.
2. Cheong-Hoon Park, Jung Ho Lee, Chun Woo Beak and Jong Hoon Kim: Estimation of flood reduction in river restoration work//Journal of hydrologic environment. International hydrologic society, V.4 No1 December,2008, pp. 33-39.
3. Hirsch R.M. The interaction of channel size and flood discharges for basins undergoing urbanization//IAHS-AISH publication. 1977. No 123, p.p 83-92.
4. Nazarov E.2011 Azerbaijan country report, p. 26. https://www.adrc.asia/countryreport/AZE/2011/FY2011A_AZ-E_CR.pdf
5. Chaudhary, M.T.; Piracha, A. Natural Disasters—Origins, Impacts, Management. Encyclopedia 2021, 1, 1101-1131. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040084>
6. Linnerooth-Bayer, J.; Amendola, A. Global change, natural disasters and loss-sharing//Issues of efficiency and equity. Geneva Pap. Risk Insur.-Issues Pract. 2000, 25, pp. 203–219. [CrossRef]

წყლის რესურსების პოტენციალის შეფასება დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში

დავითაშვილი მ., ბერძენიშვილი ნ., მარგალიტაშვილი დ., ბერძენიშვილი ნ.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია: ნაშრომში წარმოდგენილია კახეთის რეგიონის დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში წყლის რესურსების პოტენციალის შეფასება, განაწილება და წყლის უვნებლობა-უსაფრთხოების დადგენა. შეიმჩნევა წყლის მკვეთრი დეფიციტი გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით, წყლის დონემ მკვეთრად იკლო, შესაბამისად, გაუარესდა წყლის ხარისხიც. შეფასდა სასმელი წყლის ქიმიური მაჩვენებლების ცვლილება ხუთი წლის მონაცემებზე დაყრდნობით, კერძოდ, 2017 წლიდან 2021 წლის ჩათვლით. 2017 წელს სასმელი წყლის ქიმიური შემადგენლობის ნორმიდან გადახრა ფიქსირდებოდა 8 ანალიზში, 2021 წლის განმავლობაში აღებული 515 სინჯიდან მხოლოდ 4 ანალიზში დაფიქსირდა დარღვევა სიმღვრივის მაჩვენებელზე. ტენდენცია უკეთესობისკენ იცვლება, მაგრამ პრობლემა რჩება. ამის ძირითადი მიზეზია ოთხივე სეზონზე კლიმატური პირობების ცვალებადობა, რაც გამოიხატება უხვ ნალექში თოვლის და წვიმის სახით.

საკვანძო სიტყვები: წყლის რესურსები, სიმღვრივის მაჩვენებელი, გლობალური დათბობა, წყლის უსაფრთხოება.

დღეისათვის მსოფლიოში მოსახლეობის 40% აწუხებს წყლის დეფიციტი, 2025 წლისთვის კი ამ პრობლემის წინაშე მოსახლეობის 2/3 დადგება. მსოფლიოში XXI საუკუნის მთავარი პრობლემა გლობალური დათბობაა, რაც გამოიხატება კლიმატის ცვლილებაში და მასთან დაკავშირებულ პროცესებში. კლიმატის ცვლილების გავლენა სულ უფრო მკვეთრად ვლინდება ბევრ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოშიც [1]. ტემპერატურის მატება და შესაბამისად, მყინვარების დნობა მეტ ნალექს იწვევს, მაგრამ ასევე ხდება რაოდენობრივად დიდი აორთქლებაც, ზოგ ადგილებში ნალექები გაიზარდა და ალბათ კვლავაც გაიზარდება, ზოგში კი - შემცირდება და დაიწყება გაუდაბნოების პროცესი [2]. მშრალი კლიმატის პირობებში ტემპერატურის და ნალექების მცირე ცვლილებამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს წყლის რესურსის მკვეთრად შემცირება. საქართველოში გვაქვს უკვე ამის ნათელი მაგალითი კახეთის რეგიონში, კერძოდ, ქალაქ დედოფლისწყაროში, სადაც განსაკუთრებული სიმწვავით მიმდინარეობს ეს პროცესი და შეიმჩნევა გაუდაბნობა [2].

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს კახეთის რეგიონის დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში წყლის რესურსების პოტენციალის შეფასება, განაწილება და წყლის უვნებლობა-უსაფრთხოების დადგენა. მიზნის მისაღწევად დავისახეთ შემდეგი ამოცანები:

1. კახეთის ერთ-ერთ მუნიციპალიტეტში, კერძოდ დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში სასმელი წყლის პოტენციალის დადგენა;
2. დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე სასმელი წყლის ლაბორატორიული კვლევის მონაცემების ანალიზი.
3. სასმელი წყლის განაწილების დაზუსტება, ხარისხის დადგენა და უსაფრთხოების შეფასება.

დასახული მიზნის და ამოცანების გადასაწყვეტად გამოვიყენეთ მეორადი მონაცემების ანალიზის მეთოდი.

სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით, სასმელი წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს სხვადასხვა ორგანოლექტიკურ თვისებებს და შეესაბამებოდეს ნორმებს. თითოეულ

მაჩვენებელს დიდი ყურადღება ექცევა და მცირე ცვლილებაც კი იწვევს სხვადასხვა შედეგებს სასმელი წყლის გაუარესებასთან დაკავშირებით [3]. კახეთის ურბანულ არეალში შემავალ ყველა ქალაქს აკონტროლებს შპს „საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანია“. სასმელ წყალში ქიმიური მაჩვენებლებიდან საზღვრავენ მინერალურ აზოტმემცველ ნივთიერებებს, ნიტრიტებს, ნიტრატებს, ამონიუმის იონს, ქლორიდებს, სულფატებს, საერთო სიხისტეს, წყალბადის მაჩვენებელს pH, საერთო რკინას (იგულისხმება ორი და სამ ვალენტიანი რკინა) და სხვა. მიახლოებითი მეთოდით განისაზღვრება ნიტრატები, ნიტრიტები, ამონიუმის იონი, სულფატები და რკინა. ზუსტი რაოდენობრივი გამოთვლებით, ტიტრაციის მეთოდით, ხდება კვლევები: ქლორიდებზე, ს/სიხისტეზე, ჟანგვადობაზე და ქლორის ნაშთზე [4, 5].

მიკრობიოლოგიური კვლევები ტარდება: მეზოფილურ აერობებსა და ფაკულტატურ ანაერობებზე, საერთო კოლიფორმულ ბაქტერიებზე, *E. coli* და *Streptococcus faecalis* (ფეკალური სტრეპტოკოკები). ამ პარამეტრებიდან ყველაზე საშიშია ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელი, კოლიფორმული მიკროორგანიზმები. დაუმუშავებელ ანუ ნედლ წყალში ხშირია პათოგენური მიკრობების არსებობა, რაც იწვევს ორგანიზმში დაავადების მაღალ რისკს. ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია კოლიფორმული მიკროორგანიზმები.

კვლევის შედეგები.

შპს „საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანიის“ კახეთის რეგიონული ფილიალის ლაბორატორიაში მოძიებული და შეგროვილი იქნა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის სერვის ცენტრის მიერ 5 წლის მანძილზე წარმოებული სასმელი წყლის ანალიზის დოკუმენტაცია. დედოფლისწყაროს სერვის ცენტრი ემსახურება ქ. დედოფლისწყაროს და სოფლებს: სამრეკლო, ხორნაბუჯი, გამარჯვება, ოზაანი, მირზაანი, ზემო მაჩხაანი, ზემო ქედი, არხილოსკალო და ქვემო ქედის წყალმომარაგების სისტემებს. ყველა მათგანი განსხვავდება თავისი შემადგენლობით ერთმანეთთან უმნიშვნელო თანაფარდობით.

დედოფლისწყაროს სერვის ცენტრის სამოქმედო ტერიტორიაზე არსებული წყალმომარაგების სისტემის სასმელი წყლის მიწოდება ხორციელდება ძირითადად იძულებითი წყალმიწოდების წესით (გარდა „თავწყაროს“ მაგისტრ. მილსადენისა), რასაც ემსახურება 12 სატუმბო სადგური. ქ. დედოფლისწყაროს წყალმომარაგების სისტემა მარაგდება 2 დამოუკიდებელი სათავე-ნაგებობებით. ქალაქის გარშემო არსებული სოფლების სათავე ნაგებობებზე მოპოვებული წყლების ქიმიური შედგენილობაც ასევე სხვადასხვაგვარია. მაგალითად აღმოსავლეთით მდებარე ჭირხლის წყლის სათავე კარიერული, კირქვიანი ნიადაგის დრენაჟული სისტემითაა მოწყობილი და გამოირჩევა მკვეთრი სიხისტით. ქედების ზონაში არსებული ორი სათავე: რუსის წყლის სათავე და ალაზნის სათავე ერთმანეთისგან განსხვავდება როგორც სიხისტით, ასევე ნიტრატების და ქლორიდების რაოდენობით. ქვემო ქედში 2017 წლიდან დღემდე ინიშნება მაღალი სიხისტის და ნიტრატული ზღვარს გადაცილებული რაოდენობა. ნიტრატის დონე ყოველ წელს იმატებს და სცდება რეგლამენტით დადგენილ ნორმებს, ვფიქრობ რომ ეს გამოწვეულია გარემო ფაქტორებით, მაგალითად, აქ არსებულ სახნავ-სათეს ტერიტორიაზე ქიმიური სასუქის, ჰერბიციდების და პესტიციდების ზღვარს გადასული რაოდენობის შეტანა ნიადაგში, რაც უარყოფითად მოქმედებს სასმელი წყლის ხარისხზე. ალაზნის წყლის ჭაბურღილებში კი შესამჩნევია დაბალი ნიტრატული შემადგენლობა და ასევე დაბალი სიხისტის მაჩვენებელი, ხოლო ამიაკი აქ მომატებულია.

შეიმჩნევა წყლის მკვეთრი დეფიციტი გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით, 2017 წლიდან დღემდე ზოგ ჭაბურღილში წყალი გაქრა, აღარ არსებობს, ზოგან კი წყლის დონემ მკვეთრად იკლო, შესაბამისად, გაუარესდა წყლის ხარისხიც. დედოფლისწყაროს წყალი გამორჩეულია მაღალის სიხისტისით, რომელიც იცვლება წელიწადის დროების მიხედვით. ზაფხულში მაღალი ტემპერატურული ცვლილების გამო სიხისტე, რიგ შემთხვევაში, ზღვართან თანაბრდება და რიგ შემთხვევებშიც შესამჩნევია ზღვარს გადაცილებული რაოდენობა. ეს დამოკიდებულია, ასევე, გეოგრაფიული მდებარეობით, რადგან აქ არსებული კირის მთების შესაბამისად ჭაბურღილის წყალშიც მომატებული კირიანობა იწვევს წყალში სიხისტის მატებას. აორთქლების დროს ხდება წყალში არსებული მაგნიუმის და კალციუმის იონების მატება. სიხისტის დასაშვები ნორმაა 10 მგ/ლ. და ზოგ შემთხვევაში, მაგალითად, ივლის-აგვისტოს თვე-

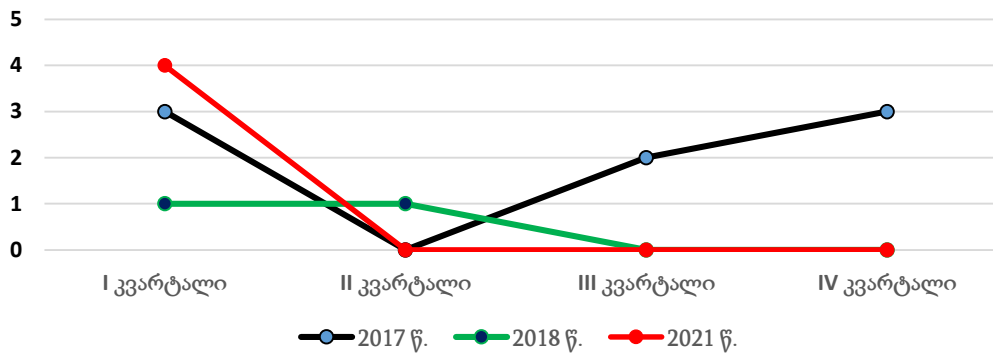
ებში შესაძლოა 11-12 მგ/ლ გადააჭარბოს. აღსანიშნავია ნიტრატების მკვეთრი ზრდა 2015 წლიდან, როდესაც ნიტრატი 20მგ/ლ იყო, წლების განმავლობაში და ახლა შეიმჩნევა ძლიერი მომატება (ნორმა 50 მგ/ლ-ია).

რაც შეეხება მიკრობიოლოგიურ მდგომარეობას, იგი რეგულირდება დაქლორვის შესაბამისად. ქლორირების პროცესით სრულიად შესამჩნევია ქსელის წყლის სისუფთავე ნედლ (სათავე) წყლებთან შეფარდებით. ნედლ წყლებში ზაფხულის თვეებში მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა ზღვარს სცდება, მაგრამ *E. coli* არ ფიქსირდება. ზოგადი მონაცემებით 2017 წლიდან დღემდე შეიმჩნევა სასმელი წყლის ხარისხის გაუარესება ეკოლოგიური, ბუნებრივი და ადამიანის მიერ გაუაზრებლად შექმნილი ხელოვნური ფაქტორებიდან, რაც აისახება სამელი წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზეც. ქალაქ დედოფლისწყაროში 2017 წლის I კვარტალში აღებულია 173 სასმელი წყლის სინჯი, საიდანაც 3 ანალიზში გამოვლინდა დარღვევა, სიმღვრივის მაჩვენებლის ზრდა. II კვარტალში 174 აღებული სინჯიდან არცერთ ანალიზში არ გამოვლენილა დარღვევა. III კვარტალში აღებულია 93 სინჯი, სადაც 2 დარღვევა გამოვლენილი სიმღვრივის მაჩვენებელზე, ხოლო IV კვარტალში 196 აღებული სინჯიდან 3 ანალიზშია დარღვევა, რაც სიმღვრივის მაჩვენებლის ზრდაშია გამოხატული. 2018 წლის I კვარტალში აღებულია 169 სასმელი წყლის სინჯი, საიდანაც 1 ანალიზში დაფიქსირდა დარღვევა, II კვარტალში 168 სინჯიდან მხოლოდ ერთ ანალიზში დაფიქსირდა დარღვევა, III კვარტალში 122 და IV კვარტალში 179 აღებული სინჯიდან დარღვევა არ დაფიქსირებულა. ქალაქ დედოფლისწყაროში 2019 წელს I, II, III და IV კვარტალში სულ აღებულია 609 სასმელი წყლის სინჯი, საიდანაც არცერთ ორგანოლექტიკურ და ქიმიურ მაჩვენებელში დარღვევა არ გამოვლინდა. 2020 წლის I, II, III და IV კვარტალში სულ აღებულია 500 სასმელი წყლის სინჯი, საიდანაც არცერთ ანალიზში დარღვევა არ დაფიქსირებულა. 2020 წლის მონაცემებით, დედოფლისწყაროს ურბანულ ტერიტორიაზე და ასევე აღნიშნულ სოფლებში კომპანიის მიერ აღებული ანალიზებიდან გამოიკვეთა, რომ არცერთ კვარტალში არ დაფიქსირებულა დარღვევა ქიმიურ და ორგანოლექტიკულ მაჩვენებელზე. 2021 წელს აღებულია I კვარტალში 133 სასმელი წყლის სინჯი, საიდანაც 4 ანალიზშია დარღვევა დაფიქსირებული, II, III და IV კვარტალში დარღვევა არ არის დაფიქსირებული.

ცხრილი 1. სასმელი წყალი დედოფლისწყაროს გამანაწილებელ ქსელში 2017, 2018 და 2019 წლებში

კვარტალი	სასმელი წყლის განაწილება დედოფლისწყაროს ქსელში								
	აღებული სინჯების რაოდენობა			ნორმის ფარგლებში			ნორმიდან გადახრა		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
I კვარტალი	173	169	174	170	168	174	3	1	0
II კვარტალი	174	168	159	174	167	159	0	1	0
III კვარტალი	93	122	138	91	122	138	2	0	0
IV კვარტალი	196	179	138	193	179	138	3	0	0

დედოფლისწყაროში 2017 წელს ერთი წლის მანძილზე სულ აღებულია 636 სასმელი წყლის სინჯი, სადაც მხოლოდ 8 ანალიზში არის გადახრა სიმღვრივის მაჩვენებელზე დაფიქსირებული. 2018 წელს მთელი წლის განმავლობაში აღებულია სულ 638 სასმელი წყლის სინჯი საიდანაც 2 ანალიზში გამოვლინდა დარღვევა, სიმღვრივის მაჩვენებელზე. 2021 წლის განმავლობაში აღებული 515 სინჯიდან I კვარტალში მხოლოდ 4 ანალიზში დაფიქსირდა დარღვევა სიმღვრივის მაჩვენებელზე.



დიაგრამა 1. წყლის სიმღვრივის მაჩვენებლის ცვლილება 2017, 2018 და 2021 წლებში.

ამრიგად, კახეთის რეგიონის დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტისთვის შეფასდა სასმელი წყლის ორგანოლექტიკური და ქიმიური მაჩვენებლების ცვლილება ხუთი წლის მონაცემებზე დაყრდნობით (2017 წლიდან 2021 წლის ჩათვლით). როგორც შპს „საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანიის“-ს მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში, არსებითად, შეცვლილია წყლის ორგანოლექტიკური და ქიმიური მაჩვენებლები. თუმცა, ამ მაჩვენებლებში შემავალი თითოეული პარამეტრის დეტალურმა შესწავლამ და ანალიზმა აჩვენა, რომ ცალკეულ კვარტლებში განიცადა უმნიშვნელო ცვლილება. აღმოჩნდა, რომ ორგანოლექტიკური მაჩვენებლის ნორმიდან გადახრის ძირითადი მიზეზია ოთხივე სეზონზე კლიმატური პირობების ცვალებადობა, რაც გამოიხატება უხვ ნალექში თოვლის და წვიმის სახით. აღსანიშნავია, რომ კახეთის გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე, შპს „საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანიის“ აბონენტებისთვის სასმელი წყლით მომარაგება ხდება როგორც ზედაპირული, ასევე, გრუნტის წყლებით, რაც მიუთითებს, რომ კახეთის რეგიონის დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტისთვის მცხოვრებ მოსახლეობას მიეწოდება ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო სასმელი წყალი.

ლიტერატურა

1. აგროკავკასია (2022 წლის 17 აპრილი). საქართველოს წყლის რესურსები. 2022 წლის 02 მაისი. <https://agrokavkaz.ge/agroplus/sakharthvelos-cqhlis-resursebi.html>
2. სიხარულიძე, ი. წყალი, როგორც საქართველოს ეკონომიკური განვითარების კატალიზატორი, 2020 30 სექტემბერი. <http://geoeconomics.ge/?p=12640>
3. „სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი“, საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58, 2014.
4. კლდიაშვილი, რ., ბიბილეიშვილი, დ. წყალი და მისი ხასიათი, თბილისი, 2011.
5. ტრაპაიძე ვ. წყლის რესურსები, თბილისი, თსუ, 2012,

ASSESSMENT OF POTENTIAL OF WATER RESOURCES IN DEDOPLISTSKARO MUNICIPALITY

Davitashvili M., Berdzenishvili N., Margalitashvili D., Berdzenishvili N.

Iakob Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia

Abstract: The evaluation of potential of water resources, distribution, and determination of water safety in Dedoplistskaro municipality of Kakheti region are discussed in this paper. There is a severe shortage of water due to global warming, the water level has dropped sharply, and therefore the water quality has also deteriorated. The change in chemical indicators of drinking water was evaluated based on the data of five years, more specifically from 2017 to 2021. In 2017, the deviation from the norm of the chemical composition of drinking water was recorded in 8 analyses; Out of 515 samples taken during 2021, only 4 analyzes showed a deviation from the norm of the turbidity index. The tendency is changing for the better, but the problem remains. The main reason for this is the change of climatic conditions in all four seasons, which is manifested in abundant precipitation in the form of snow and rain.

Key words: water resources, turbidity index, global warming, water security.

THE IMPORTANCE OF RELIEF OF MOUNTAINOUS LANDSCAPES IN THE PROCESS OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF PHYTOCENOSIS

*Shubitidze M.N, *Ivanishvili N.I, **Salukvadze E.D, *Gogebashvili M.E, *Kvashilava T.Z.

**I. Beritashvili Center of Experimental Biomedicine, Radiation Safety Problems Laboratory, Tbilisi, Georgia*

***I. Javakhishvili State University of Tbilisi, V. Bagrationi Institute of Geography, Tbilisi, Georgia*

Abstract. *The increased radiation threats in the world require a more detailed study, taking into account the specificity of the landscapes during the remote migration of radionuclides. From this point of view, two large groups can be distinguished: mountainous and plain landscapes. If the horizontal spread of radionuclide contamination as a result of atmospheric transport and landscape sorption processes are the leading factors in the conditions of plain landscapes, the vertical migration factor is added to these processes for mountainous regions. In addition, the vertical zoning of mountainous regions determines not only landscape features but also temperature regime, precipitation intensity and form, degree of insolation, and stepwise changes in phytocenoses. It is natural that, in the conditions of such a variety of factors, the study of the distribution of radionuclide-contaminated spots requires individual approaches to adequately carry out ecological monitoring of high mountain areas. For this purpose, an analysis was carried out and a list of the factors influencing the migration of radionuclides in the ecosystems of the steep slopes, depending on the landscape features of the mountainous regions, was made.*

Key words: *radionuclides, phytocenoses, vertical zonation*

In this modern era of increasing nuclear energy use and an acceleration in the construction of nuclear power stations, researchers of ecological security in their respective regions need to implement new scientific approaches [1]. The introduction of nuclear technologies is naturally accompanied by the dispersion of a certain amount of artificial radioactive elements into the environment, and in some cases - as a result of human technogenic activity - changes in the rates of migration of dangerous radionuclides [2]. Artificial radionuclides entering the biosphere actively participate in the migration processes of chemical substances occurring in nature. The interest in studying the regularities of radionuclide migration in ecosystems is primarily due to the fact that radionuclides are a source of ionizing radiation, they represent a definite threat to the environment as a whole and, therefore, to human health. In this aspect, the study of possible radionuclide pollution particularity, concerning radioecological safety - taking into account the specificity of the landscapes of different countries - is appropriate both at the transnational and national levels [3].

Unlike other countries in the region, Georgia is not among those currently utilizing nuclear energy, however, if we take into account its geolocation, hazards to radio-ecological safety are increasing every year. The man-made disasters at the Chernobyl and Fukushima nuclear power plants have shown us that the migration of radionuclides produced as a result of an accident can spread over long distances. The current situation in our neighboring countries further aggravates the above-mentioned situation, which is manifested in the fact that: the period of operation of the Armenian nuclear plant has been extended; in Russia, on the territory adjacent to the country's borders, an additional two new power units are already operating at the Rostov nuclear power plant; according to the Russian project, the construction and commissioning of four power units in Turkey have also begun. The number of high-risk factors also includes radiation hazards

caused by damage to such facilities as a result of military conflicts in the territory of countries with nuclear energy - the example of Ukraine [4]. If we take into account the fact that the construction of nuclear facilities is entering a new stage worldwide, and at the same time, a politically unstable situation is being created, the danger of increasing nuclear security risks for Georgia becomes clear. Artificial radionuclides, as sources of ionizing radiation, often do not cause noticeable changes directly at their site of entry into the environment, however, as a result of radioecological processes, they migrate and accumulate in separate rings of ecosystems (radioecological concentration). In this regard, the ecosystems of mountainous regions are of particular interest where, alongside generally accepted forms of radionuclide migration, migration processes determined by the specificity of mountain landscapes can be observed. Based on the above-stated factors, the study of the particularity of radiation pollution in the ecosystems of the mountainous regions of Georgia is an important scientific and practical task.

The issue of radionuclides spreading on soil and vegetation appears to be such an urgent ecological problem that it requires the development of effective nature-protection measures in order to reduce ecological risks for the population. The traditional content of the research conducted in this regard includes the study of the content of radioisotopes in the soil-vegetation cover to determine particularly dangerous landscapes from a radioecological point of view. The distribution of radionuclides in the territory of Georgia is mainly carried out by atmospheric means. The atmospheric source of their introduction to the soil-vegetation cover is often the initial link of migration, which, in turn, directly creates a prerequisite for the pollution of territories and water ecosystems. The migration of radionuclides deposited from the atmosphere into the soil-vegetation cover and their participation in the biogeochemical cycle of substance circulation depends on specific landscape conditions. As is known, in the complex chain of biogeocenosis systems, the soil is an important link in which toxic components scattered on land are included (encompassed). The high absorption capacity of the soil to radionuclides leads to the accumulation of these toxic substances in the upper horizons of the soil.

Table 1. Zonation of the territory of Georgia according to altitude

№	ზონები სიმაღლეების მიხედვით	დასავლეთ საქართველო		აღმოსავლეთ საქართველო		საქართველო მთლიანობაში	
		კმ ²	%	კმ ²	%	კმ ²	%
1	0-200	7673,2	24,0	282,2	0,8	7955,4	11,4
2	200-400	2464,5	7,7	3405,7	9,0	5870,3	8,4
3	400-600	2104,6	6,6	4245,1	11,3	6349,7	9,2
4	600-1000	4009,8	12,6	7871,3	21,0	11881,1	17,1
5	1000-1400	4144,7	13,0	5851,7	15,6	9996,4	14,5
6	1400-1800	4028,6	12,6	5708,1	15,2	9736,7	14,0
7	1800-2000	3089,6	9,7	4719,6	12,6	7809,2	11,2
8	2000-2600	2434,3	7,6	2933,8	7,8	5368,1	7,7
9	2600-3000	1303,4	4,1	1737,7	4,6	3041,1	4,4
10	3000-3500	474,1	1,5	601,8	1,6	1075,9	1,5
11	3500-4000	165,5	0,5	178,4	0,5	343,9	0,5
12	4000-4500	31,6	0,1	24,8	-	56,4	0,1
13	4500-5000	5,1	-	4,7	-	9,8	-
	ჯამური ფართი	31929,0	100	37564,9	100	69493,9	100

Mountain landscapes differ from plain landscapes as a rule by great dynamism. They are characterized by intense erosive and gravitational processes, which, in the case of radiation pollution, increase the probability of radioisotope migration processes in the ecosystems of the mentioned zone. Mountainous regions react more acutely to atmospheric-climatic changes and are characterized by the diversity of ecosystems. Therefore, the creation of a global database on mountain areas is vital for the implementation of programs that lead to the security and sustainable development of mountain ecosystems. From this point of view, the territory of Georgia is a good model of mountainous ecosystems, as can be seen from Table 1, most of the territory of both eastern and western Georgia is characterized by the abundance of mountainous landscapes. In addition, as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, the mountainous regions of Georgia also fell into the zone of radionuclide contamination. Naturally, the specificity of the mentioned landscapes is determined not only by the formation of radionuclide spots caused by the relief particularity but also by the level of pollution of phytocenoses.

Keeping in mind the above-stated factors, the particularity of the distribution of radionuclides in plain and mountain ecosystems should be clearly distinguished.

To study the latter issue, it is necessary to use an indicator reflecting the state of the ecosystem, which will record the negative impact of such factors on it. Based on the determination of radiocaesium content and radiocapacity parameters, it is possible to assess the state of biotypes in ecosystems [5]. For example, the dynamics of radiocesium absorption by a plant, which presents a potassium analog, can reflect the radiation state of the plant. The main factors determining the level of accumulation of radionuclides in plants are: Physico-chemical forms of radionuclides, ways of penetration and vertical distribution of radionuclides in soil, agrochemical characteristics of soil, the particularity of plant metabolism [6], etc. Thus, by the presence of radiocesium in plant tissues, we can judge the radiation pollution of a specific area of the studied landscape. In order to determine the possible role of the topography of specific landscapes in the processes of radioisotope contamination, an important issue is the selection of the above-mentioned marker plants that grow in a specific place for a long time. For this study, a typical perennial plant pine of the study region was used. As can be seen in fig. 1, in the pine organs, with the radionuclide content criterion, a clear relationship with the relief is observed which is manifested in the fact that the minimum value of the studied criterion is recorded in the watershed zone, and the maximum value is at the lower threshold of the slope.

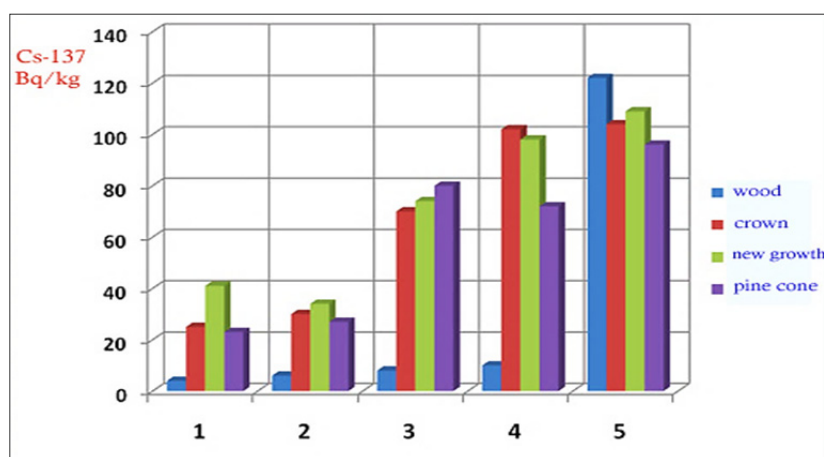


Fig. 1 Radiocesium content in pine structure in organs in relation to relief.

1-watershed; 2- upper slope; 3- terrain; 4-lower slope; 5- the lower limit of the slope

According to the mentioned experimental data, it is clear that during the destructive events characteristic of different types of mountainous terrain, a favorable situation for radiation concentration is created when soil and inert material contaminated with radionuclides accumulate in the lower part of the zone.

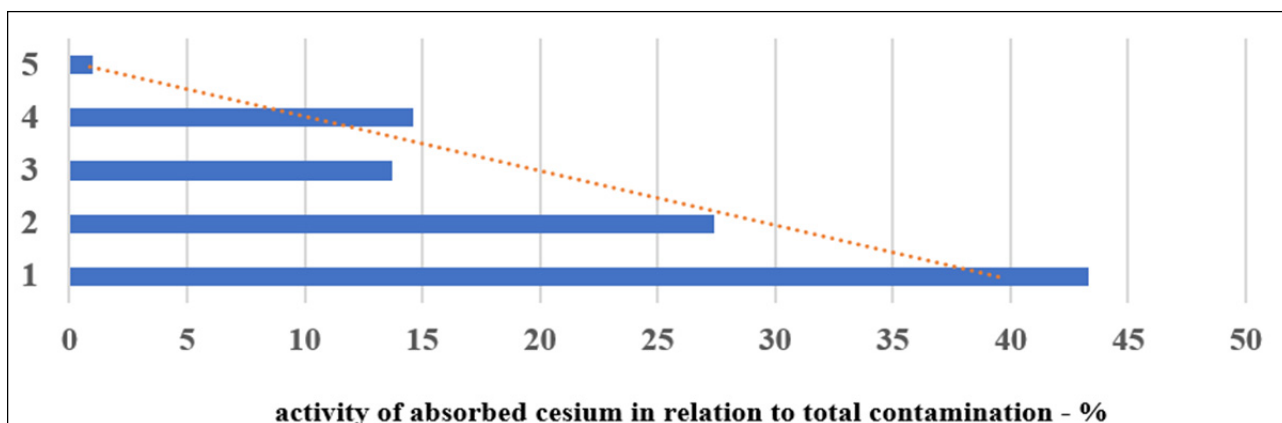


Fig. 2. 1-watershed; 2- upper slope; 3- terrain; 4-lower slope; 5- the lower limit of the slope
(the trend is displayed with a dotted line)

Thus, if we summarize the above-mentioned data, the specificity of the radiation pollution dynamics of mountainous regions is expressed not only by the different nature of the distribution of radionuclide pollution according to the mountain slopes but also by the nature of their accumulation in specific ecosystems, namely; the landscape-geochemical structures of the location affect the character of primary and secondary distribution of radioactive elements - they are transferred from the zone of primary contamination and accumulate in geochemical and landscape barriers. Naturally, the concentration of radionuclides in relatively small areas of localization creates a real picture of the formation of radionuclide contamination spots, which represent a dangerous level of radiation pollution. This model of distribution refers to the form of atmospheric migration of radionuclides. The tragic experience of past years has shown the relatively low intensity of atmospheric migration processes, in particular, during the global dispersion of radionuclides in the atmosphere 10 years after the start of the nuclear explosion the content of radionuclides in automorphic forest landscapes decreased by only 2 times, while the same characteristic in accumulation landscapes increased significantly [7].

Conclusions

1. The data obtained on the basis of the conducted analysis indicate the specific forms of radiation pollution in the mountainous regions of Georgia, which, in turn, require individual approaches when predicting possible results in the case of long-distance atmospheric transport of radionuclides.
2. By determining the parameters of radiocesium content in mountain ecosystems, it is possible to judge the radiation pollution of a specific area of the studied landscape.

References

1. Masoud Nasouri, Navid Delgarm. Bushehr Nuclear Power Plants (BNPPs) and the perspective of sustainable energy development in Iran//Progress in Nuclear Energy, 2022, Volume 147, Article 104179.
2. Amin Shahrokhi, Mohammadamad Adelikhah, Tibor Kovács. Multivariate statistical approach on the distribution of natural and anthropogenic radionuclides and associated radiation indices along the north-western coastline of Aegean Sea//Greece. Marine Pollution Bulletin 19, 2021, Volume 163 (Cover date: February 2021) Article 112009.
3. T. G. Hinton, J. Garnier-Laplace, J. Vivesi Batlle. An invitation to contribute to a strategic research agenda in radioecology//Journal of Environmental Radioactivity. 2013, Volume-11, 5, pp. 73-82
4. Lars Sorge. Anne Neumann. Warheads of Energy: Exploring the linkages between civilian nuclear power and nuclear weapons in seven countries//Energy Research & Social Science, 2021, Volume 81, Article 102213.
5. Kutlakhmedov Yu.A. Road to theoretical radioecology. - K.: Phytosociocenter, -360s, (2015).
6. Shcheglov A.I. Biogeochemistry of technogenic radionuclides in forest ecosystems. Based on the materials of 10 years of research in the zone of influence of the Chernobyl nuclear power plant. Moscow, «Найка» publishing house, 268s, (2000).
7. Tyuryukanova Z.B. Ecology of strontium-90 in soils. Moscow: Atomizdat. 127c, (1976).

ჩერნობილის კატასტროფის რადიონუკლიდური დაბინძურების დინამიკური ცვლილების შეფასება, დასავლეთ საქართველოს ნიადაგების მაგალითზე

მათიაშვილი ს., ჩანქსელიანი ზ., მეფარიძე ე.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი
sophiko_79@mail.ru

ანოტაცია. ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის შემდეგ - ახუ ტექნოგენური რადიონუკლიდებით ქვეყნის ტერიტორიის დაბინძურების შემდეგ. აღნიშნული კვლევა მნიშვნელოვანია ქვეყნის მთელი ტერიტორიისათვის, განსაკუთრებით აქტიურ სამიწათმოქმედო რეგიონებში და ზემოთ. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რადიოაქტიური უსაფრთხოება მოსახლეობისათვის წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს პრიორიტეტს. მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა აისახება კონკრეტულ მიდგომებში „ეკოლოგიური კატასტროფის“ საბოლოოდ ასაცილებლად და მოსახლეობის უსაფრთხოებისთვის. იგი მნიშვნელოვანი საფუძველი იქნება ბიოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოებისათვის (აგრობიოწარმოებისათვის) საექსპორტო პროდუქციის მოცულობის გაზრდისათვის. ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდი და გაცემული რეკომენდაციები გამოყენებული პრაქტიკაში და ქვეყანა თავიდან აიცილებს რადიაციულ გამოსხივებას.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგი, ეკოლოგია, რადიაცია

ეკოლოგიური კვლევების ერთ-ერთი ყველაზე რთული და ამავდროულად მეტად საინტერესო საკითხია - გარემოს ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიოაქტიურება. საქართველოს პირობებში კი გარემოსა და პირველ რიგში, ნიადაგების რადიოაქტიურობა არის ნომერ პირველი ეკოლოგიური პრობლემა. კერძოდ კი რადიონუკლიდების განაწილების შესწავლა გარემოს ორგანული და არაორგანულ კომპონენტებში, მათი მიგრაცია გარემოში და გავლენა მის სხვადასხვა კომპონენტებზე, რაც წარმოადგენს რადიოეკოლოგიური კვლევის საკითხებს. ჩვენს მიერ მიმდინარე წლებში გარკვეულ ტერიტორიებზე ჩატარდა რამოდენიმე სავსე ექსპედიცია, რომლის დროსაც გაზომილი იქნა ბუნებრივი რადიაციული ფონი სხვადასხვა წერტილებში და ამავე წერტილებიდან საანალიზოდ აღებული იქნა: ნიადაგური, მცენარეული, წყლის და სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ნიმუშები [1]. ცნობილია, რომ ანთროპოგენურ იზოტოპებს შორის ბიოლოგიურად ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენს ^{90}Sr და ^{137}Cs . საქართველოს 2005-2009 წლებში ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ საქართველოს მთელი ტერიტორია დაბინძურებული იყო რადიოიზოტოპებით. განსაკუთრებით მძიმე სიტუაცია იყო შექმნილი დასავლეთ საქართველოში. კვლევის დროს დაფიქსირდა ^{90}Sr -ის მაღალი მაჩვენებლები. იგივე მდგომარეობა აღინიშნება ^{137}Cs -თან დაკავშირებით, სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს რადიო იზოტოპებით დაბინძურებულ ნიადაგებზე პრევენციული მეთოდების შემუშავებას. მოხდება 1986 წელს მიღებული უნიკალური რადიონუკლიდური გაზომვების მონაცემების გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ადგილებში ^{90}Sr და ^{137}Cs შემადგებლობის ცვლილების სურათის მოდელირება [2]. ამ მონაცემების სხვა ტერიტორიებზე

ექსტრაპოლირების გზით ნიადაგების არდგენის პროცესის კონტროლი და მათი სრული რეაბილიტაციის სავარაუდო ვადის პროგნოზი.(ცხრლ.1)

კვლევის მიზნებსა და ამოცანებს წარმოადგენს საქართველოს ერთ-ერთ უმთავრესი გლობალური ხასიათის ეკოლოგიურ პრობლემას, რომელსაც პირდაპირი გავლენა აქვს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე და მემინდვრეობა-მეცხოველეობის პროდუქციის უსაფრთხოებაზე. ნიადაგის რადიოაქტიურობის დადგენა ბიოლოგიურად ყველაზე საშიში იზოტოპებისა 90Sr და 137Cs და მძიმე მეტალების კონკრეტულად კი Zn, Pb, Fe, შემცველობის განსაზღვრის გზით [3].(ნახ.1 და ნახ2 1.) საქართველოს ძირითად ნიადაგებში (წითელმიწა, ყვითელმიწა, ჭაობიანი, ყვითელმიწა-ეწერი, ყვითელ-ყომრალი, კორდიან-კარბონატული, ყომრალ-შავი, ყომრალი, რუხი-ყავისფერი, მდელოს რუხი-ყავისფერი, ყავისფერი, მდელოს-ყავისფერი, მთა-მდელოს, მთა-ტყე-მდელოს, ანდოსოლები, შავი, შავმიწა, დამლაშებული, ალუვიური) 90Sr და 137Cs განსაზღვრა; 2. გამოკვლეული ნიადაგების ძირითადი ნიადაგური მაჩვენებლების (ჰიგროსკოპული წყალი, pH, ჰუმუსის შემცველობა, მექანიკური შედგენილობა) განსაზღვრა ნიადაგის პროფილში, 90Sr და 137Cs გადაადგილების კანონზომიერების განსაზღვრა ნიადაგის ზოგად მახასიათებლების ცვალებადობის პირობებში; 3. 90Sr-ის და 137Cs-ის შეღწევისა და დაგროვების ინტენსივობის დადგენა ძირითად სასოფლო-სამეურნეო კულტურებში, ნიადაგის ზოგადი მახასიათებლების ცვალებადობის პირობებში. 4. ქვეყნის ტერიტორიის დარაიონება რადიოაქტიური დაბინძურების (საშიშროების) მიხედვით; 5. სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის რადიოაქტიური დაბინძურების შესამცირებლად პრევენციული ღონისძიებების დასახვა. (ცხრილ.2)

პირველად საქართველოს ნიადაგებში დადგინდება 90Sr და 137Cs შემცველობა ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის შემდეგ - ანუ ტექნოგენური რადიონუკლიდებით ქვეყნის ტერიტორიის დაბინძურების შემდეგ. აღნიშნული კვლევა მნიშვნელოვანია ქვეყნის მთელი ტერიტორიისათვის, განსაკუთრებით აქტიურ სამიწათმოქმედო რეგიონებში (ძირითადად ზღვის დონიდან 1000 მეტრამდე) და ზემოთ - მაგალითად ხეხილის ბაღები, მარცვლოვანი და ბოსტნეული კულტურები. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რადიოაქტიური უსაფრთხოება მოსახლეობისათვის წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს პრიორიტეტს. მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა აისახება კონკრეტულ მიდგომებში „ეკოლოგიური კატასტროფის“ საბოლოოდ ასაცილებლად და მოსახლეობის უსაფრთხოებისთვის [4].

რეტრო მონაცემებისა და თანამედროვე გაზომვების შედეგების საფუძველზე აგებული იქნება მათემატიკური მოდელი, რომელიც მოგვცემს ჩერნობილის კატასტროფით გამოწვეული რადიონუკლიდური დაბინძურების სურათს. ეს სურათი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იქნება აფხაზეთის, სამეგრელო-აჭარის ტერიტორიებისათვის (შავი ზღვისპირეთში) რამდენადაც თავის დროზე იქ ნიადაგებსა და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში (ჩაი, ციტრუსები და სხვა) დაფიქსირებული იყო მაღალი რადიოაქტიური დაბინძურება. 137Cs და 90Sr-ის ხვედრითი აქტივობის გაზომვა მოხდება ბეტა-გამა-სპექტრომეტრულად სპექტრომეტრულ ანალიზატორზე „Atomtex“, რომელიც აღჭურვილია შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფით, რომლის კალიბრირება ხორციელდება თითოეული გაზომვის წინ სერთიფიცირებული რადიოაქტიური წყაროს საფუძველზე [5].

ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის შემდეგ - ანუ ტექნოგენური რადიონუკლიდებით ქვეყნის ტერიტორიის დაბინძურების შემდეგ [6], აღნიშნული კვლევა მნიშვნელოვანია ქვეყნის მთელი ტერიტორიისათვის, განსაკუთრებით აქტიურ სამიწათმოქმედო რეგიონებში (ძირითადად ზღვის დონიდან 1000 მეტრამდე) და ზემოთ - მაგალითად ხეხილის ბაღები, მარცვლოვანი და ბოსტნეული კულტურები. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რადიოაქტიური უსაფრთხოება მოსახლეობისათვის წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს პრიორიტეტს. მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა აისახება კონკრეტულ მიდგომებში „ეკოლოგიური კატასტროფის“ საბოლოოდ ასაცილებლად და მოსახლეობის უსაფრთხოებისთვის. იგი მნიშვნელოვანი საფუძველი იქნება ბიოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოებისათვის (აგრობიოწარმოებისათვის) საექსპორტო პროდუქციის მოცულობის გაზრდისათვის. ჩვენს მიერ

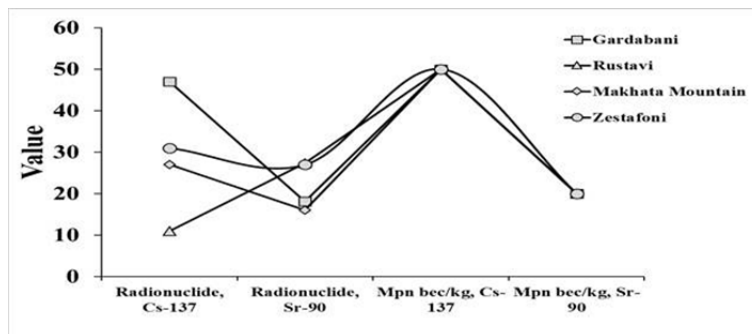
შემუშავებული მეთოდი და გაცემული რეკომენდაციები გამოყენებული პრაქტიკაში და ქვეყანა თავიდან აიცილებს რადიაციულ გამოსხივებას [7](ნახ.3).

ცხრილი 1. მძიმე მეტალების შემცველობა შესწავლილი რეგიონის ნიადაგებში.

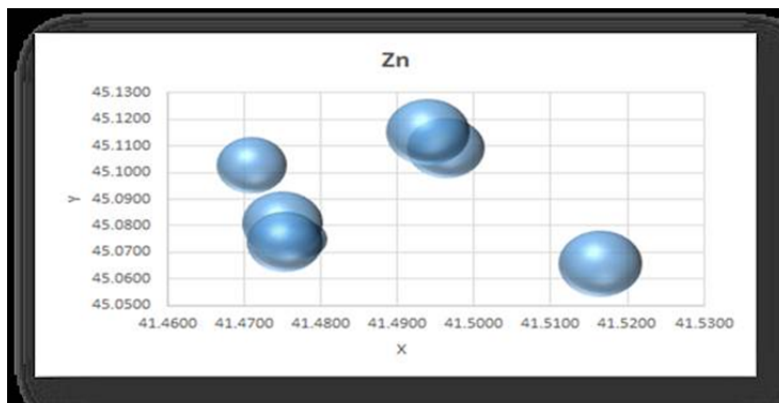
სინჯების აღების ადგილი	მძიმე მეტალების შემცველობა ნიადაგებში		
	Zn	Pb	Fe
გარდაბანი	770	360	3492
რუსთავი	260	320	3426
ზესტაფონი	920	280	3105
მახათას მთა	650	220	2988
ზღვ	300	130	420

ცხრილი 2. რადიონუკლიდური ზღვრები გამოკვლეული რეგიონების ნიადაგებში.

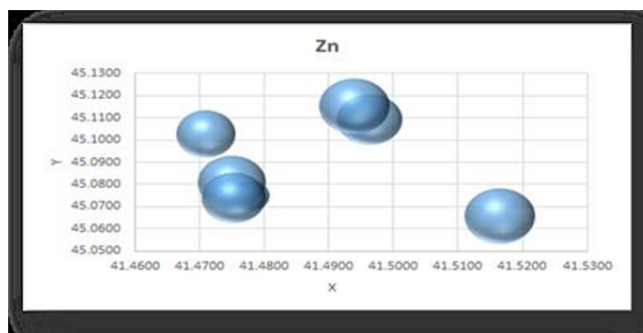
სინჯების აღების ადგილი	რადიონუკლიდი Cs -137	რადიონუკლიდი Sr-90	ზღვ ბეკ/კგ Cs -137	ზღვ ბეკ/კგ Sr-90
გარდაბანი	47	18,1	50	20
რუსთავი	11	27,4	50	20
ზესტაფონი	31	27	50	20
მახათას მთა	27	16	50	20



ნახ.1. რადიონუკლიდების ნიადაგში გავრცელების ზოგადი სურათი.



ნახ.2. ტყვიის შემცველობა ნიადაგებში.



ნახ. 3. თუთიის შემცველობა ნიადაგებში.

აღნიშნული კვლევა მნიშვნელოვანია ქვეყნის მთელი ტერიტორიისათვის, განსაკუთრებით აქტიურ სამიწათმოქმედო რეგიონებში და ზემოთ - მაგალითად ხეხილის ბაღები, მარცვლოვანი და ბოსტნეული კულტურები. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რადიოაქტიური უსაფრთხოება მოსახლეობისათვის წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს პრიორიტეტს. მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა აისახება კონკრეტულ მიდგომებში „ეკოლოგიური კატასტროფის“ საბოლოოდ ასაცილებლად და მოსახლეობის უსაფრთხოებისთვის.

ლიტერატურა

1. ჩხიტუნიძე მ., მათიაშვილი ს., კერესელიძე ზ., ნიადაგის დაბინძურების დროში ცვლილების დიფუზური მოდელი, ინტერნაციონალური სამეცნიერო კონფერენცია "ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები". ქუთაისი, საქართველო, სექტემბერი 21-22, 2018.
2. Palstzky A., Bergmann W., Ein Beitrag zur Reduzierung von Zinküberschuss-Schaden auf einem mit Zink kontaminierten Boden. Arch. Phytop. Pflanzenschutz, 1979, Bd. 15. N2.S.131.
3. ჩანქსელიანი ზ., ზარდალიშვილი ო., აგროქიმიის ეკოლოგიური პრინციპები. (წიგნი). თბილისი, 1992, 107გვ.
4. გელაშვილი კ., რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები, „განათლება“, თბ., 2000; გვ. 221.
5. მათიაშვილი ს., ჩანქსელიანი ზ., მეფარიძე ე., რადიონუკლიდებისა და მძიმე ლითონების გავრცელების შედარება საქართველოს ნიადაგებზე, 2022 თბილისი, საქართველოს გეოფიზიკური საზოგადოების ჟურნალი, ISSN: 1512-1127.
6. ნიადაგში მძიმე ლითონებისა და მეტალოიდების შემცველობის სტანდარტები. ნიადაგმცოდნეობა, №3, 2012, გვ.368-375.
7. Matiashvili S. B., The Preliminary Results of the Chemical-radiological Investigations of the Soils on the Territory of the Makhata Mountain, Journals of Georgian Geophysical Society, 2017, 19(22).

EVALUATION OF THE DYNAMIC CHANGE OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF THE CHERNOBYL DISASTER, ON THE EXAMPLE OF THE SOILS OF WESTERN GEORGIA

Matiashvili S., Chankseliani Z., Mepharidze E.

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

Abstract. 31 years after the Chernobyl accident - that is, after the contamination of the country's territory with man-made radionuclides. The mentioned research is important for the entire territory of the country, especially in active three-phase regions (mainly from sea level to 1000 meters) and above - for example, orchards, grain and vegetable crops. Radioactive safety of agricultural crops is the most important priority for the population. The possibility of practical application of the obtained results is reflected in specific approaches to finally prevent the "ecological disaster" and for the safety of the population. It will be an important basis for the production of biologically clean products (for agro-bioproduction) and for increasing the volume of export products. The method developed by us and the given recommendations are used in practice and the country avoids radiation exposure.

Key words: Soil, ecology, radiation.

აჭარის ზღვისპირა დაბლობის წითელმიწა ნიადაგების დაბინძურების პრობლემები და მთისწინეთის კოლხური ტყის შთენილები

აბულაძე თ., გვარიშვილი ნ., კიკნაძე ნ.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხორციელებულია აჭარის ზღვისპირა დაბლობის გონიო-სარფის მონაკვეთის წითელმიწა ნიადაგების აგროქიმიური და მულტიელემენტური კვლევა და მიმდებარე ფერდობებზე განვითარებული კოლხური ტყის შთენილი ეკოსისტემების ფონური შესწავლა. გონიო-სარფის დაბლობსა და ფერდობებზე განვითარებული ტყეები პოლიდომინანტურია. კვლევებმა გვიჩვენა, რომ გონიო-სარფის მონაკვეთის კოლხური ტიპის ტყეში წარმოდგენილი მცენარეული თანასაზოგადოებები ძირითადად შედგება ფო-თოლმცვენი სახეობებისაგან. დადგენილია, რომ წითელმიწა ნიადაგების რეაქცია მჟავაა. გაცვლითი მჟავიანობის მაჩვენებელი ყველაზე დაბალია წითელმიწა ნიადაგში მანდარინის ქვეშ, ხოლო მაქსიმალურია - ყამირ ნიადაგში. საკვლევი ნიადაგები ღარიბია საერთო ჰუმუსით (0,8-1,7%), საერთო აზოტი შეადგენს საერთო ჰუმუსის შემცველობის 2-5%-ს. მაკრო- და ნახევრადმიკრო ელემენტებიდან შემცველობის მიხედვით დომინირებს Al, Fe, Si. მცენარისათვის აუცილებელი მაკროელემენტებიდან მინიმუმში იმყოფება K, Ca, Mg, P. მიკროელემენტებიდან ნიადაგებში ზდკ-ს აღმატება Cu, Cd, Pb კონცენტრაცია, რაც ამ ნიადაგების ქიმიურ დაბინძურებაზე მიუთითებს.

საკვანძო სიტყვა: წითელმიწები, შთენილები, მთისწინეთი, დაბინძურება

აქტუალობა

გასული საუკუნიდან მოყოლებული, აჭარის მცენარეულობამ და ნიადაგებმა დიდი ცვლილებები განიცადა. ტყეების სამრეწველო ექსპლუატაციის გაძლიერება, მათი ათვისება კულტურულ მცენარეთა გასაშენებლად, ჭაობების ამოშრობა, უცხო მცენარეთა ინტროდუქცია, მათი დანერგვა სოფლის მეურნეობასა და დეკორატიულ მეზღვეობაში, გზებისა და რეკრეაციული ზონების მშენებლობა - აი ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებმაც გამოიწვია ცვლილებები აჭარის ვიწრო სანაპირო ზოლისა და დაბლობის მიმდებარე მთისწინეთის ნიადაგების ქიმიურ შედგენილობაზე და ფიტოცენოზების კომპლექსებში. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია ზღვისპირა აჭარის გონიო-სარფის მონაკვეთის დაბლობისა და მთისწინეთის

მიმდებარე ტერიტორიაზე განვითარებული წითელმიწა ნიადაგები, და თავისებურებებითა და უნიკალურობით გამორჩეული კოლხური ტყის ეკოსისტემები, რომლებიც დაბლობის კულტურული მცენარეული ლანდშაფტის ბუნებრივი გაგრძელებაა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები.

კვლევის მიზანი იყო გონიო-სარფის მონაკვეთის ზღვისპირა ზოლის წითელმიწა ნიადაგების თანამედროვე მდგომარეობის შეფასება, რომლებიც წარმოადგენენ სუბტროპიკული კულტურების (ჩაი, ციტრუსი, ტუნგო, თხილი, დაფნა და სხვა) განვითარების საუკეთესო გარემოს, და მიმდებარე ფერდობებზე განვითარებული კოლხური ტყის შთენილი ეკოსისტემების ფონური შესწავლა. დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები: ეკოსისტემების ფიტოცენოლოგიური დიაგნოსტიკა, ენდემური, რელიქტური და გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი სახეობების

შესწავლა, წითელმიწა ნიადაგების აგროქიმიური და მულტიელემენტური კვლევა, მათი თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების მიზნით.

კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა ზღვისპირა აჭარის დაბლობის გონიო-სარფის მონაკვეთის წითელმიწა ნიადაგები და მთისწინეთის თავისებურებებითა და უნიკალურობით გამოჩეული კოლხური ტყის შთენილები [1].

კვლევის მეთოდები

ჩატარდა რეკოგნოსცირებული კვლევა, რაც გულისხმობდა საკვლევი ტერიტორიის ფონურ შესწავლას (ტყის ცენოტიპების იდენტიფიკაციას). მოხდა ენდემური, რელიქტური და გადაშენების საფრთხეში მყოფი სახეობების შესწავლა [2]. ნიადაგის ნაყოფიერების (pH, საერთო ჰუმუსი და აზოტი, კვების ელემენტების ადვილად შესათვისებელი ფორმები) დასადგენად გამოყენებული იქნა მშრალი დანაცვრის, პოტენციომეტრული, ტიტრიმეტრული მეთოდები [3, 4]. ნიადაგის მულტიელემენტური ანალიზი ტარდებოდა პლაზმური ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით ხელსაწყო ICPE-9820-ზე [5].

კვლევის შედეგები

გონიო-სარფის დაბლობსა და ფერდობებზე ტყის მცენარეულობის არსებული შთენილი განსაკუთრებული ადგილია, სადაც დღემდე შემორჩენილია ფლორისტული შედგენილობით საკმაოდ მრავალფეროვანი, რელიქტური და ენდემური სახეობებით მდიდარი, უნიკალური რელიქტური ტყის დაბლობის ქვეტყიანი კოლხური შერეულფოთლოვანი ტყის ფრაგმენტი. აქ განვითარებული ტყეები პოლიდომინანტურია: პირველი იარუსის შემქმნელი სახეობებია: *Carpinus caucasica*, *Castanea ativa*, *Ulmus glabra*, *fagus orientalis*, *Diospyros lotus*, *Anus barbata*, *Tilia caucasica* და სხვ. ქვეტყეში გვხვდება *Rhododendron pontticum*, *Carpinus orientalis*, *Laurocrasus officinalis*, *Rhododendron luteum*, *Ilex colchica*, *Staphylea colchica*, *Celtis australis* *Swida australis* და სხვ. მათ შორის დომინანტია შინდანწლა (*Swida australis*), რომელიც ყვავილობის პერიოდში ქმნის დამახასიათებელ თეთრ ასპექტს. ლიანებიდან გვხვდება კოლხური და ჩვეულებრივი სურო, კატაბარდა, ელაკლიჭი, ცხრატყავა, რომლებიც ბალახოვნებთან ერთად ქმნის გაბატონებულ დაჯგუფებებს.

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, გონიო-სარფის მონაკვეთის კოლხური ტიპის ტყეში წარმოდგენილი მცენარეული თანასაზოგადოებები ძირითადად შედგება ფოთოლმცვენი სახეობებისაგან – *Fagus orientalis*, *Castanea sativa*, *Tilia caucasica*, *Alnus barbata*, *Carpinus caucasica*, *ulmus glabra* და სხვ., ისინი ცენოზში ყველაზე პროგრესული სახეობებია. ლიანები ეხვევიან რა მერქნიან მცენარეებს, გაუვალს ხდიან ტყის კორომებს. ტყის ძირითადი ასოციაციებია: რცხილნარ-წაბლნარი (*Carpineto-castonatum*), რცხილნარ-მურყნარი (*Carpineto-alnetum*), წაბლნარ-რცხილნარ-წიფლნარი (*Castaneto-carpineto-fagetum*), რცხილნარ -თელნარ-მურყნარი (*Carpineto-ulmeto-alnetum*).

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მთისწინეთის ფერდობებზე განვითარებულ კოლხურ ტყეებში ენდემური ფლორის მრავალფეროვნება 24 სახეობით განისაზღვრება, რომლებიც მიეკუთვნებიან 18 ოჯახსა და 20 გვარს, მათ შორის კავკასიის - 5, საქართველოს - 3, კოლხეთის - 11, აჭარა-ლაზეთის - 3, აჭარის - 1. საკვლევი მცენარეულობა მდიდარია რელიქტური სახეობებით. აქ გავრცელებული რელიქტების უმეტესობა კოლხური წარმოშობისაა. მერქნიანი მცენარეებიდან უძველეს რელიქტებს განეკუთვნებიან: *Rhododendron ponticum*, *Ilex colchica*, *Hedera colchica*, *Fagus orientalis*, *Castanea sativa*, *Tilia caucasica*, *Alnus barbat*, *Carpinus caucasica*, *ulmus glara* და სხვ. გაცილებით ვიწრო არეალის მქონე სახეობებია: *Celtus australus* და *Stahylea colchica* ორივე სახეობა საქართველოს წითელ ნუსხაშია შეტანილი. ლიანებიდან წარმოდგენილია კოლხური სურო, კატაბარდა, ელაკლიჭი, ცხრატყავა, ღვედკეცი, რომლებიც ბალახოვნებთან ერთად ქმნიან გაბატონებულ დაჯგუფებებს. გონიო-სარფის მონაკვეთის კოლხური ტყის შთენილი ფლორის გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი სახეობებია: *Helleborus causicus*,

Stahylea colchica, Juglans regia, Pachyphragma macriphyllum, Glaucium flavum, Celtus australis, Primula magaseifolia, Diospyros lotus.

უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანის საქმიანობამ არსებითი ცვლილებები შეიტანა გონიოსარფის მონაკვეთის დაბლობისა და მთისწინეთის ეკოსისტემებში, რის გამოც შემცირდა ტყის მცენარეულობის ფართობი, გაჩნდა შიშველი ფერდობები, გაიზარდა ინტროდუცირებული და ადვენტური სახეობების ინვაზიური პოტენციალი ბუნებრივ ცენოზებში. ეს ტერიტორია წარმოადგენს საქართველო-თურქეთის ტრანსსასაზღვრო ზონას და სარეკრეაციო ადგილს, სადაც აქტიურად მიმდინარეობს ურბანიზაცია, ხდება სანაპირო ზოლის ათვისება, სარეკრეაციო დანიშნულების შენობა-ნაგებობების და სავაჭრო ცენტრების მშენებლობა. შედეგად ხდება მცენარეთა არეალების ფრაგმენტაცია, ბევრი სახეობა გადაშენდა, ბევრს გადაშენების საფრთხე დაემუქრა, აბორიგენული მცენარეების ადგილს იჭერს ინვაზიური და ადვენტური სახეობები, პირველადი ცენოზები იცვლება მეორადით.

წითელმიწა ნიადაგების რეაქცია მჟავაა, pH მერყეობს 3,6-დან (0-40სმ ფენაში), 5,8-მდე (40-80სმ ფენაში). ყველაზე დაბალია ყამირი ნიადაგის pH-3,6, ნიადაგის სიღრმეში pH-ის მაჩვენებელი იზრდება (ცხრილი 1). pH-ის შესაბამისად, გაცვლითი მჟავიანობის მაჩვენებელი ყველაზე დაბალია წითელმიწა ნიადაგში მანდარინის ქვეშ (2,5-3,2მგ.ექვ/ლ), ხოლო მაქსიმალურია - ყამირ ნიადაგში (8,5-10,0 მგ. ექვ/ლ). ნიადაგები ღარიბია საერთო ჰუმუსით, რომელიც წარმოადგენს ნიადაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთ ძირითად მაჩვენებელს. ჰუმუსით ყველაზე ღარიბია ყამირი წითელმიწა და ნაჩაიარი ნიადაგი მოსვენებულ მდგომარეობაში (0,8-1,7%, 0-40სმ ფენაში). სიღრმისეულად ჰუმუსის შემცველობა იკლებს. ჰუმუსით ნიადაგების უმნიშვნელო გამდიდრება გამოიწვია, როგორც სხვადასხვა კულტურის მიერ ჩამოცვენილმა და ნასხლავმა მცენარეულმა ნარჩენებმა, ასევე ციტრუსისა და თხილის ქვეშ უსისტემოდ, მაგრამ მაინც პერიოდულად რამდენჯერმე შეტანილმა მინერალურმა (NPK) და ორგანულმა (ნაკელი) სასუქებმა. საერთო აზოტი შეადგენს საერთო ჰუმუსის შემცველობის 2-5%-ს.

ცხრილი 1 წითელმიწა ნიადაგების ნაყოფიერების მაჩვენებლები

ვარიანტი მაჩვენებელი	ყამირი		ციტრუსით დაკავებული (მანდარინი)		თხილით დაკავებული		ნაჩაიარი მოსვენებულ მდგომარეობა ში	
	0-40 სმ	40-80 სმ	0-40 სმ	40-80 სმ	0-40 სმ	40-80 სმ	0-40 სმ	40-80 სმ
pH	3,6	4,4	5,6	5,8	4,9	4,7	3,9	4,2
გაცვლითი მჟავიანობა მგ. ექვ/ლ	8,5	10,0	2,5	3,2	5,4	6,7	7,0	9,8
საერთო ჰუმუსი %	0,8	0,6	3,8	3,0	3,2	2,4	1,7	1,5
საერთო აზოტი %	0,024	0,020	0,2	0,16	0,16	0,082	0,032	0,025

ნიადაგების მულტიელემენტურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ მაკრო- და ნახევრადმიკრო ელემენტებიდან შემცველობის მიხედვით დომინირებს Al (31,5-96,15 მგ/კგ), Fe (37,5-58,5 მგ/კგ), Si (20,7-42,0 მგ/კგ). მცენარისათვის საკვებად გამოსაყენებელი აუცილებელი მაკროელემენტებით ნიადაგები დაბალ უზრუნველყოფილია: K(10,1-18,0მგ/კგ); Mg(10,53-18,65მგ/კგ); Ca(26,3-48,6მგ/კგ); P(8,67-23,25მგ/კგ). აღნიშნული ელემენტების შემცველობა უმნიშვნელოდ მატულობს მანდარინით და თხილით დაკავებულ წითელმიწებზე. მიკროელემენტებიდან აღმოჩენის ზღვარს ქვემოთ იმყოფება Cr, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl, V. განსაზღვრულ მიკროელემენტებს შორის ყველაზე მეტი რაოდენობით Mn დაფიქსირდა ყამირ ნიადაგზე, რაც კიდევ ერთხელ უსვამს ხაზს წითელმიწა ნიადაგების მჟავა რეაქციაზე (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. ნიადაგის მჟავა გამონაწურის (0,1 N H₂SO₄) ელემენტური ანალიზი, მგ/კგ მიკროელემენტები (მათ შორის ტოქსიკური)

ელემენტები, მგ/კგ ვარიანტი	As	B	Ba	Co	Cu	Mn	Mo	Zn	Cd	Cu	Pb
<i>ყმირი</i>	1.02	0.502	1.57	3.61	1.42	55.3	0.0537	0.15	1,047	3,287	3,1 58
<i>ციტრუსით დაკავებულ-ლი (მანდარინი)</i>	1.62	0.427	1.61	2.21	2.56	18.6	0.0415	0.56	1,125	3,462	3,2 43
<i>თხილით დაკავებული</i>	1.60	0.421	1.84	2.19	1.76	17.3	0.0277	0.723	1,254	3,139	3,1 80
<i>ნაჩაირი მოსვენებულ მდგომარეობაში</i>	1.56	0.268	1.64	2.82	1.18	28.8	0.0474	0.587	1,067	3,156	3,1 25
ზღვ, მგ/ლ	2,0	55	2,5	5,0	3,0	60	3,5	1,0	1,0	3,0	3,0

მინიმალური რაოდენობით ნიადაგებში იმყოფება Mo (0,0277-0,0537 მგ/კგ). ნიადაგებში ზღვ-ს აღემატებოდა Cu, Cd, Pb შემცველობა, რაც მათ ქიმიურ დაბინძურებაზე მიუთითებს [6]. ეს გარემოება შესაძლოა გამოწვეული იყოს გონიო-სარფის მონაკვეთზე აქტიურად მიმდინარე ურბანიზაციით, სანაპირო ზოლის ინტენსიური ათვისებით, სარეკრეაციო დანიშნულების შენობა-ნაგებობების და სავაჭრო ცენტრების მშენებლობით.

დასკვნა

გონიო-სარფის დაბლობსა და ფერდობებზე ტყის მცენარეულობის არსებული შთენილი განსაკუთრებული ადგილია, სადაც დღემდე შემორჩენილია ფლორისტული შედგენილობით საკმაოდ მრავალფეროვანი, რელიქტური და ენდემური სახეობებით მდიდარი, უნიკალური რელიქტური ტყის ფრაგმენტები. აუცილებელია წითელმიწა ნიადაგების ქიმიური შედგენილობის სისტემატური კვლევა და პერიოდული მონიტორინგების განხორციელება, მათი თანამედროვე მდგომარეობის შესაფასებლად და დროული ღონისძიებების გასატარებლად, ქიმიური დაბინძურების პრევენციის მიზნით, რომელიც გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორებით. ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლების ერთ-ერთი საუკეთესო და ეფექტური ღონისძიებაა აგრეთვე სასუქების მეცნიერულად დასაბუთებული სისტემით შეტანა.

ლიტერატურა

1. მსოფლიო საცნობარო ბაზა ნიადაგების რესურსებისათვის.- თბილისი: აგრარული უნივერსიტეტი. 2017. -221 გვ.
2. Releve Method-handbook for Collecting Vegetation Plot Data . 2013, p.64.
3. მარგველაშვილი გ. ნიადაგის ქიმიური ანალიზი, 2019. – თბილისი: გამომცემლობა „საჩინო“. –331გვ. ISBN 978-9941-8-1511-9
4. საველე ნიადაგმცოდნეობა. - თბილისი: საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. 2016. – 171გვ.
5. Беккер Ю. Спектроскопия. Издание: 1-е. 2009. -528pg. ISBN 978-5-94836-220-5
6. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს 297/ნ ბრძანება გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ. - თბილისი, 2001 წლის 16 აგვისტო. გვ.48-104.

PROBLEMS OF CONTAMINATION OF THE RED SOILS OF THE COASTAL ADJARA PLAIN AND THE OFFSPRING OF THE COLCHIC FOREST OF THE FOOTHILLS

Abuladze T., Gvarishvili N., Kiknadze N.

Batumi Shota Rustaveli State University, Batumi, Georgia

Abstract. *The agrochemical and multi-elemental research of the red soils of the Gonio-Sarpi section of the coastal plain of Adjara and the background study of the ecosystems of the Colchic forest developed on the surrounding slopes have been carried out. The forests developed on the Gonio-Sarpi plain and slopes are polydominant. Studies have shown that the vegetation communities present in the Colchic type forest of the Gonio-Sarpi section are mainly composed of deciduous species. It is established that the reaction of red soils is acidic. The rate of exchange acidity is the lowest in red soil under mandarin (2., and the highest - in virgin soil. The studied soils are poor in total humus (0.8-1.7%), total nitrogen is 2-5% of the total humus content. Among the macro- and semi-micro elements, Al, Fe, Si dominate according to their content. K, Ca, Mg, P are the least of the macroelements necessary for the plant. Among the microelements, the concentration of Cu, Cd, Pb in the soils exceeds Maximum Permissible Concentration (MPC), which indicates chemical pollution of these soils.*

Keywords: *red soils, offspring, foothills, pollution.*

არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების რეგენერაცია კლინოპტილოლითის გამოყენებით

შუბლაძე ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია სამცხე-ჯავახეთისა და კახეთის რეგიონების სტიქიური ნაგავსაყრელების ტერიტორიების ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა სორბენტით დამუშავებამდე და სორბენტით დამუშავების შემდეგ.

სორბენტად შერჩეული იქნა საქართველოში მოპოვებადი ბუნებრივი ცეოლითი-კლინოპტილოლითი, რომელიც ხასიათდება მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, ქიმიური მდგრადობით, ფორიანობით, შთანთქმისა და იონმიმოცვლის მაღალი უნარით. ამ სორბენტის გამოყენების მიზანს წარმოადგენდა საქართველოს ზოგიერთ რეგიონში არსებულ არაკონტროლირებად ნაგავსაყრელებზე მძიმე ლითონების შემცველობების შემცირება.

ქართული სორბენტით დამუშავების შედეგად, სამცხე-ჯავახეთისა და კახეთის რეგიონების სტიქიური ნაგავსაყრელების ნიადაგში მძიმე ლითონების შემცველობები შემცირდა კერძოდ, 3 შემთხვევაში სპილენძის შემცველობა შემცირდა 79%-მდე, თუთიის 56%-მდე, მხოლოდ 1 შემთხვევაში (ასპინძის ნაგავსაყრელის ტერიტორია) ტყვიის კონცენტრაცია შემცირდა 78%-ით.

საკვანძო სიტყვები: არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელები, მძიმე ლითონები, კლინოპტილოლითი

შესავალი

საქართველოში მრავლადაა არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელები, რომლებიც ხშირად დასახლებული პუნქტების მახლობლად, არცთუ იშვიათად სამოვრებთან, ან ხევებში მდებარეობს, სადაც მდინარეები ჩამოედინება. ხშირ შემთხვევაში, მოცემული ტერიტორიებიდან მათი გატანა ან მოსუფთავება ვერ ხერხდება და, აქედან გამომდინარე, მრავალი წლის განმავლობაში იქვე რჩება და მიმდებარე ტერიტორიების სხვადასხვა ტიპის ნარჩენებით დაბინძურების ერთ-ერთ წყაროდ იქცევა. შესაბამისად, საგრძნობლად უარესდება ამ ტერიტორიების სანიტარული მდგომარეობა. აუცილებლად უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ საქართველოში ეს პრობლემა განსაკუთრებით საგულისხმოა და მისი მოგვარება თუნდაც იმიტომაც აუცილებელი, რომ საქართველოში დღესდღეობით არაკონტროლირებად ნაგავსაყრელებზე სახიფათო ნარჩენებიც ხვდება (მაგალითად, ვადაგასული წამლები, თერმომეტრები, წყობიდან გამოსული წნევის აპარატები, პამპერსები, საღებავებიანი ჭურჭლები, საბურავები და სხვა), რამაც რეგიონებში მცხოვრებ მოსახლეობას, ჯანმრთელობის თვალსაზრისით, შეიძლება მომავალში არაერთი პრობლემა შეუქმნას.

ნაშრომში განხილულია საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების კვლევა მძიმე ლითონებით დაბინძურების კუთხით. დადგინდა ქართული სორბენტის კლინოპტილოლითის როლი ნიადაგის მძიმე ლითონებით დაბინძურების შემცირების თვალსაზრისით [1-3].

საკვლევი ზონა და მეთოდები

ნაშრომის საკვლევ ზონას და ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის (კახეთი, შიდა ქართლი, სამცხე-ჯავახეთი, მცხეთა-მთიანეთი, ქვემო-ქართლი, ქ.თბილისი) არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგების კვლევა მძიმე ლითონებით დაბინძურების თვალსაზრისით.

ამისათვის, შერჩეული ნაგავსაყრელის ტერიტორიიდან აღებულ იქნა საანალიზო ნიმუშები (ნაგავსაყრელის ტერიტორიის მოსუფთავების შემდგომ) რათა დაგვენილიყო მძიმე ლითონებით ნიადაგის დაბინძურების ხარისხი, ხოლო ტერიტორიის სორბენტით დამუშავების შემდეგ (დაახლოებით 2-4 თვის პერიოდით) კი ხელახლა იქნა აღებული ნიადაგის ნიმუშები შედარებითი ანალიზის ჩასატარებლად.

ნიადაგის ნიმუშის დამუშავება ხორციელდებოდა სტანდარტული EPA-200.2 მეთოდის შესაბამისად მიკროტალღური დამშლელი ხელსაწყო „milestone“ ექსტრაქტორის გამოყენებით, ხოლო დამუშავებულ ნიმუშებში მძიმე მეტალების შემცველობები ისაზღვრებოდა სტანდარტული ISO 11885:200-მეთოდით, ინდუქციურად ბმული პლაზმურ-ემისიური სპექტრომეტრის ICP-OES საშუალებით.

შედეგების განხილვა

სამცხე-ჯავახეთისა და კახეთის რეგიონებში ჩატარებული კვლევის შედეგები, რომლებიც მოიცავენ ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობების განსაზღვრას კლინოპტილოლითი დამუშავებამდე და დამუშავების შემდეგ მოცემულია ცხრ.1-3 და ნახ.1-7, თუ შევადარებთ ცხრილებში 1-3-ში წარმოდგენილ ზოგიერთ მნიშვნელობებს (მონიშნული ცისფრად) ერთმანეთს, დავინახავთ თუ რამდენად შემცირდა ზოგიერთი მძიმე ლითონის კონცენტრაციები ჩვენს მიერ შერჩეულ ნაგავსაყრელების ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშებში მათზე სორბენტის დაყრისა და ნიადაგის დამუშავების შემდგომ.

ცხრილი 1. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა ივლისი, 2020.

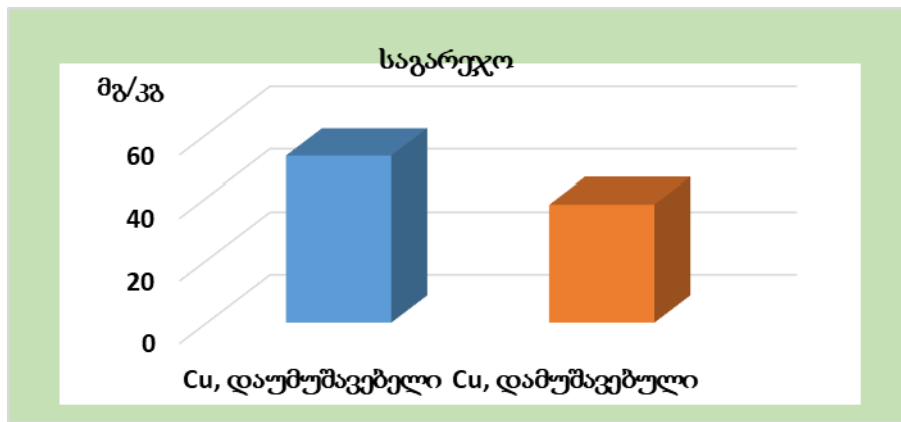
#	სინჯის აღების ადგილი	Cu	Zn	Pb	Cd
		მგ/კგ			
1	ახალციხე, თამარ მეფის ქ. (ლტოლვილების დასახლება)	34.39	130.52	4.77	0.01
2	ახალციხე, რუსთაველის ქ. (პოლიკლინიკის მიმდებარე ტერიტორია)	62.31	409.41	23.52	0.75
3	ასპინძა-ხიდთან	56.11	601.70	78.66	0.50

ცხრილი 2. კახეთის რეგიონის სტიქიური ნაგავსაყრელის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა აგვისტო, 2020.

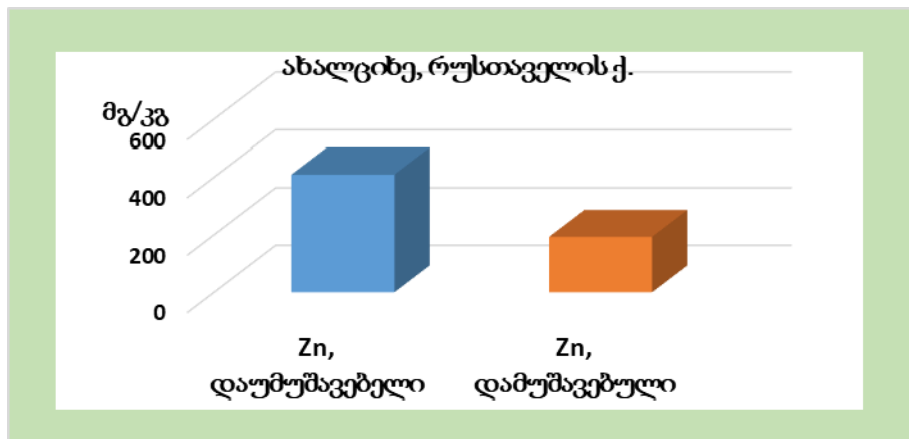
#	სინჯის აღების ადგილი	Cu	Zn	Pb	Cd
		მგ/კგ			
1	თელავი	32.31	89.43	15.03	0.50
2	გურჯაანი, გარაჟები	69.07	591.34	89.09	1.00
3	საგარეჯო	53.11	317.64	44.84	0.10

ცხრილი 3. სამცხე-ჯავახეთისა და კახეთის რეგიონების სტიქიური ნაგავსაყრელების სორბენტით დამუშავებული ტერიტორიების ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა.

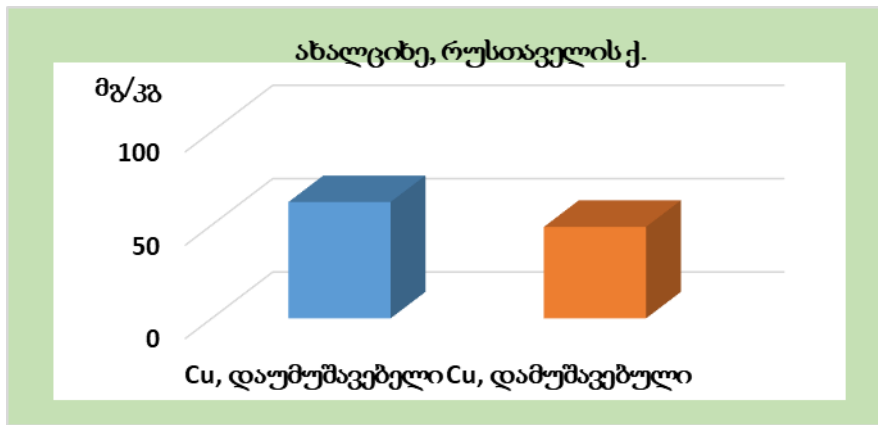
#	სინჯის ადების ადგილი	სინჯის #	Cu	Zn	Pb	Cd
			მგ/კგ			
1	ასპინძა	2142	12.33	203.24	17.49	< 2.0
2	ახალციხე-1 (რუსთაველის ქუჩა)	2143	49.01	192.58	30.71	<2.0
3	ახალციხე-2 (თამარ მეფის ქუჩა)	2146	52.40	87.60	23.56	<2.0
4	თელავი	2145	44.44	175.38	50.27	<2.0
5	საგარეჯო	2149	37.69	540.91	57.72	<2.0



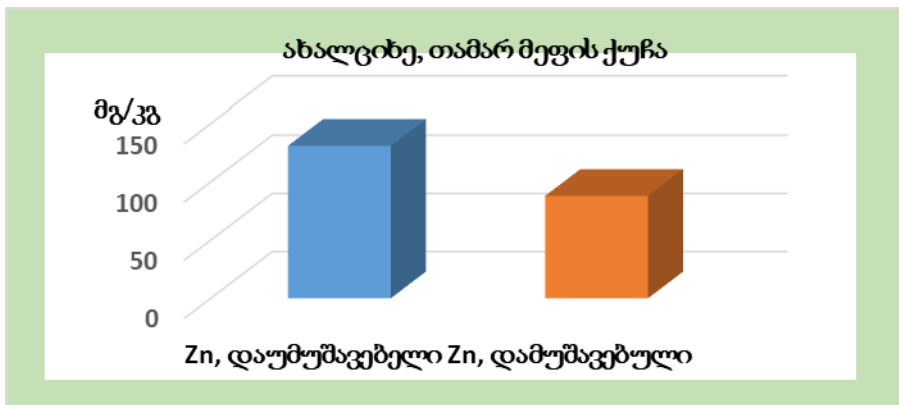
ნახაზი 1. შედარებითი ანალიზის შედეგი საგარეჯოს ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 29 %-ით).



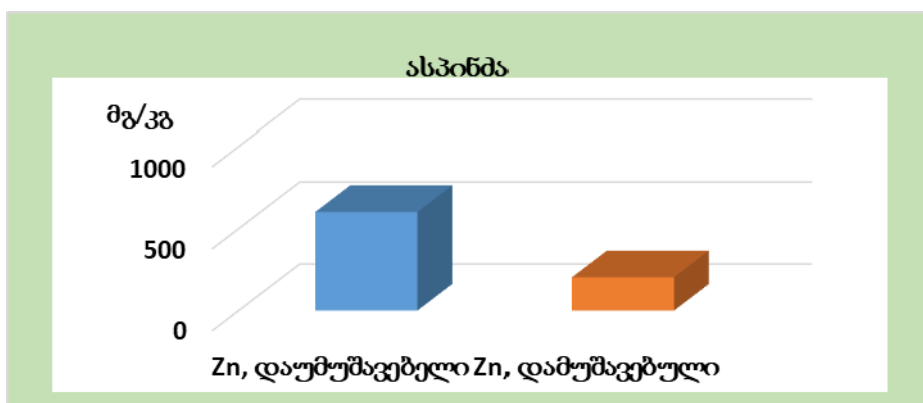
ნახაზი 2. შედარებითი ანალიზის შედეგი ახალციხის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 53 %-ით).



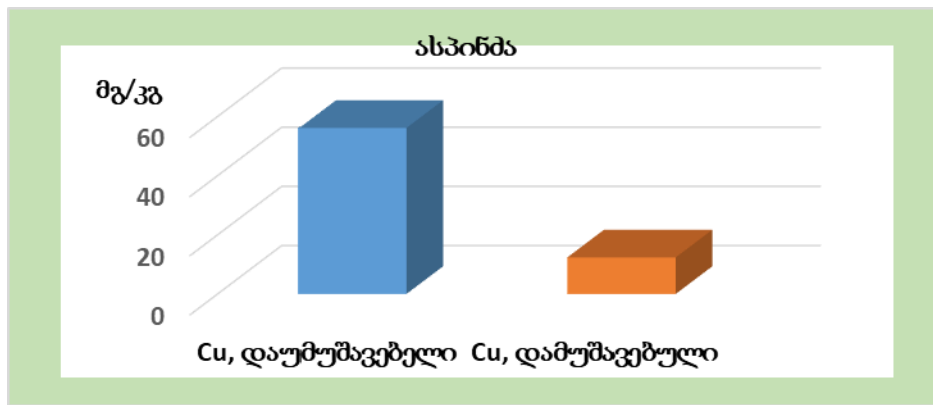
ნახაზი 3. შედარებითი ანალიზის შედეგი ახალციხის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21 %-ით).



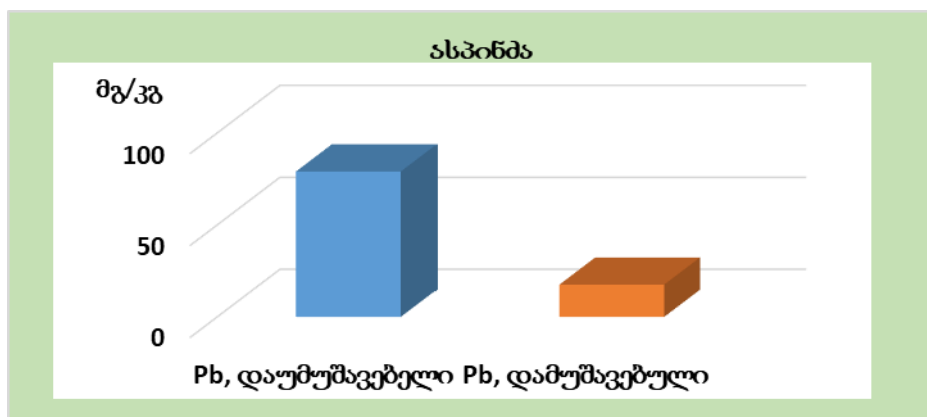
ნახაზი 4. შედარებითი ანალიზის შედეგი ახალციხის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 33 %-ით).



ნახაზი 5. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის თუთიის შემცველობასთან მიმართებაში (თუთიის შემცველობა შემცირდა 66 %-ით).



ნახაზი 6. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის სპილენძის შემცველობასთან მიმართებაში (სპილენძის შემცველობა შემცირდა 79 %-ით).



ნახაზი 7. შედარებითი ანალიზის შედეგი ასპინძის ნაგავსაყრელი დაუმუშავებელ და დამუშავებულ ტერიტორიებს შორის ტყვიის შემცველობასთან მიმართებაში (ტყვიის შემცველობა შემცირდა 78 %-ით).

ზემოთ მოყვანილი ცხრილებიდან და ნახაზებიდან ჩანს, რომ სტიქიური ნაგავსაყრელების ტერიტორიების, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ქართული სორბენტით დამუშავების შედეგად, ნიადაგში მძიმე ლითონების შემცველობები შეიცვალა, კერძოდ - 7 შემთხვევიდან 3 შემთხვევაში სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21-იდან 79%-მდე, თუთიის კი 33-იდან 56%-მდე, ხოლო მხოლოდ 1 შემთხვევაში (ასპინძის ნაგავსაყრელის ტერიტორია) ტყვიის კონცენტრაცია შემცირდა 78%-ით.

ამრიგად, მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ (და როგორც ამას სხვა მეცნიერთა კვლევებიც ადასტურებენ) ქართულ სორბენტ-ცეოლიტს, რომელიც შეიცავს 80%-მდე კლინოპტილოლიტს, აქვს საუკეთესო სორბციული თვისებები იმისა, რომ შებოჭოს სტრუქტურულ არხებში (ფორებში) ზოგიერთი მეტალი და შედეგად შეამციროს მათი შემცველობები ნიადაგში.

დასკვნა

- მოცემულ კვლევაში შემუშავებულ იქნა არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების რემედიაციის მეთოდის და იმ ყველა საჭირო ეტაპის შესწავლა, რომლის შედეგადაც შესაძლებელი გახდა მძიმე ლითონებით ნიადაგის დაბინძურების ხარისხის შემცირება ქართული სორბენტ-ცეოლიტის გამოყენებით.

- ქართული სორბენტ-კლინოპტილოლითი დამუშავების შედეგად, ნიადაგში მძიმე ლითონების შემცველობები შეიცვალა, კერძოდ - 7 შემთხვევიდან 3 შემთხვევაში სპილენძის შემცველობა შემცირდა 21-იდან 79%-მდე, თუთიის კი 33-იდან 56%-მდე, მხოლოდ 1 შემთხვევაში (ასპინძის ნაგავსაყრელის ტერიტორია) შემცირდა ტყვიის კონცენტრაცია 78%-ით.

ლიტერატურა

1. თ. პავლიაშვილი, თ. ყალაბეგიშვილი. ბუნებრივი ცეოლიტების გამოყენება ეკოლოგიაში//“საქართველოს ქიმიური ჟურნალი”, 2012.12 (1), გვ.51-56.
2. L.Shavliashvili, G.Kordzakhia, N.Naskidashvili, N.Tugushi, G.Kuchava, E.Bakradze. Use of Klinoptilolith in Agriculture//International Scientific Journal “Annals of Agrarian Science”, 2013. vol.11, №.3, p.36-28.
3. В.Цицишвили, Т.Г.Андроникашвили, Н.Нестеров, В.Г.Лабутин - Природные цеолиты в сельском хозяйстве - Тбилиси, «Мецниереба», 1984.150 ст.

REGENERATION OF SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS IN SERAUNDING AREAS OF UNCONTROLLED LANDFILLS USING CLINOPTILOLITE

Shubladze E.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The paper discusses the content of heavy metals in the soils of the uncontrolled landfills of Samtskhe-Javakheti and Kakheti regions before and after sorbent treatment. Natural zeolite-clinoptilolite obtained in Georgia, which is characterized by high mechanical strength, chemical stability, porosity, absorption and ion exchange capacity, was selected as a sorbent. The purpose of using this sorbent was to reduce the content of heavy metals in uncontrolled landfills in some regions of Georgia.*

As a result of treatment with Georgian sorbent, the contents of heavy metals in the soil of natural landfills of Samtskhe-Javakheti and Kakheti regions decreased, in particular, in 3 cases the content of copper decreased to 79%, zinc to 56%. Only in 1 case (Aspindza landfill area) lead concentration decreased by 78%.

Keywords: *uncontrolled landfills, heavy metals, clinoptilolite.*

აჭარის დასახლებულ ადგილებში გამდინარე მდინარეების დაბინძურების კერების შესწავლა

ყიფიანი გ., დარჩიძე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. მსოფლიო საზოგადოებისათვის მთავარი ეკოლოგიური გამოწვევა „სუფთა წყალი“ საქართველოსთვისაც ერთობ აქტუალური საკითხია. ჩვენი ქვეყანა რამდენადაც მცირე მდინარეთა სიუხვით გამოირჩევა, იმდენად გამორჩეულია მათი დაბინძურების კერების რაოდენობით. ამ კუთხით არც აჭარის რეგიონია გამონაკლისი, როლის მთელ ტერიტორიაზე მიმდინარეობს წყლის წყართა შესწავლა. დღეის მდგომარეობით შესწავლილი 150-ზე მეტი ზედაპირული მდინარე თუ ნაკადული, რომელთაგან თითქმის მესამედში საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ნაგავსაყრელის, ხოლო ნახევარზე მეტში ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების პოვნა მოხდა. მოცემული თემა სწორედ ამ დაბინძურების კერების აღმოჩენით სამუშაოებს შეეხება.

საკვანძო სიტყვები: ნარჩენები, წყლის წყარო, კვლევა, აჭარის რეგიონი

მადლიერება

მადლიერება მიიწოდება გამოვხატო აჭარის დაბინძურებისა და სოფლების წყალმომარაგებისა და წყალარინების პროგრამის, სსიპ აჭარის წყლის ალიანსისა და “MACS“-ის წარმომადგენლობა საქართველო-ს გაწეული ტექნიკური და მატერიალური დახმარების აღმოჩენისთვის.

შესავალი

ისტორიულად ადამიანი წყალს ათასწლეულებია იყენებს, ის ხომ ადამიანის ცხოვრების უმთავრესი ნივთიერებაა ჟანგბადის შემდეგ.

ადამიანის განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე წყალს სხვადასხვა გამოყენების მიზანი უჩნდებოდა.

1. პირველ ეტაპზე ეს იყო პირველყოფილური დასახლებების მოწყობის ერთერთი წინაპირობა, დასახლებას უნდა ჰქონოდა წყალი მარტივად წვდომად დისტანციაზე.

2. შემდეგი იყო მისი გამოყენება სარწყავი არხების სახით, მიწათმოქმედებაზე გადასვლის შემდეგ;

3. ახალ შექმნილ დასახლებულ პუნქტებს ჭირდებოდათ თავდაცვითი ნაგებობები, როგორც მტაცებლებისგან, ასევე მტრულად განწყობილი ტომებისა თუ ქალაქებისაგან, აქ წყლის გამოყენება ხდებოდა დასახლების ირგვლივ თხრილების მოწყობით;

4. მიწათმოქმედებაზე გადასვლამ გააჩინა საჭიროება მოყვანილი მარცვლეულის დაფქვისა, ამისთვის შეიქმნა წისქვილები, რომლებიც დღესაც კი გვხვდება, ნიდერლანდებში კი ქვეყნის კულტურულ მემკვიდრეობად ითვლება[1].

მდინარეები ქმნიან აუზებს, რომლებიც ვრცელი ადგილებია, რომელთა ბუნებრივი ან ხელოვნური სადრენაჟები მთავარ მდინარის შენაკადის ქსელში გადადიან. ამიტომ, ისინი კომპლექსური სისტემებია, რომელთა შესწავლა უნდა მოხდეს მენეჯმენტის გეგმების შესასრულებლად. აუცილებელია წყლის ხარისხისა და ეკოსისტემის ფუნქციონირების მუდმივი კონტროლი.

ძირითადი ტექსტი

მდინარეები და მათთან დაკავშირებული ეკოსისტემები გვაწვდიან სასმელ წყალს, რომელიც აუცილებელია ჩვენი საკვებისა და სამრეწველო პროცესებისთვის, ამიტომ ისინი ადამიანის კეთილდღეობისთვის აუცილებელია. პარადოქსია, რომ მდინარეები და ზოგადად წყლის რესურსები ისევ და ისევ საზოგადოების უდიერი ქცევის გამო ბინძურდება, ამ ყველაფერს ალბათ ბუნების მიშენელობის მიმართ საზოგადოების დაბალი თვითშეგნება განსაზღვრავს. ჩვენ ხშირად გვინახავს მდინარეები, რომელიც ბინძურდება ფეკალური წყლებით, მოსახლეობის ეზოებში მოგროვილი ნაგვით. დროთა განმავლობაში მდინარის წყალი შრება, ბინძურდება, მისთვის დამახასიათებელი სიბინძურე, ქვეწარმავლების სიმრავლე კვლავ და კვლავ აწუხებს ადამიანს, რომელიც არ უფრთხილდება ბუნების უმთავრეს სიმდიდრეს, სიცოცხლის სიმბოლოს წყალს, რესურსს, რომელიც ამოწურვადია.

აჭარის რეგიონში მოცემული მონეტისთვის შესწავლილი მაქვს აჭარის 168 სოფელში გამდინარე 184 მდინარე თუ ნაკადული რომელთა შორისაც 75-ში გვხვდება E.coli-ით დაბინძურება (ცხრ. 1). აღარაფერს ვამბობ მდინარის პირა ნაგავსაყრელებზე, რომლებიც მხოლოდ აჭარის რეგიონისთვის თითქმის ყველა დასახლებულ პუნქტში გვხვდება. აჭარის რეგიონში გვაქვს წყლის ქიმიური დაბინძურების ლოკაციები, ქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების მრავალწლიანი მუშაობის შედეგად მდინარეებში, გუბის წყალი და ბარცხანა ცხრ.1).

ცხრილი 1

მუნიციპალიტეტი	დაბინძურებული წყაროს რაოდენობა	დაუბინძურებელი წყაროს რაოდენობა	სულ
ქობულეთი	12	25	37
ხელვაჩაური	23	24	47
ქედა	10	15	25
შუახევი	14	23	37
ხულო	16	22	38
სულ	75	109	184

<p>სოფელი სკვანა</p>	<p>სოფელი კალოთა</p>
<p>მდინარე ჩოლოქში განთავსებული მოტივტივე ნარჩენების დამჭერი ბარიერი</p>	<p>ნავთობით დაბინძურების კერა მდინარე ბარცხანის კალაპოტში</p>

განსაკუთრებით მძიმე სიტუაციაა ზღვისპირა ტერიტორიაზე, სადაც ხდება მდინარეთა აუზების მთელ ფართობზე დაგროვებული ნარჩენებისა ჩამოტანა. აქ ზღვის შესართავთან მოწყობილია მოტივტივე ნარჩენების შემაკავებელი ბარიერები, მაგრამ ეს მხოლოდ ნაწილობრივ ეხმარება მდინარის წმენდას.

დაბინძურებული მდინარის წყალი პრობლემას უქმნიან მოსახლეობას. მდინარე დაბინძურება პრობლემა კვლავ გადაუჭრელად დგას საზოგადოების წინაშე. ყურადსაღებია ის ფაქტი, რომ ზემოთ ნახსენები 168 სოფელში არის 14 ისეთი სოფელი, რომელსაც ზედაპირული წყალი არ აქვს და მხოლოდ გრუნტის წყლები გამოიყენება სასმელად თუ სარწყავად, ხოლო 11 სოფელში არც გრუნტის წყლები არ არის და ადგილობრივები წყალს მეზობელი სოფლებიდან ეზიდება.

ბოლო პერიოდში ჩატარებული კვლევების მიხედვით ზედაპირზე გამდინარე წყლის ერთერთი მნიშვნელოვანი დამაბინძურებელი ძირითადად სოფლის ტიპის დასახლებებში მსხვილრქოსანი ცხოველების, საქონლის (ნეხვი) განავალი აბინძურებს წყალს ლაქტოზა-დადებითი ნაწლავის ჩხირით (E.coli) ისევე, როგორც ადამიანი ანთროპოლოგიური ნარჩენებით (ცხრ. 3).



ზედაპირული წყლის ეკოსისტემების დაბინძურების შემცირება არის გლობალური მიზანი, რომლის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იქნება სტრუქტურული ცვლილება წყლის გამოყენების, მართვისა და განკარგვის გლობალურ ნიმუშებში, რომლებიც დაკავშირებულია არამდგრადი ცხოვრების გზებთან. ზოგადად, კანონები უნდა გაძლიერდეს ყველა დონეზე გარემოს დაცვის მიზნით. გარდა ამისა, უნდა მოხდეს განათლების ხელშეწყობა, რომელიც ცნობიერების ამაღლების გარდა, ბუნების პატივისცემის ღირებულებებს ნერგავს.

დასკვნა

ზღვისპირა მცენარეულობა მონაწილეობს საკვებ ნივთიერებების ციკლში, ეკოლოგიურ სანიტარულ პირობებში და ამსუბუქებს კლიმატის ცვლილების შედეგებს. ამიტომ მნიშვნელოვანია მათი კონსერვაციისა და დაცვის ხელშეწყობა. სწორედ ამიტომ საჭიროა:

1. მდინარის დაბინძურების ძირითადი წყაროს, ურბანული და სამრეწველო ცენტრების წყალარინების ეფექტის შესამსუბუქებლად, დაბინძურებული წყლის სწორად დამუშავება გამწმენდი ნაგებობების დამონტაჟების გზით. გამწმენდი ნაგებობებში მოსაწყობია სხვადასხვა სისტემა, რაც დამოკიდებულია დამაბინძურებლების ხასიათზე. ეს მოიცავს მყარი ნარჩენების დეკანტაციას, წყლის ფილტრაციას, ქიმიური დეზინტამინაციის დამუშავებას და ბიორდიზაციას.
2. მდინარის დაბინძურებისთანავე უნდა იქნას მიღებული სარეაბილიტაციო ზომები. ეს ზომები განსხვავდება დამაბინძურებლის ტიპის მიხედვით. ერთ-ერთი ასეთი ღონისძიებაა მექანიკური დასუფთავება. ამისათვის მდინარეებში გადაყრილი მყარი ნარჩენების მოპოვება ხორციელდება შემაკავებელი, სარჩილავი და შეგროვების აღჭურვილობა/დანადგარის გამოყენებით.
3. კიდევ ერთი ყველაზე გავრცელებული პრაქტიკაა ფიტორმედიაცია. მცენარეთა ზოგიერთი სახეობა გამოიყენება, რომლებიც ეფექტურია დაბინძურებული მდინარეებიდან მძიმე მეტალების მოპოვებაში. მაგალითად, *Eichhornia crassipes* (წყლის შროშანი) იყენებენ

კადმიუმის და სპილენძის ასათვისებლად. ანალოგიურად, სიმბიოსიტემა ლურჯ-მწვანე წყალ-მცენარე აზოლა-ანაბენა და აზოლაი. იგი გამოიყენება დარიშხანით და სხვა მეტალოიდებით დაბინძურებული მდინარეების ბიორემედიაციისთვის.

4. ზოგიერთი სახეობის ბაქტერია და სოკოების გარკვეული წარმოებულები გამოიყენება მდინარეებში დამაბინძურებელი ნაერთების დეგრადაციისთვის (ბიოდეგრადაცია). ბაქტერიების სახეობები აცინტობაქტერი, ფსევდომონასი იმიკობაქტერია ისინი ადეგრადირებენ ალკანებს, მონოარომატულ და პოლიარომატულს შესაბამისად.

5. მდინარეთა ისეთ ლოკაციებზე სადაც მსხვილრქოსანი პირუტყვის მიერ ხდება წყლის დასაღვეად მისვლა, საჭიროებს წყლის დასაღვეების მოწყობას. აჭარაში მსგავს კონსტრუქციას „ავაზანი“-ს ეძახიან.

ლიტერატურა

1. შ.პ.ს. „MACS-ის წარმომადგენლობა საქართველო“-ს 2022 მესამე კვარტლის რეპორტი.
2. ჭოროხი-აჭარისწყლის აუზის მართვის გეგმის დანართი: სანაპირო და გარდამავალი წყლები. ევროკავშირის წყლის ინიციატივა პლიუსი აღმოსავლეთ პარტნიორობის ქვეყნებისათვის (EUWI+): შედეგები 2 და 3 ENI/2016/372-403. თბილისი, ევროკავშირის წევრ სახელმწიფოთა კონსორციუმი ავსტრიის გარემოს დაცვის სააგენტო, ვენა, ავსტრია, 2021, 197 გვ.
3. პავლიაშვილი ნ. „აჭარის რელიეფის ანთროპოგენული ტრანსფორმაცია“. საკვალიფიკაციო ნაშრომის გეოგრაფიის მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად, თსუ, თბილისი, 2013, 70 გვ.
4. ტრაპაიძე ვ. წყლის რესურსები სასწავლო კურსი, თსუ 2012
<https://ka.warbletoncouncil.org>
<http://www.genesis.org.ge/brochure19/brochure19.htm>;
<https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html>

STUDY OF THE CENTERS OF POLLUTION OF FLOWING RIVERS IN POPULATED AREAS OF ADJARA

Kipiani G. Darchidze G.

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. "Clean water", the main environmental challenge for the world community, is also an urgent issue for Georgia. As much as our country is distinguished by the abundance of small rivers, it is distinguished by the number of their pollution centers. In this regard, the Adjara region is no exception, water sources are being investigated in the entire territory of the region. To date, more than 150 surface rivers or streams have been studied, in almost a third of which a landfill of household waste was found, and in more than half, bacteriological pollution was found. This topic will concern the work of finding these pollution centers.

Keywords: Waste, water source, research, Adjara region.

A COMPLETE STUDY OF THE BED OF THE "TIBETA WATER" RIVER IN THE VILLAGE OF TIBETA IN THE ADJARA REGION TO IDENTIFY THE SOURCE OF E.COLI CONTAMINATION

Darchidze G., Chkhubiani D.
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. Recent studies confirm cattle and goats can contaminate water resources with E.coli, just like humans. It turns out to be cleaned from animal waste as well as from anthropological waste. The current article is about finding the source of this pollution and selecting cleaning options, as part of the Rural Ajara Water Supply and Wastewater Treatment Program, a complete study of the river bed selected for water supply in the village of Tibeta, Keda Municipality, Adjara.

Keywords: Waste, contamination, research.

Introduction

Within the framework of the program, a seasonal investigation of water quality (water sampling for laboratory analysis) was carried out for the sources of the project villages. During the investigation of the source of Tibeta village, water contamination with E. coli bacteria was revealed. Contamination was observed repeatedly during the summer dry period of 2021 and 2022 (see Figure 1). For the first time (27.08.2021), after receiving the laboratory results, sampling was repeated (09.09.2022), but no contamination was detected, which is why the mentioned contamination was assessed as one-time contamination. The second time (11.08.2022) when the results showed water contamination with E. coli bacteria - again in August, it was clear that the water was periodically contaminated (in hot weather conditions).

Therefore, a detailed study of the poor condition of the river was conducted to determine the source of the pollution.

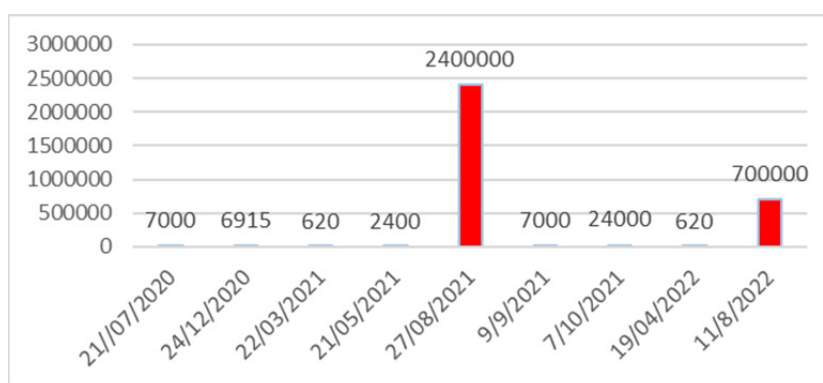


Fig. 1. Schedule of the quantity of E. coli bacteria in water during the year.

The study of the river bed included:

- visual inspection of the entire river bed;
- Water sampling on river tributaries.

The first study was done on 29.08.2022 (Table 1).

Tibeta water originates at an altitude of 1300 meters a.s.l. and flows through a wooded valley with a length of 5.1 km. In the main period of the year, it is fed by underground water. During the rainy season, it is fed by rain and melting snow.

In some sections, it has a substantially deep riverbed and forms a canyon-like valley; there are several not accessible sections in the riverbed.

The mentioned river is the only one in the vicinity and nearby villages (Sabaduri, Kantauri, Abuketa and Tibeta) and is used for irrigation and drinking. There are 4 intake facilities of the irrigation network on the river. The river has 1 right and 3 left tributaries, which are formed from groundwater (Table 2).

The cause of pollution could not be identified by visual inspection. Therefore, the tributaries of the river and existing water intake facilities were considered as possible sources of pollution (the intakes can cause the formation of water pools and boggy territories. Consequently can result in water pollution). During the study of the river, 7 units of bacteriological samples were taken at the following locations (Table 1).

Table 1. Laboratory studies conducted during the initial study.

#	Description	Allowed limit (units/300 ml)	Laboratory analysis (units/300 ml)	Note
1	Water intake of the Tibeta river	10000	9500	Near the allowed limit
2	The left tributary (Tsatskhvni Ghele) (before connection to the river)	10000	2400	Under the allowed limit
3	The right tributary (Babiakani Ghele) (before connection to the river)	10000	700000	Above the allowed limit
4	The left tributary (without a name) (before connection to the river)	10000	2400	Under the allowed limit
5	Approx 10 meters before the intake structure of the Kantaruri irrigation network	10000	2400	Under the allowed limit
6	Approx 10 meters after the irrigation network intake facility of the Kantaruri	10000	2400	Under the allowed limit
7	The project intake Location (repeated analysis)	10000	7000	Under the allowed limit

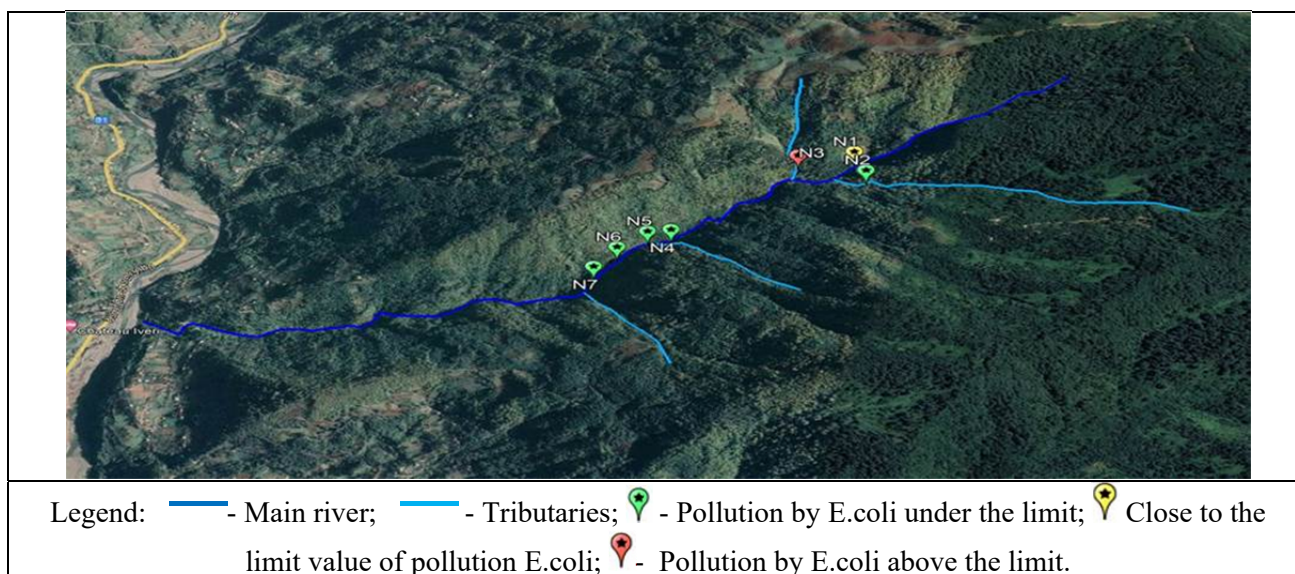


Fig. 2. Map of the River bed, tributaries and sampling points for laboratory analysis.

Location N1 - Water intake of the Tibeta river	Location N2 - Tsatskhvnari Ghele
	
Location N3 - Babiakani Ghele	Location N4 - The tributary without a name
	
Location N5 - Before the Kantaruri intake	Location N6 - After the Kantaruri intake
	

Fig. 2. Pictures of simple taking locations.

Results of sampling revealed that the right tributary (location #3, see Figure was contaminated with a high level of E. coli. On September 12th, 2022, there was conducted a detailed investigation of mentioned tributary and only one source of pollution was identified. In that location, the tributary is crossing the road on the place where cattle from villages Sabaduri and Kantauri are drinking water during the hot weather periods (as the local population has explained).



Fig. 3. Identified possible sources of pollution (waste of cows).

Conclusion

The study identified only one possible (above-mentioned) source of contamination (location #3). From this study, we can conclude that the risk of contamination exists every summer and autumn. That's why some activities must be executed to prevent contamination.

There is no possibility to fence the location because it is on the road. After analyzing different possible solutions, the following two were proposed:

Installation of additional chlorination equipment, on the transmission main between the project intake and reservoir. Equipment will work only in periods when the risk of contamination exists. The negative side of this solution is the fact that there is no electricity on site; additional expenses; difficult access road to the site.

Construction of road crossing by pipe (see Figure 5). The solution is not expensive and doesn't need additional maintenance (only a few times per year cleaning from sedimentation). It will protect water from waste and limit the risk of contamination.

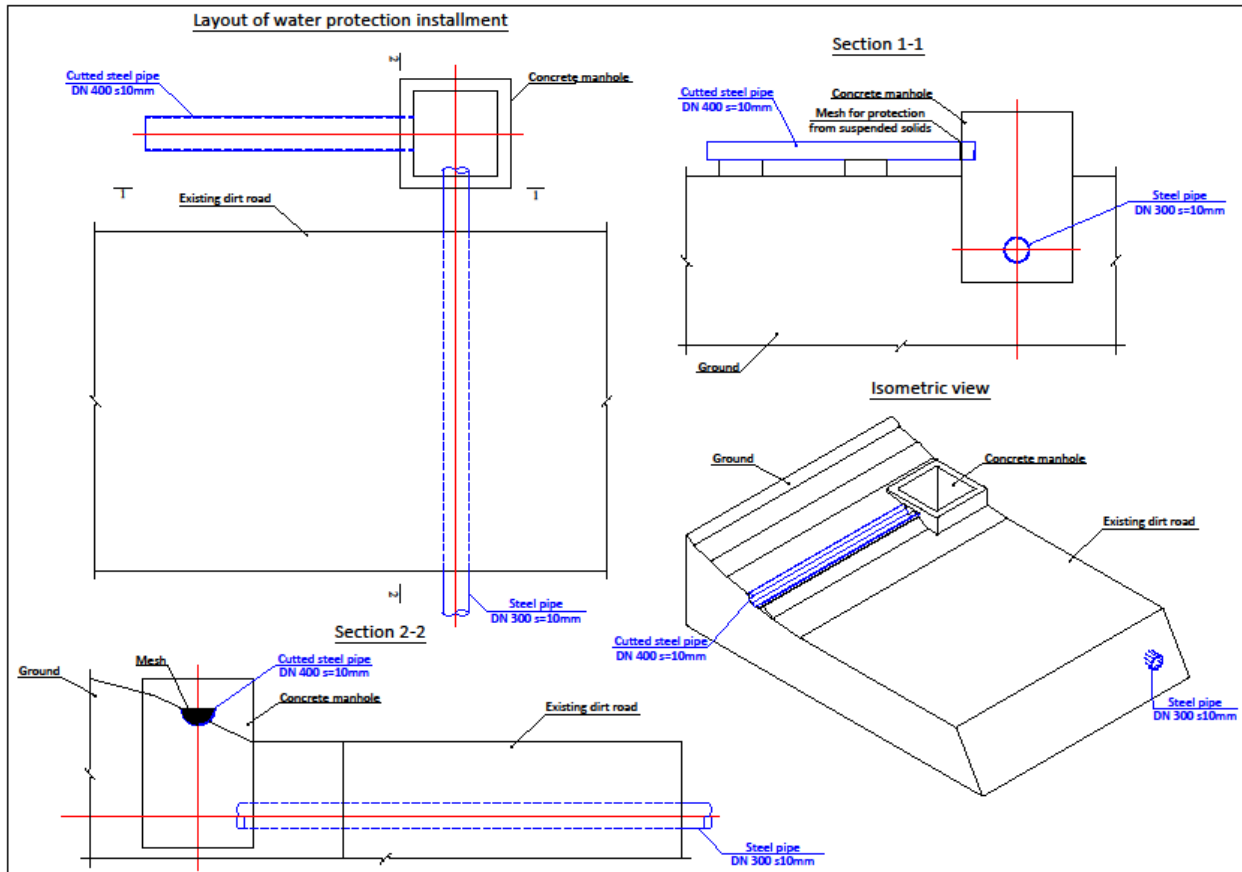


Fig. 4. Scheme of the road crossing.

Acknowledgment

We would like to express our gratitude to the representatives of "Adjara Rural Water Supply and Wastewater Treatment Program", Adjara Water Alliance and "MACS" for the technical and material assistance provided.

References

1. 2022 third quarter report of Ltd "MACS Representative Office in Georgia".
2. Pavliashvili N. "Anthropogenic transformation of the terrain of Adjara". Qualification thesis for obtaining the academic degree of Master of Geography, TSU, Tbilisi, 2013, 70 p.
3. Trapaidze V. Water resources training course, TSU, 2012.
4. [Abreham S.](#), [Teklu A.](#), [Cox E.](#) & [Tessema T.C.](#) Escherichia coli O157:H7: distribution, molecular characterization, antimicrobial resistance patterns and source of contamination of sheep and goat carcasses at an export abattoir, Mojdo Ethiopia//BMC Microbiology, 2019. < <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-019-1590-8> >.
5. [LeJeune J.T.](#), [Besser Th. E.](#), [Dale D.](#) [Hancock D.D.](#) Cattle Water Troughs as Reservoirs of *Escherichia coli*//2001, 67(7), pp. 3053–3057.< <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC92980/> >

რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის რეგიონის ბუნებრივი წყლების ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის შესწავლა

შავლიაშვილი ლ., კუჭავა გ., შუბლაძე ე., ტაბატაძე მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონის დარიშხანის გადამამუშავებელი საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული მდინარეების (ლუხუნი და ცხენისწყალი), არტეზიული და წყაროს წყლების ფიზ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური დახასიათება. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია დასკვნების სახით. გამოვლენილია სხვადასხვა ინგრედიენტებით დაბინძურებული მდინარეები და არტეზიული წყლები.

მდინარის წყლებში, როგორც ფონური, ისე დაბინძურებულ ადგილებიდან აღებულ სინჯებში არც ერთი განსაზღვრული კომპონენტი არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას და ნორმის ფარგლებშია. მდინარეების წყალის მინერალიზაცია მიეკუთვნება მცირედ და საშუალოდ მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას.

არტეზიული და სასმელი წყაროს წყლები მიეკუთვნება ზომიერი მინერალიზაციის (500-1000 მგ/ლ) მქონე წყლებს; განსაკუთრებით გამოირჩევა მყავე წყაროს წყალი, სადაც აღინიშნება წყლის სიხისტის (18.57 მგ.ექვ/ლ) მატება ზდკ-თან მიმართებაში; დამაბინძურებელი ინგრედიენტებიდან შეიძლება გამოვყოთ აზოტის მინერალური ფორმებიდან ამონიუმის იონები, რომელთა შემცველობა აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას დაახლოებით -1.2-ჯერ, ნიტრიტების შემცველობა კი - 132 ჯერ, ნიტრატების და ფოსფატების რაოდენობა არც ერთ შემთხვევაში არ აღემატება ზდკ-ს.

ივნისის თვეში, წყაროს წყალი ურავი 2-ის ტერიტორიაზე და ცანას მიმართულებით შეიცავს *E-coli*, ტოტალურ კოლიფორმებს და ფეკალურ სტრუპტოკოკებს, რაც საქართველოს კანონმდებლობის მიხედვით არ დაიშვება, ხოლო მყავე წყალში არ დაფიქსირებულა მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით დაბინძურება.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი წყლები, ჰიდროქიმია, მიკრობიოლოგია, დაბინძურება.

შესავალი

ბუნებრივი წყლების ეკოქიმიური და ბიოლოგიური მონიტორინგი ერთადერთი შესაძლებლობაა, რომლის წყალობითაც შესაძლებელია ამ ობიექტების არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობის შემოწმება. გარემოს მომაკვდინებელი საფრთხეა დაბინძურება, რის შედეგადაც მცირდება (იკარგება) ბიომრავალფეროვნება, რომლის ტერმინის ქვეშ მოიაზრება დედამიწაზე არსებული სიცოცხლის ფორმების (მცენარეების, ცხოველების და მიკროორგანიზმების) მრავალფეროვნება. ყველაზე მძლავრი დარტყმა კი მდინარეებსა და ტბებზე მოდის. მტკნარი წყლების ფაუნის რიცხვი 1970 წლის შემდეგ 81%-ით არის შემცირებული, რაც ძირითადად წყლის ინდუსტრიული, სასოფლო-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო მიზნებით გამოყენების შედეგია (<https://on.ge/story/19754-%E1%83%A0%E1%83%90>). აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, რადგან უკნასკნელ პერიოდში საგრძნობლადად გაიზარდა საქართველოს ეკოსისტემებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ხასიათი და ინტენსივობა, ამავე დროს მნიშვნელოვნად მოიმატა მოსახლეობაში სიცოცხლისათვის მაღალი რისკის მქონე დაავადებების რაოდენობამ.

საყურადღებოა დარიშხანით დაბინძურება საქართველოში, რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონში, სადაც ათეული წლების მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი ნაერთების წარმოება. დღეისათვის ორივე საბადო დაკონსერვებულია და დარიშხანის წარმოება არ ხდება, მაგრამ მომავალ თაობებს მაინც რჩებათ დაბინძურებული ნიადაგები. დღემდე სოფლებში ურავი და ცანა სამთოქიმიური ქარხნის ტერიტორიაზე ინახება საბჭოთა პერიოდიდან შემორჩენილი დარიშხანის წარმოების შედეგად დარჩენილი ტოქსიკური ნარჩენების (4-9 % თეთრი დარიშხანის შემცველი 130 ათას ტონაზე მეტი, რასაც ემატება რუსეთიდან შემოტანილი ათასობით ტონა დარიშხანშემცველი ნარჩენი მათ შორის, ღია ცის ქვეშ მიმოხეული) დიდი პარტიები [1].

განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. ამავე დროს, ეს რეგიონი საქართველოს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ტურისტული რეგიონია, რაც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს კატასტროფის მასშტაბებს.

საკვლევი ზონა და მეთოდები

ნაშრომში პირველ ეტაპზე დაგეგმილია რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონის დარიშხანის გადამამუშავებელი საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული მდინარეების (ლუხუნი და ცხენისწყალი), არტეზიული და წყაროს წყლების ფიზ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური დახასიათება. დაგეგმილია აგრეთვე ნიადაგებისა და სასურსათო პროდუქტების დარიშხანით დაბინძურების შესწავლა. დასახული ამოცანების გადაწყვეტისათვის რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონში 2022 წლის ივნისის თვეში ჩატარდა პირველი საველე სამუშაოები: შერჩეული იყო ბუნებრივი წყლების სინჯების აღების წერტილები ფონური და დაბინძურებული ადგილებიდან. ნაშრომში შევჩერდებით მხოლოდ ბუნებრივი წყლების დაბინძურების საკითხებზე, კერძოდ:

1. წყაროს წყალი, ურავი 2-ის ტერიტორიაზე (150-200 მ დაცილებით);
2. მდ.ლუხუნი, ურავი ზედა;
3. მდ. ლუხუნი, (სარკოფაგის ქვევით 100 მ დაცილებით);
4. შაორის წყალსაცავი;
5. წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით;
6. მჟავე წყალი (წყარო), ლენტეხის ზევით;
7. მდ.ცხენისწყალი, ცანა ზედა;
8. მდ.ცხენისწყალი, ლენტეხის ქვევით.

აღებულ წყლის სინჯებში განისაზღვრა: ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური პარამეტრები, კერძოდ: pH, ელექტროგამტარობა, ბიოგენური ნივთიერებები - NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , ძირითადი იონები, მინერალიზაცია, ჟბმ, ტოტალური კოლიფორმები, E-coli და ფეკალური სტრეპტოკოკები [2,3].

ანალიზები ჩატარდა თანამედროვე მეთოდებისა და აპარატურის გამოყენებით, რომლებიც აკმაყოფილებს და შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს, კერძოდ:

1. სპექტროფოტომეტრული მეთოდი - SPECORD 205 ISO 7150-1: 2010;
2. მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი - ISO 9308-1; ISO 7899-2;
3. პლაზმურ-ემისიური სპექტრომეტრი - ICP-OES; Epa method 200.8;
4. საველე პორტატული აპარატურა - Hanna Combo pH/EC/TDS/PPM Tester HI98129;
5. pH-მეტრი - Milwaukee-Mi 150.

შედეგების განხილვა

როგორც ჩატარებული ანალიზების შედეგები გვიჩვენებს მდინარეების pH მერყეობს 6.9 - 7.8-ის, ხოლო არტეზიული და წყაროს წყლების - 6.5-8.0-ის ფარგლებში. უნდა აღინიშნოს, რომ

მჟავე წყლის წყაროს არის რეაქცია გადახრილია მჟავე (6.5) მიმართულებით, სხვა წყაროს წყლების არის რეაქცია კი - ტუტე მიმართულებით (8.0). წყლის pH განსაზღვრავს ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალს და მასზეა დამოკიდებული წყლის თვითგაწმენდის უნარი (ცხრ.1, 2).

ცხრილი 1. საკვლევი მდინარეების ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები - ივნისი, 2022.

#	ინგრედიენტები	ლუხუნი ურავი ზედა	ლუხუნი (სარკოფაგის ქვევით 100 მ დაცილებით)	ცხენისწყალი, ცანა ზედა	ცხენისწყალი ლენტეხის ქვევით	შაორის წყალსაცავი	ზღვ*
		X-360228 Y-4722971	X-358975 Y-4721438	X-345623 Y-4741481	X-313988 Y-4737237	X-3340808 Y-4699495	
1	pH	6,9	7,8	7,0	7,5	7,4	6.5-8.5
2	ელექტროგამტარობა, I?sms/cm	209	140	283	198	170	
3	ჟბმ, მგ/ლ	2,17	1,78	2,48	1,42	1,45	6.0
4	სიხისტე, მგ.ექვ/ლ	2,02	2.38	3,68	2,67	2,39	
5	ამონიუმი, მგ/ლ	0,202	0,259	0,095	0,149	0,109	0,39
6	ნიტრიტები, მგ/ლ	0.069	0.069	0.010	0.030	0.045	3,3
7	ნიტრატები, მგ/ლ	0.53	0.104	0.66	0.026	0.082	45
8	ფოსფატები, მგ/ლ	0.052	0.174	0.018	0.106	0.226	3,5
9	სულფატები, მგ/ლ	23.0	9.34	10.9	12.45	0.31	500
10	ქლორიდები, მგ/ლ	3.1	0.34	2.3	0.20	0.17	350
11	ბრომი, მგ/ლ	0,112	0.137	0,015	0.045	0.116	
12	ფტორი, მგ/ლ	0,025	0.024	0,010	0.008	0.008	
13	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	114.7	91.50	219.6	148,84	125,67	
14	კალიუმი, მგ/ლ	10.0	0.90	5.0	0,55	0,65	
15	ნატრიუმი, მგ/ლ						
16	კალციუმი, მგ/ლ	25.6	32.42	64.1	38,70	33,07	
17	მაგნიუმი, მგ/ლ	8.8	9.29	5.8	8,96	9,01	
18	მინერალიზაცია, მგ/ლ	186.7	143.87	308.9	201,71	168,97	

ზღვ* - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ზედაპირული წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი) [4]

როგორც ცხრ. 1-დან ჩანს, მდინარის წყლებში, როგორც ფონური, ისე დაბინძურებულ ადგილებიდან აღებულ სინჯებში არც ერთი განსაზღვრული კომპონენტი, კერძოდ, ბიოგენური ნაერთები, ძირითადი კათიონები და ანიონები და სხვა არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას და ნორმის ფარგლებშია. ორივე მდინარის წყლის მინერალიზაცია მერყეობს 143.87 – 308.9, ხოლო შაორის წყალსაცავის - 168.97 მგ/ლ ფარგლებში, რაც მიანიშნებს იმაზე, რომ აღნიშნული წყლები მიეკუთვნებიან მცირედ (< 200 მგ/ლ) და საშუალოდ (200-500 მგ/ლ) მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას [5].

განსხვავებული სურათია არტეზიული და სასმელი წყაროს წყლების ფიზ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით (ცხრ. 2). განსაკუთრებით გამოირჩევა მჟავე წყაროს წყალი, სადაც აღინიშნება წყლის სიხისტის (18.57 მგ.ექვ/ლ) მატება ზღვ-თან მიმართებაში. ჰიდროკარბონატების შემცველობა შეადგენს - 502.64, Ca⁺⁺ - 220.15, Na⁺+K⁺ - 80.5 და Mg⁺⁺-10.98 მგ/ლ.

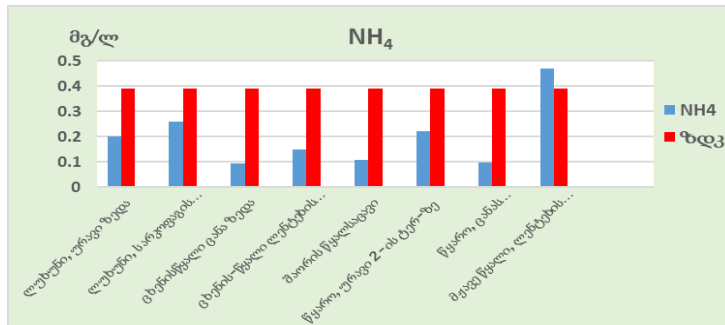
ცხრილი 2. არტეზიული და სასმელი წყლების ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები - ივნისი, 2022.

#	ინგრედიენტები	წყაროს წყალი ურავი 2-ის ტერიტორიაზე (150-200 მ დაცილებით)	წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით	მჟავე წყალი (წყარო) ლენტეხის ზევით	ზღვ*
		X-359777 Y-4722474	X-316809 Y-4741183	X-313288 Y-4741009	
1	pH	8,0	7,1	6,5	6-9
2	ელექტროგამტარობა, I ² sms/cm	89	345	1125	
3	ჟბმ, მგ/ლ	1,25	2,10	0,95	
4	სიხისტე, მგ.ექვ/ლ	0,97	5,53	18,57	7-10
5	ამონიუმი, მგ/ლ	0,221	0,098	0,469	0,39
6	ნიტრიტები, მგ/ლ	0.022	0.075	132.05	1,0
7	ნიტრატები, მგ/ლ	0.113	0.029	0.070	10
8	ფოსფატები, მგ/ლ	0.072	0.196	0.156	3,5
9	სულფატები, მგ/ლ	1.29	53.67	12.51	250
10	ქლორიდები, მგ/ლ	0.46	0.06	81.99	250
11	ბრომი, მგ/ლ	0.170	0.101	0.667	
12	ფტორი, მგ/ლ	0.072	0.041	0.040	0,7
13	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	74.42	189,10	502,64	
14	კალიუმი, მგ/ლ	0.88	0,95	80,5	
15	ნატრიუმი, მგ/ლ				
16	კალციუმი, მგ/ლ	10.44	84,27	220,15	
17	მაგნიუმი, მგ/ლ	5.52	16,19	10,98	
18	მინერალიზაცია, მგ/ლ	93.14	341,28	921,76	1000-1500
19	E-Coli, 250 მლ-ში	8	10	არ/აღ	არ დაიშვება
20	ტოტალური კოლიფორმები 250 მლ-ში	25	32	არ/აღ	
21	ფეკალური სტრეპტოკოკები, 300 მლ-ში	5	3	არ/აღ	

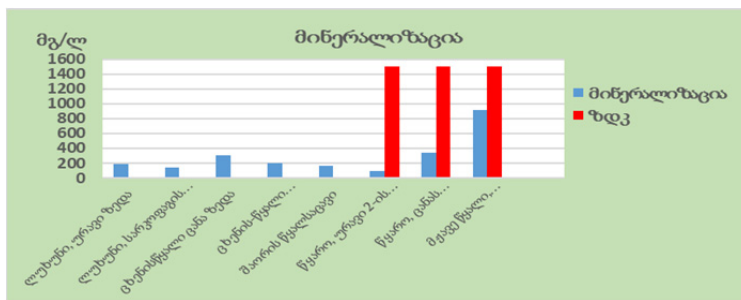
ზღვ* - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (შაქართველოს მთავრობის დადგენილება №58 2014 წლის 15 იანვარი ქ. თბილისი) [6].

მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ ბიოგენური ელემენტები (აზოტი, ფოსფორი), რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან ანთროპოგენული დატვირთვის ინდიკატორები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი ცალკეული ფორმების (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻) შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც ახასიათებენ ისეთი პროცესების გაძლიერებას, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, ევტროფიკაცია, გამოწვეული კომუნალური და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებით. აზოტის მინერალური ფორმებიდან აღმოჩენილია ამონიუმისა (0.469/1.2 ზღვ) და ნიტრიტული (132.05/132.1 ზღვ) ფორმების მაღალი შემცველობები (ცხრ. 2, ნახ. 1), რაც სავარაუდოდ გამოწვეულია მასში ფეკალური ჩამდინარე წყლების გავლენით, რაც იწვევს აღნიშნული წყაროს წყლის დაბინძურებას. ნიტრატების და ფოსფატების მნიშვნელობები არ აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს. ამ წყაროს მინერალიზაცია შეადგენს 921.76 მგ/ლ და მიეკუთვნება ზომიერი მინერალიზაციის მქონე წყლებს (500-1000 მგ/ლ). ხოლო წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით, ეკუთვნის საშუალოდ მინერალიზირებულს (341.28 მგ/ლ) კატეგორიას. ნახ. 2-ზე მოცემულია მდინარეებისა და არტეზიული და სასმელი წყლების მინერალიზაცია.

დაბინძურების შედეგად იცვლება როგორც წყლის ფიზიკური თვისებები (ფერი, სუნი, სიმღვრივე), ასევე ქიმიური შედგენილობა (ორგანული, ბიოგენური ნივთიერებები და სხვ.) და მიკროფლორა. მდინარის წყლის ბაქტერიოლოგიურ სისუფთავეს აფასებენ ნაწლავის ჩხირების (E-coli) რაოდენობით 1 ლ წყალში (კოლი ინდექსი). კოლი ინდექსის მაღალი მნიშვნელობა წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია (ზდკ 5000 1 დმ³-ში).

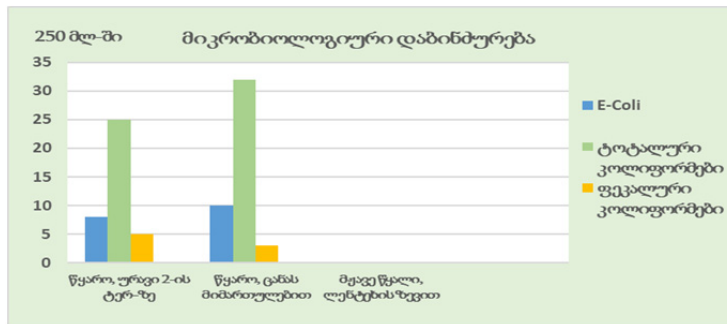


ნახ. 1. ამონიუმის იონის კონცენტრაციის შემცველობა მდინარეებში, არტეზიულ და სასმელ წყლებში.



ნახ. 2. მინერალიზაციის შემცველობა საკვლევ მდინარეებში, არტეზიულ და სასმელ წყლებში.

მიკრობიოლოგიური ანალიზები განისაზღვრა მხოლოდ სასმელ წყლებში. როგორც ჩვენი ჩატარებული ანალიზის შედეგებიდან ჩანს, ივნისის თვეში (ცხრ. 2, ნახ.3), წყაროს წყალი ურაგო 2-ის ტერიტორიაზე და ცანას მიმართულებით შეიცავს E-coli, ტოტალურ კოლიფორმებს და ფეკალურ სტრეპტოკოკებს, რაც საქართველოს კანონმდებლობის მიხედვით არ დაიშვება, ხოლო მკავე წყალში არ დაფიქსირებულა მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით დაბინძურება.



ნახ. 3. მიკრობიოლოგიური დაბინძურება წყაროს წყლებში (ზდკ - არ დაიშვება).

დასკვნა. შესწავლილი ბუნებრივი წყლების ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზების მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გამოითქვას შემდეგი დასკვნები:

- მდინარის წყლებში, როგორც ფონური, ისე დაბინძურებულ ადგილებიდან აღებულ სინჯებში არც ერთი განსაზღვრული კომპონენტი, კერძოდ, ბიოგენური ნაერთები, ძირითადი კათიონები და ანიონები არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას და ნორმის ფარგლებშია. მდინარეების წყალის მინერალიზაცია მიეკუთვნება მცირედ და საშუალოდ მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას.

- არტეზიული და სასმელი წყაროს წყლები მიეკუთვნება ზომიერი მინერალიზაციის (500-1000 მგ/ლ) მქონე წყლებს; განსაკუთრებით გამოირჩევა მჟავე წყაროს წყალი, სადაც აღინიშნება წყლის სიხისტის (18.57 მგ.ეკვ/ლ) მატება ზდკ-თან მიმართებაში;
 - დამაბინძურებელი ინგრედიენტებიდან შეიძლება გამოვყოთ აზოტის მინერალური ფორმებიდან ამონიუმის იონები, რომელთა შემცველობა აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას დაახლოებით -1.2-ჯერ, ნიტრიტების შემცველობა კი - 132 ჯერ, ნიტრატების რაოდენობა არც ერთ შემთხვევაში არ აღემატება ზდკ-ს. ასევე დაბალია ფოსფატების შემცველობაც;
 - ივნისის თვეში, წყაროს წყალი ურავი 2-ის ტერიტორიაზე და ცანას მიმართულებით შეიცავს E-coli, ტოტალურ კოლიფორმებს და ფეკალურ სტრეპტოკოკებს, რაც საქართველოს კანონმდებლობის მიხედვით არ დაიშვება, ხოლო მჟავე წყალში არ დაფიქსირებულა მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით დაბინძურება.
- კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი N FR-21-427].

ლიტერატურა

1. გალექსიძე, რ.ლოლიშვილი - საქართველოს გარემოს დაბინძურების ძირითადი ასპექტები//საქართველოს სოფლის-მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები, თბილისი, 2016. გვ.33-45,
2. Фомин Г.С., Фомин А.Г.– Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. Москва, 2001.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Гидрометеоиздат, Ленинград, 240 ст., 1983.
4. ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ზედაპირული წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი).
5. გ.სუპატაშვილი - გარემოს ქიმია (ეკოქიმია) - თბილისი, უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 187გვ., 2009.
6. ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58 2014 წლის 15 იანვარი ქ. თბილისი).

STUDY OF HYDROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF NATURAL WATERS OF RACHA-LECHKHUMI AND KVEMO SVANETI REGION

Shavliashvili L., Kuchava G., Shubladze E., Tabatadze M.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *In the paper are discussed physical-chemical, hydrochemical and microbiological characterization of rivers (Lukhuni and Tshkhenistskali), artesian and spring waters in the vicinity of arsenic processing enterprises of Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti region. The obtained results are presented in the form of conclusions. Rivers and artesian waters contaminated with various ingredients have been identified.*

In the river waters, in the samples taken from both the background and polluted areas, none of the determined components exceed the maximum allowable concentration and are within the norm. Mineralization of river water belongs to the category of slightly and moderately mineralized waters.

Artesian and drinking spring waters belong to waters with moderate mineralization (500-1000 mg/l); Acidic spring water is especially distinguished, where an increase in water hardness (18.57 mg.eq/l) is noted in relation to MPC; Among the polluting ingredients, we can single out ammonium ions from mineral forms of nitrogen, the content of which exceeds the maximum permissible concentration by about -1.2 times, and the content of nitrites - 132 times; The amount of nitrates and phosphates never exceeds MPC.

In the month of June, spring water in the territory of Uravi 2 and in the direction of Tsana contains E-coli, total coliforms and fecal streptococci, which is not allowed according to the Georgian legislation; And as for acidic water, there was no contamination according to microbiological indicators.

Keywords: *Natural waters, hydrochemistry, microbiology, pollution.*

სასმელი წყლის გამწმენდი მაღალი ქიმიური მდგრადობის მფილტრავი მასალის მიღების მეთოდი

გალოგრე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი

ანოტაცია. შემუშავებულია Mn^{2+} და Fe^{2+} იონებისაგან წყლის გამწმენდი ახალი ტიპის მფილტრავი მასალის - Fe^{3+} იონების შემცველი MnO_2 -ით მოდიფიცირებული ცეოლიტის (კლინოპტილოლიტი) მიღების ორიგინალური მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ცეოლიტის სტრუქტურაში იონმიმოცვლითი მექანიზმით ჩამჯარი Mn^{2+} და Fe^{2+} იონების არაპირდაპირ ელექტროქიმიურ დაქანგვას მედიატორული სისტემის $NaCl - NaClO$ -ს გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ცეოლიტი, მანგანუმის დიოქსიდი, მოდიფიცირება.

შესავალი

Mn^{2+} და რკინის (Fe^{2+}, Fe^{3+}) იონებისაგან სასმელი წყლის გასაწმენდად ფართოდ გამოიყენება მფილტრავი მასალები, რომელთა მატრიცას წარმოადგენს ცეოლიტები, ხოლო აქტიურ კომპონენტებს - მატრიცის ზედაპირზე დაფენილი MnO_2 . მსოფლიო ბაზარზე არსებული ამ ტიპის მფილტრავი მასალების დამზადების ტექნოლოგია წარმოადგენს კომერციულ საიდუმლოებას. სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოქვეყნებული ინფორმაციის კრიტიკული ანალიზის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეფექტიანი მფილტრავი მასალის დასამზადებლად აუცილებელია გადაიჭრას მატრიცის ზედაპირზე მაღალი ქიმიური მდგრადობის MnO_2 -ის მიღების პრობლემა, რაც გულისხმობს მატრიცის მოდიფიცირებას ზედაპირთან ქიმიურად ბმული (ქემოსორბირებული) და წყალში პრაქტიკულად უხსნადი MnO_2 -ის ფენით.

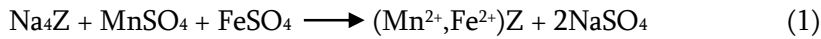
ცნობილია მფილტრავი მასალის - MnO_2 -ით მოდიფიცირებული კლინოპტილოლიტის მიღების მეთოდი [1], რომლის თანახმადაც ცეოლიტის ჩონჩხში იონმიმოცვლითი გზით ჩამჯადარი Mn^{2+} იონების MnO_2 -მდე დასაქანგავად გამოყენებულ $KMnO_4$ -ის წყალხსნარში დაახლოებით 10-20 გ/ლ $NaCl$ -ის თანაობისას იქმნება ცეოლიტის ზედაპირთან ქიმიურად ბმული MnO_2 -ის წარმოქმნისათვის საჭირო პირობები.

ცნობილია, აგრეთვე, MnO_2 -ის ნანობოჭკოს წყალში ხსნადობის შემცირების მეთოდი [2], რომლის თანახმადაც დადებითი ეფექტი მიიღწევა Fe^{3+} იონებით MnO_2 -ის ნანობოჭკოს დოპირების გზით.

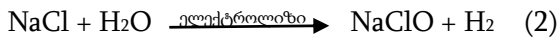
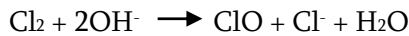
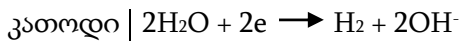
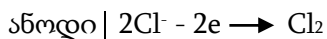
აღნიშნული მეთოდების გათვალისწინებით შემუშავებულია ახალი ტიპის მფილტრავი მასალის - Fe^{3+} იონების შემცველი MnO_2 -ით მოდიფიცირებული ცეოლიტის (კლინოპტილოლიტი) მიღების ორიგინალური მეთოდი [3].

სამუშაოს შინაარსი

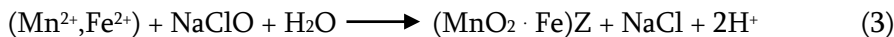
შემუშავებული ორიგინალური მეთოდის [3] არსი შემდეგში მდგომარეობს: პირველ სტადიაზე კლინოპტილოლიტი მუშავდება განსაზღვრული კონცენტრაციისა და მოლური შეფარდების $MnSO_4$ -ისა და $FeSO_4$ -ის წყალხსნარით, რის შედეგადაც იონმიმოცვლითი მექანიზმით მიიღება Mn^{2+} და Fe^{2+} იონებით მოდიფიცირებული კლინოპტილოლიტი. პროცესი სქემატურად შემდეგი განტოლებით გამოისახება:



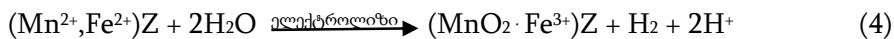
მეორე სტადიაზე მიმდინარეობს ცეოლიტის კარკასში ჩამჯდარი პრეკურსორების - Mn^{2+} და Fe^{2+} იონების არაპირდაპირი ელექტროქიმიური დაჟანგვა. პროცესი ტარდება ორ რეაქტორში, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ხსნარების ცირკულაციის ერთიანი ჩაკეტილი კონტურით. პირველ რეაქტორში - ელექტროლიზერში $NaCl$ -ის წყალხსნარის ელექტროლიზით მიიღება ძლიერი დამჟანგავი $NaClO$;



ელექტროლიზერიდან დამჟანგავი ხსნარი, რომელიც შეიცავს $NaClO$ -სა და $NaCl$ -ს, მიეწოდება დაჟანგვის რეაქტორს, სადაც მოთავსებულია Mn^{2+} და Fe^{2+} იონებით მოდიფიცირებული ცეოლიტი. რეაქტორში პრეკურსორების - Mn^{2+} და Fe^{2+} იონების დაჟანგვით მიიღება მიზნობრივი პროდუქტი - Fe^{3+} იონების შემცველი MnO_2 -ით მოდიფიცირებული ცეოლიტი; ხოლო დაჟანგვის რეაქტორიდან გამომავალი $NaCl$ -ის ხსნარი ბრუნდება ელექტროლიზერში.



რეაქციებს (2) და (3) შეჯამებით ვღებულობთ მფილტრავი მასალის დამზადების სქემატურ ჯამურ განტოლებას:



ამრიგად, შემუშავებულ ტექნოლოგიაში გამოყენებული არაპირდაპირი ელექტროქიმიური დაჟანგვის მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ცეოლიტის კარკასში ჩამჯდარი Mn^{2+} და Fe^{2+} იონები იჟანგება არა უშუალოდ ანოდზე ელექტროქიმიურად (ამ პროცესის განხორციელება შეუძლებელია, რადგან ცეოლიტს არ აქვს ელექტრონული გამტარებლობა), არამედ ქიმიური დამჟანგავით $NaClO$ -ით, რომელიც მიიღება $NaCl$ -ის წყალხსნარის ელექტროლიზით. არაპირდაპირი ელექტროქიმიური დაჟანგვის პროცესი ხორციელდება ელექტროლიზერის გარეთ ანუ ე.წ. „ex cell“ რეჟიმში.

ჯამურ განტოლებაში (4) არ შედის მედიატორული სისტემის ორივე კომპონენტი - $NaCl$ და $NaClO$. ისინი ურთიერთგარდაიქმნებიან და მათი ხარჯი თეორიულად ნულის ტოლია (ხარჯი განპირობებულია მხოლოდ მექანიკური დანაკარგებით). ცეოლიტის კარკასში ჩამჯდარი Mn^{2+} და Fe^{2+} დასაჟანგად იხარჯება მხოლოდ ელექტროლიზის ენერჯია.

არაპირდაპირი ელექტროქიმიური დაჟანგვის მეთოდი გულისხმობს $NaCl$ -ის ორმაგი დანიშნულებით გამოყენებას: იგი წარმოადგენს ელექტროლიზით $NaClO$ -ის მიღებისათვის საჭირო მედლეულს და ამავე დროს, განაპირობებს ქიმიურად ბმული MnO_2 -ის ფენის წარმოქმნას. აღნიშნული ეფექტისა და აგრეთვე, Fe^{3+} იონებით დოპირების გზით MnO_2 -ის წყალში ხსნადობის შემცირების ეფექტის ექსპერიმენტული დადასტურება აღწერილია სამუშაოში [4].

ლიტერატურა

1. Тарасевич Ю.О., Поляков В.Е., Иванова З.Г. , Крысенко Д.А., «Получение и свойства Клиноптилолита, модифицированного диоксидом марганца.»//«Химия и технология воды» 2008, м.30; №2; ст. 159-169.
2. Huimin Chen, Lei Jin, Meidong Wang, Danny Xiao, David Reisner. «Reducing dissolution of MnO₂ nanofibers by doping with ferric ion»//«Science and Technology of Advanced Materials» 2007, 8, pp. 63-66
3. ჯ.შენგელია, გ.გალოგრე. «Fe³⁺ იონების შემცველი მანგანუმის დიოქსიდით მოდიფიცირებული ცეოლიტის მიღების ხერხი», საქართველოს პატენტი - B 01 J 20/18; C 02 F 1/28,1/64;
4. ჯ.შენგელია, გ.გალოგრე. «სასმელო წყლის გაწმენდისათვის მაღალი ქიმიური მდგრადობის მანგანუმის დიოქსიდით მოდიფიცირებული ცეოლიტის მიღება და გამოცდა»//საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი; თბილისი, 2021, ტ.23.2(46), გვ.82-92.

A METHOD OF OBTAINING FILTER MATERIAL OF HIGH CHEMICAL STABILITY FOR DRINKING WATER PURIFICATION

Galgre G.

Technical University of Georgia, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Tbilisi, Georgia

Absrtact. *An original technology for obtaining a new type of filter material for purifying water from Mn²⁺ and Fe²⁺ ions – by MnO₂ modified zeolite (clinoptilolite) containing Fe³⁺ ions has been developed, which provides for the indirect electrochemical oxidation of Mn²⁺ and Fe²⁺ ions trapped in the zeolite frame using the mediator system NaCl-NaClO.*

Key words: *zeolite, manganese dioxide, modification.*

ქ. რუსთავის ატმოსფეროში მიკრონაწილაკების შემცველობის შეფასება ექსპერიმენტული გაზომვებით

გიგაური ნ., ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., მდივანი ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ანოტაცია. ექსპერიმენტული გაზომვებისა და მონიტორინგის მონაცემებზე დაყრდნობით გამოკვლეულია ქ. რუსთავის ატმოსფერულ ჰაერში გაზნეული მიკრონაწილაკების PM_{2.5} და PM₁₀ კონცენტრაციები. შეფასებულია ქალაქის ატმოსფეროს დაბინძურების დონეზე ტრასებზე მოძრავი ავტოტრანსპორტის გავლენა. პირველად მობილური აპარატის გამოყენებით ექსპერიმენტულად განსაზღვრულია ქალაქში და მის შემოგარენში ატმოსფეროში გაზნეული მიკრონაწილაკების კონცენტრაციები. გამოვლენილია მაქსიმალური დაბინძურების უბნები.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერო, დაბინძურება, მიკრონაწილაკები, ავტოტრანსპორტი

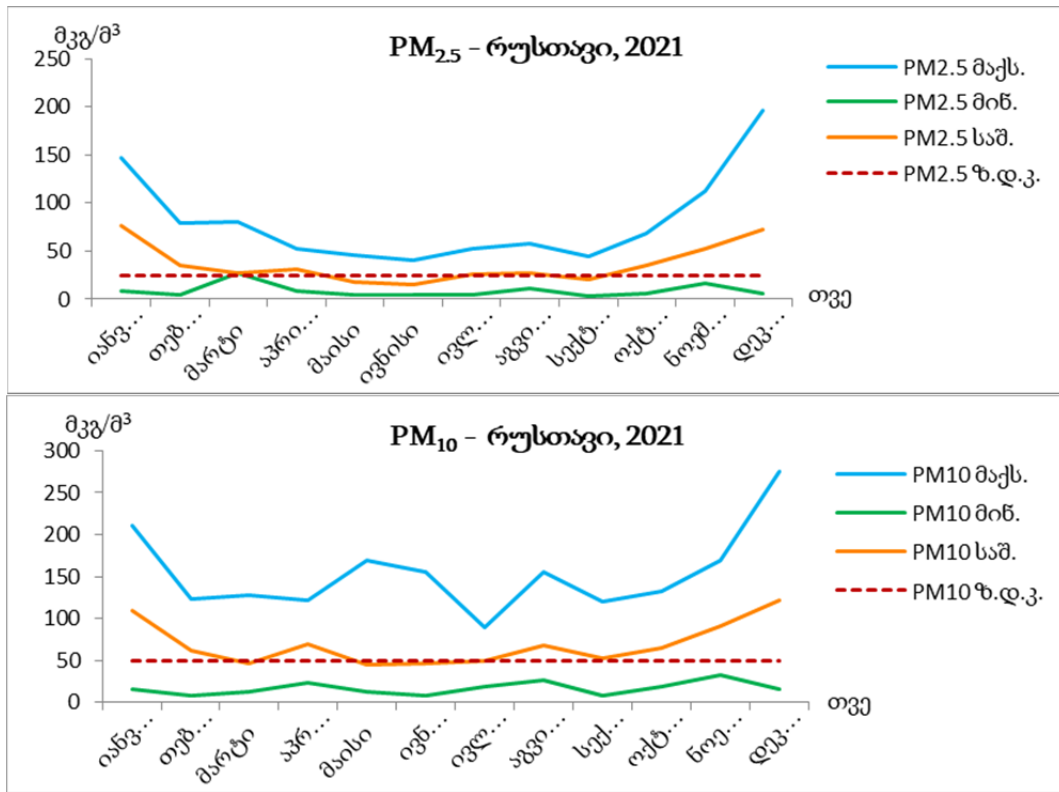
შესავალი.

PM_{2.5} და PM₁₀ - ატმოსფერულ ჰაერში მტვრის მიკრონაწილაკებია, რომლებიც საშიშნი არიან ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, ამიტომ ძალიან აქტუალურია ამ ნაწილაკთა დაბინძურების დონის განსაზღვრა, მით უმეტეს ისეთ ინდუსტრიულ ქალაქში, როგორც რუსთავია. გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემების (http://air.gov.ge/reports_page) თანახმად ქ. რუსთავის ატმოსფეროში PM_{2.5} და PM₁₀ კონცენტრაციები ხშირ შემთხვევაში აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს. დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენენ მეტალურგიული, სამშენებლო, ქიმიური და სხვა საწარმოები, რომლებიც განლაგებულნი არიან ძირითადად ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში, აგრეთვე, დიდი გავლენა აქვს საავტომობილო მაგისტრალზე მოძრავ ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვს.

დღეს ქალაქში ფუნქციონირებს მხოლოდ ერთი სადამკვირვებლო პუნქტი, რომელიც განთავსებულია რუსთავის ცენტრში და ცხადია არ არის საკმარისი სამრეწველო ქალაქის დაბინძურების სრული სურათის შესაფასებლად, ამიტომ ავირჩიეთ საკვლევ ობიექტად ქ.რუსთავი და ჩავატარეთ ექსპერიმენტალური გაზომვები თბილისი-რუსთავის ტრასაზე და ქალაქის სხვადასხვა წერტილში მობილური აპარატით (TROTEC PC220).

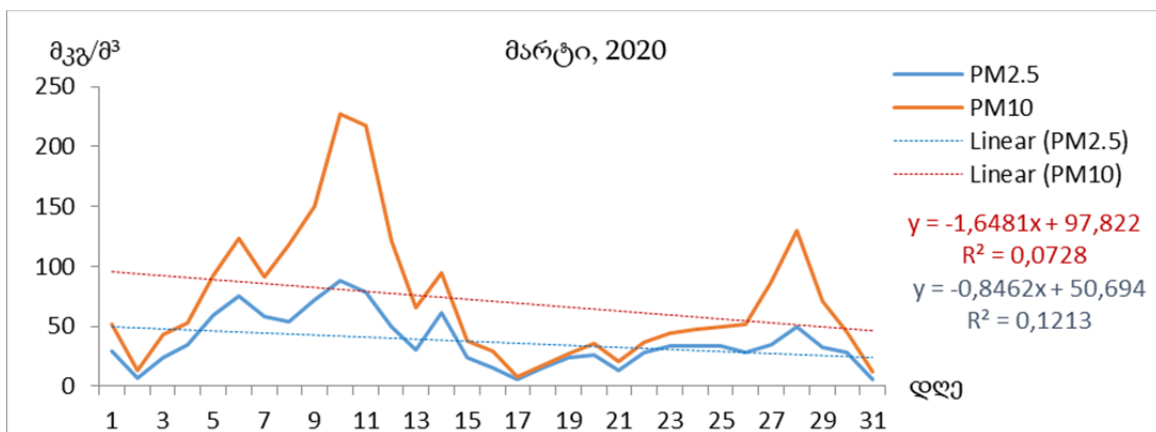
ექსპერიმენტული ნაწილი.

ქ.რუსთავის PM ნაწილაკების ავტომატურ რეჟიმში მონიტორინგი ხორციელდება გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ (http://air.gov.ge/reports_page). დამუშავებულია ეს მონაცემები 2020-2022 წლის სექტემბრის ჩათვლით და აგებულია ყოველთვიური, ყოველდღიური და საათობრივი გრაფიკები. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია 2021 წლის ყოველთვიური მონაცემები (ანალოგიური შედეგი დაფიქსირდა წინა წელსაც), საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ PM ნაწილაკთა მაქსიმალური კონცენტრაციები ყოველთვის აღემატება, მინიმალური ყოველთვის ნაკლებია და საშუალო მნიშვნელობები უფრო მეტად ზამთრის პერიოდში აჭარბებს მათ შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდვ).



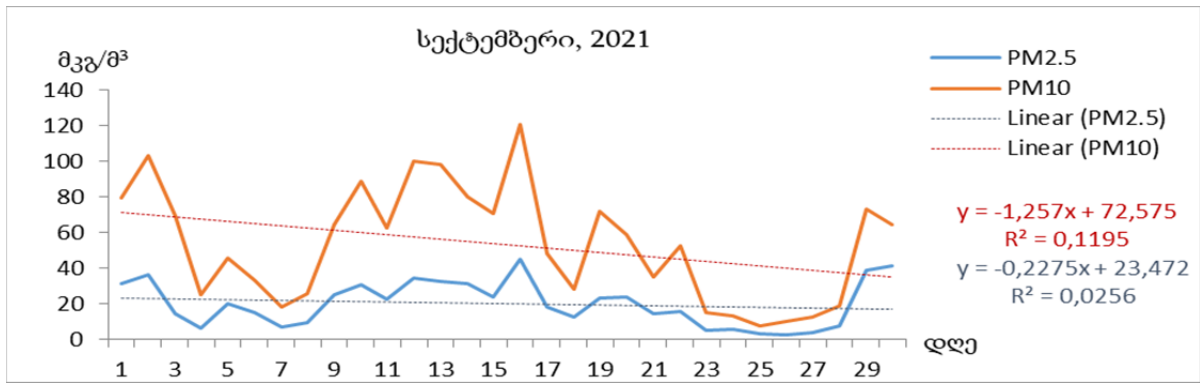
ნახ.1. PM_{2.5} და PM₁₀-ის მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები, 2021 წელი.

რაც შეეხება PM ნაწილაკთა კონცენტრაციების ყოველდღიურ მნიშვნელობებს, რაიმე კანონზომიერება არ გამოვლენილა, თუმცა უნდა ითქვას, რომ PM_{2.5}-ისა და PM₁₀-ის კონცენტრაციითა მრუდები ხასიათით ერთნაირია. მაგალითად, ნახ.2-დან ჩანს, რომ ყველაზე მაღალი კონცენტრაციები როგორც PM_{2.5}-ის, ასევე PM₁₀-ის ფიქსირდება 10 მარტს და შესაბამისად შეადგენს 227 მგ/მ³ და 88 მგ/მ³-ს.



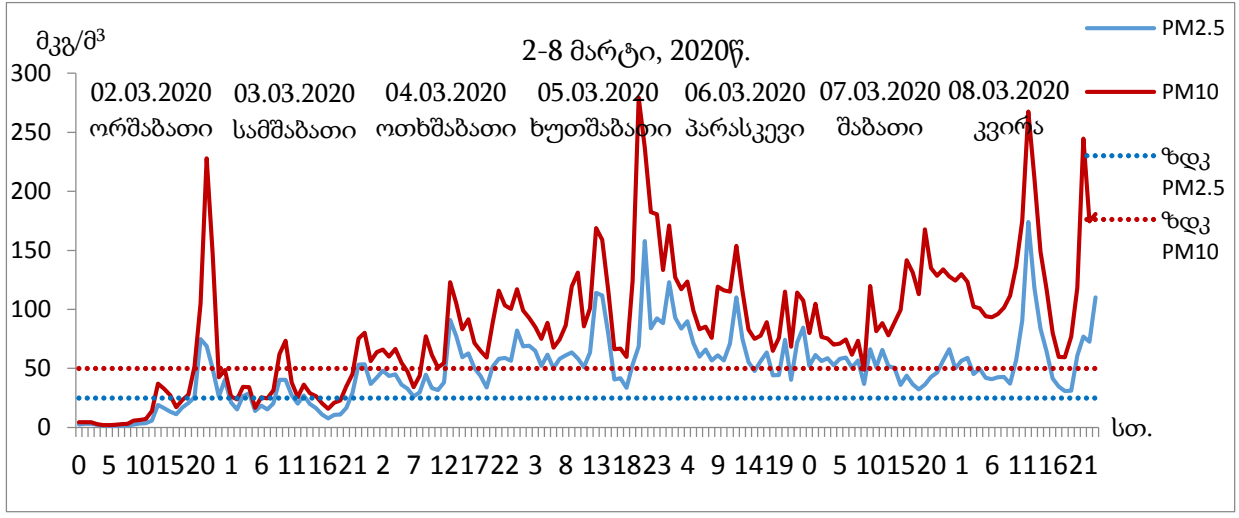
ნახ.2. კ. რუსთავში PM_{2.5} და PM₁₀-ის კონცენტრაციები 2020 წლის მარტში.

ანალოგიური სურათია მიღებული ნახ.3-ზე, სადაც ნაჩვენებია 2021 წლის სექტემბრის ყოველდღიური მონაცემები.

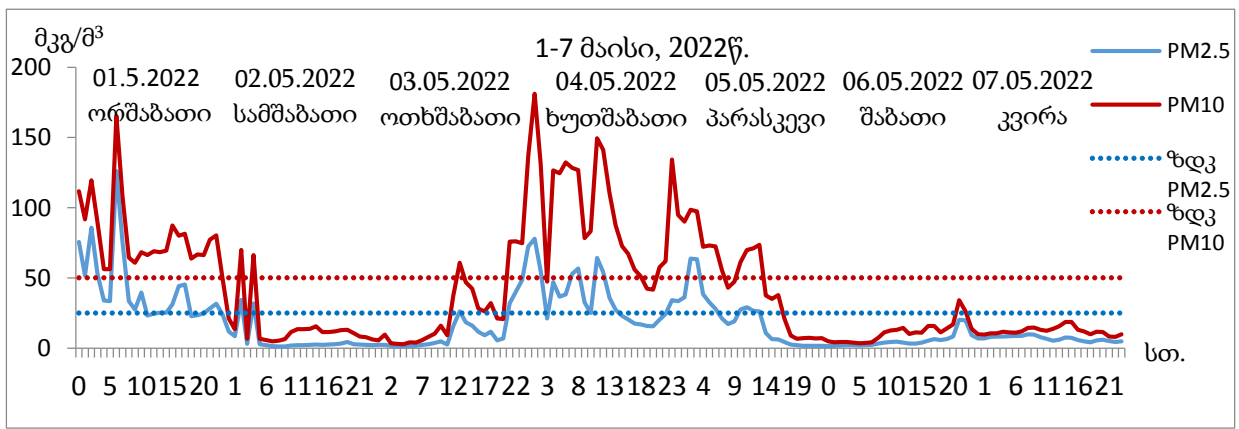


ნახ.3. ქ.რუსთავში PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციები 2021 წლის აპრილში.

აგრეთვე, გაანალიზებულია PM ნაწილაკთა საათობრივი ცვლილება. ნახ. 4 და ნახ.5-ზე ნაჩვენებია 2020 წლის 2-8 მარტისა და 2022 წლის მაისის ინტერვალში მონაცემთა მსვლელობა, საიდანაც რაიმე დასკვნის გამოტანა პრაქტიკულად შეუძლებელია, ვინაიდან კონცენტრაციათა მაქსიმუმები ფიქსირდება დღის სხვადასხვა ინტერვალში, განსხვავებით ქ.თბილისისგან, სადაც მაქსიმუმები მიიღწეოდა ყოველთვის დღის მეორე ნახევარში 20 საათის შემდგომ, რაც დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობასა და პიკის საათების პერიოდთან [1, 2].

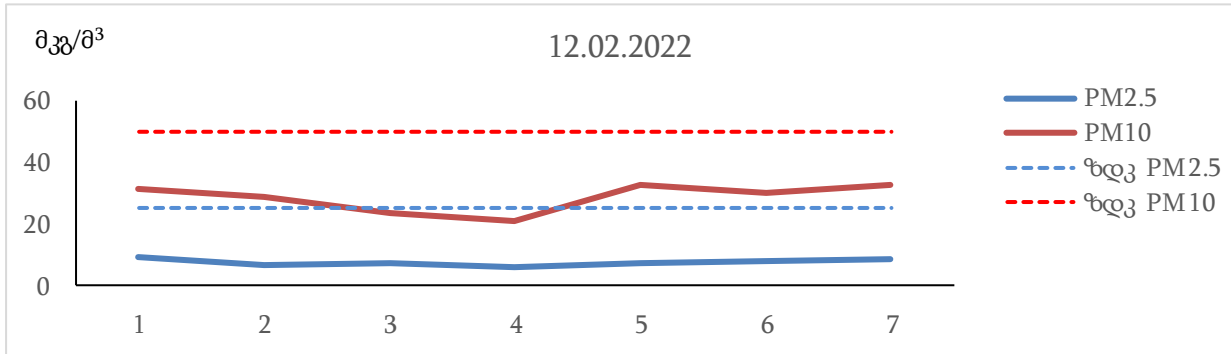


ნახ.4. PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილება ქ.რუსთავში 2020 წლის მარტში.

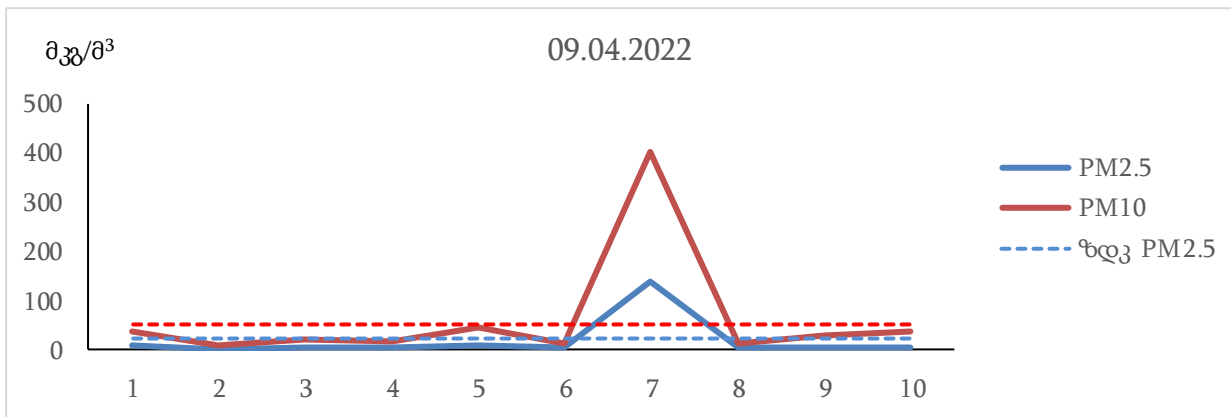


ნახ.5. PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილება ქ.რუსთავში 2022 წლის მაისში.

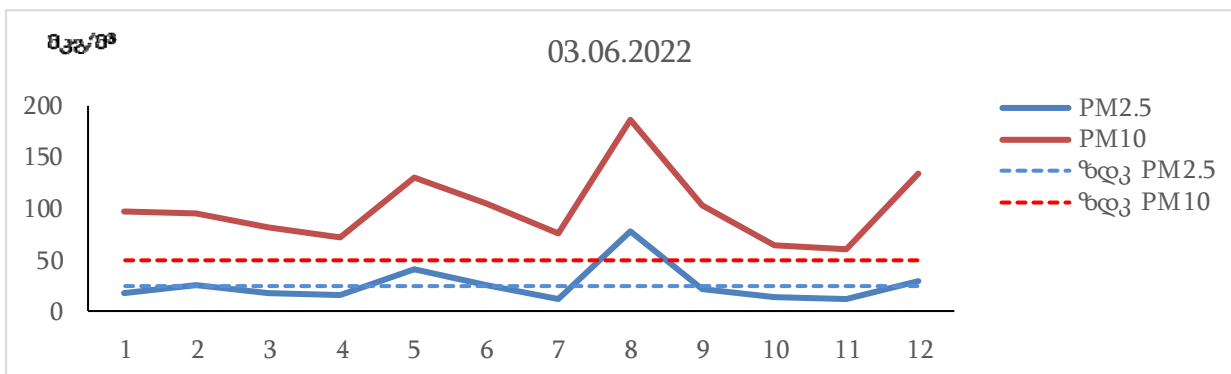
ექსპერიმენტალურმა გაზომვებმა მოიცვა თბილისი-რუსთავის ძირითადი ტრასა, ქალაქის ცენტრალური უბნები და სამრეწველო ობიექტების მიმდებარე ტერიტორიები. ექსპედიცია ჩატარდა 3-ჯერ სხვადასხვა მეტეოროლოგიურ სიტუაციაში. ნახ. 6-ზე ნაჩვენებია 12 თებერვალს ჩატარებული ექსპედიციის მონაცემები, საიდანაც ვხედავთ რომ PM2.5 და PM10 ნორმის ფარგლებშია. ნახ.7-ზე ნაჩვენებია 9 აპრილს ჩატარებული ექსპედიციის შედეგი, ჩანს რომ მე-7 პუნქტში PM ნაწილაკთა მნიშვნელობები 8-ჯერ აღემატება სხვა პუნქტებში აღებულ მონაცემებს. ეს გაზომვა ჩატარდა ცემენტის ქარხნის მიმდებარედ, იყო ქარიანი ამინდი, დაახლოებით 9მ/წმ-ში, და თვალით ხილული იყო მტვრის კორიანტელი, რაც ასახა კიდევაც გრაფიკზე.



ნახ.6. PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციები ქ. რუსთავის სხვადასხვა პუნქტში, 2022 წლის 12 თებერვალი.



ნახ.7. PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციები ქ. რუსთავის სხვადასხვა პუნქტში, 2022 წლის 9 აპრილი.



ნახ.8. PM2.5 და PM10-ის კონცენტრაციები ქ. რუსთავის სხვადასხვა პუნქტში, 2022 წლის 3 ივნისი.

მესამე გასვლა ჩატარდა 3 ივნისს და როგორც ნახ.8-დან ჩანს, ყველა პუნქტში აღებული მონაცემი აჭარბებს ზღვ-ს. იყო დაბალი ღრუბლიანი ამინდი, რამაც იმოქმედა კონცენტრაციების მატებაზე, ვინაიდან ასეთი დროს მტვრის ნაწილაკები ატმოსფეროს ქვედა ფენაში რჩებიან და არ იფანტებიან.

დასკვნა. დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ქ. რუსთავის ატმოსფეროში PM_{2.5}-ნაწილაკების კონცენტრაციები, როგორც წესი, ნაკლებია PM₁₀-ის კონცენტრაციებზე, მაგრამ მათი ცვლილების მრუდის ხასიათი თითქმის ყოველთვის ერთნაირია.

შესწავლილი მიკროაეროზოლების კონცენტრაციების მაქსიმალური მნიშვნელობები თითქმის ყოველთვის აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზღვ).

ქ.რუსთავში PM-ნაწილაკების კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილების ტრენდი განსხვავებულია ქ.თბილისში მიღებული შედეგისაგან, ვინაიდან ავტოტრანსპორტის ინტენსივობას, ამ შემთხვევაში, ემატება ქარხნების მუშაობის ინტენსივობაც. შესაბამისად, დღის განმავლობაში კონცენტრაციების მაქსიმუმები დროის სხვადასხვა ინტერვალში ვლინდება.

ექსპერიმენტალურმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ ქ.რუსთავში PM ნაწილაკების კონცენტრაციების ზრდას განაპირობებს, როგორც ავტოტრანსპორტი, ასევე არსებული ქარხნების გამონაბოლქვი და მეტეოროლოგიური პირობები.

მადლიერება. სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის YS-21-132 დაფინანსებით.

ლიტერატურა

1. ნ. გიგაური, ს. მდივანი, ვ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭკირველი. ქ. თბილისის ატმოსფერული ჰაერის PM ნაწილაკებით დაბინძურების გამოკვლევა // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული, 2020. No. 129, გვ. 59-66.
2. ნ. გიგაური, ვ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭკირველი, მ. ფიფია. ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM₁₀ და PM_{2.5}-ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული, 2021, No. 131, გვ. 44-50.

EVALUATION OF THE CONTENT OF MICROPARTICLES IN THE ATMOSPHERE OF RUSTAVI BY EXPERIMENTAL MEASUREMENTS

Gigauri N., Pipia M., Beglarashvili N., Mdivani S.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The study showed, that in the atmosphere of the Rustavi city, the concentrations of PM_{2.5} are usually lower than the concentrations of PM₁₀, but the character of their change curve in the atmosphere of the city is almost always the same.*

The maximum values of the concentrations of the studied micro particles almost always exceed the values of the corresponding maximum allowable concentration.

The trend of hourly change of PM-particles concentrations in Rustavi differs from the results obtained in Tbilisi, since the content of micro particles in the atmosphere of the city of Rustavi is affected not only by the traffic intensity, but also by the mode of operation of industrial enterprises. As a result, their maximum content in the atmosphere of the city of Rustavi is observed in any interval of the day. Experimental measurements have shown that the tendency to increase the content of PM-particles in the atmosphere of the city of Rustavi determines both the flow of vehicles and emissions from industrial enterprises and meteorological conditions.

Key words: *atmosphere, pollution, microparticles, road transport*

ქ. რუსთავის ატმოსფეროს მიკრონაწილაკებით დაჭუჭყიანების შეფასება რიცხვითი მოდელირებით

*გიგაური ნ., **სურმავა ა.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
"ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ.ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

ანოტაცია. რიცხვითი მოდელირებით გამოკვლეულია ქ.რუსთავის ატმოსფერულ ჰაერში გაბნეული მიკრონაწილაკების ცვლილების კინემატიკა აღმოსავლეთის ფონური სუსტი და ძლიერი ქარების დროს. მოდელირებით მიღებულია კონცენტრაციების მნიშვნელობები, რომლებიც რეგულარული დაკვირვებებით მიღებული სიდიდეების ფარგლებშია. ქარის სიჩქარისა და კონცენტრაციის ველების ანალიზით დადგენილია, რომ ძლიერად დამტვერიანებული არეების სივრცული განაწილება დამოკიდებულია, როგორც წარმოქმნილი მიკრონაწილაკების კონცენტრაციაზე, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობაზე, ავტომაგისტრალების მდებარეობაზე, ასევე ქარის სიჩქარესა და მიმართულებაზე. კონცენტრაციისა და ქარის სიჩქარის სივრცული განაწილების სურათების ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ ფონური ძლიერი ქარის დროს ნაწილაკების ადვექციურ გადატანას გააჩნია დომინანტი როლი დაბინძურების გავრცელების პროცესში.

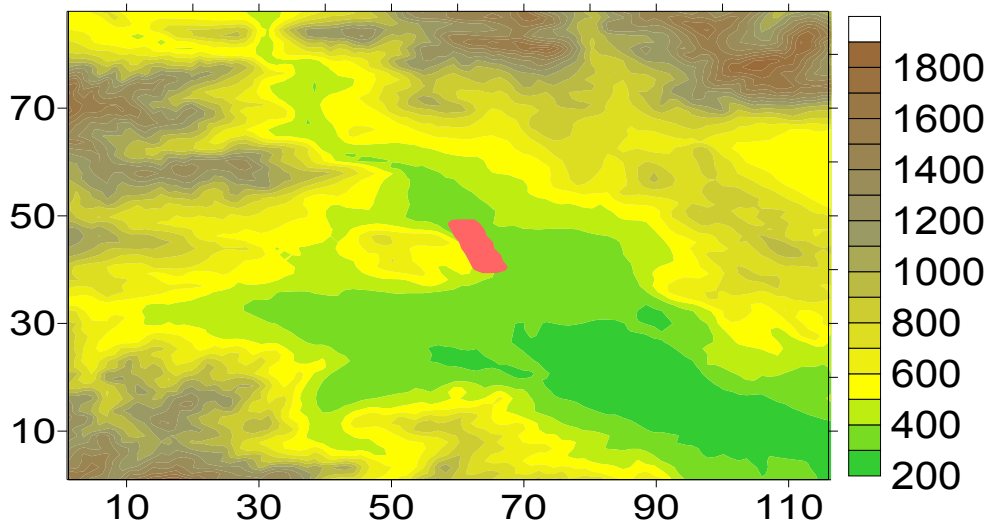
საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერო, დაჭუჭყიანება, მიკრონაწილაკები, ფონური ქარი, რიცხვითი მოდელირება

შესავალი.

ქ. რუსთავი - საქართველოს ინდუსტრიული ცენტრი მდებარეობს ქ. თბილისის სამხრეთ-აღმოსავლეთით 27 კმ მანძილზე. მისი მოსახლეობა აღემატება 138 ათას კაცს. ქ. რუსთავი განლაგებულია მდ. მტკვრის ორივე მხარეს და აქვს ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ მიმართული მართკუთხედის მსგავსი ფორმა (ნახ.1). მისი ცენტრალური და ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილი უკავია საცხოვრებელ კვარტლებსა და ადმინისტრაციულ ობიექტებს. სამრეწველო ობიექტები ძირითადად განლაგებული აღმოსავლეთ, სამხრეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში. ქალაქში ფუნქციონირებს მეტალურგიული, ქიმიური, საშენ მასალათა და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ობიექტები. ქალაქს ჩრდილო-დასავლეთი მხრიდან გარს უვლის საერთაშორისო მნიშვნელობის საავტომობილო გზა - „თბილისი-წითელი ხიდი“, იგი ასევე, დასერილია რამდენიმე გასწვრივი და მართობული ფართო ავტომაგისტრალებითა და მცირე ქუჩებით. გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემების (<https://air.gov.ge/>)[1] თანახმად ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის მიკროაეროზოლებით PM2.5 და PM10 დაბინძურების დონე ხშირ შემთხვევაში აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს. დაბინძურების ძირითად წყაროებს წარმოადგენს სამრეწველო საწარმოები, რომლებიც განლაგებულნი არიან ქალაქის სამხრეთ, ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებში და ავტოტრანსპორტი.

ამოცანის დასმა.

PM2.5 და PM10 ადამიანის ჯანმრთელობის საშიშროებიდან გამომდინარე, ატმოსფეროში მიკროაეროზოლების კონცენტრაციის შესწავლასა და ჰაერის დაცვის ღონისძიების დამუშავებას დიდი სამედიცინო და ეკოლოგიური მნიშვნელობა გააჩნია. წარმოდგენილ ნაშრომში, რიცხვითი მოდელირებით შეისწავლება ქ. რუსთავში წარმოქმნილი PM2.5-ის გავრცელება მიმდებარე ტერიტორიაზე ფონური აღმოსავლეთის სუსტი და ძლიერი ქარების დროს. მოდელირება განხორციელებულია 118×91×31 რიცხვით ბადეზე 1000 მ ჰორიზონტალური ბიჯებით და 1/31 განუზომადი ვერტიკალური ბიჯებით. ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენასა და თავისუფალ ატმოსფეროში ვერტიკალური ბიჯი შეესაბამება დაახლოებით 300 მ-ს. ატმოსფეროს ქვედა 100 მ სისქის მიწისპირა ფენაში აღებულია 17 ვერტიკალური ბადური წერტილი, ხოლო ბიჯი იცვლება 0.5–დან 15 მ-მდე. მოდელირებისას დაშვებულია, რომ ქ. რუსთავის ტერიტორიაზე PM2.5-ის კონცენტრაცია დროში მუდმივია, მაქსიმალურია და ტოლია 50 მკგ/მ³-ის.



ნახ.1. მოდელირების არის რელიეფის სიმაღლე (მ) და დაბინძურების წყაროს მდებარეობა.

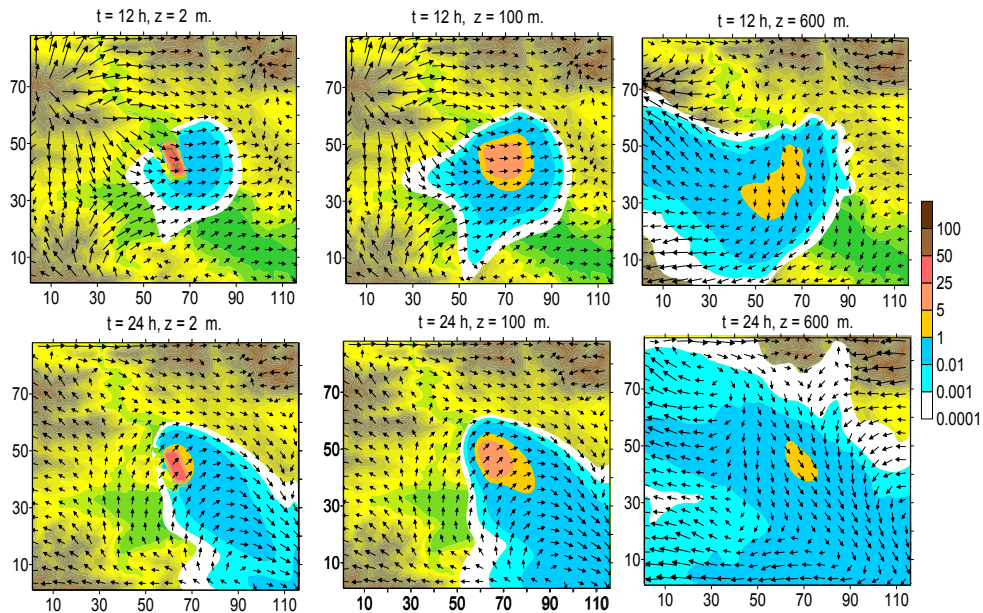
ნახ. 1 –დან ჩანს, რომ ქ. რუსთავის მიმდებარე ტერიტორიის რელიეფი არის რთული და მისი სიმაღლე იცვლება 370–დან 1400 მ-მდე. რიცხვითი გამოთვლები მიმდინარეობდა 3 დღის ინტერვალისათვის. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ დამაბინძურებელი ინგრედიენტის გავრცელება მიმდინარეობს კვაზიპერიოდულად, პერიოდით 24 სთ.

მოდელირების შედეგები.

ნახ. 2. ნაჩვენებია ქარის სიჩქარისა და PM2.5-ის კონცენტრაციების ველები ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენებში მიღებული ფონური აღმოსავლეთის სუსტი ქარის დროს. ფონური ქარის სიჩქარე იცვლება 1 მ/წმ–დან (მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე 20 მ/წმ–მდე (ტროპოპაუზაზე). ნახ.2–დან ჩანს, რომ რელიეფისა და ტემპერატურის დღეღამური რეჟიმის ცვლილება 12 სთ-ისთვის იწვევს მიწისპირა ქარის სიჩქარის რთულ და მნიშვნელოვან ცვლილებას. ის წარმოშობს ქვემო ქართლის ვაკის ტერიტორიაზე ფონური ქარის საწინააღმდეგო დინებას, რომელიც შეესაბამება ქარის ჰორიზონტალურ გრიგალურ ცირკულაციას. ცირკულაციის სიდიდე თანდათანობით მცირდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად და ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში (მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე) მას გააჩნია ტალღური შეშფოთების სახე. რაც შეეხება მთიან ტერიტორიებს, თრიალეთის ქედის მაქსიმალური სიმაღლეების არეში ოროგრაფიული ზემოქმედება წარმოშობს ქარის სიჩქარის დივერგენციის ზონებს. ქარის ცვლილებასთან ერთად იცვლება PM2.5 მიკრონაწილაკების გადატანის მიმართულება. ატმოსფეროს

მიწისპირა ფენაში, ის ჯერ ვრცელდება სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით, ხოლო შემდგომ ჩრდილო-აღმოსავლეთით. შედეგად, 12 სთ-ის განმავლობაში ფორმირდება დაბინძურების მართკუთხედის მსგავსი ფორმის არე, რომლის სიგრძე და სიგანე დაახლოებით 40 და 50 კმ-ია. თუმცა დაბინძურების მიღებულ არეში კონცენტრაცია არაა დიდი. მისი მნიშვნელობა 0.01-1 მკგ/მ³-ის ფარგლებში იცვლება.

დღის 12 სთ-სთვის ინტენსიური ხდება აეროზოლის ვერტიკალური გადატანა (ნახ.2). შედეგად, ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში, მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე, მოხვედრილი ნაწილაკები ვრცელდება დიდ ტერიტორიაზე, ძირითადად დასავლეთით ფორმირებული ლოკალური ქარის მიმართულებით. შედარებით მცირეა ინგრედიენტის გავრცელება დინების საწინააღმდეგო და მართობული მიმართულებით. კონცენტრაციის მიღებული ჰორიზონტალური განაწილება აჩვენებს ადვექციური გადატანის უპირატესობას ჰორიზონტალურ ტურბულენტურ დიფუზიურ გადატანასთან შედარებით, ხოლო ვერტიკალური განაწილება კი აჩვენებს ვერტიკალური დიფუზიის მნიშვნელოვან როლს დაბინძურების გავრცელების პროცესში. 12 სთ-ის შემდეგ, რთული რელიეფის ტერიტორიაზე ტემპერატურის მიწისპირა ველის ცვლილება იწვევს შესაბამის ცვლილებას ქარის სიჩქარის ველში. როცა $t = 24$ სთ, ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ქ. რუსთავის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში ფორმირდება ჩრდილო-დასავლეთის ქარი, ხოლო მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე მიიღება ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის ქარები.

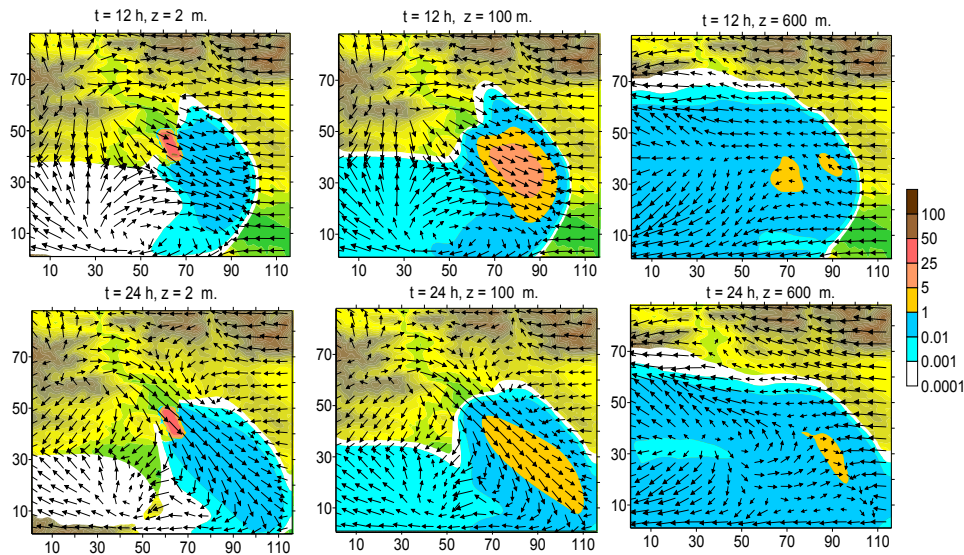


ნახ. 2. ქარის სიჩქარისა და PM2.5 –ის კონცენტრაციის განაწილება $z = 2, 100$ და 600 მ სიმაღლეზე ფონური აღმოსავლეთის სუსტი ქარის დროს, როცა $t = 12$ და 24 სთ.

აღნიშნული მიმართულებით ხდება PM ნაწილაკების გადატანა. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში დაბინძურების ღრუბელს გააჩნია სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ მიმართული ელიფსის მაგვარი ფორმა. კონცენტრაცია > 0.001 მკგ/მ³ მიღებულია 400 კმ სიგანის არეში. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ზევით, მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე მიკრონაწილაკების გადატანა ხდება მოდელირების თითქმის მთელ არეში. კონცენტრაცია 0.01-1 მკგ/მ³ მიღებულია ნალის მაგვარი ფორმის ვრცელ არეში.

ფონური აღმოსავლეთის ძლიერი ქარის დროს (10 მ/წმ სიჩქარე მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე), დღის 12 სთ-თვის, რელიეფის ფონურ დინებაზე ზემოქმედების შედეგად, რეგიონის აღმოსავლეთ ნაწილში არსებული მთის მასივები წარმოშობენ ქარის სიჩქარის დივერგენციის ზონას (ნახ. 3). ქვემო ქართლის ვაკეზე იქმნება დასავლეთის ქარი და რეგიონის

აღმოსავლეთ ნაწილში – ქარის სიჩქარის კონვერგენციის ზონა მიიღება PM2.5-ის სივრცული განაწილების რთული სურათი, რომელშიც რეგიონის ცენტრალურ ნაწილში მიკრონაწილაკები გავრცელებულია ძირითადად აღმოსავლეთის მიმართულებით, ხოლო სამხრეთ ნაწილში დასავლეთის. სუსტი ქარის შემთხვევისაგან განსხვავებით, დაბინძურების ზონა მოიცავს მოდელირების არის დიდ ნაწილს.



ნახ. 3. ქარის სიჩქარისა და PM2.5 –ის კონცენტრაციის განაწილება z = 2, 100 და 600 მ სიმაღლეზე ფონური აღმოსავლეთის ძლიერი ქარის დროს, როცა t = 12 და 24 სთ.

როცა t = 24 სთ PM2.5 –ის კონცენტრაციის სივრცული განაწილების არე შემცირებულია. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მიკრონაწილაკები გადაიტანება სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით მკაფიოდ გამოკვეთილი ნაკადის სახით, ხოლო სასაზღვრო ფენაში – მოდელირების არის მთელ სამხრეთ ნაწილში. ნახ. 3–ზე ასახული კონცენტრაციის და ქარის სიჩქარის სივრცული განაწილების სურათების ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ ფონური ძლიერი ქარის დროს ნაწილაკების ადვექციურ გადატანას გააჩნია დომინანტი როლი დაბინძურების გავრცელების პროცესში.

დასკვნა.

გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ფონური აღმოსავლეთის სუსტი ქარის დროს რელიეფისა და ტემპერატურის დელტამური რეჟიმის ცვლილება 12 სთ–ისთვის იწვევს მიწისპირა ქარის სიჩქარის რთულ და მნიშვნელოვან ცვლილებას. PM2.5-ნაწილაკები ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ჯერ ვრცელდება სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით, ხოლო შემდგომ ჩრდილო-აღმოსავლეთით. დაბინძურების არეში კონცენტრაცია არაა დიდი, მისი მნიშვნელობა იცვლება 0.01 – 1 მკგ/მ³–ის ფარგლებში. t = 24 სთ–სათვის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ქ. რუსთავის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში ფორმირდება ჩრდილო-დასავლეთის ქარი, ხოლო მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე მიიღება ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის ქარები. აღნიშნული მიმართულებით ხდება PM ნაწილაკების გადატანა, მათი კონცენტრაცია 400 კმ არეში > 0.001 მკგ/მ³–ია. მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე მერყეობს 0.01–1 მკგ/მ³ ფარგლებში. ფონური აღმოსავლეთის ძლიერი ქარის დროს დღის 12 სთ–თვის მიიღება PM2.5-ის სივრცული განაწილების რთული სურათი, სუსტი ქარის შემთხვევისაგან განსხვავებით, დაბინძურების ზონა მოიცავს

მოდელირების არის დიდ ნაწილს. $t = 24$ სთ-სათვის PM2.5 –ის კონცენტრაციის სივრცული განაწილების არე შემცირებულია. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მიკრონაწილაკები გადაიტანება სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით მკაფიოდ გამოკვეთილი ნაკადის სახით, ხოლო სასაზღვრო ფენაში – მოდელირების არის მთელ სამხრეთ ნაწილში. კონცენტრაციისა და ქარის სიჩქარის სივრცული განაწილების სურათების ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ ფონური ძლიერი ქარის დროს ნაწილაკების ადვექციურ გადატანას გააჩნია დომინანტი როლი დაბინძურების გავრცელების პროცესში.

მადლიერება. სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის YS-21-132 დაფინანსებით.

ლიტერატურა

1. ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესების სამოქმედო გეგმა 2020-2022“. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/27987>

EVALUATION OF THE CONTAMINATION OF THE ATMOSPHERE OF RUSTAVI WITH MICROPARTICLES BY NUMERICAL MODELING

***Gigauri N., **Surmava A.**

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

***M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia*

Abstract. *The kinematics of the change of microparticles dispersed in the atmospheric air of Rustavi city during background weak and strong winds from the east have been investigated by numerical modeling.*

Modeling results in concentrations that are within the limits of regular observations. By analyzing the wind speed and concentration fields, it is established that the spatial distribution of heavily dusted areas depends both on the concentration of generated microparticles, the intensity of traffic, the location of highways, as well as wind speed and direction. Comparing the images of the spatial distribution of concentration and wind speed with each other shows that the advective transport of particles during the background strong wind has a dominant role in the process of pollution spreading.

Keywords: *atmosphere, pollution, microparticles, background wind, numerical modeling*

REVIEW OF MACHINE LEARNING METHODS IN THE ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Kerimov B., Chernyshev R.

Grozny State Oil Technical University, Chechen Republic

Abstract. *An ongoing climate change poses increasing challenges to the public interest. At the same time, digital transformation fosters the development and application of a multitude of different machine learning (ML) models. This work contains a scientific review of recent applications of ML models in the estimation and modelling of greenhouse gas emissions. We provide an overview of the main challenges and the performances of implemented methods and possibilities for future directions.*

Keywords: Greenhouse Gas Emissions, Machine Learning

Introduction

Anthropogenic influence in global warming cannot be underestimated. Increasing greenhouse gas (GHG) emissions caused by humans are a major force of global warming. These emissions are caused by a wide range of human activities from heavy industry to agriculture and daily routine activity. According to IPCC reports significant anthropogenic GHGs are CO₂, N₂O, CH₄ and CFCs. Agricultural GHGs emission has a major role in several countries without developed heavy industry (or with regularised heavy industry) in example Canada and Brazil [1, 2]. Agricultural soils both are a source and a sink for GHGs, however, small changes in the soil respiration process may cause significant changes in GHGs emission balance from sink to emission. According to the IPCC report, 60% of total N₂O and 50% of total CH₄ emissions come from agriculture. And emission of agriculture GHGs increasing year by year and emissions may escalate due to global population growth. CO₂ emits from microbiological decay or burning plants, and CH₄ is produced from organic decomposition and oxygen-deprived fermentation. N₂O produces from microbiological transformation, especially in wet conditions with high humidity or large precipitations with a predicted increase from 30% to 2030s. Modelling and researching of GHGs agriculture emissions is reasonably justified.

For this purpose, in Chechen republic in 2021 year was constructed system of carbon polygons. These polygons are located in former agriculture fields, former oil-development polygons, natural forests and former anthropogenic landscapes. Measurements on polygons presented by GHGs in-situ chambers measurements, flux towers and regular meteorological observations may be used in GHGs modelling. Also, NDVI and EVI indexes calculated with remote sensing are useful data for describing conditions on agricultural fields and should be used in modelling. Various biophysical models for GHGs cycle simulation have been developed, such as DNDC, DAYCENT, DSSAT. These models have proven their effectiveness, but are very sensitive to data conditions and physical parametrizations which are not always can be well identified and also required qualified users to operate with them. Machine learning (ML) algorithms are good for overcoming classic model problems. Machine learning algorithms are rapidly developing lately, with the increasing of their generalizing ability. A wide range of ML algorithms has been developed based on different ML techniques with special advantages and disadvantages of specific methods. This article presents

the results of some of the research works for ML modelling of GHGs. This experience is very useful for future modelling based on carbon polygons data.

This review focuses on the applications of machine learning methods on a local scale of the researched site. Some of the related studies centre around the prediction of global GHG emissions based on socioeconomic and geographical factors, which is outside of the scope of the paper. To our knowledge, there have not yet been systematic reviews of recent works in estimating GHG emissions with machine learning models. Toby et. al. [3] provided a comparison of the application of 4 families of machine learning in the estimation of CO₂ fluxes in cropping fields.

Research Methodology

In our analysis, we highlight the following aspects of the application. Firstly, we investigate the context, scale, and purpose of the researched site. Naturally, the investigated site defines the mechanism, the scale, and the nature of emitted greenhouse gases. This includes cropping and various agriculture. The context is crucial in describing the problem and the domain knowledge largely defines the structure of the model. Lastly, we study the models applied in the research, as well as the nature and the scale of the measurements used in the modelling, and the machine learning method.

Estimation of GHG Emissions

Tackling the problem of predicting greenhouse emissions from agricultural soils, Hamrani et. al. analysed a pool of several ML algorithms from classical regression models to deep learning neural networks. The models predicted CO₂ and N₂O emission based on measurements from agricultural fields in Quebec, Canada: air and soil temperature, soil volumetric water content, air humidity, precipitation, atmospheric pressure and crop N uptake as predictors; CO₂ and N₂O emission measured with chambers as predictands. Data was measured in 3 different plots size 75x15 meters during 6 years from 2012 to 2017 with crop rotation (corn, soybeans, oat). CO₂ data is cyclically emitted throughout every year, N₂O is seasonally emitted with sharp peaks. The authors identified the feature importance of each gas. Feature importance has been evaluated with neighbourhood component analysis (NCA) and minimum redundancy maximum relevance (MRMR) analysis. For CO₂ most important features are air and soil temperatures, soil volumetric water content and humidity, for N₂O soil water volumetric content and precipitation are the most important which corresponds with other authors [4, 5]. Models to choose from, presented by classic regression models: SCM, LASSO, Random Forest; shallow learning: FNN, RBFNN; deep learning: LSTM, CNN, DVN. The minimized quality metric is RMSE, also quality is evaluated with R². With selected models, the authors concluded that the LSTM model has the best performance for CO₂ and N₂O prediction with best score R² = 0.87, RMSE 30.3 mg m⁻²h⁻¹.

On the example of a contrasting environment, Freitas et. al. accent on CO₂ emissions over green cane fields in Brazil. Data was collected from three different fields after the harvest period with Li-Core 8100 flux gas analyzer system (2008, 2010 and 2012) year. The authors employed a multilayer perceptron (MLP) with three layers to estimate FCO₂ emission. Training data soil samples were collected from 0 to 0.10 m in depth. The following routine tests were carried out: determining the content of organic matter (OM), the available P, K, Ca, Mg, and H + Al, and establishing the calculation of the sum of the bases and the exchange cation capacity. Custom feature engineering may help evaluate FCO₂ with higher accuracy with lack of train data. The authors with their custom features reached good quality with mean absolute percentage error (MAPE) 18.4% and R² = 0.92 for predicting 2012 years on 2008 and 2010 train data. The authors did not check the stability of the model with known validation methods, however, their model well agreed with FCO₂ emission peaks in 2012 year, which may conclude custom feature engineering was performed thoroughly.

As a comparison, the work by Oertel et. al. introduces a random forest regression model in order to estimate N₂O emissions on the dataset collected from a set of experiments. The dataset contributed by Steh-

fest, E. et. al. [6] includes results of experiments from over 114 publications focused on the prediction of nitrous oxide emissions on various cropping fields. As a result of pre-processing, they extracted 19 input variables, categorized into soil contents, crop type, geographical, and fertilizing agent features. The authors show that RF systematically outperforms the regression model evaluated on the same data. The accuracy was calculated based on rooted mean squared error (RMSE) in $\text{kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. Additionally, the work shows the importance of fertilizer and crop type as identified by RF ranking of input variables. As the authors stated, the explainability of the method is limited due to the impossibility of explicitly including external factors, such as soil tillage and regional effects. However, they cause an indirect influence on some of the included variables.

Machine Learning models

Decision Trees and Random Forests

Decision trees are a family of tree-like algorithms that are based on binary decision rules. They have been particularly useful in various applications due to their explainability and robustness to missing data [5]. XGBoost and Random Forest extend the family by ensembling the prediction of individual trees and thus achieving higher robustness and generalisation.

Deep Neural Networks (DNNs)

Ongoing digitalization and advances in computation opened the way to deep learning models. These models usually are equipped with multiple layers of various neural networks, such as ANNs, convolutional operators, and recursive architectures. Convolutional neural networks (CNNs) are a standard in image processing applications. Analogously, they are widely used in hyper- and multi-spectral analysis, which was found particular use in the estimation of GHG emissions and carbon stock. One of the biggest drawbacks of neural networks is the “black box” nature, which hinders their explainability. Furthermore, these models usually require considerable amounts of data. This may be unattainable in many manual and in-situ measurements.

GHG measuring technologies

Machine learning models are heavily reliant on the availability and quality of data. We highlight two main measuring methods

In-situ measurements

GHGs measures with flux methodology. Standard instruments are: chambers and optical gas analyzers. Chambers are especially useful and simple to construct and operate, also chambers are able to measure very low rates of fluxes in a short period of time. Unfortunately, close chambers have their disadvantages such as increasing gas concentration in the chamber may cause measurement errors. Chambers may cause their own greenhouse effect with recurrent problems. Optical gas analyzers are able to measure fluxes and concentrations of GHGs with more than sufficient quality, however, these analyzers are very expensive and affected by a territory's footprint.

Remote sensing

Concentration of gases and atmospheric composition can be measured with a network of land or aerial stations. These monitors are usually equipped with hyper- or multi-spectral imaging instruments and spectrometers and are practical for modeling CO_2 emissions via vegetation indices [7, 8]. For applications such as carbon stock inventory estimation, aerial imagery data provides a less costly and more standardised alternative source to manual labour. Furthermore, openly available measurements stimulate the development

of machine learning models. Although remote sensing with lidar measurements may evaluate a large territory's emission for a short time, however, it requires very careful preparation of the orthophotomap of the territory. Remote sensing doesn't have in-situ measurement quality. The scale of the errors of aerial imagery is radically higher than permissible deviations of in-situ measurements.

Conclusion

Availability of computing resources and ongoing digitalization of data fostered the development and adoption of ML methods. Although remote sensing and automated in-situ measurements of GHG emissions add up to the available data, manually labelled data is especially limited. This reinforces the drawbacks of some ML methods. One of the potential solutions to that is introducing inductive biases in the models or using advanced learning methods, such as semi- and self-supervised learning.

Additionally, we note that geographical and geocological conditions impede the comparison of the performance of the models applied. At the same time, there is a positive outcome from compiling and sharing measurement results from different sources.

This work was carried out as a part of a scientific project:

Grozny State Oil Technical University FZNU-2021-0012

“Complex interpretation of geophysical and geocological data in studies of greenhouse gas balance (on the example of Chechen Republic)”.

References

1. Hamrani A., Akbarzade A., Madramootoo, C.A. Machine learning for predicting greenhouse gas emissions from agricultural soils//*Science of the Total Environment*, (2020), Volume 741 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140338>
2. Freitas L.P.S., Lopes M.L.M., Carvalho L.B. et al. Forecasting the spatiotemporal variability of soil CO₂ emissions in sugarcane areas in southeastern Brazil using artificial neural networks // *Environ Monit Assess* 190, 741 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7118-0>
3. Adjuik, Toby A., and Sarah C. Davis. Machine Learning Approach to Simulate Soil CO₂ Fluxes under Cropping Systems // *Agronomy* (2022), 12, no. 1: 197. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010197>
4. Berglund Ö., Berglund, K., Klemetsson L. A lysimeter study on the effect of temperature on CO₂ emission from cultivated peat soils//*Geoderma* (2010) 154, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.09.007>
5. Oertel C., Matschullat J., Zurba K., Zimmermann F., Erasmi S. Greenhouse gas emissions from soils—A review // *Geochemistry* (2016), Volume 76, Issue 3, Pages 327-352, <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>
6. Stehfest E., Bouwman L. N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions // *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2006) Volume 74, pages 207–228 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9000-7>
7. Liu C., Xing C., Hu Q., Wang S., Zhao S., Gao M. (2022). Stereoscopic hyperspectral remote sensing of the atmospheric environment: Innovation and prospect//*Earth-Science Reviews*, 226, 103958. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2022.103958>
8. Della-Silva J.L., da Silva Junior C.A., Lima M., Teodoro P.E., Nanni M.R., Shiratsuchi L.S., Teodoro L.P.R., Capristo-Silva G.F., Baio F.H.R., de Oliveira G., de Oliveira-Júnior J.F., Rossi F.S. CO₂ Flux Model Assessment and Comparison between an Airborne Hyperspectral Sensor and Orbital Multispectral Imagery in Southern Amazonia // *Sustainability* 2022, 14, 5458. <https://doi.org/10.3390/su14095458>

EVALUATION OF NATURAL DISASTERS USING MACHINE LEARNING AND BIG DATA FOR GEORGIA

Palavandishvili A.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The purpose of the presented paper is to estimate and analyze the distribution of precipitation over the territory of Georgia to study drought related processes and other natural hazards, as well as to evaluate the possibility of environment hazard detection at the early stage of their evolution, monitoring and prediction. We intend in our study to apply the Machine Learning, the branch of computer science which focuses on the use of big data and algorithms to imitate the way that humans learn, gradually improving its accuracy. Such analysis allows developing a Combined Drought Index (CDI) and corresponding drought hazard 5km resolution map.*

Key words: *Machine Learning, Big data, natural disaster, drought*

Introduction

Economic and other losses from natural disasters are increasing throughout the world. According to the International Disaster Database (EM-DAT), over the last 70 years, hydro-meteorological disasters have shown the fastest rate of increase of all disaster types. In parallel, technological capabilities to manage such disasters have advanced rapidly.

Mitigating the impacts of climate change and successful adaptation requires effective climate change strategic planning by countries worldwide whose decision-making requires complex models and sources of information. The Big Data toolkit enables the systematization, processing, and evaluation of heterogeneous data and information sources, which is unfeasible with traditional disciplinary analysis tools. In Europe the Global Monitoring for Environment and Security (GMES) initiative of the European Commission and the European Space Agency (ESA) is actively supporting the use of satellite technology in disaster management, with projects such as PREVIEW (Prevention, Information and Early Warning pre-operational services to support the management of risks), LIMES (Land and Sea Integrated Monitoring for Environment and Security), GMOSS (Global Monitoring for Security and Stability), SAFER (Services and Applications For Emergency Response), and GMOSAIC (GMES services for Management of Operations, Situation Awareness and Intelligence for regional Crises) [1]. The United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response (UN-SPIDER, 2010) has been established by the UN to ensure that all countries have access to and develop the capacity to use space-based information to support the disaster management cycle. They are working on a space application matrix that will provide the satellite-based approaches for each type of hazard and each phase of the disaster management cycle.

Data and Method

On order to carry out research observation net data of National Environmental Agency and Copernicus ERA5 precipitation reanalysis data are used. ERA5 provides hourly estimates of a large number of atmospheric, land and oceanic climate variables. The data cover the Earth on a 30km grid and resolve the atmosphere using 137 levels from the surface up to a height of 80km. ERA5 includes information about uncertainties for all variables at reduced spatial and temporal resolutions.

Quality-assured monthly updates of ERA5 (1959 to present) are published within 3 months of real time. Preliminary daily updates of the dataset are available to users within 5 days of real time. ERA5 is the latest climate reanalysis produced by ECMWF, providing hourly data on many atmospheric, land-surface and sea-state parameters together with estimates of uncertainty. ERA5 data are available in the Climate Data

Store on regular latitude-longitude grids at 0.25o x 0.25o resolution, with atmospheric parameters on 37 pressure levels.

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) is a 35+ year quasi-global rainfall data set. Spanning 50°S-50°N (and all longitudes) and ranging from 1981 to near-present, CHIRPS incorporates our in-house climatology, CHPclim, 0.05° resolution satellite imagery, and in-situ station data to create gridded rainfall time series for trend analysis and seasonal drought monitoring. The Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) algorithm combines information from the GPM satellite constellation (<https://gpm.nasa.gov/missions/GPM/constellation>) to estimate precipitation over the majority of the Earth's surface. This algorithm is particularly valuable over the majority of the Earth's surface that lacks precipitation-measuring instruments on the ground. Standard Deviation is a measure which shows how much variation (such as spread, dispersion, spread,) from the mean exists. The standard deviation indicates a “typical” deviation from the mean. It is a popular measure of variability because it returns to the original units of measure of the data set.

Data visualization allows us to see availability and missing variables, for this purpose was used R-instat free software, which is easy to use and gives all necessary functions to analyze small amount of data. In order to compare two datasets, we used statistical method, in this case is pearsons correlation, mean absolute error and standard deviation.

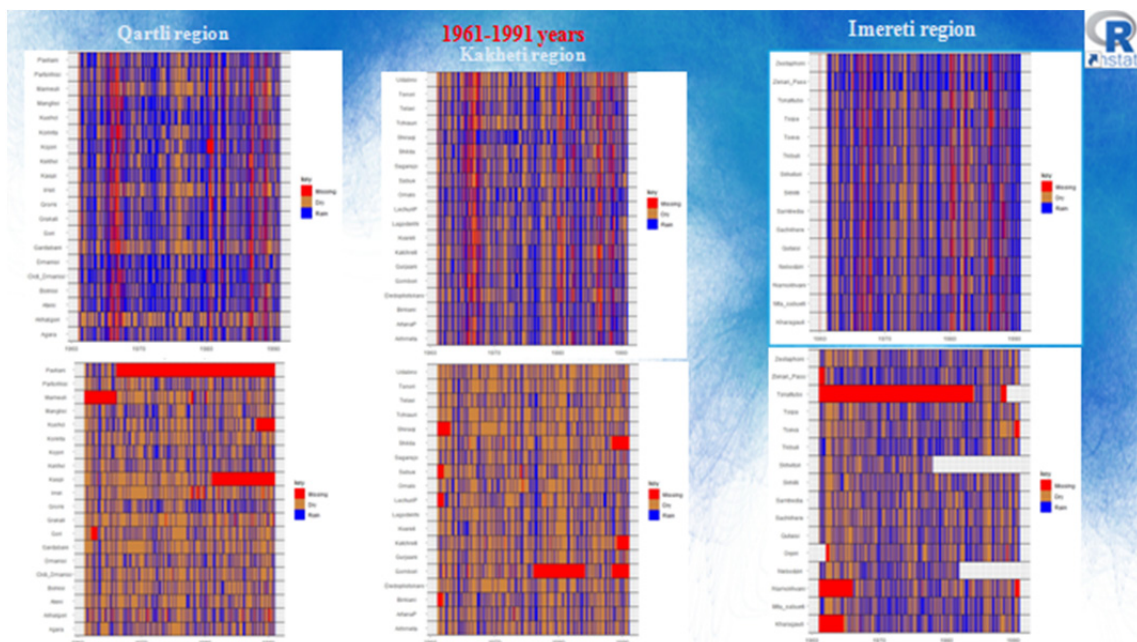


Fig.1. Inventory of station data of Qartli, Imereti and kakheti regions and ERA5 data.

Machine learning is an important component of the growing field of data science. Through the use of statistical methods, algorithms are trained to make classifications or predictions, and to uncover key insights in data mining projects. These insights subsequently drive decision making within applications and businesses, ideally impacting key growth metrics. As big data continues to expand and grow, the market demand for data scientists will increase. They will be required to help identify the most relevant business questions and the data to answer them.

Overfitting is a concept in data science, which occurs when a statistical model fits exactly against its training data. When this happens, the algorithm unfortunately cannot perform accurately against unseen data, defeating its purpose. Generalization of a model to new data is ultimately what allows us to use machine learning algorithms every day to make predictions and classify data.

CHIRPS and IMG satellites data have been compared to station ones. The statistical analysis showed that for Caucasus region CHIRPS data are more valid.

Table 1. Statistical parameters of CHIRPS and station data for 2000-2020 year.

Statistical Method of Environment Data Analysis

Station	correlation	Mean absolute error	Standard deviation
Akhalqalaqi	0.66759	28.7	26.84318
Alpana	0.587625	41.8	46.65444
Ambrolauri	0.64799	27.6	35.83004
Goderdzi Pass	0.491516	46.3	45.11875
Gori	0.600696	18.8	23.40047
Gurjaani	0.68528	29.1	38.4494
Khaishi	-	-	-
Kharagauli	-	-	-
Khashuri	0.602859	20.7	25.35372
Khulo	0.668731	49.2	58.73967
Lagodekhi	0.597565	56.8	60.23253
Lentekhi	0.553973	44.3	53.99864
Luji	0.590198	42.4	54.02934
Mukhrani	0.670568	22.5	24.8989
Omalo	-	-	-
Oni	0.520496	36.2	39.74461
Shovi	0.717298	30.0	36.37001
Stephantsminda	-	-	-
Tbilisi	0.678032	21.1	28.35372
Telavi	0.693299	26.0	35.45118
Tetri-Tskaro	-	-	-
Tveva	0.607114	39.7	41.05641
Zestaphoni	0.462851	41.3	54.92459
Zugdidi	0.603897	51.9	62.13524

Standard deviation

$$\sigma = \sqrt{M[(X - \mu)^2]}$$

Pearson's correlation

$$\rho_{XY} = \text{Corr}(X, Y) = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{M[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Discussion

At the first stage of data processing, it is necessary to remove those rows which have incomplete observation or the data does not correspond to reality. R-instat, recommended by the World Meteorological Organization (WMO), is used to visualize the data series.

R-instat is also used for data comparison, due to the inhomogeneity of the precipitation, three parameters are analyzed: correlation, standard deviation and Mean absolute error. For this study, a region particularly vulnerable to drought- Kakheti was selected, where the statistical parameters between the station and ERA are as follows: the best correlation was observed at Omalo station 0.65, and the lowest at Shiraki station - 0.30, the lowest standard deviation at Udabno station - 4.04 , the highest- 7.62 (MAE) -minimum at station Udabno-1.66, maximum at station Shilda -3.04.

The three month SPI-3 is calculated for data validation for both station and satellite values (<https://edo.jrc.ec.europa.eu/>) The SPI (standardized precipitation index) classifies the precipitation sums on a particular date with respect to the sums of the same month in all years of the measurement record. For this purpose, the precipitation sums of the whole record within one month around the respective date are transformed into a standard normal distribution around zero. The SPI is these transformed precipitation sums [3]. The SPI value directly indicates the frequency of the observed precipitation amount in the corresponding month as estimated from the whole observation record. Correlation analysis of these two data was conducted, the results obtained are lower than the original correlation, the reasons for this may be the following: satellite error, (the satellite perceives precipitation also solid precipitation), data break at the station, in this case the minimum correlation value falls down to -0.08 and the maximum increases up to 0.75 unit, of course, this index was recalculated for other periods, one month, too and the correlation value did not change, also another R-studio software was used to make sure the result reliability. In this case the correlation values did not change as well (CHIRPS satellite data were used, the 8th month of 2007 year data are missing for all stations; There are no 2010 and 2011 data at all).

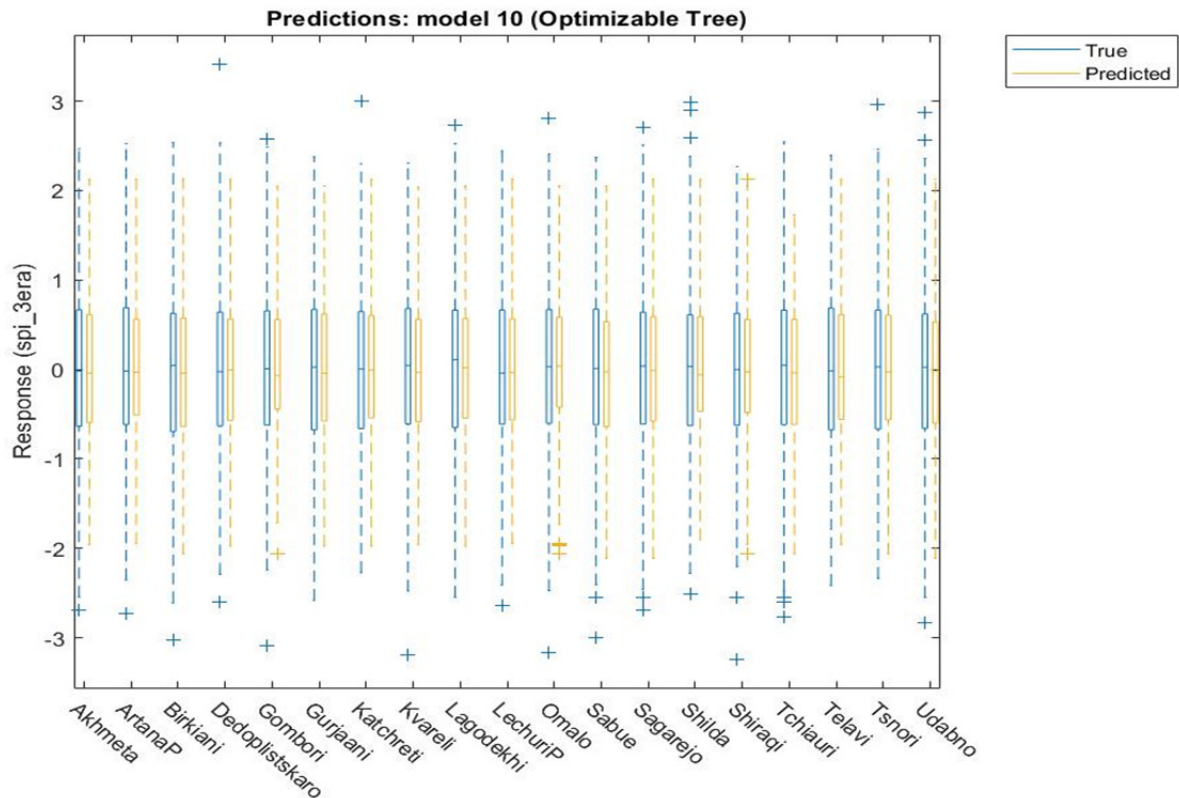


Fig 2. r-squared shows how well the SPEI3 data fit the regression model.

Considering that satellite observations have been produced, in the case of CHIRPS since 1987, and that station data has discontinuities and inaccuracies that are unfavorable for environmental hazard assessment, the need for machine learning has emerged. The first region that was subjected to analysis is Kakheti - 19 stations 1961-1990 30-year period data were taken. Based on these data, the Standardized Precipitation Index (SPI) for 3 months was calculated and then subjected to machine learning. In this case, the most optimal result was shown by the "optimized tree", where the minimum number of leaves is equal to 45, and the training time is 30,296 s, the prediction speed ~ 43000 obs/sec.

Despite such good parameters, it was necessary to add additional stations, because there was not enough information in the Kakheti region for the correct analysis of machine learning, comparing the model and station data, it was found that overfit was obtained, which is not valid for the analysis of new data, it was necessary to add the Kartli region as well, in this case it was also highlighted, that stations that are close to each other give better results to the model, while, in the case of both regions, stations that are far away increase the probability of overfit. Therefore, machine learning needs to increase the observation network, the number of stations, the observation period, as well as the selection of satellite data for the region where there is not enough observation.

Conclusion

A support vector machine (SVM) was selected in the Matlab space - an algorithm for supervised machine learning, which allows us to optimize it, for example, we can control the number of divisions in the "machine tree", which will help us achieve the accuracy of the model, as presented, the tenth model showed the best result, with the help of months At each point, we can determine the probability of drought.

It was necessary to add additional stations, because not enough information was found in the Kakheti region for the correct analysis of machine learning, comparing the model and station data it was found that overfit was obtained, which is not valid for the analysis of new data, it was necessary to add the Kartli

region, in this case it was also revealed that which are close to each other gave a better result for the model, while, in the case of both regions, stations that are further apart increase the probability of overfit. Therefore, machine learning needs to increase the observation network, the number of stations, the observation period, as well as select satellite data for the region where there is not enough observation. The following is necessary to avoid overfit:

- **Increase number of dataset**
- **Increase of time period**
- **Find nearest points of observations**

References

1. Tatishvili M., Palavandishvili, A. Tsitsagi M., Suknidze N. [The Use of Structured Data for Drought Evaluation in Georgia](https://doi.org/10.48614/ggs2520224806)//Journals of Georgian Geophysical Society, 25(No.1) .DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224806>
2. Tsitsagi M., Tatishvili M., Gulashvili Z. CORRELATION OF DROUGHT INDICES FOR DIFFERENT CLIMATE CONDITION IN GEORGIA// Proceedings of INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE LANDSCAPE DIMENSIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCIENCE – CARTO/GIS – PLANNING – GOVERNANCE pp. 296-302
3. Palavandishvili A. Structured data set in environmental issues. The Regional Student Scientific Practical Conference (GTU-DAAD). 2022

DISASTER RISK REDUCTION AND CLIMATE RESILIENCE IN NATURE BASED SOLUTIONS USING IN-SITU AND SATELLITE DATA FOR GEORGIA SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Tatishvili M., Palavandishvili A., Samkharadze I.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract: *The use of big data and machine learning methods to research Earth functioning is more and more actual, especially after it began to be studied by satellites of the Earth observation mission. A large amount of information has been accumulated, the processing of which requires new approaches. Big data and machine learning have become relevant in the assessment of climate change to monitor the nature of the Earth. In order to overcome climate change negative factors new innovative approaches have been introduced, one of them is Nature Based Solutions, which involves transition from grey constructions to green environment.*

Key words: *Disaster risk reduction, satellite data, climate resilience, NBS*

Introduction

Understanding of the natural environment is increasingly important to respond to the climate change negative impacts and anthropogenic pressures on finite natural resources, and their impacts on water, energy and food security, infrastructure, human health, natural hazards. This is also a major cross-disciplinary challenge involving almost all scientific fields

In 2013, the UK government announced large-scale investment in Big Data infrastructure for science, particularly in the environmental sector starting funding for a program called CEMS (Climate and Environmental Monitoring from Space). This allowed for the creation of larger databases to cope with the upcoming Big Data revolution and to allow research partner organizations to work with more data and produce more results. With a specific focus on climate change and planetary monitoring, CEMS storage removed the need to download enormous data sets while reducing the cost of access. Along with Cloud data, this is now the standard globally for some of the world's top research institutes.

The natural disasters in Georgia have to be considered as the standing negative factor for the sustainable development of the state. The importance of aroused problems from listed hazards stimulates the active investigation of reasons and physical processes involved in [1]. In the analysis of hazard and risk geoinformation science and earth observation plays an increasingly important role. Remote Sensing is nowadays an essential tool in monitoring changes in the earth's surface, oceans and atmosphere, and is increasingly used as the basis for early warning for hazardous events [2].

In Europe the Global Monitoring for Environment and Security (GMES) initiative of the European Commission and the European Space Agency (ESA) is actively supporting the use of satellite technology in disaster management, with projects such as PREVIEW (Prevention, Information and Early Warning pre-operational services to support the management of risks), LIMES (Land and Sea Integrated Monitoring for Environment and Security), GMOSS (Global Monitoring for Security and Stability), SAFER (Services and Applications For Emergency Response), and GMOSAIC (GMES services for Management of Operations, Situation Awareness and Intelligence for regional Crises). The United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response [3] has been established by the UN to ensure that all countries have access to and develop the capacity to use space- based information to support the disaster management cycle. They are working on a space application matrix that will provide the satellite-based approaches for each type of hazard and each phase of the disaster management cycle [4].

WMO has signed the Emergency Alerting Call to Action as part of its ongoing Global Multi-hazard Alert System (GMAS) development and its collaboration with governmental, non-governmental, and commercial organizations to achieve the broadest adoption of CAP worldwide. The Call to Action was launched at a special event during the Humanitarian Networks and Partnerships Weeks 2021.

Data and methods

Environmental data comes from a wide variety of sources and this is increasingly rapidly with new innovations in data capture:

1. Large volumes of data are collected via remote sensing, typically from satellite sensing or aircraft-borne sensing devices, including an increasing use of drones. This includes passive sensing, such as photography or infrared imagery, and active sensing, e.g., RADAR/LIDAR. The increasing availability of open satellite data is a major trend in earth and environmental sciences. For example, the EU Copernicus program and the associated Sentinel missions, or NASA’s Earth Observing System satellites, LandSat archive are regularly mined for data for a variety of applications [5].

2. Other data are collected via earth monitoring systems, which consist of a range of sensor technologies measuring various physical entities. Namely weather stations and monitoring systems

3. Model output is also a significant generator of environmental data with results from previous model runs often stored for subsequent analysis [6].

The local circulation systems developed on the background of synoptical processes play significant role in the spatial-temporal distribution of weather determining parameters. The study of all those phenomena includes both the mathematical modeling and separate analysis of microphysical processes, important for precipitation formation, temperature and wind field distribution, also the processing of long-term observation series of those climatic parameters.

It has been revealed that precipitation annual distribution has diverse type, with sharply expressed spatial inhomogeneities. The local circulation systems developed on the background of synoptical processes play significant role in the spatial-temporal distribution of weather determining parameters.

To envisage all abovesaid strong wind velocity repeatability for Kutaisi is presented for 1984-2014 year period.

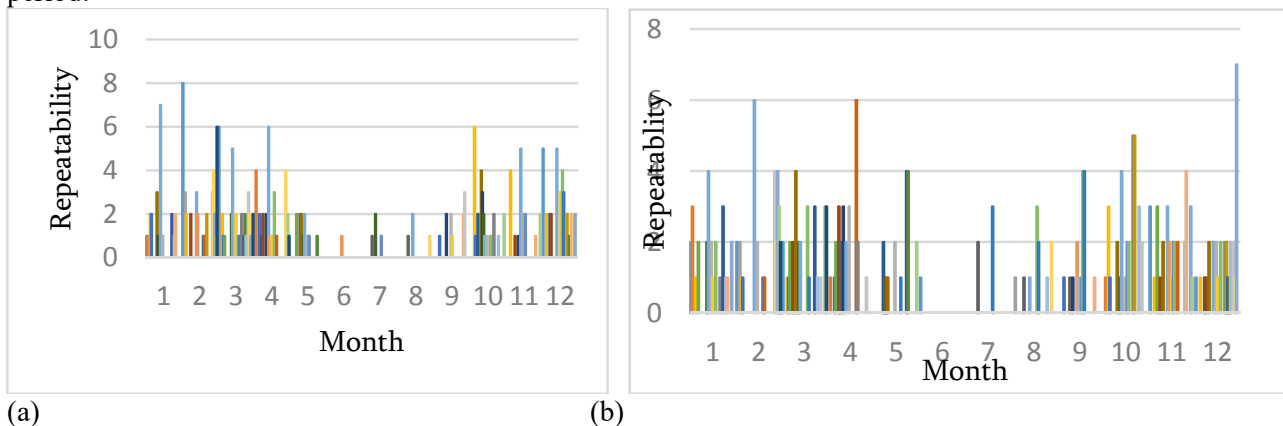


Fig.1. Wind velocity 20-25 (m/sec) (a) and >25 (m/sec) (b) repeatability number by month by Kutaisi station data (1984-2014).

Discussion

The climatic observations often show quasi periodic variations similar to solar activity cycles over a wide range of time scale. However, the detailed mechanism and the extent of the influence of solar activity on climate change have not been clearly understood, several possible mechanisms are proposed; such as the forcing through total and spectral irradiance, solar wind and the galactic cosmic rays [7]. The Earth Observation System (EOS) program is designed to examine the role of Earth-Sun connection in wide-scale global processes in order to determine the function of the Earth as a single system. The one of natural reason of global climate change are the Sun’s insolation (light and heat), its magnetic flux, and the relative position and orientation of the Earth to the Sun.

Geomagnetic storm is a major disturbance of Earth's magnetosphere that occurs when there is a very efficient exchange of energy from the solar wind into the space environment surrounding Earth. These storms result from variations in the solar wind that produces major changes in the currents, plasmas, and

fields in Earth's magnetosphere. The largest storms that result from these conditions are associated with solar coronal mass ejections (CMEs) where a billion tons or so of plasma from the sun, with its embedded magnetic field, arrives at Earth. CMEs typically take several days to arrive at Earth.

The correlation between geomagnetic storms and 2014-19 year period meteorological elements (wind, pressure, temperature, precipitation) for Georgian region using meteorological observation and NASA's Solar Dynamics Observatory and NOAA Space Weather Prediction Center data has been conducted [8]. The results show that there exist dependence between weather parameters and income radiation. Especially important is wind parameter variability investigation. Such research hasn't been carried out yet in Georgia and is important for space weather researches.

Economic and other losses from natural disasters are increasing throughout the world. According to the International Disaster Database (EM-DAT), over the last 70 years, hydro-meteorological disasters have shown the fastest rate of increase of all disaster types. Hydro-meteorological hazards such as severe floods, storm surges, landslides, avalanches, hail, windstorms, droughts, etc. are expected become more frequent and severe due to climate change, degradation of ecosystems, population growth and urbanization. Innovative solutions in which natural processes and ecosystems help solve different types of societal and environmental challenges – so-called Nature-Based Solutions (NBS) - have emerged as effective means to respond to such challenges. Using NBS for hydro-meteorological risk reduction and building climate-resilient landscapes offers the possibility to break away from traditional practices and enable to reconnect our land management practices and developments with nature in order to achieve multiple benefits to ecosystem services and functions of ecosystems. However, cost-effective design and implementation of NBS is only part of the answer – these solutions need to be adapted to diverse local and cultural contexts and integrated into broader land and risk management strategies. They require holistic perspectives and frameworks. At this time, there are no examples of successful NBS use to reduce hydro-meteorological risk and increase climate resilience that can be upscaled and replicated. There is a clear need for effective demonstration and evaluation of NBS to build an evidence base.

As acknowledged by the European Union, NBS provide sustainable, cost-effective, multi-purpose and flexible alternatives for multiple objectives; between them biodiversity and ecosystems, natural resources management, sustainable urban development, climate change adaptation and mitigation and disaster risk reduction. Green infrastructure can help in regulating ambient temperatures, reducing storm-water runoff, reducing energy use, sequestering carbon and by creating affordable recreational opportunities to improve residents' health and well-being. Working with nature, instead of against nature, can also accelerate the transition to a greener and competitive economy.

References

1. Tatishvili M. Developing Weather Forecasting System in Georgia//Ecology & Environmental Sciences 2 (7).
2. Tatishvili M., Elizbarashvili E., Meskhia R., Elizbarashvili Sh. Natural hydrometeorological disasters, their causes and prevention measures//The Macrotheme Review. A multidisciplinary journal of global macro trends, 148-154, A Macrotheme Capital Management, LLC Academic Publication, France 2013, Volume 2, Issue 1.
3. UN-SPIDER, 2010.
4. Copernicus European Drought Observatory (EDO): <https://edo.jrc.ec.europa.eu/>
5. Tatishvili M., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Chinchaladze L. Application of Satellite Imaginary in Forestry for Georgia//Journal of the Georgian Geophysical Society, mPhysics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2018, v.21(1), pp.18 -25.
6. Tatishvili M., Khvedelidze Z., Demetrashvili D. On some weather forecasting models in Georgia//Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2020, v. 23(2)
7. Tatishvili M., Bolashvili N., Palavandishvili A. Impact of short-term geomagnetic activity on meteorological parameters variability on the middle latitude region//GEORGIAN GEOGRAPHICAL JOURNAL, Volume 2.
8. Tatishvili M., Tsintsadze T., Samkharadze I., Palvandishvili A. Dependence of meteorological parameters on geomagnetic storms in Georgia//International Scientific Journal. Environmental Studies, v.8.

DROUGHT EVALUATION BASED ON SPEI, SPI INDICES FOR GEORGIAN TERRITORY

*Tatishvili M., *Palavandishvili A., **Tsitsagi M., **Gulashvili Z.,
**Suknidze N.

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

***TSU, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Tbilisi, Georgia*

Abstract: Drought is a frequent phenomenon in Georgia. The drought indices are good indicators of climate change, as they involve temperature and humidity variations. The objective of the study was to evaluate the correlation of SPI and SPEI for selected locations on the territory of Georgia. Based on the conducted statistical analysis drought indices were evaluated. The study is important for drought monitoring.

Key words: Drought indices, climate change, Pearson correlation, hydrometeorological disaster

Introduction

Drought is frequent phenomena over the Earth. Especially its intensity has been increased due to global climate change. It is also frequent event in Georgia too. Its frequency in some areas exceeded 40% in the 80-ies of the last century by certain early estimates. As a result of frequent droughts accompanying the global warming in past decades transformation of many types of natural landscapes has been observed. The desertification probability of steppe and semi-desert landscape of eastern Georgia by the end of the twentieth century has reached 25-30%. According to official figures, by the result of intense droughts area of over than 200 000 ha is strongly affected for present. Property damage caused by drought is very significant [1].

The observation analysis shows that various degree drought may take place all over the Georgian territory. The event frequency is expected mainly on spring, summer and fall seasons. During winter due to frequent cyclonic and frontal periods dry day duration is less. The drought day number and dry period frequency increase from the Black Sea regions through east or in direction of continental climate [2].

Drought genesis in Georgia is depending on cyclonic and anticyclone motions. In first case rainy days are frequent and in second dry periods, with high temperature and low humidity of different durations have been taken place. If air masses directed from Arctic are dry and cold. They spread over long territories and stable anticyclone system is established on east-south parts of Europe. During such situation dry period happens in Georgia. If air masses are invading from east high temperature and low humidity dry weather is standing. Such periods are more brutal and dangerous [3].

Data and methods

Many drought indices were developed and used ranged from simple indices such as percentage of normal precipitation and precipitation percentiles to more complicated indices such as the Palmer Drought Severity Index. The understanding that a deficit of precipitation has different impacts on groundwater, reservoir storage, soil moisture, snowpack and stream flow led American scientists McKee, Doesken and Kleist to develop the Standardized Precipitation Index (SPI) in 1993.

In 2010 WMO selected the SPI as a key meteorological drought indicator to be produced operationally by meteorological services. The Standardized Precipitation Index (SPI-n) is a statistical indicator comparing the total precipitation received at a particular location during a period of n months with the long-term rainfall distribution for the same period of time at that location. SPI is calculated on a monthly basis for a moving window of n months, where n indicates the rainfall accumulation period, which is typically 1, 3, 6, 9, 12, 24 or 48 months. The Standardized Precipitation Index (SPI) is a widely used index to characterize

meteorological drought on a range of timescales. On short timescales, the SPI is closely related to soil moisture, while at longer timescales, the SPI can be related to groundwater and reservoir storage. The SPI can be created for differing periods of 1-to-36 months, using monthly input data. For the operational community, the SPI has been recognized as the standard index that should be available worldwide for quantifying and reporting meteorological drought. Concerns have been raised about the utility of the SPI as a measure of changes in drought associated with climate change, as it does not deal with changes in evapotranspiration. Alternative indices that deal with evapotranspiration have been proposed [1].

The SPEI is designed to take into account both precipitation and potential evapotranspiration (PET) in determining drought. Thus, unlike the SPI, the SPEI captures the main impact of increased temperatures on water demand. Like the SPI, the SPEI can be calculated on a range of timescales from 1-48 months. At longer timescales (>~18 months), the SPEI has been shown to correlate with the self-calibrating PDSI (sc-PDSI). If only limited temperature and precipitation data are available, PET can be estimated with the simple Thornthwaite method. In this simplified approach, variables that can affect PET such as wind speed, surface humidity and solar radiation are not accounted for. In cases where more data are available, a more sophisticated method to calculate PET is often preferred in order to make a more complete accounting of drought variability. However, these additional variables can have large uncertainties. Calculation of the SPEI is implemented in the R package SPEI [4].

In order to conduct research meteorological observation data of National Environmental Agency has been used for selected stations during 2001-2019 year period. The selected station data satisfy all requirements of research: passed QC, are continuous and homogeny. Those stations are: Bolnisi, Dedoplistskaro, Gori, Khashuri, Tbilisi, Telavi, Tsalka, Sachkhre and Zestaphoni

In study Pearson correlation coefficient (PCC), determination coefficient (R^2), and root mean square error (RMSE) criteria, which are among the strong statistical criteria, were used. R^2 ranges from 0 to 1, with higher values indicating less error variance. The **RMSE** is the square root of the variance of the residuals. It indicates the absolute fit of two data set and lower the RMSE the better performance is.

Discussion

In order to compare drought indices, scatter diagrams of indices were drawn and statistically evaluated. For this, R^2 and the RSME were used. Correlation between data sets is a measure of how well they are related.

At Gori, SPEI index decreased while SPI has an increasing tendency. At the Tbilisi location all indices indicate that monthly precipitation decreases while water vapor evaporation increases. At Telavi station all SPEI indices have the decreasing tendency and SPI indices increasing, which demonstrates on precipitation amount is increasing. Thus, SPEI and SPI indices reflect the complex mosaic character of Georgian climate change.

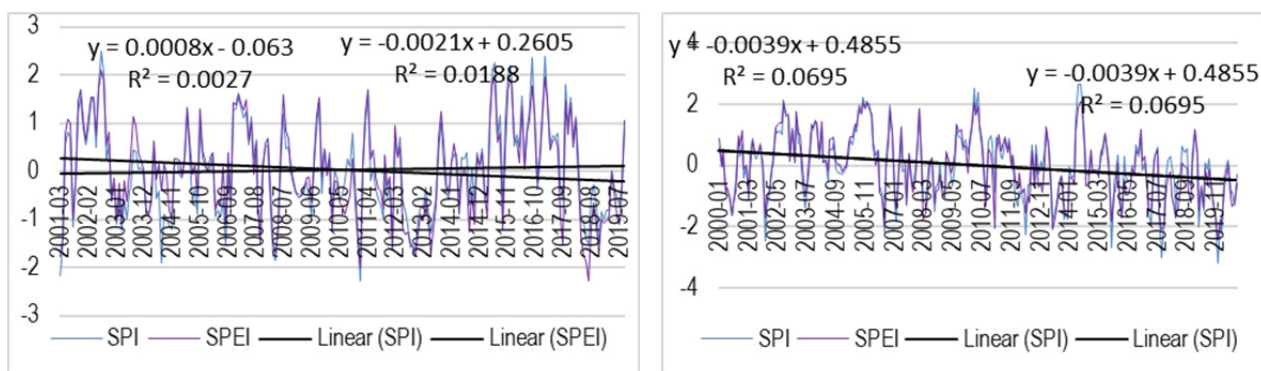


Fig.1. SPI, SPEI indices for Zestaponi and Tsalka stations in 2001-2019 year period

The most common measure of correlation in stats is the Pearson Correlation Coefficient (PCC), which shows linear relationship between SPI-SPEI is quite high, RMSE (SPI-SPEI) is low especially for Khashuri and Telavi;

PCC for SPI-SPEI is high. R^2 is low for all stations. RMSE (SPI-SPEI) is low which means perfect fitting, (Tab.1).

Table 1. Statistical parameters of selected stations

Station	Covar	Kurt	Pearson	R^2 -spi	R^2 -spei	RMSE
Zestaponi	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0027	0.0188	0.025909
Tsalka	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0695	0.0695	0.009268
Telavi	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0013	0.0263	0.015006
Tbilisi	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0058	0.0347	0.017471
Sachkhere	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0241	0.0016	0.021206
Khashuri	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0064	0.0918	0.009364
Gori	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0034	0.0315	0.000938
Dedoplistskaro	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0233	0.0785	0.016065
Bolnisi	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0006	0.0102	0.010778

The obtained results may be used in modeling of hydrometeorological disasters to develop forecasting system in Georgia [5].

The research shows that related studies must be carried out for a relatively long series of data using different indices, which allow a clearer picture of the droughts evolution and may be used in early warning system to protect environment and citizens.

Acknowledgment

The authors thank the Georgian National Environment Agency (NEA) for providing the meteorological data.

Funding

This work was supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [FR-21-13962].

References

1. Tatishvili M. R., Palavandishvili A. M., Tsitsagi M. B., Suknidze N. E. The Use of Structured Data for Drought Evaluation in Georgia//Journals of Georgian Geophysical Society, 25 (No.1) DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224806>
2. Tatishvili M.R., Mkurnalidze I.P., Samkharadze I.G., Chinchaladze L.N. Application of Satellite Imaginary in Forestry for Georgia//Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2018, v. 21(1), pp.18-25, <https://openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/2484>
3. Papinashvili L. Drought in Georgia//Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, 2002, v. 107, Georgia, pp. 28-33.
4. Tsitsagi M., Tatishvili M., Gulashvili Z. Correlation of Drought Indices for Different Climate Condition in Georgia//Proceedings of International Scientific Conference Landscape Dimensions of Sustainable Development Science – Carto/Gis – Planning – Governance, 2022, pp. 296-302
5. Tatishvili M. Developing Weather Forecasting System in Georgia// Ecology & Environmental Sciences 2 (7). DOI:10.15406/mojes.2017.02.00046.

THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN COMBINATION WITH MOBILE APPLICATIONS FOR THE NEEDS OF COLLECTING TOURISM

Borysenko K. B., Dovzhenko P. S.

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Abstract. *In this paper the definition of the term "collecting tourism" was revealed. The positive impact of the development of information technologies on the field of tourism and the possibilities of applying geographic information systems in tourism were considered. It is suggested to use the mobile application "Seek by iNaturalist" during the organization of collecting tourism.*

Key words: *collecting tourism, geographic information systems (GIS), Google Maps, Seek by iNaturalist.*

It is advisable to start the presentation of the main material with the definition of the concept of "collecting tourism". Having analyzed the works of Ukrainian scientists among the available resources (scientific publications of various profiles, manuals, textbooks, etc.), we can conclude that Ukrainian tourismologists have not singled out collecting tourism as a separate phenomenon in tourism until now. Such a result of the review of the available materials is quite natural, since tourismology as a scientific discipline in Ukraine is only at the beginning of its development and formation, therefore it is characterized by incompleteness and gaps in certain issues.

We offer our own definition of collecting tourism and a vision of its place in the classification of types of tourism by objective. To our mind, collecting tourism is a type of tourism that is organized for the purpose of collecting components of the natural environment for basic needs, i.e. food, or to satisfy cognitive and aesthetic needs. Thus, hierarchically smaller taxa will be its subspecies: one – for the first necessity (this definition includes the collection of mushrooms, berries, nuts and other plants for the purpose of their further consumption) and the second – for cognitive and aesthetic pleasure (collecting of samples of natural components (plants, mushrooms, insects, mollusks' shells, minerals or rocks, etc.) to supplement your own thematic collection).

We believe, that it would be appropriate to consider this type of tourism activity as one of the components of a large group of active types of tourism. Based on the fact that active tourism refers to all tourist trips in a diverse natural environment which are characterized by an active way of moving along the route, i.e. making physical efforts of the tourist, it is possible to testify that collecting tourism falls within this category of tourism activity because of meeting two main criteria: conducting tourist activities in the natural environment and making physical efforts of the tourist [1].

With the development of science and technology, their active involvement into all spheres of human life began. The tourism sector was not an exception. It will be appropriate to use geographic information technologies for its development since tourism is directly related to the geographic rind of the Earth. Ukrainian authors in their scientific work define geographic information technologies (GIT) as a set of methods, technical and software tools that deal with geographically coordinated information (spatial data) and ensure the formation of information products endowed with useful consumer properties on its basis. Geographic information systems (GIS) is a modern computer technology for mapping and analyzing objects of the natural environment, as well as real events that take place in it. GIS-technology provides a new, more modern, more efficient, convenient and fast tool for analyzing and solving problems [2, 3].

One of the most common ways of applying GIS in tourism activities is orientation and georeferencing through the use of mobile applications. The Google Maps platform is very popular (more than 10 billion downloads from GooglePlay and rate №1 in section “Navigation” by AppStore) as a separate application and as an addition to other mobile applications (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps>, <https://apps.apple.com/us/app/google-maps/id585027354>). We suggest considering one of the application options in the case of interaction with a third-party application.

A person directly interacts with all the components of nature that are the objects of his attention during collecting tourism. It is common knowledge, that tourists have different levels of experience. People need to orient themselves in the objects that interest them in the case of this tourism activity. So, for example, tourists can study in advance and take thematic guides with them on the hike in order to recognize the types of plants, mushrooms, mollusks, etc. Programs that can replace paper manuals appear with the development of technology. One of these is the mobile application named “Seek” which is a mobile supplement to the “iNaturalist” program – a joint initiative of the California Academy of Sciences and the National Geographic Society (www.inaturalist.org/). The interface of both the “Seek” application and the “iNaturalist” program are quite convenient and will be understandable to tourists of different ages and experience.

The main purpose of using this mobile application during collecting tourism is to recognize types of biodiversity. It is important to note, that the recognition accuracy is quite high because the computer vision model includes 15,798 species and 12,524 broader taxonomic groups such as kingdom, phylum, class, order, family and genus.

The user must have a smartphone with a serviceable camera to work with the application. This software is installed on iOS and Android operating systems, which makes it possible for a wide range of people to use it. A person needs to point the smartphone camera, turned on inside the application, at a live object and wait for the specified name to appear to identify a species. After that the user takes a photo of the object and receives an informational report, which includes his own photo taken by the user, a photo example, the name of the species in Latin, the date of the study, the area of distribution, the taxonomic series, the number of similar studies in the world published in “iNaturalist”, and seasonality of recorded studies. All studies are stored in the application and the user can view them at any time. Anyone can publish a researched species in the “iNaturalist” environment with the help of the “Seek” application, thereby enriching the publicly available information base.

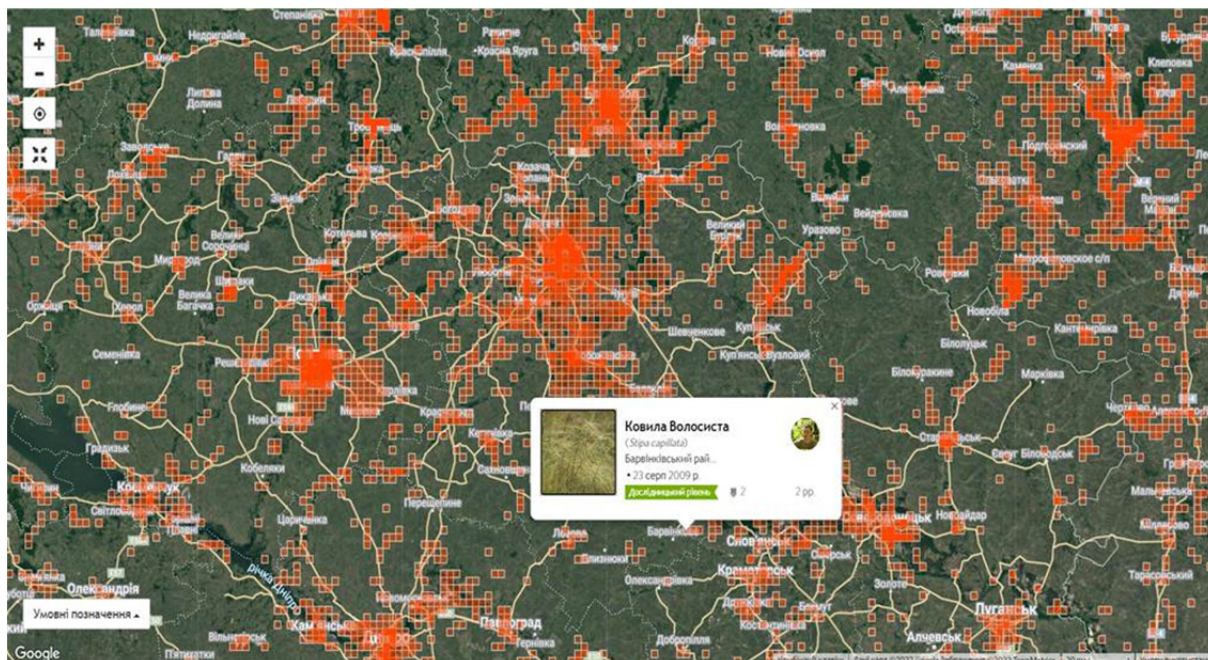


Fig. 1. Locations of the studied species in the “iNaturalist” on the example of an area of the territory of the Kharkiv region, Ukraine

A significant advantage of this application is its combination with Google Maps. The tourist can use the web-map to view the species that have already been explored in his location and beyond in addition to orientation. Figure 1 shows the geographical distribution of the studied components of nature on the example of an area of the territory of the Kharkiv region.

The use of this application in the process of collecting tourism is expedient, as it greatly facilitates the process of recognizing objects of tourist interest, namely representatives of plants, insects, mushrooms or mollusks, and also makes automatic georeferencing thanks to the connection with the GPS-module built into the smartphone. Indeed, it is worth noting the problematic points that may arise when using it, namely the definition of a unit of biodiversity at higher taxonomic levels, i.e. the difficulty of definition to the species level. The reason for this may be the lack of exploration of the territory on which the hike is planned.

Summing up, we can conclude, that the development of information technologies provides new opportunities for conducting tourism activities. In particular, the use of geographic information technologies and web-maps facilitates the organization of tourism. The use of the mobile application “Seek by iNaturalist” during collecting tourism makes sense and is expedient in order to increase the level of convenience of the hike for the tourist, as it is compact and rich of information.

In the course of further research on this topic, it is possible to consider the issue of developing travel routes for collecting tourism using GoogleMyMaps based on the database of the “iNaturalist” platform.

References

1. Derebchynska A. V. Development of active tourism in Ukraine//Materials of the 3rd All-Ukrainian scientific and practical conference “Modern trends in tourism development”. Part II. Mykolaiv: VP “MF KNUKIM”, 2015. 145 p. p.27-30.
2. Pasichnyk V. V., Artemenko O. I., Popyk I. V. Geoinformation technologies oriented to the needs of different groups of tourists//Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Information systems and networks: digest of scientific works №832, 2015. 407 p.p. 216-224.
3. Shevchuk V. Ya., Satakin Yu. M., Bilyavskiy G. O. and others. Environmental management: Textbook. Kyiv, Lybid, 2004. 432 p.

MONITORING OF CHANGES IN ECOSYSTEMS AS A RESULT OF HOSTILITIES ON THE TERRITORY OF UKRAINE (ON THE EXAMPLE OF THE DVORICHANSKYI NATIONAL NATURAL PARK, KHARKIV REGION)

Veselova K.S., Borysenko K.B.

Kharkiv National University named after V. N. Karazin, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The Dvorichanskyi National Natural Park (hereinafter referred to as the NNP) is an environmental, scientific, recreational institution located in the north-eastern part of Kharkiv region. Obtaining information about damage during hostilities allows you to assess the consequences and develop recovery ways. Thus, the article considers the consequences of hostilities on the territory of Ukraine, namely on the territory of the Dvorichanskyi NNP. The impact of catastrophic actions on the flora and fauna of the studied territory has been discovered. Images of the territory using NDVI, True Color, False Color and NDWI are analyzed. Possible causes of dehydration of the Oskol River have been found.

Keywords: Natural Park, flora, fauna

Geographic coordinates of the study area: 49°51'07" N, 37°43'59" E (located in the Dvorichanskyi district of Kharkiv region and lies within two village councils: Kamensky and Peskovsky. From the north, it is bounded by the state border with the Russian Federation. Several settlements are adjacent to the territory of the park, in particular, it is located by the only massif in the river valley Oskol between the villages of Novomlynsk (in the south), Krasnoe First (in the east), Petrovka, Peski (in the west) and Topol (in the northern part)).



Fig. 1. The area of protected territories affected by the war

To date, a number of scientific and methodological works are used in the State Border Service of Ukraine as a scientific and methodological base for environmental monitoring. In [1] provides a detailed analysis of the environmental legislation in force at that time Ukraine, the main issues of organizing environmental protection in the troops were considered. An overview of the main environmental protection measures and the peculiarities of the organization of environmental education in the Armed Forces is also presented Ukraine. Similar work, judging by the available publications, was carried out abroad [2; 3]. Thus, in the United States, on the basis of Civil Defense authorities, in 1979 it was established The

Federal Agency for Crisis Management (FEMA), where a system of computer modeling of solutions (PARM) was developed to improve the sustainability of the economic complex as a whole and the safety of its vital facilities in a special period. The geography and climate of Ukraine have endowed it with an amazing wealth of flora and fauna. Its territory accounts for 35% of Europe's biodiversity [4]. These are

70,000 species of plants and animals, many of which are rare or endemic, that is, they are present only in this area. However, the war to date has affected about a third of the entire nature reserve fund, according to (Fig. 1).

The Dvorichanskyi NNP has been under occupation for a long time, so no one extinguished fires at these places, which caught fire en masse in the places of operation of jet artillery. The territories of the Dvorichanskyi NNP are no exception and also suffer from such actions. From the first days of the war, they suffer injuries that cannot be restored in the near future.

That is, a full-scale invasion Russia has caused and continues to cause huge damage not only to people and infrastructure, but also to nature. So after such a brief acquaintance with the general situation, we can proceed to the analysis of catastrophic phenomena on the territory of the Dvorichanskyi NNP.

Thanks to the tools and opportunities to work on the EO website -Browser, which stores a large archive with many types of satellite images from Sentinel, Landsat, etc. There are analyzed catastrophic changes and consequences of changes in military influence on natural objects of the territory of NNP Dvorichanskyi, where the basis was satellite images from the Sentinel - 2 for 2021 and 2022, respectively.

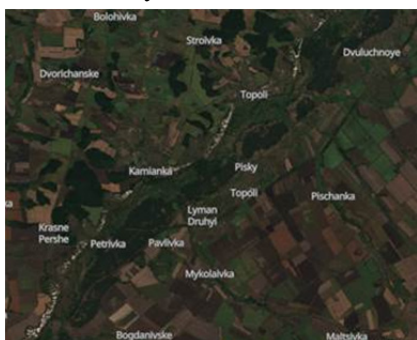


Fig. 2. Picture from 2022-08-24(True color)



Fig. 3. Picture from 2021-08-26(True color)

Even with the first visual analysis of the images (Figures 2 and 3), we can see changes in flora and not only in this area. The first thing that catches the eye is the lower planting of the circumferential fields. Unfortunately, the situation in Ukraine made this process impossible in certain territories.

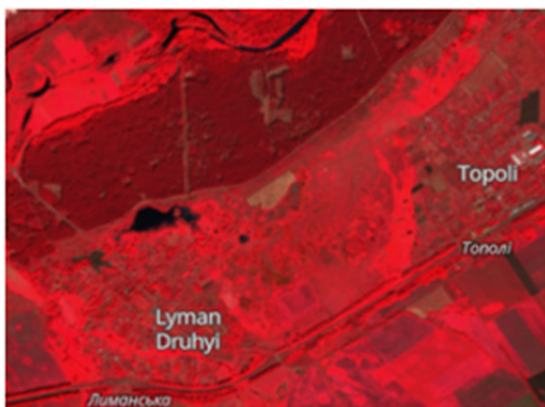


Fig. 4. Picture from 2022-08-24(False color)

In these pictures, it is most convenient to analyze fires by the combination false color (burnt places are highlighted with dark colors, which makes them more visible on a red background) (Fig. 4), but for more accurate and detailed analysis we also use true color (visual determination of affected areas based on real colors) and NDVI (helps to find affected areas by displaying areas with a reduced number of healthy plants).

The use of artillery and strike aviation on the territory of the Dvorichanskyi NNP entails forest fires, which in arid conditions can destroy thousands of hectares of forest and further turn into a fire. In this picture we clearly see these dark spots, meaning forest fires, and this means only one thing - an ecocide against Ukrainian objects of the nature reserve fund, which have now become a stage for hostilities.

Also, we can notice such points of lack of forest cover. Obviously, these are traces of arrivals that did not lead to the ignition of the territory. We can see these catastrophic changes with the help of NDVI (Fig. 5), which once again confirms the above.



Fig. 5. Picture from 2022-08-24(NDVI)

Attention should be paid to the Oskil River, which, due to causal relationships, affects the grassy cover of the area. This river was a decoration of the park - the second largest in the region and the largest left tributary of the Siverskyi Donets. The park includes approximately 24-kilometer section of the bed. As of February 24, 2022, the water level in the Oskil River according to the hydro locust located in the city of Kupyansk, was 617 cm above the zero of the post. To date, the river has become significantly shallower, we see this change in terms of color intensity and the detection of annual deposits in certain places, which also indicates a decrease in the water level (Fig. 6, Fig.7).

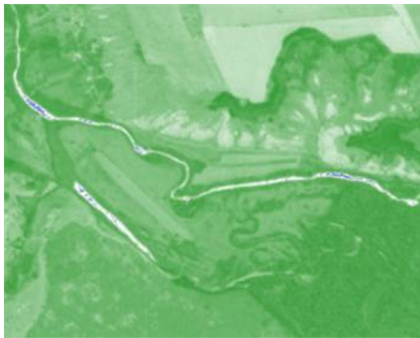


Fig. 6. Picture from 2021-08-26(NDWI)

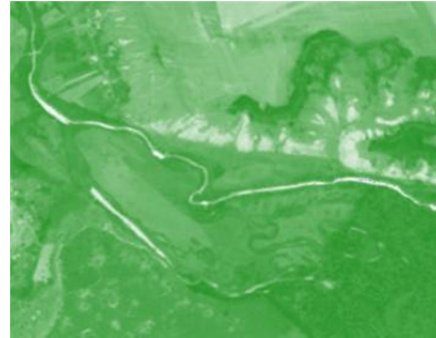


Fig. 7. Picture from 2022-08-24(NDWI)

This situation can be explained by the fact that the reason for the fall in the water level was the explosion of locks on Oskilske and damage to the dam at the Pechenezh reservoirs, respectively. It is also known that there are dams and other places of water regulation in the river upstream on the territory of Russia, which can also explain the decrease in water level.

So, we can say that the Dvorichanskyi NNP, compared to other territories, did not suffer so much, but we still see terrible consequences. First, it is the destruction of a significant area of forest plantations, the restoration of which will take many years. This is the destruction of species diversity of flora and fauna, including many rare species of the Red Book of Ukraine, the European Red List, endangered species.

Combat operations related to the use of air bombs and shells violate the relief and uniformity of soil cover, kill flora and fauna. For example, one kilogram of explosive of an ordinary bomb causes an ecosystem disruption on an area of 12.5 m². Shell explosions pollute soils with a significant concentration of heavy metals. They are toxic even in minimum quantities. they can't stand by processes. Decompositions are concentrated in living organisms, causing different pathologies. Heavy one's metals can gradually move into groundwater, which adversely affects health human.

So these terrible times for the civilized world have become a tragedy not only for people, but also for flora and fauna. After all, events taking place on the territory of our country lead to a decrease in populations of animals and birds, to dehydration of rivers, to a decrease in groundwater levels, to liquefaction of grass and forest cover. That is, they carry huge environmental problems. And when flora and fauna in Ukraine will recover after the local ecocide, no one will predict.

References

1. Mahkamov M.M. Protection of the environment in the Armed Forces of Ukraine // Ed. V.M. Litvak. – K.: Warta, pp. 1998. – 208.
2. Bichenok M.M. Fundamentals of informatization of regional security management. – K.: IPNB, 2005. – 196 p.
3. Indicator of Sustainable Development. Frame work and Methodologies. – NewYork: UnatedNations, 1996. – 428 p.
4. V. Prydatko. Biodiversity and biological resources of Ukraine//Environment and resources: scientific problems: Collection. Kyiv, 2000. pp 194–215.

კლიმატის ცვლილების ასახვა კარსტულ რელიეფში (ჭიათურის მუნიციპალიტეტი)

ხანდოლიშვილი ლ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია. კლიმატის ცვლილება გლობალური პრობლემაა და საფრთხეს უქმნის დედამიწის მრავალფეროვანი ეკოსისტემების შენარჩუნებას. კარსტული რელიეფი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კლიმატის ცვლილების შესწავლაში, რადგან ისინი კლიმატის ცვლილების არქივს წარმოადგენენ. სწორედ ამიტომ, მნიშვნელოვანია მათი დეტალური შესწავლა და გამოყენება, როგორც სამეცნიერო კვლევებისთვის, ასევე მდგრადი მეურნეობისთვის. თემის აქტუალურობიდან გამომდინარე ჩატარდა რეგიონალური კვლევა ჭიათურის მუნიციპალიტეტში, რომელიც მდებარეობს დასავლეთ საქართველოში და კარსტული რელიეფის გავრცელების კლასიკურ არეალია. იქ წარმოდგენილია 110 მღვიმე, რომელთაგან უმეტესი ნაწილობრივ არის შესწავლილი. ნაშრომის მიზანია კარსტული რელიეფის შესწავლა და მათი სწორი გამოყენებისთვის ფუნქციების მინიჭება, რაც მნიშვნელოვანია როგორც მეცნიერული დარგების განვითარების, ისე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობისთვის. კარსტული რელიეფის შესწავლის დროს გამოყენებული იყო კვლევის მრავალფეროვანი მეთოდები, რომელთაგან აღსამიშნავია მღვიმეების მონიტორინგი და შედეგების ანალიზი. კვლევის შედეგების ანალიზმა თვასაჩინოდ გამოკვეთა, თუ როგორ მიმდინარეობს კლიმატის ცვლილების პროცესის ასახვა კარსტულ რელიეფში; მღვიმეების მრავალფუნქციური გამოყენების მნიშვნელობა; ადამიანის არარაციონალური სამეურნეო საქმიანობის უარყოფითი გავლენები გარემოზე და ბუნებრივი ბალანსის დარღვევის შედეგები. საბოლოოდ მომზადდა რეკომენდაცია, რომელიც მნიშვნელოვანია, როგორც რეგიონალურ, ისე მსოფლიო დონეზე, რადგან ის მიზანმიმართულია მდგრადი გარემოს შენარჩუნებისა და მისი დაცვისკენ.

საკვანძო სიტყვები: კარსტული რელიეფი, კლიმატის ცვლილება, გარემოს დაცვა

ჭიათურის მუნიციპალიტეტი მდებარეობს დასავლეთ საქართველოში, რომელიც წარმოდგენილია 1 ქალაქითა და 60 სოფლით. იგი იკავებს ზემო იმერეთის მაღლობის მნიშვნელოვან ნაწილს და კარსტის გავრცელების კლასიკური მაგალითია. აქ გვხვდება კარსტის მრავალფეროვანი მორფოლოგიურ-გენეტიკური ტიპები: დაფარული, კორდიანი, ნახევრადკორდიანი, შიშველი, დამარხული და შთენილი კარსტი. ყველა პირობაა იმისთვის, რომ ინტენსიურად განვითარდეს მშრალი ხეობები, ჩაწოვითი, ზოგჯერ ჩაქცევითი ტიპის ძაბრები, მღვიმეები და ჭები. მათ შორის ყველაზე მეტად პრობლემურია დამარხული კარსტი, რომელიც მანგანუმის ინტენსიური მოპოვებით და გარემოზე არარაციონალური ზემოქმედებით აიხსნება [1]. გარდა ამისა, საფრთხეშია მღვიმეში მყოფი მობინადრე ცოცხალი ორგანიზმები, დაკარგულია გარკვეული ჰაბიტატები, შემცირებულია პოპულაციები და დაბინძურებულია კარსტული მიწისქვეშა წყლები, რომელთაც სასმელი წყლის ფუნქცია აქვს ადგილობრივი მოსახლეობისთვის. ჭიათურის მუნიციპალიტეტში არსებული მღვიმეები ფასდაუდებელია მეცნიერული კვლევების ჩასატარებლად, მათ შორის კლიმატის ცვლილებადობის მონიტორინგის განხორციელებისთვის. მუნიციპალიტეტში ჰავა არის ზღვიური, ნოტიო სუბტროპიკული; იცის ზომიერად ცივი და უხვნალექიანი ზამთარი და შედარებით მშრალი, ცხელი ზაფხული. იანვრის საშუალო ტემ-

პერატურა არის +2,4°C, ხოლო ივლისისა +23,1°C, ნალექების რაოდენობა არის 1100 მილიმეტრი წელიწადში. მუნიციპალიტეტის მთავარი მდინარეა ყვირილა; დამახასიათებელია კოლხური ტიპის ფოთლოვანი ტყეები. უნდა აღინიშნოს, რომ ტყის ძირითადი ნაწილი გაჩეხილია და მცირედითაა შემორჩენილი მხოლოდ ხეობათა ციცაბო ფერდობებზე.

საკვლევ არეალში წარმოდგენილია 110 მღვიმე. ისინი ქმნიან მიწისქვეშა ფერად სამყაროს და გამოირჩევიან უნიკალური თვისებებით. მათი სილამაზე, ისტორია და როლი ჯანმრთელ გარემოში ფასდაუდებელია. ისინი წარმოადგენენ მრავალი საფრთხის ქვეშ მყოფი ცოცხალი ორგანიზმების თავშესაფარს. მღვიმე ინახავს პრეისტორიული ადამიანის ხელოვნების ნიმუშებს. ძუძუანას მღვიმეში, სოფელ მღვიმეში არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოჩენილია 34000 წლის წინანდელი სელის ძაფი, სადგისი და სხვა საყოფაცხოვრებო ნივთები [2].

მღვიმეთა ერთ-ერთი ძირითადი თვისება მდგომარეობს მათს განსაკუთრებულ მეტეოროლოგიურ-კლიმატურ რეჟიმში. ეს უკანასკნელი კი დამოკიდებულია შემდეგ ძირითად ფაქტორებზე: გეოგრაფიულ მდებარეობაზე და იქ არსებულ კლიმატურ პირობებზე; მღვის ფორმასა და გაღებულობის ხასიათზე; მღვიმის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე [3]. დედამიწის ზედაპირზე არსებული კლიმატის გავლენა მღვიმეების მეტეოროლოგიურ-კლიმატურ რეჟიმზე დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორია ზედაპირული კლიმატის ხასიათი და როგორია თვით მღვიმე. მეცნიერთა აზრით მღვიმეთა უმეტესობა არ განიცდის მათ მიდამოებში დედამიწის ზედაპირზე არსებული ჰაერის სეზონურ ცვალებადობასა და ამინდის ზეგავლენას. მღვიმის მოყვანილობა და გაღებულობის ხასიათი იმ შემთხვევაში მოქმედებს მის კლიმატურ რეჟიმზე, როდესაც სიღრუვის ეს მორფოლოგიური მაჩვენებლები ხელს უწყობენ მასში ცივი ან თბილი ჰაერის ჩაგუბებას და პირიქით ხელს უშლიან ჰაერის მოძრაობას [3]. მღვიმეში შემავალი ზედაპირული მდინარე ზაფხულობით ათბობს, ზამთრის თვეებში კი აგრილებს მღვიმურ ჰავას. მღვიმის კლიმატის შესწავლისას მნიშვნელოვანი სიმადლებრივი სარტყლორობის გათვალისწინება.

ჭიათურის მუნიციპალიტეტის კარსტულ რელიეფში კლიმატური ცვლილების ასახვის შესწავლის მიზნით შეირჩა ხუთი მღვიმე და ჩატარდა მონიტორინგი. ტემპერატურის გაზომვა მოხდა, როგორც მღვიმის შესასვლელში, ისე მის ბოლოში. შედეგების განალიზების საფუძველზე გამოიკვეთა: მღვიმის შესასვლელში ძირითად შემთხვევაში ტემპერატურა მეტად მაღალი იყო ვიდრე მის ბოლოში, თუმცა ორ და მეტ სართულიანი მღვიმის პირობებში მღვიმის ბოლოში უფრო მაღალი იყო ტემპერატურა, რაც ზედაპირის გადახურებით იყო გამოწვეული. მაგალითად ძუძუანას მღვიმის შესასვლელში 1973 წლის მონაცემებით დაფიქსირდა 14.1°, ხოლო ბოლოში 15.0° [2]. 2020-2021 წლის ჰაერის ტემპერატურის მონაცემებით იგივე ტერიტორიაზე ფიქსირდება ჰაერის ტემპერატურის მატება, მღვიმის შესასვლელში - 15.0°, ხოლო მღვიმის ბოლოში - 15.8. მონაცემებზე დაკვირვების შედეგად ვასკვნით, რომ მღვიმის ზედაპირზე არსებული ტემპერატურა გარკვეულ გავლენას ახდენს მღვიმის შიგნით არსებულ ტემპერატურაზე. დედამიწის ზედაპირზე არსებული კლიმატის ცვლილებაში დიდი როლი აქვს ადამიანს, მითუმეტეს, რომ ჭიათურის მუნიციპალიტეტი სამრეწველო ქალაქის სტატუსია აქვს და მოპოვებითი სამუშაოები იმდენად მასშტაბურია მალაროების ზედაპირზე არსებულ ობიექტებს უჩნდება ბზარი და განიცდის ნგრევას, მათ შორის ზიანდება ადგილობრივი მოსახლეობის საცხოვრებელი სახლები. მოსახლეობასთან ინტერვიუს ჩაწერის შედეგად გაირკვა რამდენად რთულ მდგომარეობაში იმყოფებიან და რომ სოფელი ითხვისის შემთხვევაში მანგანეცის მომპოვებელ კომპანიას მოუწია ადგილობრივი მოსახლეობის ევაკუაცია.

რეგიონის მღვიმეები ჰაერის სინოტივის მხრივ მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩევიან და მათი შეფარდებითი სინოტივე 92-100% შორის მერყეობს, მაშინ როცა ამავე დროს გარეთ მისი სიდიდე ნაკლებია და შეადგენს 72-91% [4]. ბოლო წლების დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მღვიმეში სინოტივის მაჩვენებელი გაცილებით შემცირდა და 55-67%-ზე ჩამოვიდა [2]. შვილობისას მღვიმეში 1975 წლის აღწერილობით გაედინეოდა 10 ლ/წმ დებიტის მქონე ნაკადი, დღეს ეს

მაჩვენებელი განახევრებულია და გაედინება 4-5 ლ/წმ., რაც კლიმატის ცვლილებამ გამოიწვია (სურ. 1). ჭიათურის მღვიმის 110 კარსტული რელიეფიდან ორმოცმა ობიექტმა რადიკალური ცვლილება განიცადა ბოლო 100 წლის განმავლობაში. უმეტეს მათგანში მთლიანად გაქრა წყლის ნაკადი, ძლიერი წვიმების დროსაც კი სიმშრალეს ინარჩუნებენ და აღარ გაედინება მათში წლის ნაკადი. კარსტულ რელიეფს, როგორც ბუნებრივი კლიმატის არქივებს, შეუძლიათ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულონ კლიმატის ცვლილების გაგებისა და პროგნოზირების უნარში. გამოქვაბულები მდიდარია სპელეოთემებით, როგორცაა სტალაქტიტები და სტალაგმიტები. აღნიშნული ფორმები იქმნება, როდესაც წყალი ნელ-ნელა ეშვება ზედაპირიდან და კლიმატის არქივს წარმოადგენენ. მათზე დაკვირვებით მეცნიერები იგებენ, თუ როგორ იცვლება კლიმატი და როგორ რეაგირებს გარემო სეზონური ათასწლეულის პერიოდებზე. წარსული კლიმატისა და გარემოს აღსადგენად, პალეოკლიმატოლოგები იყენებენ სხვადასხვა მეთოდს, პირდაპირ და არაპირდაპირ გაზომვებს, რომლებიც საშუალებას აძლევს მათ დაადგინონ ნალექის, მცენარეულობის ან რომელიმე ექსტრემალური მოვლენის მიხედვით თუ როგორ შეიცვალა კლიმატი [5]. მღვიმის ტემპერატურა მკაცრად არის დაკავშირებული გარე კლიმატთან. გლობალურ კლიმატურ ცვლილებებს ასევე შეუძლია გავლენა მოახდინოს მიწისქვეშა კლიმატზე. შეცვალოს ტემპერატურა, სინოტივე, წყლის ნაკადის რაოდენობა, რაც მღვიმეში მოხინაძრე ცოცხალი ორგანიზმებისთვის უარყოფითად აისახება. ჭიათურის მუნიციპალიტეტის მღვიმეებში პალეოკლიმატი კარგად იკითხება კანიონების მაგალითზე, რომლიც წარსულში წყლის ნაკადის საშუალებით ჩამოყალიბდა და დღეს წყლის ნაკადი გამქრალია და მხოლოდ სეზონურად ჩნდება მინიმალური რაოდენობით.



სურ. 1. შვილობისას მღვიმე.

გარემოზე დაკვირვებამ აჩვენა, რომ კლიმატის ცვლილებამ შესაძლოა გამოიწვიოს გარკვეული ანომალიები. დადასტურებულია, რომ ჰაერის ტემპერატურები გამოქვაბულებში და ზედაპირზე დიდი სხვაობით გამოირჩევა, ასევე ჰაერის ტემპერატურის სეზონური და განსაკუთრებით დღეღამური რყევა უმნიშვნელო ფარგლებში ხდება მღვიმურ გარემოში, თუმცა ჭიათურის მუნიციპალიტეტის მაგალითზე კლიმატის ცვლილებამ გამოიწვია სეზონური გვალები, რამაც ხელი შეუწყო მღვიმური ნაკედების რაოდენობის შემცირებას, ზოგ შემთხვევაში კი დაშრობას.

ადამიანის როლი ბუნებრივი ბალანსის დარღვევაში რაც უფრო მასშტაბურია, ეკოლოგიური პრობლემებიც ყოველჯერზე მით უფრო მძაფრად იჩენს თავს, შედეგად საკვლევ რეგიონში ჰაერსა და წყალში მატულობს მძიმე მეტალები, რაც ავადობას იწვევს, შედეგად გარე მიგარაცია იზრდება და დემოგრაფიული პრობლემები ჩნდება. ასეთ დროს მნიშვნელოვანია მოპოვებითი სამუშაოები შემცირდეს და დაინერგოს თანამედროვე მეურნეობის ისეთი დარგები, რომელიც შეამცირებს გარემოს დაზიანებების ხარისხს და შეიმუშავებს ისეთ ფორმას, სადაც გათვალისწინებული იქნება ბუნებრივი რესურსების, როგორც კონსერვაცია, ისე მდგრადი გამოყენება [6]. ჭიათურის მუნიციპალიტეტში მდებარე კარსტულ რელიეფის მრავალფეროვანი

სახეებიდან გამომდინარე აქვს დიდი პოტენციალი განვივიტოროს ტურიზმის სხვადასხვა სახე, როგორც არის სამეცნიერო ტურიზმი, ეკო ტურიზმი, ექსტრემალური ტურიზმი, კულტურული ტურიზმი, რელიგიური ტურიზმი და სხვ., რომელის ფარგლებში სამუშაო ჯგუფმა 2017 წელს შეიმუშავა ხუთი მარშრუტი ჭიათურის მუნიციპალიტეტში [7]. რეგიონის მდგრადი განვითარების მიმართულებით და ეკოლოგიური პრობლემების ინპერვენციის მიზნით კვლევით ჯგუფს დაგეგმილი აქვს შეიმუშაოს კარსტული რელიეფის სწორი ათვისებისა და გამოყენების რეგიონალური სამოქმედო გეგმა და წაუდგინოს ადგილობრივ თვითმმართველობას.

ლიტერატურა

1. ლეჟავა ზ., ზემო იმერეთის პლატოს და მიმდებარე რაიონების კარსტი, თბილისი, გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2015, გვ.215-220.
2. ლეჟავა ზ., წიქარიშვილი კ., დვალაშვილი გ., თუმბარამიშვილი ნ., ჭიათურის მუნიციპალიტეტის კარსტული მღვიმეები, თბილისი, გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2016, გვ.87-90.
3. მარუაშვილი ლ., მღვიმეთმცოდნეობის საფუძვლები, თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1973, გვ.88-101.
4. ყიფიანი შ., საქართველოს კარსტი, თბილისი, გამომცემლობა „მეცნიერება“, 1974, გვ.104-105.
5. Klenske, N., Ancient cave deposits reveal our climate future, 2021, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/ancient-cave-deposits-reveal-our-climate-future>.
6. Dvalashvili G., Khandolishvili L., Tabatadze S., Gugeshashvili M., The Natural Remarkable Monuments Create by Geodinamical Processes (Basin Rioni, Georgia) // Journal of Geological Resource and Engineering 1, 2017, doi:10.17265/2328-2193/2017.01.005, pp.48-52
7. დვალაშვილი გ.; ხანდოლიშვილი ლ.; რიკაძე ზ.; თაბაგარი ს.; ჯაფოშვილი მ.; ქამბაძე ვ., ჭიათურის მუნიციპალიტეტი, თბილისი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017, 74 გვ.

REFLECTION OF CLIMATE CHANGE IN KARST TERRAIN (CHIATURA MUNICIPALITY)

Khandolishvili L.

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *Climate change is a global problem and threatens the preservation of Earth's diverse ecosystems. Caves play an important role in the study of climate change. They are an archive of climate change, so it is important to protect caves and use them for both scientific research and sustainable farming. Depending on the relevance of the topic a regional study was conducted in Chiatura municipality, which is located in western Georgia and is a classic area of karst relief distribution. There are 110 caves in the study area, most of which are partially explored. The purpose of the paper is to study the karst relief and to assign functions for their correct use, which is important for the development of scientific fields as well as for human economic activities. During the study of the karst landscapes and karst aquifers, the space was studied with the following methods: cave monitoring, comparison, analysis of results, in-depth interviews, etc. The research analysis clearly highlighted: the role of caves in the study and prediction of climate change; Importance of multipurpose use of caves; negative effects of human's irrational economic activity on the environment; Consequences of disturbance of natural balance and their impact on climate change. Finally, a recommendation was prepared, which is important both at the regional and global level, as it is aimed at maintaining a sustainable environment and its protection.*

Keywords: *Karst terrain, Climate change, Environmental protection.*

კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება სამშენებლო კლიმატური დარაიონებისას კლიმატის ცვლილების ფონზე

*ქართველიშვილი ლ., **ქოთოლაშვილი გ., **ხეცურიანი მ., **სულაძე ს.

**სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო
**სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

ანოტაცია. დღევანდელ პირობებში, როგორც ეკოლოგიური, ისე მატერიალური თვალსაზრისით შეუძლებელია მიღებული იქნას სწორი გადაწყვეტილებები მოცემული ადგილის კლიმატური პირობების გათვალისწინების გარეშე.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კლიმატური პირობების დეტალური შესწავლა ისეთი ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა, რომელიც ხასიათდება კლიმატის მრავალფეროვნებით. ასეთ მცირე ტერიტორიაზე გვხვდება თითქმის ყველა კლიმატური ზონები გარდა ორისა. ამდენად კლიმატური პირობების შესწავლა წარმოადგენს კვლევის საგანს.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების განაწილებათა კანონზომიერებანი კლიმატის ცვლილების ფონზე. ვინაიდან საშიში კლიმატური პირობების კომპლექსები განსაკუთრებით საყურადღებოა ეკონომიკის ისეთი დარგების განვითარებისათვის, როგორცაა სამშენებლო ინდუსტრია, ტურიზმი და საკურორტო მეურნეობა, ენერგეტიკული რესურსების მართვა.

ნაშრომში განხილულია ქარის და წვიმის ერთობლივი კომპლექსი, რომელსაც ირიბ წვიმას უწოდებენ. დამუშავებული მეთოდის მიხედვით განსაზღვრულია ე.წ. ირიბი წვიმების მახასიათებლები საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებისთვის, მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეფასებულია ირიბი წვიმების ზემოქედების ხარისხი სხვადასხვა რეგიონების მიხედვით. საკითხის ასეთი გადაწყვეტა განაპირობებს შენობების დანესტიანებისგან დაცვის შესაბამისი ზომების მიღებას.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატი, კლიმატის ცვლილება, სამშენებლო ინდუსტრია, ირიბი წვიმა

შინაარსი (ძირითადი ნაწილი)

სამშენებლო ობიექტების სწორი დაგეგმარების მიზნით აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ადგილის კლიმატური პირობები. კლიმატური მონაცემების საფუძველზე ხდება სამშენებლო კლიმატური ნორმებისა და მახასიათებლების განსაზღვრა.

საცხოვრებელი და სამოქალაქო ნაგებობების მშენებლობის ტემპის გაზრდამ ახალი სამშენებლო მასალების გამოყენებით განაპირობა ნორმატიული სამშენებლო ნორმებით და წესებით გათვალისწინებული კლიმატური პირობების უფრო ზუსტი განსაზღვრის და შესაბამისი სპეციალიზებული მახასიათებლების დამუშავების აუცილებლობა.

ამა, თუ იმ ობიექტზე კლიმატის ზემოქმედების შესასწავლად დადგენილი უნდა იქნეს როგორც უარყოფითი, ასევე დადებითი კლიმატური ფაქტორები. საჭირო კლიმატური პარამეტრების დასადგენად ბოლო წლებში ფართოდ გამოიყენება ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევები. უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრი მახასიათებელი, რომლებიც მშენებლობაში გამოიყენება, დადგენილია არსებული კლიმატური მახასიათებლების მიხედვით. ეს ძირითადად არის ცალკეული მეტეოელემენტების საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები. ექსტრემალურ მოვლენებს აქვს დიდი გავლენა საზოგადოებასა და ეკოსისტემაზე. მაღალი და დაბალი

ტემპერატურები, განსაკუთრებით ექსტრემალური ნალექები ძლიერ ზემოქმედებას ახდენენ მშენებლობაზე (შენობების თბოტექნიკურ რეჟიმზე), ენერგეტიკაზე, წყლის რესურსებზე და ა.შ.

კლიმატის რაოდენობრივ მახასიათებლებს, როგორც აუცილებელ ნორმებს, დაპროექტებისას ითვალისწინებენ არც თუ ისე დიდი ხანია (გასული საუკუნის პირველი ნახევრიდან). ნაგებობათა დაპროექტების ისტორიაში არის ისეთი პერიოდები, როცა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის არქიტექტორები დიდ ყურადღებას აქცევდნენ გარეგან ფასადს და ერთმანეთისგან იღებდნენ არქიტექტურულ ნიმუშებს. ამიტომ არაა გასაკვირი, რომ სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში აშენებული ერთი ტიპის ნაგებობები არაკომფორტული იყო. ასე მაგალითად, ამერიკის ჩრდილოეთ რაიონებში აგებულ იქნა სახლები, რომელთაც მიშენებული ჰქონდათ გარედან 2-3 სართულიანი კიბეები, რომლებიც ზამთარში იფარებოდა თოვლით და ყინულით და უძნელებდა მოსახლეობას გარე სამყაროსთან კონტაქტს. სამხრეთ რაიონებში კი ხშირად აშენებდნენ ისეთ სახლებს, რომლებიც განიცდიდნენ გადახურებას.

სამშენებლო ნორმებისა და წესების შემუშავების შემდეგ დადგინდა სამშენებლო-კლიმატური ნორმები, რომელთა გათვალისწინებითაც შესაძლებელია დადგინდეს გარკვეულ კლიმატურ პირობებში როგორი ნაგებობები აიგებოდა. საქართველოში აღნიშნული მიმართულებით ინტენსიური მუშაობა დაიწყო გასული საუკუნის შუა პერიოდიდან, რის შედეგადაც ტერიტორია დაიყო კლიმატურ რაიონებად და ქვე რაიონებად.

მიღებული ნორმების მიხედვით, მასშტაბით ოთხ რაიონად დაყოფილ ტერიტორიას საფუძვლად დაედო შემდეგი კლიმატური მახასიათებლები: ყველაზე ცივი თვის საშუალო ტემპერატურა - იანვრის ($t_{\text{იანვ}}$) და ყელაზე ცხელი თვის ტემპერატურა - ივლისის ($t_{\text{ივლ}}$). ცხრილში-1 მოცემულია ამ ტერიტორიის საზღვრები. მასში მოცემული რაიონები დაყოფილია აგრეთვე ქვე რაიონებად. სამშენებლო რაიონებისა და წესების თანახმად I-II რაიონში გათვალისწინებულია ზამთრისაგან მკაცრი დაცვა, ხოლო III-IV-ში - ცხელი ზაფხულისგან. ეს მონაცემები დამუშავებულია ყოფილი სსრკ-ის პერიოდში.

ცხრილი 1. კლიმატური დარაიონება არსებული სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

რაიონები	$t_{\text{იანვარი}} \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{ივლისი}} \text{ }^{\circ}$
1	-28-დან - 14-მდე	4-დან 22-მდე
2	-14-დან - 4-მდე	10-დან 22-მდე
3	-14-დან 0-მდე	10-დან 22-მდე
4	-6-დან +6-მდე	28-დან 32-მდე

ამ დარაიონების მიხედვით ერთ კლიმატურ სარტყელში აღმოჩნდა ტერიტორიები ბალტიისპირეთიდან ვლადიკავკაზამდე. კლიმატური პირობები ამ რეგიონში მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ამიტომ დროთა განმავლობაში ხდებოდა გარკვეული ცვლილებების შეტანა და ტემპერატურასთან ერთად ისეთი კლიმატური ელემენტების დამატება, როგორებიცაა ჰაერის სინოტივე, მზის ნათების ხანგრძლივობა, ქარის სიჩქარე და სხვა. ამის დამატებით შენობები იყო მეტად დიფერენცირებული, ვიდრე ადრე. [3].

ეკონომიკის ამა თუ იმ დარგის დაპროექტებისას ცალკეული კლიმატური მახასიათებლების გარდა, აუცილებელია სხვადასხვა მეტეოელემენტების შეხამებების ალბათობათა განსაზღვრა, ასეთ კლიმატურ მახასიათებლებს ეწოდება კომპლექსური კლიმატური მახასიათებლები. ამა, თუ იმ ობიექტზე კლიმატის ზემოქმედების შესასწავლად დადგენილი უნდა იქნეს, როგორც უარყოფითი, ასევე დადებითი კლიმატური ფაქტორები. კომპლექსური კლიმატური მახასიათებლები დადგენილია არსებული კლიმატური მახასიათებლების გათვალისწინებით, რაც ამარტივებს და ხელს უწყობს მათ დანერგვას პრაქტიკაში. სპეციალიზებული კლიმატური მახასიათებლების განსაზღვრისათვის საჭიროა ვიცოდეთ მეტეოდაკვირვებათა თავისებურებანი, მეტეო და კლიმატოლოგიური ინფორმაციის შეფასება და ცალკეულ მეტეო-

ელემენტებს შორის კავშირი, რათა ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ფიზიკური კანონების გამოყენებით მოხდეს მოცემული კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტა.

აქედან გამომდინარე, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს მიეკუთვნება ტემპერატურა-სინოტივის კომპლექსი, ამ რეჟიმის შესასწავლად აუცილებელია ვადიანი დაკვირვებების წარმოება, სადაც ტემპერატურის საწყისი მონაცემების ამორჩევა ყოველი 5°C-ის შემდეგ უნდა წარიმართოს, ხოლო ფარდობითი ტენიანობისა ყოველი 5%-ის შემდეგ. ვინაიდან ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, ჰაერის ტენიანობისა და ტემპერატურის უკიდურესი მნიშვნელობების დამთხვევა ზიანს აყენებს ეკონომიკის ნებისმიერი დარგის დაპროექტებას. აუცილებლობას წარმოადგენს მათ დაპროექტებაში მეტეოროლოგიური ელემენტების შეხამებათა განმეორებადობის გათვალისწინება, რათა არ მოხდეს მათი საექსპლუატაციო დონის შემცირება.

კლიმატის ცვლილების კანონზომიერების დადგენა ცალკეული მეტეოროლოგიური ელემენტების საფუძველზე არ არის სრულყოფილი, ამდენად ძალიან მნიშვნელოვანია არსებობდეს ინფორმაცია ორი და მეტი კლიმატური ელემენტების შეხამებათა ალბათობების შესახებ, რომელიც განაპირობებს ამ ცვლილებებს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ე.წ. მეტეოკომპლექსების ან სხვა და სხვა მეტეოელემენტების განსაზღვრას რომლებიც დაიკვირვება ამა თუ იმ პროცესების მიმდინარეობისას.

ჩვენს მიერ განსაზღვრული იქნა ატმოსფერული ნალექების და ქარის სიჩქარის (ე.წ. ირიბი წვიმების) კომპლექსი. მათი ექსტრემალური მნიშვნელობების განაწილებათა კანონზომიერებანი დროსა და სივრცეში.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე დამუშავებულია ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ირიბი წვიმების რაოდენობა ორ განსაზღვრულ პერიოდს შორის: 1961-1986 და 1987 - 2012 წწ. სამშენებლო კლიმატური დარაიონების სრულყოფის მიზნით ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ქარის და წვიმის ერთობლივი ზემოქედების (ანუ ე.წ. ირიბი წვიმების) განსაზღვრის საკითხს.

ნაშრომში [3] მოცემულია პირველად საქართველოს პირობებისთვის განსაზღვრული ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობა რომელიც დაიკვირვება სხვა და სხვა პერიოდების მიხედვით. როგორც დაკვირვებათა ანალიზი გვიჩვენებს, ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობა ორ განსხვავებულ პერიოდს შორის ზოგან უმნიშვნელოდ, ზოგან კი მნიშვნელოვნად შეიცვალა. მაგალითად, სამხრეთ საქართველოში ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობა ძირითადად შემცირდა 5-დან 30 %-მდე. გამონაკლისს წარმოადგენს აბასთუმანი, სადაც აღინიშნა ნალექების ზრდა 16%-ით. ნალექების საერთო ჯამი აგრეთვე შემცირდა, ოღონდ შედარებით ნაკლები სიდიდით (-5%). ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების ასეთი შემცირება შეიძლება აიხსნას ქარის სიჩქარის შემცირებით.

როგორც მიღებული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს ირიბი წვიმების რაოდენობის კლება ძირითადად აღინიშნება აღმოსავლეთ საქართველოს და სამხრეთ საქართველოს უმეტეს ტერიტორიაზე. ამის მიზეზი ძირითადად არის ქარის სიჩქარის კლება. ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსულ ნალექების რაოდენობას შორის სხვაობები არაერთგვაროვანია. ზოგიერთ პუნქტებში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების შემცირების დროს შემცირდა ასევე ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობაც.

ურბანიზებულ პუნქტებში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ვერტიკალურ ზედაპირზე საგრძნობლად შემცირება განპირობებულია ქარის სიჩქარის ცვლილებით და ინტენსიური ურბანიზაციით. რომელიც ბოლო 50 წლის მანძილზე მიმდინარეობს. საქართველოს მთელ რიგ რაიონებში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული ნალექების შემცირების ფონზე ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ნალექების რაოდენობა ან შემცირდა, ან გაიზარდა მნიშვნელოვნად. ე.ი. ამ პუნქტებში მოხდა ქარის სიჩქარის რეჟიმის, ან ნალექების მოსვლის ხასიათის მკვეთრი ცვლილება, მიღებული მონაცემები საშუალებას იძლევა უფრო

ზუსტად იქნეს გათვალისწინებული საქართველოს კლიმატური თვისებურებანი, ვიდრე ეს მოცემულია მოქმედ სამშენებლო კლიმატურ ნორმებში.

კლიმატის რეგიონალური ცვლილება განაპირობებს რუკა-სქემების შედგენის აუცილებლობას, სადაც ირიბი წვიმების არათანაბარი განაწილება მოცემულია თვეების მიხედვით. შედეგად ვადგენთ რომ საქართველოს ზოგიერთ პუნქტებში მოდის ატმოსფერული ნალექების უმნიშვნელო რაოდენობა, ხოლო ზოგიერთ თვეებში ქარის ძლიერი სიჩქარის გამო შენობის კედლები განიცდის ირიბი წვიმების ისეთივე ზემოქმედებას როგორც არის საქართველოს იმ პუნქტებში, სადაც ნალექები მოდის მთელი წლის მანძილზე. ირიბი წვიმების ასეთ ტერიტორიულ განაწილებაზე გავლენას ახდენს საქართველოს რთული ოროგრაფიული და კლიმატური პირობები.

ლიტერატურა

1. სამშენებლო კლიმატური ნორმები: ლ. ქართველიშვილი, კ. მეგრელიძე ლ. ქურდაშვილი, თბილისი, 2018.
2. ტურისტულ-რეკრეაციული რესურსების შეფასება: ლ. ქართველიშვილი.
3. საქართველოში კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით ახალი სამშენებლო კლიმატური ნორმების დადგენა : ლიანა ქართველიშვილი, ლიკა მეგრელიძე, კარინე მელიქიძე [და სხვ.], თბილისი, 2018.
4. საქართველოს სამეცნიერო-გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი, თბილისი, 2020.
5. კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში, ლიანა ქართველიშვილი ; ე. ელიზბარაშვილის და პ. ჯანელიძის, თბილისი, 2001.

CONSIDERATION OF COMPLEX CLIMATIC PARAMETERS DURING CONSTRUCTION CLIMATIC REGIONS IN THE BACKGROUND OF CLIMATE CHANGE

*Kartvelishvili L., **Kotolashvili G., **Khetsuriani M., **Suladze S.

*National Environment Agency, Tbilisi, Georgia
**Sukhumi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract. In today's conditions, both from the ecological and material point of view, it is impossible to make the right decisions without taking into account the climatic conditions of the given place.

A detailed study of climatic conditions is especially important for a country like Georgia, which is characterized by a variety of climates. In such a small area, almost all climatic zones except two can be found. Thus, the study of climatic conditions is the subject of research.

The regularities of the distribution of complex climatic parameters against the background of climate change are discussed in the presented paper. Since the complex of dangerous climatic conditions is especially important for the development of such branches of the economy as construction industry, tourism and resort economy, management of energy resources.

The paper discusses the joint complex of wind and rain, which is called indirect rain. According to the developed methodology, the so-called Characteristics of indirect rains for different regions of Georgia, on the basis of the received data, the quality of the slopes of indirect rains has been evaluated according to different regions.

Keywords: climate, climate change, construction industry, indirect rain.

**ბოლო ათწლეულში აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის
ტერიტორიაზე არსებული თოვლნარების კვლევა კლიმატის მიმდინარე
ცვლილების ზემოქმედების პირობებში თანამგზავრული დისტანციური
ზონდირების გამოყენებით**

***შენგელია ლ., **გულიაშვილი გ., **ბერიძე ს., *კორძახია გ., ***თვაური გ.**

** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი*

*** გარემოს ეროვნული სააგენტო*

**** თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახ. უნივერსიტეტის ელ. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი*

ანოტაცია. შესწავლილია აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის თოვლნარები კატალოგის და 2010, 2015 და 2020 წლების თანამგზავრული მონაცემების მიხედვით. სტატიაში წარმოდგენილია თოვლნარებზე დაკვირვების შედეგები, მათი რაოდენობისა და დაკავებული ფართობების ჯამური მნიშვნელობები. გამოტანილია შესაბამისი დასკვნა, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენა თოვლნარების რაოდენობასა და ფართობებზე თვალსაჩინოა. კატალოგის მიხედვით აღრიცხულია 24 თოვლნარი, ხოლო 2020 წლის თანამგზავრული მონაცემებით მათი რაოდენობა 103-მდე გაიზარდა, შესაბამისად გაიზარდა დაკავებული ფართობიც 1.4 კმ²-დან 2.3 კმ²-მდე. ამ დროს 0.1 კმ² მეტი ფართობის მქონე მცირე, საშუალო და დიდი მყინვარები სწრაფად დეგრადირდებიან, იკლებს მათი რაოდენობა და დაკავებული ფართობები.

საკვანძო სიტყვები: აფხაზეთის მყინვარები, თოვლნარები, კლიმატის ცვლილება.

შესავალი. დღევანდელი პოლიტიკური მდგომარეობის გათვალისწინებით და ადგილობრივი გლაციოლოგიური სკოლის არარსებობის გამო აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე მყინვარების თანამედროვე მდგომარეობის შესწავლა მხოლოდ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) საშუალებით არის შესაძლებელი, რაც განაპირობებს ჩატარებული კვლევის განსაკუთრებულ აქტუალობას, მის ღირებულებას და მნიშვნელობას. სტატიაში წარმოდგენილია კვლევის ის ნაწილი, რომელიც ეხება თოვლნარებს.

თოვლნარი ქარისა და მზის სხივებისაგან მოფარებულ ადგილებში შემორჩენილი თოვლის, ფირნისა და ყინულის გროვაა. თოვლნარი სეზონურია, თუ ირგვლივ დადებულ თოვლზე უფრო მეტხანს ინახება, ხოლო მუდმივია, თუ მთელი წლის განმავლობაში არ დნება. თოვლნარი შეიძლება იყოს მყინვარის დეგრადაციით მიღებული ნარჩენი.

თოვლნარი შეიძლება წარმოიქმნას ქარისა (მონაბერი თოვლნარი) და ზვავის (ზვავური თოვლნარი) მიერ მოტანილი თოვლის დაგროვების ადგილებში, ასევე მყინვარების ინტენსიური დნობის პირობებში; დაბალი დნობის პროცესების გამო ხშირად შენარჩუნებულია დაჩრდილულ ადგილებში. მონაბერი თოვლნარი ჩვეულებრივ, თოვლის კონცენტრაციის გზით ქარ-ზურგა კალთებზე წარმოიქმნება. მას მიეკუთვნება ვაკეებზე არსებული და მთების თოვლნარი. ზვავური თოვლნარი განიხილება მომატებული სიმძლავრითა და დაბინძურებით, წელიწადის სხვადასხვა დროს ზომებისა და ფორმების მკვეთრი ცვალებადობით, ხასიათდება როგორც ბოლო ზამთარში ჩამოსული ზვავის პირდაპირი ნიშანი. ზვავური თოვლნარი ნაზვავი თოვლის დიდი მასის გამო დიდხანს ძლებს ხეობის ძირზე.

მეთოდოლოგია, მონაცემები, შედეგები. აფხაზეთის მცინვარების კვლევისათვის და მცინვარების დეგრადაციის დინამიკის შესასწავლად გამოყენებულია საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგი (შემდგომში „კატალოგი“), რომელიც გამოიცა 1975 წელს 60-იანი წლების მასალების საფუძველზე [1]; მაღალი გარჩევადობის თდზ-ის სურათები სამი ვადისთვის (2010, 2015 და 2020 წლისათვის), კერძოდ Landsat-ის თანამგზავრებით მოპოვებული მონაცემები (გარჩევადობა 15–30 მ) და 60-იანი წლების ტოპოგრაფიული რუკები. აგრეთვე გამოვიყენეთ გლაციოლოგების საექსპერტო ცოდნა მონაცემების ხარისხის კონტროლისათვის. ყოველივე აღნიშნულმა განაპირობა, რომ კვლევა არის კომპლექსური და ინოვაციური.

თოვლნარები მცინვარული წარმონაქმნებია რომელთა ფართობი 0.1 კმ²-ზე ნაკლებია და განსხვავებით 0.1 კმ²-ზე მეტი ფართობის მქონე მცინვარებისაგან კატალოგში მათი მახასიათებლები არ განიხილება, თუმცა მოცემულია თოვლნარების რაოდენობის და ფართობების ჯამური რაოდენობის ცხრილები აუზების მიხედვით [1].

ადრეულ კვლევებში, კატალოგის მონაცემებს ვადარებდით თდზ-ით მიღებულ მხოლოდ ერთი ვადის (2015 წლის) მონაცემებს [2] კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედების პირობებში თოვლნარების დინამიკის განხილვა და საკითხის დეტალური შესწავლა ითხოვს გახშირებული მონაცემების გამოყენებას. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან თოვლნარები მდგრადი წარმონაქმნებია, რომელთა განახლება მუდმივად ხდება რელიეფის ერთი და იგივე ფორმებში და ხელს უწყობენ მცინვარული კარების წარმოქმნას. ისინი არიან ინდიკატორები ზამთრის ქარების და ზვავსაშიშროების გაბატონებული მიმართულებების, აქტიურად მოქმედებენ რელიეფზე, ჩამონადენზე, ნიადაგსა და მცენარეულ საფარზე [3].

აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში სულ სამი მცინვარული აუზია, რომელშიც განლაგებულია 136 მცინვარი. ესენია:

- **ბზიფის აუზი** – მდინარე ბზიფის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №1–7 და ბზიფის ქედის, ჩრდილოეთ ფერდობის №8–13 მცინვარები;
- **კელასურის აუზი** – მდინარე კელასურის აუზის, ბზიფის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის №4–16 მცინვარები;
- **კოდორის აუზი** – მდინარე კოდორის აუზის მდინარე ამტკელის აუზის, ჩხალთის (აფხაზეთის) ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის №17, მდინარე ჩხალთის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №18–60 მცინვარები და №61 მცინვარი ჩხალთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობზე. მდინარე კოდორის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის მცინვარები: მდინარე ხეცკვარის აუზი №62–68, მდინარე გენცვიშის აუზი №69, №70, მდინარე კლიჩის აუზი №71–93, მდინარე გვანდრას აუზი №94–112; მდინარე კოდორის აუზის, კოდორის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ ფერდობის მცინვარები: მდინარე საკენის აუზი №113–132, მდინარე ალიკვასტას აუზი №133–136.

1-ლ ცხრილში წარმოდგენილია აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე თოვლნარების განაწილება აუზების მიხედვით.

ცხრილი 1. აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე თოვლნარების რაოდენობის და ფართობების მცინვარების განაწილება აუზების მიხედვით.

მცინვარული აუზები		თოვლნარების რაოდენობა				თოვლნარების ფართობი			
№	სახელწოდება	კატ.	თდზ 1	თდზ 2	თდზ 3	კატ.	თდზ 1	თდზ 2	თდზ 3
1	ბზიფი	3	3	15	16	0.2	0,11	0,30	0,30
2	კელასური	–	1	2	2	–	0,01	0,06	0,06
3	კოდორი	21	56	60	85	1.2	1,50	1,55	1,94
4	სულ	24	60	77	103	1.4	1,62	1,91	2,30

ცხრილიდან ჩანს, რომ აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში სამივე მცინვარულ აუზში თოვლნარების რაოდენობამ და დაკავებულმა ფართობებმა მოიმატა, რაც უდაოდ მიუთითებს 0.1 კმ²-ზე მეტი ფართობის მცირე (ფართობი 0.1-დან 0.5 კმ²-მდე), საშუალო (ფართობი 0.5-დან 2 კმ²-მდე) და დიდი (ფართობი 2 კმ²-ზე მეტი) მცინვარების დეგრადაციაზე. მცინვარების დეგრადაცია იწვევს თოვლნარების რაოდენობის ზრდას.

მოგვყავს აფხაზეთის მცინვარების შესწავლის შედეგად მიღებული აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარული აუზების მცინვარების რაოდენობისა და ფართობების განაწილება გრადაციის მიხედვით კატალოგის (კატ.), 2010 (თღზ 1), 2015 (თღზ 2) და 2020 წლის (თღზ 3) მონაცემებით.

ცხრილი 2. აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარული აუზების მცინვარების რაოდენობისა და ფართობების განაწილება გრადაციის მიხედვით კატალოგის (კატ.), 2010 (თღზ1), 2015 (თღზ 2) და 2020 წლის (თღზ 3) მონაცემებით.

აფხაზეთის მცინვარები										
მცინვარული აუზები			მცინვარების რაოდენობა				მცინვარების ფართობები			
№	სახელწოდება და მცინვარების №	ზომა	კატ.	თღზ 1	თღზ 2	თღზ 3	კატ.	თღზ 1	თღზ 2	თღზ 3
1	ბზიფი 1-13	მცირე	8	12	9	9	2,3	2,5	2,3	1,8
		საშუალო	5	3	1	1	4,8	2,4	0,8	0,8
		დიდი	0	0	0	0	0	0	0	0
		სულ	13	15	10	10	7,1	4,9	3,1	2,6
2	კელასური 14-16	მცირე	2	1	0	0	0,7	0,1	0	0
		საშუალო	1	1	1	1	0,8	0,8	0,7	0,6
		დიდი	0	0	0	0	0	0	0	0
		სულ	3	2	1	1	1,5	0,9	0,7	0,6
3	კოდორი 17-136	მცირე	78	122	105	96	21,4	24,0	20,3	18,0
		საშუალო	38	22	17	12	37,9	18,5	16,1	11
		დიდი	4	3	2	2	11,6	7,9	5,6	5,1
		სულ	120	147	124	110	70,9	50,4	42	34,1
4	სულ		136	164	135	121	79,5	56,2	45,8	37,3

ცხრილის განხილვა და მისი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ აფხაზეთის მცინვარები დეგრადირდებიან, იკლებს მათი რაოდენობა და ფართობები, მაშინ როდესაც თოვლნარების რაოდენობა და ფართობები მატულობს და ეს ბუნებრივი პროცესია.

დასკვნა. შესწავლილია აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარულ აუზებში თოვლნარების დინამიკა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში. თოვლნარების დინამიკის ანალიზმა გამოავლინა, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენა თოვლნარების რაოდენობასა და ფართობებზე თვალსაჩინოა. თუ კატალოგის მიხედვით აღრიცხულია 24 თოვლნარი, 2020 წლის თღზ-ის მონაცემებით მათი რაოდენობა 103-მდე გაიზარდა და შესაბამისად დაკავებული ფართობიც გაიზარდა 1.4 კმ²-დან 2.30. კმ²-მდე. ამ დროს 0.1 კმ² მეტი ფართობის მქონე მცირე, საშუალო და დიდი ზომის მცინვარები სწრაფად დეგრადირდებიან, იკლებს მათი რაოდენობა და დაკავებული ფართობები, რაც ბუნებრივად იწვევს თოვლნარების რაოდენობისა და ფართობების ზრდას.

შეტყობინება. აღნიშნული კვლევა შესრულებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერილი პროექტის FR-21-1996 ფარგლებში.

ლიტერატურა

1. Маруашвили Л. И., Курдгелаидзе Г. М., Лашхи Т. А., Инашвили Ш. В. Каталог Ледников СССР. Т. 9, вып. 1, ч. 2-6, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеиздат, 1975. 86 с.
2. შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., ძამამია მ. დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევის შედეგები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე/საგამომცემლო სახელი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რევერირებადი ჟურნალი, თბ. 2018, #1 (727), გვ. 14-21.
3. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. М.: Росмэн. Под редакцией проф. А. П. Горкина. 2006, 624 с.

RESEARCH OF SNOWFIELDS EXISTING IN THE TERRITORY OF THE AUTONOMOUS REPUBLIC OF ABKHAZIA IN THE LAST DECADE UNDER THE IMPACT OF THE CURRENT CLIMATE CHANGE BASED ON SATELLITE REMOTE SENSING

*Shengelia L., **Guliashvili G., **Beridze S., *Kordzakhia G., ***Tvauri G.

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

**National Environmental Agency of the Ministry of Environmental Protection and Agriculture of Georgia, Tbilisi, Georgia

*** Iv. Javakhishvili Tbilisi State University E. Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi, Georgia

Summary. In the Autonomous Republic of Abkhazias' glacial basins, snowfield dynamics under the impact of current climate change is studied based on High-resolution satellites data from 2010, 2015 and 2020. The analysis of the snowfields' dynamics revealed that the impact of current climate change on the number and areas of snowfields is obvious. According to the catalogue, there were 24 snowfields and according to the data of 2020 SRS, their number has increased to 103, and accordingly the occupied area has increased from 1.4 2 to 2.30 to km². At this time, small and medium-sized glaciers with an area of more than 0.1 km² rapidly degrade and their number and occupied areas decrease, which automatically leads to an increase in the number and area of snowfields.

Keywords: glaciers, snowfields, Autonomous Republic of Abkhazia, climate change.

ლოკალური ატმოსფერული პროცესების განვითარების დინამიკა და ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა

სამხარაძე ი., დავითაშვილი თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი.ვეკუას გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია ლოკალური ატმოსფერული პროცესების განვითარების დინამიკა ARL READY-ის ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობის მახასიათებლებზე და კახეთის მეტეოროლოგიური რადარით მიღებულ რეალურ მონაცემთა ურთიერთშედარების ანალიზზე. შესწავლილ იქნა ის შემთხვევები როდესაც აღმოსავლეთ საქართველოში ადგილი ჰქონდა საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენებს (თავსხმა წვიმა, სეტყვა) 2015-18 წლებში. აღმოჩნდა, რომ ყველა შესწავლილ შემთხვევისთვის ARL READY სისტემის არამდგრადობის ენერჯის მახასიათებელი CAPE-ის რიცხვითი მნიშვნელობები იყო მაქსიმალური 09:00-15:00 UTC დროის შუალედში, როცა ნიადაგის მაღალი ტემპერატურის გამო ხელსაყრელი პირობები იქმნებოდა კონვექციური პროცესების განვითარებისთვის. საკვანძო სიტყვები: არამდგრადობის ენერჯია, თავსხმა წვიმა, სეტყვა.

შესავალი. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე მნიშვნელოვნად გახშირდა ექსტრემალური მეტეოროლოგიური მოვლენები (თავსხმა წვიმები, სეტყვა, ძლიერი ქარები). ასეთი ატმოსფერული მოვლენების ძირითადი ნაწილი ლოკალური ხასიათისაა და ძირითადად დაკავშირებულია ჰაერის მასების კონვექციურ მოძრაობასთან. ამიტომ ატმოსფეროს ფიზიკის დღის წესრიგში დგება საკითხი ყოველი კონკრეტულ ტერიტორიისათვის შევისწავლოთ ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა და დავადგინოთ ატმოსფეროს არასტაბილურობის ხარისხი (Позднякова, 2010). კვლევებმა აჩვენეს, რომ რთული ოროგრაფიის გავლენა ატმოსფერულ პროცესებზე დაკავშირებულია თერმული და დინამიკური პარამეტრების განაწილებაზე, რაც იწვევს ჰაერის მასების არათანაბრობას ოროგრაფიის გასწვრივ, რის შედეგადაც ადგილი აქვს სხვადასხვა სახის ღრუბლების წარმოქმნას (Hernandez & Diaz, 1995).

READY სისტემის მონაცემები და მეთოდები. მთაგორიან რეგიონებში ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ჰაერის მასების ვერტიკალურ მოძრაობას. რთული ოროგრაფიის მქონე ტერიტორიებზე, რელიეფის გავლენით ძლიერდება ჰაერის მასების კონვექცია რაც იწვევს ძლიერი კონვექციური ღრუბლების ფორმირებას (Robert, 2011). მოსალოდნელი K კონვექციური პროცესების ხარისხის შესაფასებლად საჭიროა შესწავლილ იქნას ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა და დადგენილ იქნას ატმოსფეროს არამდგრადობის ხარისხი. ატმოსფეროს არამდგრადობის ხარისხის შესაფასებლად საჭიროა ატმოსფეროს ვერტიკალური სტრუქტურის შესწავლა. დღესდღეობით რადიოზონდის ფუნქციონირება გარკვეულ ფინანსურ ხარჯებთანაა დაკავშირებული და მისი გამოყენება ზოგიერთ განვითარებად ქვეყანებში თითქმის აღარ ხდება. ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ეფექტური და დროული პროგნოზირებისათვის NOAA-ს ARL-ის მიერ

შეიქმნა სისტემა READY (Rolph at al., 2017; Stein at al., 2015). ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგრადობის ანალიზისათვის გამოვიყენეთ ნაწილაკის მეთოდი, სადაც ატმოსფეროს მდგომარეობის მაჩვენებელს წარმოადგენს ჰაერის ინდივიდუალური ნაწილაკის ყოფაქცევა (Blanchard at al., 1998).

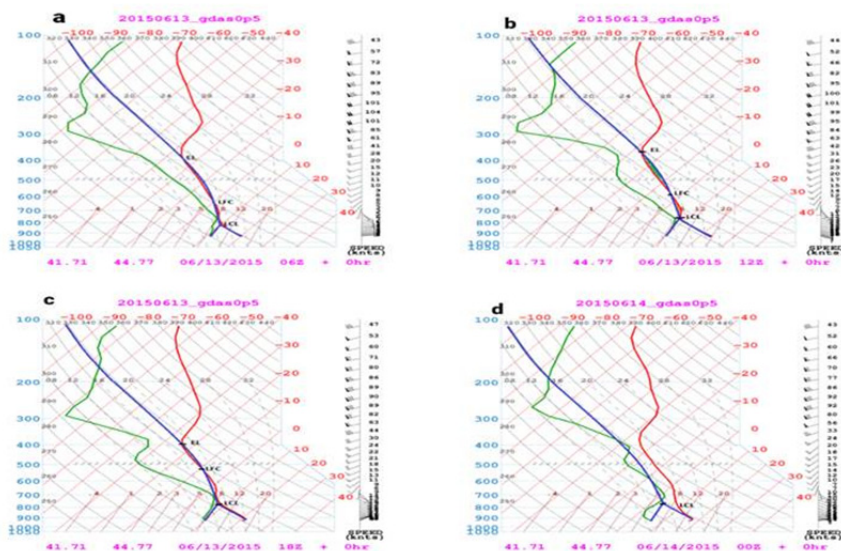
როცა ჰაერის ნაწილაკი აიწევს თავისუფალი კონვექციის დონემდე (*LFC-მდე*), ერთეულ ლოვანი მასის აირის ნაწილაკის მიერ შესრულებული მუშაობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{W}{m} = \int_{LFC}^{z_{max}} \frac{F}{m} dz = \int_{LFC}^{z_{max}} a dz = - \int_{LFC}^{z_{max}} g \frac{\Delta \rho}{\rho} dz = \int_{LFC}^{z_{max}} g \frac{T_{parcel} - T_{env}}{T_{env}} dz \equiv CAPE, \quad (1)$$

ეს ენერგია ცნობილია, როგორც ატმოსფეროს არამდგრადობის ენერგია (CAPE). z_{max} ატმოსფეროს ფენა, რომლის ზემოთაც გარემოს ტემპერატურა მეტია ნაწილაკის ტემპერატურაზე.

შედეგების შეფასება. READY სისტემის აეროლოგიური დიაგრამებით შევასაყენებთ რამდენიმე დღის ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა, არჩეულ დღეებში აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს რაიონებში დაფიქსირებული იყო ძლიერი ნალექი (Davitashvili at al., 2020).

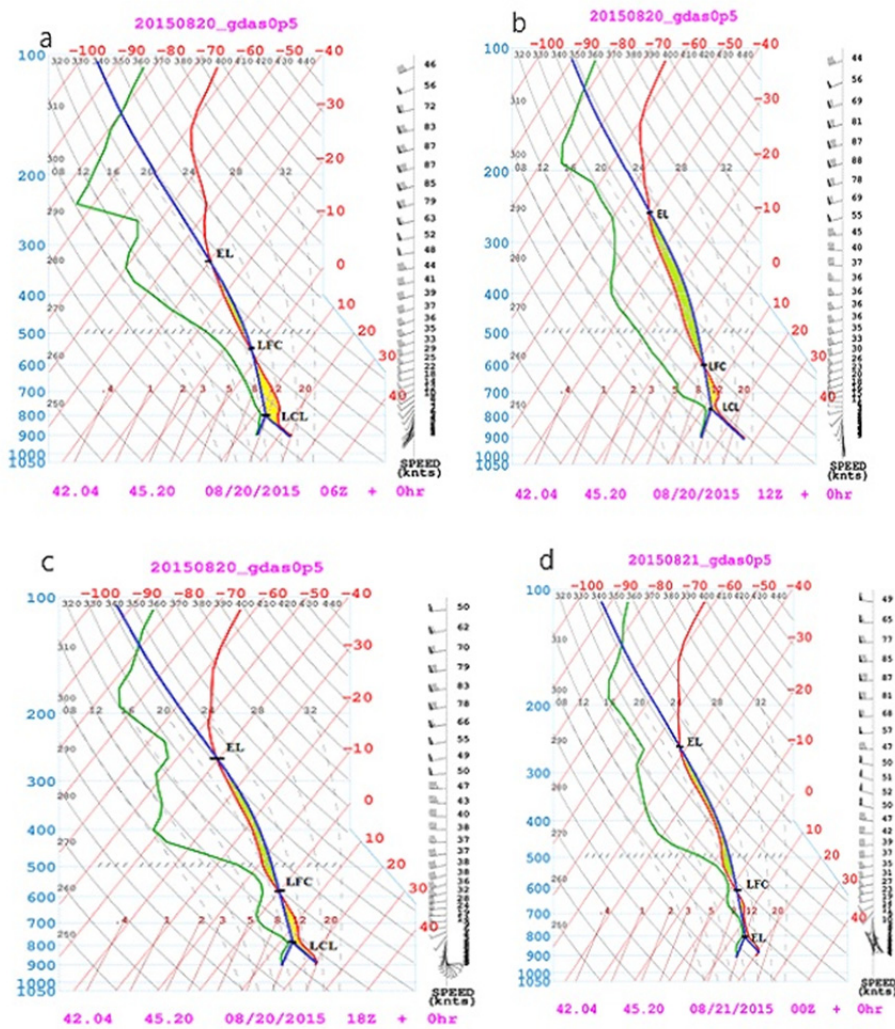
ნახ.1-ზე წარმოდგენილია 2015 წლის 13 ივნისის აეროლოგიური დიაგრამები თბილისის ზოოპარკის ტერიტორიისათვის (გეოგრაფიული კოორდინატებით 41°.71' N, 44°.77' E) დროის სხვადასხვა მომენტისთვის (13 ივნისის a-06 UTC, b-12 UTC, c-18 UTC, d-14 ივნისის 00 UTC). ატმოსფეროს თერმული მდგომარეობის შესაფასებლად თითოეულ სურათზე, ლურჯი უწყვეტი წირით გამოსახულია ჩვენს მიერ აგებული მდგომარეობის მრუდები. როგორც ნახ.1-დან ჩანს 12 UTC დროისთვის პროგნოზული ატმოსფეროს არამდგრადობის ენერგიის მნიშვნელობა (CAPE) აღმოჩნდა მაქსიმალური ხოლო კონვექციური ჩახშობის ენერგია (CIN) მინიმალური. რადარის მონაცემების მიხედვით კი ღრუბლის მაქსიმალური სიძლიერე დაფიქსირდა უფრო გვიან 18 UTC დროისათვის, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ 13 ივნისის განვითარებული ატმოსფერული პროცესი არ უკავშირდებოდა ფრონტის გავლას, ეს პროცესი იყო სუფთა ლოკალური ხასიათის, არამდგრადი სტრატოფიკაციის პირობებში მოხდა თბილი ჰაერის მასების ვერტიკალური აღმასვლა (კონვექცია), რის შედეგადაც განვითარდა ძლიერი კონვექციური ღრუბელი, რომელიც არსებობდა მხოლოდ რამდენიმე წუთის განმავლობაში.



ნახ.1. 2015 წლის 13 ივნისის აეროლოგიური დიაგრამები.

2015 წლის 20-21 აგვისტოს სინოპტიკური რუკების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დასავლეთიდან შემოსული ატმოსფერული ფრონტი კიდევ უფრო გაძლიერდა საქართველოს

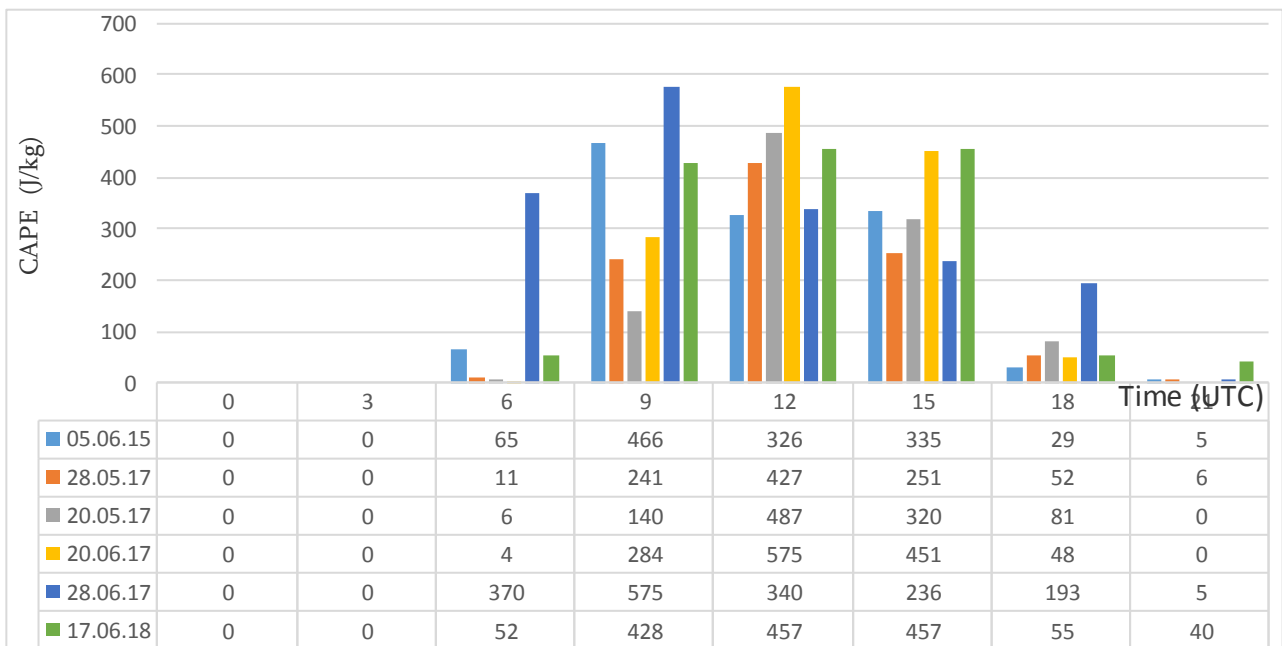
ტერიტორიის ჩრდილო-აღმოსავლეთ საზღვარზე. რაც აიხსნება როგორც კავკასიონის არა-ერთგვაროვანი რელიეფის გავლენით, ასევე შიდა მასიური პროცესების განვითარებით, რის შედეგადაც აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონში (ახმეტა, ყვარელი, ლაგოდეხი) განვითარდა კონვექციური ღრუბლები. აღნიშნულ რეგიონებში ძლიერი სეტყვისა და თავსხმა წვიმის შედეგად დაზარალდა სასოფლო სამეურნეო პროდუქტები. Noaa-ს ARL Ready სისტემის საშუალებით ჩვენ შევამოწმეთ 2015 წლის 20-21 აგვისტოს ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონისთვის (ახმეტა, ყვარელი, ლაგოდეხი), კერძოდ იმ გეოგრაფიული კოორდინატებისათვის სადაც კახეთის მეტეოროლოგიური რადარის მონაცემების მიხედვით ადგილი ჰქონდა ფრონტალურ პროცესებს. ნახ.2b-ზე მოცემულია ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა 2015 წლის 20 აგვისტოს 12 UTC (თბილისის დროით 16:00 საათისათვის). როგორც სურათიდან ჩანს არამდგრადობის ენერჯია 06 UTC დროსთან შედარებით გაზრდილია, ხოლო კონვექტიური ჩახშობის ენერჯია შემცირებულია. ზოგადად შეიძლება ვთქვათ, რომ მთელი დღის განმავლობაში (2015 წლის 20 აგვისტოს) გვაქვს სუსტი არამდგრადობა, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ არამდგრადობის ენერჯია CAPE ყველაზე დიდია 12 UTC დროისათვის.



ნახ. 2. 2015 წლის 20 აგვისტოს აეროლოგიური დიაგრამები.

მიღებული შედეგების შესამოწმებლად ზემოთ განხილული შემთხვევების გარდა მეტეოროლოგიური რადარის მონაცემებით დამატებით შევარჩიეთ 2015-2018 წლებში აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონში განვითარებული საშიში მეტეოროლოგიური პროცესების

ექვსი შემთხვევა. შერჩეული პროცესების დროს აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონში ძლიერი წვიმისა და სეტყვისაგან მნიშვნელოვნად დაზარალდა საქართველოს მოსახლეობა, დაიტბორა სახლები, განადგურდა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტები. აქ განხილულია მხოლოდ ლოკალური ხასიათის ატმოსფერული პროცესების არამდგრადობის ენერჯის რიცხვითი მნიშვნელობები დროის 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 U UTC მომენტებისთვის (ნახ.3). როგორც ნახ.3-დან ჩანს განხილული 6 დღისთვის არამდგრადობის ენერჯის მაქსიმალური მნიშვნელობა დაფიქსირდა 09-15 UTC დროის შუალედში. განხილული შემთხვევებისათვის აეროლოგიურმა დიაგრამებმა ზუსტად აჩვენეს ატმოსფეროს არამდგრადობა ლოკალურ ტერიტორიაზე, მიუხედავად იმისა, რომ არამდგრადობის ხარისხი ყველა განხილულ შემთხვევაში იყო განსხვავებული, ეს განსხვავება ზუსტად შეესაბამებოდა კონკრეტული დღის რეალურ მეტეოროლოგიურ მდგომარეობას (მეტეოროლოგიური რადარის მონაცემების მიხედვით). ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ განხილული ლოკალური მეტეოროლოგიური პროცესებისათვის არამდგრადობის ენერჯის (CAPE) ყველაზე კარგი ინდიკატორი არის 09-15 UTC დროის შუალედისათვის (როდესაც არამდგრადობის ენერჯის მნიშვნელობა ყველაზე დიდია). რადგან ამ დროს დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურა მაქსიმალურია და ყველაზე ხელსაყრელი დროა ლოკალური კონვექციური პროცესების განვითარებისათვის.



ნახ.3. განხილული დღეებისათვის არამდგრადობის ენერჯის რიცხვითი მნიშვნელობების ცვლილება დროის მიხედვით.

ლიტერატურა

1. Позднякова В.А. (2010) ПРАКТИЧЕСКАЯ АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ. Составила преподаватель Уральского УТЦ ГА . г. Екатеринбург, 113.
2. Hernandez E & Diaz J. Analysis of the atmosphere behavior in the proximities of an orographic obstacle”//Nonlinear Processes in Geophysics. 1995, 2, pp. 30-48.
3. Robert A., Houze Jr. Orographic effects on precipitating Clouds, 2012.

4. Rolph G., Stein Ar., Stunder B. Real-time Environmental Applications and Display sYstem//READY. Environmental Modelling & Software. 2017, 95. pp. 210-228. www.elsevier.com/locate/envsoft.
5. Blanchard D.O. Assessing the Vertical Distribution of Convective Available Potential Energy//American Meteorological Society. 1998, pp. 870-877. NOAA/National Severe Storms Laboratory, Boulder, Colorado. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1998\)013<0870:ATVDOC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1998)013<0870:ATVDOC>2.0.CO;2)
6. Davitashvili T., Samkharadze I., Sharikadze M. Modeling of Extreme Events and Regional Climate Variability on the Territory of the Caucasus (Georgia)//In: Jaiani G., Natroshvili D. (eds) Applications of Mathematics and Informatics in Natural Sciences and Engineering. AMINSE 2019. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2020, vol 334. pp. 61-82, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56356-1_5
7. Davitashvili T, Samkharadze I, Megreladze L, Kvatadze R. Using modern technology to protect vineyards from hail amid climate change//2020, E3S Web of Conferences. [https:// www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/10/e3sconf_icies2020_00034/e3sconf_icies2020_00034](https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/10/e3sconf_icies2020_00034/e3sconf_icies2020_00034)

DEVELOPMENT DYNAMICS OF LOCAL ATMOSPHERIC PROCESSES AND THERMODYNAMIC STATE OF THE ATMOSPHERE

*Samkharadze I., **Davitashvili T.

**Hydrometeorological Institute of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia*

***I.Vekua Institute of Applied Mathematics of Iv. Javakhsishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia*

Abstract. *The article discusses the dynamics of the development of local atmospheric processes the thermodynamic state characteristics of the ARL READY atmosphere, and the analysis of mutual comparison of real data obtained with Kakheti meteorological radar. In order to confirm the results obtained, the cases were studied when in Eastern Georgia in 2015-2018 severe weather phenomena (rain, hail) took place. It was found that for all the studied cases, the numerical values of the CAPE characteristic of the energy instability of the ARL READY system were maximum, from 09:00 to 15:00 UTC, when due to the high temperature of the soil, favorable conditions were created for the development of convection processes.*

Keywords: *instability energy, pouring rain, hail.*

აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა რეგულირების სამუშაოთა განვითარების ზოგიერთი ასპექტი

კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი., ფიფია მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
knaili1990@gmail.com

ანოტაცია. განხილულია 1966-1990 წწ. პერიოდში აღმოსავლეთ საქართველოში როგორც სეტყვასთან ბრძოლის, ასევე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) მიმართულებით ჩატარებული საცდელ-საწარმოო სამუშაოების განვითარების ზოგიერთი ასპექტი. გამახვილებულია ყურადღება ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე ზემოქმედების ძირითად კონცეფციებზე და იმ ხარვეზებზე, რომლებმაც გარკვეული გავლენა მოახდინეს განვლილ პერიოდში სეტყვასაშიშ ღრუბლებზე ჩატარებულ ზემოქმედების ეფექტურობაზე. დასახულია ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოების აღდგენის პერსპექტივები. საკვანძო სიტყვები: სეტყვასთან ბრძოლა, ნალექთა ხელოვნური რეგულირება, ავტომატიზებული სისტემები.

დედამიწის ზედაპირზე ატმოსფერული ნალექების კლიმატური ჯამების არათანაბარმა განაწილებამ, რაც არსებითად განაპირობებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების, ჰიდროენერგეტიკისა და დასახლებული ტერიტორიების წყალმომარაგების განვითარებას, გასული საუკუნის მეორე ნახევარში მთელ რიგ განვითარებულ ქვეყნებში გამოიწვია ნალექთა ხელოვნური რეგულირების პრობლემის დასმა და მის გადასაჭრელად პრაქტიკული გზების ძიება. ერთ-ერთ ქვეყანას, სადაც ყველაზე მკაფიოდ ვლინდება ნალექთა ხელოვნური რეგულირების აუცილებლობა წარმოადგენს საქართველო.

აღმოსავლეთ საქართველოში შიდა და ქვემო ქართლის, გარე კახეთისა და შირაქის მრავალდარგოვანი მიწათმოქმედების რაიონები განლაგებულია ძირითადად ნახევრადარიდული ველების ზონაში, სადაც ნალექთა წლიური ჯამები იცვლება 400-600 მმ ფარგლებში. უხვი და სტაბილური სასოფლო-სამეურნეო წარმოებისათვის ამ რაიონებში აუცილებელია სარწყავი ღონისძიებების განხორციელება. ეს ჩვენმა წინაპრებმაც იცოდნენ, რასაც ადასტურებს მრავალი სარწყავი სისტემის ნარჩენების არსებობა ქართლის, კახეთისა და მესხეთის ველებზე. მეორე მხრივ აღნიშნული რაიონები ემიჯნება ატმოსფერული ნალექებით მდიდარ რეგიონებს - კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებს მდინარეების ლიახვის, არაგვის, იორისა და ალაზნის ზედა წელის ზონაში, სადაც ნალექთა წლიური ჯამები აღწევს 800-1200 მმ და მეტსაც, აგრეთვე მცირე კავკასიონის მთიან მასივებს ნალექთა ჯამებით 600-800 მმ-მდე. ბუნებრივი და ხელოვნური წყალსაცავების (ფარავნის ტბა, წალკის, ალგეთის, სიონის, ჟინვალის წყალსაცავები და სხვ.) არსებობა განშტოებული სარწყავი ქსელებით ხელს უწყობს ამ რეგიონებში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის შედეგად მიღებული წყლის დამატებითი რესურსების დაგროვებასა და მისი საჭიროებისამებრ ეფექტურად გამოყენებას.

აღნიშნული დონის ამოცანასთან ერთად საქართველოსთვის აქტუალურია მეორე - ნალექთა შედარებით ფართომასშტაბიანი გადანაწილების პრობლემაც [1]. იგი გამომდინარეობს იმ დისპროპორციიდან, რომელიც არსებობს ნალექთა ჯამების განაწილებაში აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს შორის, სადაც აღნიშნული სიდიდეები უმეტესწილად 1200 მმ-ს აღემატება და მთებში 3000 მმ-საც აღწევს. ნალექთა ასეთი სიუხვე იწვევს დაბლობი რაიონების დაჭაობებასა და ხშირად მრავალ სტიქიურ უბედურების (წყალდიდობა, თოვლის ზვავები, მეწყერი) გამოწვევის მიზეზიც ხდება.

ჯერ კიდევ 1972 წელს ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შესრულდა საინიციატივო თემა საქართველოს დასავლეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებს შორის ნალექთა ხელოვნური გადანაწილების სამუშაოთა პერსპექტიულობის შესახებ, მაგრამ ტექნიკური შესაძლებლობების უქონლობის გამო საცდელი სამუშაოების ჩატარება იმ დროს ვერ მოხერხდა.

ეკოლოგიური ბალანსის დარღვევის საშიშროების გათვალისწინებით ასეთი ტიპისა და მასშტაბის სამუშაოების გეგმები, რა თქმა უნდა ღრმა და დეტალურ დასაბუთებასა და ანალიზს მოითხოვს, მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ აღნიშნული პრობლემის დასმაზე ჩვენ ამ თავითვე უარი უნდა ვთქვათ. არ არის გამორიცხული, რომ მეცნიერებისა და ტექნიკის თანამედროვე მიღწევების გამოყენებით აღნიშნული პრობლემის ლოკალური გადაჭრა შემდგომში მაგალითი გახდება სხვა რეგიონებში ანალოგიური ამოცანის გადასაწყვეტად.

კიდევ უფრო აქტუალური და მტკივნეულია აღმოსავლეთ საქართველოსთვის სეტყვასთან ბრძოლის პრობლემა. კახეთის ოროგრაფიული პირობები ხელს უწყობს სეტყვასაშიში ღრუბლების განვითარებას, რაც იწვევს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დიდ ფართობზე დაზიანებასა და საგრძნობ მატერიალურ ზარალს. ამასთან დაკავშირებით სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედება აღმოსავლეთ საქართველოში ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრაქტიკულ ამოცანას წარმოადგენს.

გასული საუკუნის 80-იანი წლების შუა პერიოდამდე ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოები სეტყვასთან ბრძოლის მიზნით საქართველოში მიმდინარეობდა ორი დამოუკიდებელი მიმართულებით. კახეთის რეგიონში გეოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით ზემოქმედება წარმოებდა მაკრისტალეზული რეაგენტით სარაკეტო სისტემის „ალაზნის“ გამოყენებით, ხოლო ქვემო ქართლის რეგიონში - ჰიდრომეტეოროლოგიის ხელმძღვანელობით მაკრისტალეზული და ჰიგროსკოპული რეაგენტებით საარტილერიო სისტემის „ელბრუსის“ გამოყენებით. 1965-1984 წლებში ვერცხლის დეფიციტის გამო კახეთის რეგიონში რეაგენტად გამოიყენებოდა ტყვიის იოდინი (PbI_2), ქართლის რეგიონში კი, რეაგენტის მცირე ხარჯის გამო - ვერცხლის იოდინი (AgI) და სუფრის მარილი ($NaCl$). შემუშავებული იქნა ღრუბელთა სეტყვა-საშიშროების იდენტიფიცირების რადიოლოკაციური კრიტერიუმები, ღრუბლებზე დაკვირვებისა და ზემოქმედების ჩასატარებლად დაინერგა რადიოლოკაციური სადგური MPJI-5. საერთაშორისო გამოცდილების საფუძველზე დამუშავდა ნალექწარმოქმნელ პროცესებზე ზემოქმედების ძირითადი კონცეფციები როგორც სეტყვასთან ბრძოლის, ასევე (მოგვიანებით) ნალექთა ხელოვნური სტიმულირებისა და ინტენსიფიკაციის მიზნით (ცხრ.1).

თუმცა, ორივე რეგიონში სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის საკითხი კვლავ პრობლემად რჩებოდა. სრულფასოვანი საკონტროლო ტერიტორიების უქონლობისა და რანდომიზაციის შეუძლებლობის გამო ჩატარებული სამუშაოების ეფექტურობა ფასდებოდა სეზონის ბოლოს, დასეტყვილი ფართობების შედარების გზით ზემოქმედების დაწყებამდე დასეტყვილ გასაშუალოებულ ფართობებთან. საწარმოო სამუშაოებში ვერ მოხერხდა მართვის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვა, ხოლო ზემოქმედების კონტროლისათვის ღრუბელთა მათემატიკური მოდელებისა და სტატისტიკური შეფასებების სხვადასხვა თანამედროვე ხერხებისა და მეთოდების გამოყენება.

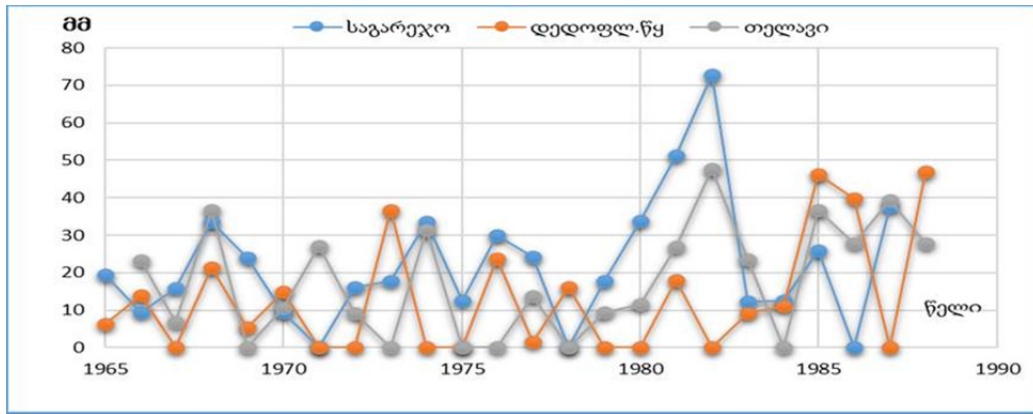
საკავშირო სისტემისათვის დამახასიათებელი დირექტივების გათვალისწინების გამო ზემოქმედების არსებული მეთოდების დასახვეწად აუცილებელი სამეცნიერო კვლევების ნაცვლად წარმოებდა დასაცავი ტერიტორიების უწყვეტი ზრდა. ფართომასშტაბიან პრაქტიკულ სამუშაოებსა და მეცნიერულ გამოკვლევებს შორის წარმოქმნილმა შეუსაბამობამ დაიწყო უარყოფითი შედეგების გამოღება. გასული საუკუნის 70-იანი წლების დასასრულისთვის გაჩნდა ეჭვები ამ მეთოდების არც თუ მაღალი ეფექტურობის თაობაზე.

1977 წლის სექტემბერში შიდა კახეთის რაიონებს სეტყვის ძლიერმა პროცესმა გადაუარა, რამაც შეიწირა ასაღებად გამზადებული მოსავლის დიდი ნაწილი. სეტყვასთან ბრძოლის სამსახური მოუმზადებელი და უძლური აღმოჩნდა ამ პროცესებთან საბრძოლველად. არსებული მეთოდების სუსტი მეცნიერული ბაზისის, აგრეთვე სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურების მიერ დაშვებული ტექნიკური შეცდომების შედეგად იმატა დასაცავ ტერიტორიაზე სეტყვის მოსვლის შემთხვევებმაც [2].

ცხრილი 1. ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე ზემოქმედების ძირითად კონცეფციები

#	ზემოქმედების მიზანი	ზემოქმ. ობიექტი	ზემოქმედების ტექნოლოგია	დაკვირვების ტექნოლოგია	ვერიფიკაციის მეთოდები	შენიშვნები
1	ნალექთა ხელოვნური გამოწვევა ან გაზრდა	Cu cong, Cb	AgI, CO ₂ - თვითმფრინავი, მიწისპირა გენერატორები	რ/ლოკატორი, ნალექმზომი ქსელი	რანდომიზაცია, ისტორიული რიგები	გვერდითი ეფექტი - ღრუბლის დაშლა
			AgI, CO ₂ , NaCl- თვითმფრინავი, რაკეტები, ჭურვები	რ/ლოკატორი, ნალექმზომი ქსელი	რანდომიზაცია, ისტორიული რიგები	გვერდითი ეფექტი - ღრუბლის დაშლა
2	სეტყვასთან ბრძოლა	Cb	NaCl-თ თვითმფრინავი, რაკეტები, ჭურვები	რ/ლოკატორი, ნალექმზომი ქსელი	რანდომიზაცია, ეკონ.ზარალი, ისტორიული რიგები	გვერდითი ეფექტი - ღრუბლის დაშლა
3	ნალექთა ხელოვნური შემცირება/ ღრუბელთა დაშლა შავი ზღვის სანაპირო ზონაში (პროექტი)	Ns, Cb	AgI, CO ₂ თვითმფრინავი	რ/ლოკატორი, ნალექმზომი ქსელი	რანდომიზაცია, ისტორიული რიგები	ზემოქმედება ტარდება ზღვაში, ნაპირთან მიახლოებამდე ე 30 კმ წინსწრებით

აქ აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ გასული საუკუნის 80-იან წლებში დასაცავი ტერიტორიის 80% დაკავშირებული აღმოჩნდა ზემოქმედების ტიპის პროცესებთან [3], რომელთა დათრგუნვა იმ დროისათვის არსებული ტექნიკურ საშუალებათა გამოყენებით შეუძლებელი აღმოჩნდა. ღრუბელთა არასრული დამუშავებისას კი სეტყვის პროცესის დათრგუნვის ნაცვლად, პირიქით, მისი გაძლიერების საშიშროება იქმნება [4]. სწორედ ამან განაპირობა ნახ. 1-ზე გამოსახული მძლავრი პროცესების დროს მოსული სეტყვის ინტენსივობის ზრდის ტენდენცია და მატერიალური ზარალის უპრეცედენტო გაზრდა. ცხადი გახდა, რომ სეტყვასთან ბრძოლის ეფექტურობის მკვეთრი ამაღლებისათვის საჭირო იყო ზემოქმედების ახალი კონცეფციის დამუშავება და ახალი ტიპის ტექნიკურ საშუალებათა გამოყენება.



ნახ. 1. სეტყვის სახით მოსულ ნალექთა დინამიკა საგარეჯოს, დედოფლისწყაროსა და თელავის მუნიციპალიტეტებში (1965-1988 წწ).

ამასთან ერთად, მოსახლეობაში გაჟონა ინფორმაციამ გასულ წლებში ეკოლოგიურად მავნე რეაგენტის - იოდოვანი ტყვიის ხმარების შესახებ. ყოველივე ამან 1980-იანი წლების დასასრულისათვის კახეთის რეგიონის მოსახლეობა უარყოფითად განაწყო სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების მიმართ, რასაც ხელი შეუწყო აგრეთვე პოლიტიკური მიზნებით დაინტერესებული რიგი საზოგადოებრივი ორგანიზაციების არაკვალიფიციურმა აგიტაციამაც.

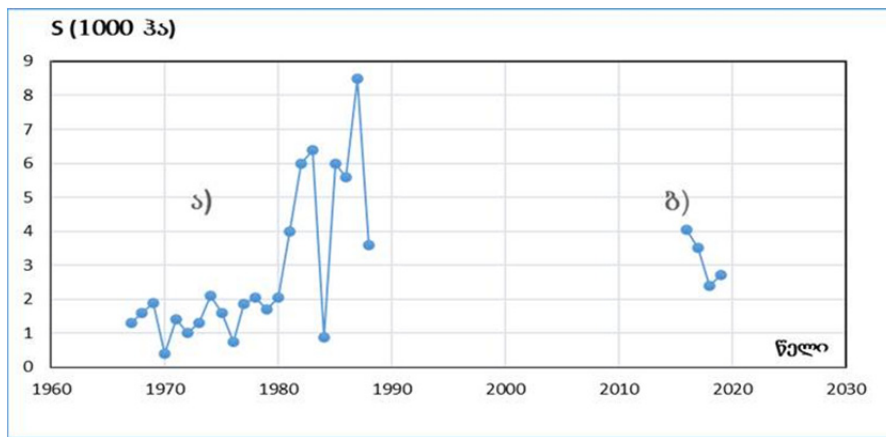
შექმნილი ვითარების გათვალისწინებით, აგრეთვე იმის გამო, რომ ეთნიკური კონფლიქტების ნიადაგზე გახშირდა საცეცხლე პუნქტებზე არსებული მძლავრი სარაკეტო და საარტილერიო ტექნიკის გამოყენება დაპირისპირებულ მხარეთა შორის საბრძოლო ოპერაციებში, 1989 წელს რესპუბლიკის მთავრობამ რამდენიმე წლის ვადით გამოაცხადა მორატორიუმი აქტიური ზემოქმედების სამუშაოებზე, რითაც ფაქტობრივად შეაჩერა სავლე კვლევების წარმოება ნალექთა რეგულირების დარგში.

შეწყდა როგორც სეტყვასთან ბრძოლის, ასევე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიმართულებით წარმოებული საცდელ-საწარმოო სამუშაოები, რომელიც 1978 წლიდან ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის უშუალო ხელმძღვანელობითა და სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახურის ხელშეწყობით გაიშალა მდ. იორის აუზში სიონისა და თბილისის წყალსაცავების წყლის რესურსების გაზრდის მიზნით, ხოლო 1981 წლიდან ანალოგიურმა სამუშაოებმა მოიცვა ფარავნის ტბის აუზიც. შემუშავებული იქნა რანდომიზებული მეთოდით ჩატარებული ზემოქმედების ეფექტურობის დადგენის კომპლექსური მეთოდიკა, რომელიც ეყრდნობოდა რადიოლოკაციური, ჰიდროლოგიური და ნალექმზომი ქსელის დაკვირვებათა მასალების ერთდროულ გამოყენებას. 1979-1990 წწ. პერიოდში კონვექციური ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების და ინტენსივობის გაზრდის მიზნით ჩატარებული ზემოქმედების საკმაოდ დიდი სერიის (165 ექსპერიმენტული და 80 საკონტროლო ერთეული) გაანალიზების შედეგებმა აჩვენა საცდელ აუზში სეზონური ნალექების საშუალო მომატება 10-15%-ით, სანდობის დონეზე 0.90. ზემოქმედების შედეგად, წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების სიდიდემ წელიწადში 30-70 მლნ ტონა შეადგინა [5,6].

80-იანი წლების მეორე ნახევარში ექსპერიმენტის შედეგები დაინერგა სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახურის ტერიტორიაზე 500 ათასი ჰა ფართობზე ღრუბლებიდან დამატებითი ნალექების მიღების სამუშაოებში. დაგეგმილი იყო ზამთრის საღრუბლო სისტემაზე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტების ჩატარებაც. თუმცა პროექტი, რომლის შესრულება ინსტიტუტში ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად ითვლებოდა და მოიცავდა როგორც სავლე ექსპერიმენტებს, ისე თეორიულ სამუშაოებს, 1990 წლიდან შეწყდა და დღემდე თითქმის მივიწყებას მიეცა.

ხანგრძლივი პაუზის შემდეგ, 2013 წელს საქართველოს მთავრობამ მიიღო გადაწყვეტილება კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა აღდგენის შესახებ, რომელთა წარმოება დაევალა თავდაცვის სამინისტროსთან არსებული სამეცნიერო-ტექნიკურ გაერთიანება „დელტას“. 2015 წლის 28 მაისს, თსუ გეოფიზიკის ინსტიტუტის მეთოდური ხელმძღვანელობით, კახეთის რეგიონში, დაახლოებით 650 ათას ჰექტარ ფართობზე ახალი, თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემის გამოყენებით გაიშალა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები [7].

იმედია, ახალი ტექნოლოგიის გამოყენება სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებში კარდინალურად შეცვალის რადიოლოკაციური დაკვირვების მონაცემების მიღების, დამუშავებისა და არქივირების წესებს, ხოლო ახალი სარაკეტო კომპლექსი, რომელიც ხასიათდება იოდოვანი ვერცხლის ნაწილაკების გენერაციისა და გაბნევის უფრო მაღალი ეფექტურობით, უზრუნველყოფს სეტყვისაგან დიდი ტერიტორიების საიმედოდ დაცვას და, შესაბამისად, ეკონომიკური ზარალის შემცირებას. საილუსტრაციოდ ნახ. 2-ზე მოცემულია 100%-ით დაზიანებული ფართობების დინამიკა (ჰა) შესაბამისად, 1967-1989 წწ. და 2016-2019 წწ. პერიოდებში. როგორც ნახაზიდან ჩანს ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით ჩატარებული ზემოქმედების პირობებში ზარალი საკმაოდ შემცირებულია და მოსალოდნელია სეტყვისაგან დაზიანებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების კიდევ უფრო მაღალეფექტური დაცვა სეტყვის პროცესების სტრუქტურის, განვითარების დინამიკისა და მასშტაბების გათვალისწინებით, ღრუბლებზე ზემოქმედების შესაფერისი სტრატეგიის შერჩევისა და განხორციელების პირობებში.



ნახ.2. სეტყვისაგან 100%-ით დაზიანებული სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ფართობების დინამიკა , ა)-1967-1989 წწ. და ბ)-2016-2019 წწ. პერიოდებში.

ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოთა აღდგენამ გარკვეული საფუძველი შექმნა მომავალში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა განახლებისთვისაც, რადგანაც კონვექციური ღრუბლებზე რადიოლოკაციური დაკვირვების ჩატარებისა და ზემოქმედების წარმოების ტექნოლოგია სეტყვასთან ბრძოლისა და ნალექთა ხელოვნური გაზრდის შემთხვევაში მსგავსია და მხოლოდ რეაგენტის შეტანის დროის, ადგილისა და დოზირების საკითხებშია განსხვავებული. იორის აუზში ნხვ სამუშაოთა შედარებით მცირე მასშტაბის გათვალისწინებით, მათი აღდგენა შექმნილ პირობებში არ არის მოკლებული რეალურ საფუძველს, თუ ეს სამუშაოები უზრუნველყოფილი იქნება რადიოლოკაციური ტექნიკითა და ზემოქმედების საშუალებებით.

ზამთრის საღრუბლო სისტემებზე ზემოქმედებისთვის მიწისპირა სააეროზოლო კომპლექსების გამოყენება საგრძნობ წვლილს შეიტანს მთებში თოვლის მარაგის გაზრდაში და შესაბამისი წყალსაცავების საირიგაციო და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ამაღლებაში, ხოლო თვითმფრინავის გამოყენება შესაძლებელს გახდის გაიზარდოს თოვლის საფარი აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე რაიონებში, რაც გააუმჯობესებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოზამთრების პირობებს და უზრუნველყოფს გაზაფხულზე ნიადაგს დამატებითი ტენით. წლის

თბილ პერიოდში ნხვ პროგრამით ზემოქმედების ჩატარება კონვექციურ ღრუბლებზე გარკვეულ წვლილს შეიტანს სეტყვისაგან ტერიტორიების დაცვაშიც, რადგანაც ხშირ შემთხვევაში ნალექის მომცემი ზემოქმედებაქმნილი ღრუბელი აღარ გადავა სეტყვასაშიმ სტადიაში და დაიშლება დისპაციის ბუნებრივი პროცესის შედეგად [8].

აღნიშნული მოსაზრებები იძლევა საფუძველს დაისვას საკითხი აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა თანამედროვე დონეზე აღდგენის შესახებ.

ლიტერატურა

1. Сулаквелидзе Я. Г. Ливневые осадки в горных странах на примере Закавказья. Изд. ТГУ, Тбилиси, 1988, 268 с.
2. ფიფია მ., კაპანაძე ნ., ქართველიშვილი ლ., ბეგლარიშვილი ნ. სეტყვიან დღეთა რაოდენობა სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოების წარმოებამდე, წარმოებისას და მის შემდგომ პერიოდში//სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2017,ტ. 124, გვ.42-49.
3. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Федченко Л.М. Противогорадовая защита в СССР. Сб. Активные воздействия на гидрометеорологические процессы//Труды Всесоюзн. Конфер. Гидрометеоиздат. Л.,1990, с.101-108.
4. Atlas D. The present and future of hail suppression. Proc. II WMO Sci. conf. on weather modification. WMO № 243, Boulder, Colo, pp.207-216.
5. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შესრულების შედეგები//თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლის-თავისადმი მიძღვნილი შრომათა კრებული. „მეცნიერება“, თბილისი, 1997, გვ. 51-58.
6. ბერიტაშვილი ბ., ცინცაძე თ., კაპანაძე ნ. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოები საქართველოში//სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2020, 122 გვ.
7. 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 215 Anti-Hail Service in Kakheti // Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysicsvol. Tb., 2016, 66,pp. 14 – 27, (in Russian).
8. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ცინცაძე თ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის საკითხისათვის //მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის 80 წლისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომები. თბილისი, 2014, გვ. 103-106.

SOME ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF PRECIPITATION REGULATION WORKS IN EASTERN GEORGIA

Kapanadze N., Mkurnalidze I., Pipia M.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. 1966-1990 are considered. During this period, some aspects of the development of trial and production works conducted in the direction of fighting against hail and artificially increasing rainfall in East Georgia. The focus is on the basic concepts of impact on precipitation-generating processes and the shortcomings that have had some impact on the effectiveness of impact on hail clouds in the past. Prospects for restoration of artificial precipitation increase works are set.

Keywords: Hail fight, artificial precipitation regulation, automated systems.

ელვა და მისი ზემოქმედება ადამიანზე

მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ., ხუციშვილი ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,
I.Mkurnalidze@gmail.com

ანოტაცია. ნაშრომში აღწერილია ელვის ზემოქმედება და მისი გავლენა ადამიანის სხვადასხვა სასიცოცხლე სისტემებზე. მოცემულია რეკომენდაციები ადამიანის ქცევის შესახებ ელჭექის დროს. საკვანძო სიტყვები: ელვა, ძაბვა, ორგანიზმი.

ელჭექი ბუნების მრისხანე მოვლენაა, რომელსაც დიდი დამანგრეველი ძალა გააჩნია. ელვის დარტყმის საშიშროება განპირობებულია მისი მაღალი ძაბვით (ასეული მილ. ვოლტი), დენის დიდი ძალით (ასი ათასობით ამპერი, როცა ადამიანის სიკვდილს ორიოდ ათეული მილიამპერიც იწვევს) და მაღალი ტემპერატურით (30 ათასამდე გრადუსი), რომელიც 5-ჯერ აღემატება ტემპერატურას მზეზე. ყოველდღიურად დედამიწაზე დაახლოებით 8 მილიონი ელვა ფიქსირდება. მისი მოქმედების ხანგრძლიობა და ალბათობა, იმისა, რომ ადამიანს დაეცეს მცირეა, მაგრამ მაინც არსებობს და მისი უგულვებელყოფა არ შეიძლება. რიგი წყაროების თანახმად [1], (<https://www.mzke.ru>) დედამიწაზე ელვით გამოწვეული სიკვდილიანობა ყოველწლიურად 600-24000 ადამიანს აღწევს.

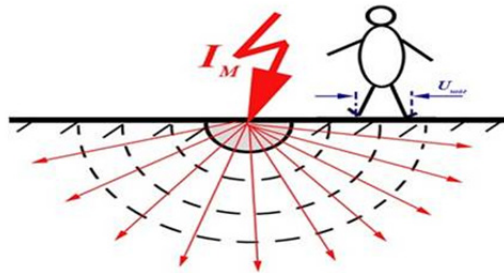
ადამიანის სხეული ელექტრობის კარგი გამტარია. ცნობილია, რომ ადამიანზე ელვის ზემოქმედება წარმოადგენს დენის ძალიან დიდ დარტყმას, რომელიც მედიცინაში კლასიფიცირდება როგორც ელექტროტრავმა. განმუხტვის ძაბვა თითქმის 300 კვ-ს აღწევს, და იწვევს თითქმის მთელი ორგანიზმის ტრამვას (<https://www.mzke.ru>, [https://www.accuweather.com > weather-news](https://www.accuweather.com/weather-news)) ელვის პირდაპირი დარტყმა იწვევს გულის გაჩერებას. თუ დროული დახმარებით აღდგება გულის ცემის რითმი – გართულებები უმნიშვნელოა და თუ დახმარება დაიგვიანებს, ადამიანი იღუპება ჰიპოქსიის გამო. დაზარელებულების თითქმის 50% უჩნდებათ:

- სმენასთან დაკავშირებული პრობლემები - სმენის დაქვეითება, ყურის ბარდების დაზიანება, შუა ყურის ანთება, თავბრუსხვევები, შუილი ყურებში;
- მხედველობის პრობლემები - კატარაქტის განვითარება, თვალის ნერვის ატროფია, ბადურის დაშლა;
- ელვა იწვევს კანის I და II ხარისხის დამწვრობას და სისხლძარღვთა დაზიანებას;
- ნერვულ სისტემაზე მოქმედება იწვევს თავის ტვინში სისხლის ჩაქცევებს, შიდა ჰემატომებს, ამნეზიას და ზოგად პარალიჩსაც. ადგილი აქვს ასევე ფსიქონევროლოგიურ მოვლენებს - სტრესს, დეპრესიას, ფობიებს;
- ელვის განმუხტვა აზიანებს კუნთებს. კრუნჩხვების დროს გამოიყოფა ტოქსიკური ნივთიერება, რომელიც თირკმელს აზიანებს. ძლიერი კრუნჩხვის დროს შესაძლოა ძვლის მოტეხილობა და ხერხემალის გაბზარვა.

ელვის განმუხტვა მაშინაც ახდენს გავლენას ადამიანზე, როცა ის მოშორებით იმყოფება ელვის დაცემის ადგილიდან. შესაძლოა კანის უმნიშვნელო თერმული დაზიანება, კუნთების კრუნჩხვები და ა.შ. დაზიანების სიმძლავრე დამოკიდებულია ელვის ენერჯის იმ რაოდენებაზე, რომელიც გაივლის სხეულში და თვით ორგანიზმის მდგომარეობაზე. ელვის დარტყმამ

ადამიანის ორგანიზმში შეიძლება შეუქცევადი პროცესები გამოიწვიოს, რომლებიც მრავალი წლის შემდეგაც გამოუვლინდეს (<<https://www.mzke.ru>> <<https://www.accuweather.com>> <<https://www.msmanuals.com>> <<https://emc-group.livejournal.com>>). ელვის დარტყმის დროს მთავარია დაზარალებულს გაეწიოს პირველი გადაუდებელი სამედიცინო დახმარება – ხელოვნური სუნთქვის ჩატარება და გულის არაპირდაპირი მასაჟი (თუ ის აუცილებელია). შემდეგ პაციენტი უნდა მოთავსდეს სტაციონარში. მკურნალობა უნდა ჩატარდეს კომპლექსურად - კარდიოლოგის, ნევროპათოლოგის, ქირურგის, რენიმატოლოგის. მეთვალყურეობის ქვეშ.

ელვის მუხტი მიწაზე დაცემის დროს ზედაპირზე ვრცელდება და ქმნის პოტენციალთა სხვაობას ე.წ. ბიჯის ძაბვას (<https://zandz.com> > [biblioteka](https://zandz.com) > [pyat](https://zandz.com)), რომელიც მით უფრო ნაკლებია, რაც უფრო დაშორებულია ელვის დაცემის ადგილიდან. ზემოქმედება კი ადამიანის ფეხებს შორის მანძილის პირდაპირ-პროპორციულია. აღსანიშნავია, რომ ამ ბიჯის ძაბვის გამო საქონელი ადამიანთან შედარებით უფრო ხშირად იხოცება, რადგანაც მათი წინა და უკანა კიდურებს შორის მანძილი უფრო დიდია.



ელვით გამოწვეული დაზიანების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა დაცული იყოს ზოგიერთი რეკომენდაცია[2](<<https://www.kp.ru>> <<https://27.mchs.gov.ru>> <<https://lifestylemedia.biz>>).

- არ შეაფაროთ თავი მაღალი ხეების ქვეშ, განსაკუთრებით მუხის, ფიჭვის, კაკლის, ვერხვისა და ა.შ. უნდა დაშორდეთ ხეს მისი სიმაღლის ორმაგი მანძილით;
- ღია ტერიტორიაზე ყოფნისას ადამიანმა უნდა მიიღოს ე.წ. „ემბრიონის პოზა“ ან დადგეს ცალ ფეხზე. არ დაგავიწყდეთ ბიჯის ძაბვა. არ შეეხოთ ლითონის საგნებს, ამოიღეთ ისინი ჯიბიდან (<https://www.kp.ru> >);



- არ გაჩერდეთ ქოლგის ქვეშ. არ დაიკავოთ ხელში ანკესი, გოლფის ჯოხი, ბეისბოლის ბიტა, ბარი, ფოცხი, თოფი ან მსგავსი რამ. ეს საგნები ადამიანს მეხამრიდათ აქცევენ და ის მიიზიდავს ელვას;
- მოერიდეთ ნებისმიერ წყალსატევს. მაღლიდან ჩადით დაბლობში;
- ელჭექის დროს უსაფრთხოა ავტომობილში ყოფნა. მისი ლითონის გარსი ქმნის დამცავ ეკრანს. მას მეცნიერები „ფარადეს უჯრედს“ უწოდებენ. მუხტი შიგნით ვერ აღწევს და ჩაედინება მიწაში. მანქანის ფანჯრები უნდა იყოს ჩაკეტილი და რადიოანტენა ჩაწეული;
- შენობაში ყოფნისას ჩაკეტეთ კარები და ფანჯრები, ბოლსადენები, სავენტილაციო ხვრელები, არ დაანთოთ ღუმელი, ბუხარი. არ მიუახლოვდეთ ფანჯრებს, ელექტროსადენებს. გამორთეთ ყველა ელექტრომოწყობილობა, გაზი. ცხელ ჰაერში განმუხტვა ადვილად ხდება;

- არ მიმართოთ ლაზერის სხივი ელჭექიან ღრუბლისკენ, ლაზერი იზიდავს ელვას;
- გამორთეთ მობილური. რადიოსხივები, რომლებსაც ის იღებს და გადასცემს, ხელს უწყობს ელვის წარმოქმნას;
- ყველაზე უფრო საშიშია ელჭექის დაწყებამდე ღია ადგილზე ყოფნა, რადგან ელვა შტორმს წინ უსწრებს ან შტორმის ბირთვის მოჰყვება და 10 მილის მანძილზე საშიშ გარემოს ქმნის.

ფიზიკის ყველა კანონის თანახმად, რადგან ჰაერი შესანიშნავი იზოლატორია, ელვა არ უნდა არსებობდეს. იმისათვის, რომ რამოდენიმე ასეული კმ სისქის ჰაერის ფენაში მოხდეს განმუხტვა, საჭიროა წარმოიქმნას ელექტრული ველი მინიმუმ 150 კვ/მ დამაბულობით. ელჭექის ღრუბელი მაქსიმუმ 30 კვ/მ დამაბულობის ველის გენერირებას ახდენს. ამ დროს ელვა დედამიწაზე საკმაოდ ხშირი მოვლენაა, განსაკუთრებით ბოლო ათწლეულში. ეს პარადოქსი ახსნილი იქნა მხოლოდ XXI საუკუნის დასაწყისში. დადგენილი იქნა როგორც თეორიულად, ასევე ექსპერიმენტალურად, რომ ელვას წარმოქმნის დიდი ენერგიის გალაქტიკური კოსმოსური სხივები [3;4, <https://cordis.europa.eu>]. ჰაერის მოლეკულებთან შეჯახებისას ხდება ჰაერის იონიზაცია და წარმოიქმნება ელჭექის ღრუბლის პოტენციალზე ბევრად ძლიერი ელექტრული ველი. ასეთი ველის წარმოქმნაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს დიდი ენერგიის მქონე მზის კოსმოსური სხივები, ე.წ. მზის ქარი, რომელიც ინტენსიურად განაპირობებს ჰაერის იონიზაციას განსაკუთრებით კორონალური ამოფრქვევების დროს.

მეცნიერებს აღელვებთ სიტუაცია, როდესაც მზიდან მოსული კოსმოსური ტალღებისა და გალაქტიკურ ნაკადების ზედდების შედეგად წარმოქმნილი ძლიერად იონიზირებული ნაკადის დაცემა მძლავრ ელჭექურ ღრუბელზე, შესაძლებელს გახდის არნახული სიძლიერის ელჭექის წარმოქმნას, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს კატასტროფული მოვლენები დედამიწაზე.

საქართველო წარმოადგენს ელჭექსაშიშ რეგიონს, რომელშიც საშუალოდ 40 ელჭექიანი დღე ფიქსირდება წელიწადში [5;6]. ამიტომაც ზემოთ აღწერილი პრობლემები საქართველოს მოსახლეობისათვისაც საკმაოდ აქტუალურია.

ლიტერატურა

1. Haile R.L. Annual rates of lightning fatalities by country, (PDF). 0th International Lightning Detection Conference// 21-23 April, 2008, Tucson, Arizona, USA Retrieved on 2011-11-08
2. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. Москва, Физматлит, 2001, 320 стр
3. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и разряды во время грозы ж. Успехи Физических Наук. т.171, 1177-1199
4. LOFAR for Space Weather – CORDIS 2018
5. ირინე მკურნალიძე, ელჭექების შესწავლის მოკლე ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2019, №127
6. მ.ტატიშვილი, ლ.ქართველიშვილი, ი.მკურნალიძე, რ.მესხია, სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე, მონოგრაფია გამ. „მწიგნობარი“, თბილისი, 2018 გვ. 145.

LIGHTNING AND ITS EFFECTS ON HUMANS

Mkurnalidze I., Kapanadze N., Khutsishvili E.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The paper describes the impact of lightning and its impact on various human life systems. Recommendations on human behavior during lightning are given.*

Key words: *lightning, voltage, organism.*

COMPARISON OF DATA FROM GROUND-BASED AND SATELLITE MEASUREMENTS OF THE MONTHLY SUM OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE EXAMPLE OF TBILISI CITY IN 2001-2020

*Amiranashvili A., *Chelidze T., *Svanadze D., **Tsamalashvili T., ***Tvauri G.

*M. Nodia Institute of Geophysics, Iv. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Tbilisi, Georgia

**A. Janelidze Geological Institute of I. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

***E. Andronikashvili Institute of Physics of I. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia
e-mail: datosvani@gmail.com

Abstract: The data of ground-based (*Prec_MS*) and satellite (*Prec_Sat*) measurements of the monthly sum of atmospheric precipitation are compared using the example of Tbilisi in 2001-2020. In particular, the following results are obtained. In general, for all observational data (240 months), *Prec_MS* values vary from 0 to 267.3 mm, and *Prec_Sat* - from 3.0 to 184.0 mm. Their average values are 43.6 and 64.8 mm, respectively. Monthly mean values of *Prec_MS* vary from 16.7 mm (January) to 93.2 mm (May) and *Prec_Sat* values – from 32.5 mm (December) to 114.4 mm (May). Ground-based measurements are lower than satellite data for all months of the year. The difference between the average values of *Prec_MS* and *Prec_Sat* over 20 years varies from -8.8 mm (November) to -33.4 mm (March). Ratio between the average values of *Prec_MS* and *Prec_Sat* varies from 40.6 % (January) to 81.5 % (May). There is a direct linear correlation between the studied parameters. For all observational data (240 months) coefficient of correlation is 0.86 (high correlation), for separate month changes from 0.65 (July, moderate correlation) to 0.94 (April, very high correlation). Coefficient of correlation between average values of the studied parameters is 0.97 (very high correlation).

Key Words: Atmospheric precipitation, ground-based and satellite measurements.

Introduction

Researchers need accurate and timely precipitation information to better understand and model where and when severe floods [1], droughts [2], landslides [3-7] can occur. GPM Global Satellite Precipitation Data helps you better prepare for and respond to a wide range of natural disasters [<http://svs.gsfc.nasa.gov/goto?11091>]. However, the use of satellite precipitation data requires comparison with ground-based measurements. Similar comparisons for monthly precipitation data, in particular, are given in [8,9]. This paper compares the data of ground-based and satellite measurements of the monthly total of atmospheric precipitation using the example of Tbilisi in 2001-2020.

Study area, material and methods

Study area – Tbilisi. The data of Georgian National Environmental Agency and GPM Global Satellite Precipitation Data [<http://svs.gsfc.nasa.gov/goto?11091>] about the monthly sum of atmospheric precipitation for Tbilisi from January 2001 to December 2020 (240 months) are used.

In the proposed work the analysis of data is carried out with the use of the standard statistical analysis methods [10]. The following designations will be used below: Mean – average values; Max - maximal values; Min – minimal values; St Dev - standard deviation; C_v – coefficient of variation = $100 \cdot \text{St Dev} / \text{Mean}$, %; R – coefficient of linear correlation; α - the level of significance; the level of significance of the difference between the two mean values was determined using Student's t-test; ground-based data – meteorological station of Tbilisi - *Prec_MS*; satellite data - *Prec_Sat*.

The degree of correlation was determined in accordance with [10]: very high correlation ($0.9 \leq R \leq 1.0$); high correlation ($0.7 \leq R < 0.9$); moderate correlation ($0.5 \leq R < 0.7$); low correlation ($0.3 \leq R < 0.5$); negligible correlation ($0 \leq R < 0.3$).

Table 1 provides information on the distance from the Tbilisi weather station, within which the data of this weather station on monthly precipitation are applicable with a high degree of representativeness. The calculations were carried out in accordance with [11] using data 2001-2020.

Table 1. Distance from meteorological station Tbilisi (L, km), within which the data of this station on the monthly precipitation amounts are applicable with a high level of representativeness.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
40	32	24	77	19	41	31	52	35	126	64	37

As follows from Table 1, distance L varies from 19 km (May) to 126 km (October). The resolution of satellite measurements of precipitation is 10x10 km. Therefore, the comparison of series of observations of monthly precipitation lasting 20 years or more is quite justified.

Results and discussion

Results in Fig. 1-3 and table 2,3 are presented.

In Fig. 1 time-series of Prec_MS and Prec_Sat data from January 2001 to December 2020 are presented.

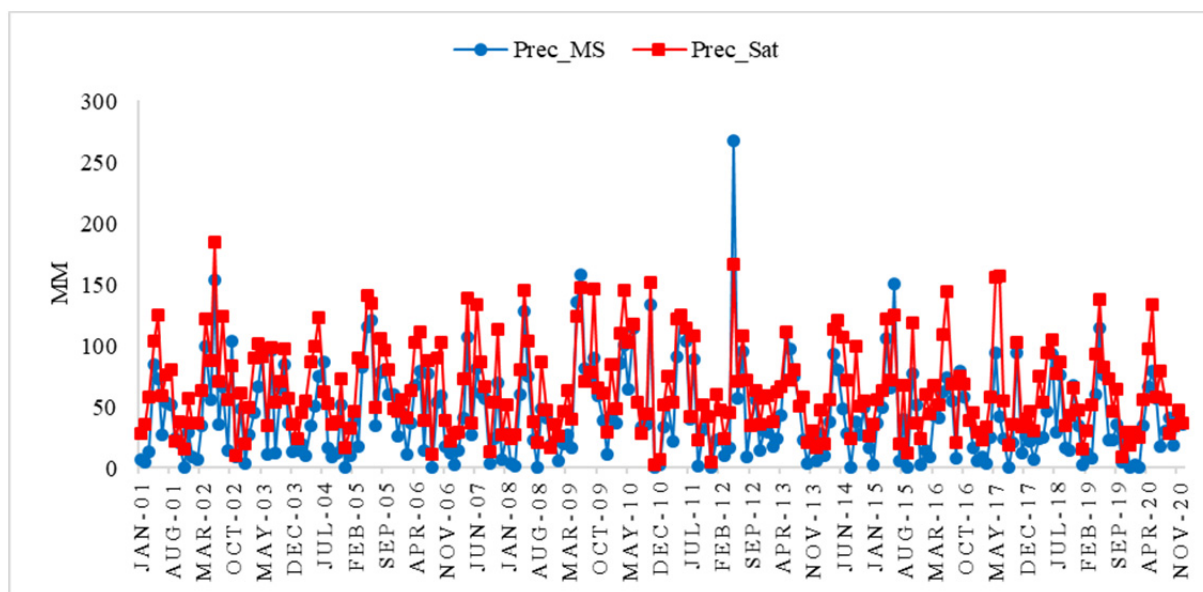


Fig. 1. Time-series of monthly sum of atmospheric precipitation in Tbilisi according to ground-based and satellite measurements from January 2001 to December 2020.

In Table 2 statistical characteristics of Prec_MS and Prec_Sat data from January 2001 to December 2020 are presented. In Fig 2 for clarity the intraannual distribution of mean monthly sum of atmospheric precipitation in Tbilisi according to ground-based and satellite measurements are presented. As follows from Fig. 1 and 2 the synchronism of the time course of both parameters is visually well traced. At the same time, in general, the excess of the values of satellite measurements over ground ones is noticeable.

Table 2 and Fig. 1,2 show that in general, for all observational data (240 months), Prec_MS values vary from 0 to 267.3 mm, and Prec_Sat - from 3.0 to 184.0 mm. Their average values are 43.6 and 64.8 mm, respectively. Monthly mean values of Prec_MS vary from 16.7 mm (January) to 93.2 mm (May) and Prec_Sat values – from 32.5 mm (December) to 114.4 mm (May).

Table 2. Statistical characteristics of monthly sum of atmospheric precipitation in Tbilisi according to ground-based and satellite measurements in 2001 - 2020.

Variable	Prec_MS	Prec_Sat	Prec_MS	Prec_Sat	Prec_MS	Prec_Sat	Prec_MS	Prec_Sat	Prec_MS	Prec_Sat	Prec_MS	Prec_Sat
Month	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun	
Min	2.5	15.6	0.0	19.6	1.3	24.0	16.6	40.1	26.6	37.2	10.6	34.7
Max	45.0	84.4	53.2	75.2	85.3	110.5	107.3	145.4	267.3	166.0	157.6	184.0
Mean	16.7	41.1	17.9	39.4	28.3	61.7	64.2	91.5	93.2	114.4	81.4	105.7
St Dev	13.9	17.5	14.1	13.3	19.8	20.6	30.8	31.2	50.7	30.1	43.5	40.6
Cv,%	83.4	42.5	78.6	33.7	69.8	33.3	47.9	34.1	54.4	26.3	53.4	38.4
Month	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
Min	5.5	20.0	0.0	11.2	0.3	12.2	4.0	8.7	0.0	3.0	0.0	5.0
Max	96.1	107.7	89.3	124.2	89.9	146.6	133.1	151.7	69.9	113.6	48.0	61.1
Mean	49.8	68.2	35.7	58.5	35.8	56.3	49.0	65.8	33.6	42.4	17.1	32.5
St Dev	27.9	21.0	29.9	32.4	27.0	34.8	35.7	35.3	21.6	24.9	13.9	16.2
Cv,%	56.0	30.8	83.9	55.4	75.4	61.9	72.8	53.6	64.3	58.8	81.2	49.9
Month	Jan – Dec (240 months)											
Variable	Prec_MS						Prec_Sat					
Min	0.0						3.0					
Max	267.3						184.0					
Mean	43.6						64.8					
St Dev	37.6						37.2					
Cv,%	86.4						57.4					

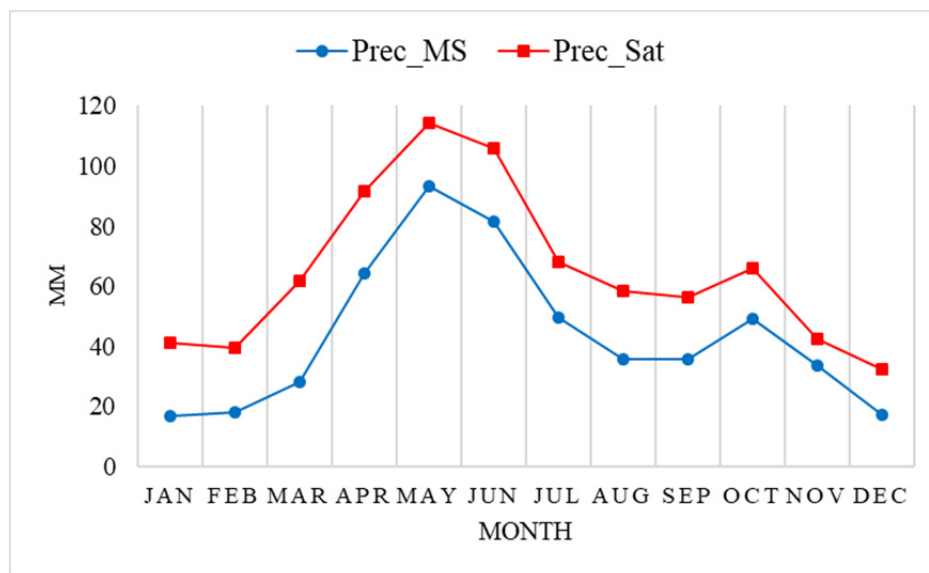


Fig. 2. Intraannual distribution of mean monthly sum of atmospheric precipitation in Tbilisi according to ground-based and satellite measurements from January 2001 to December 2020.

Ground-based precipitation measurements are subject to higher fluctuations than satellite measurements. Values of Cv for mean monthly data of Prec_MS varied from 47.9% (April) to 83.9% (August), and for mean monthly data of Prec_Sat - from 26.3% (May) to 61.9% (September). In general, according to all observational data (240 months), the Cv values are 86.4% and 57.4%, respectively (Table 2).

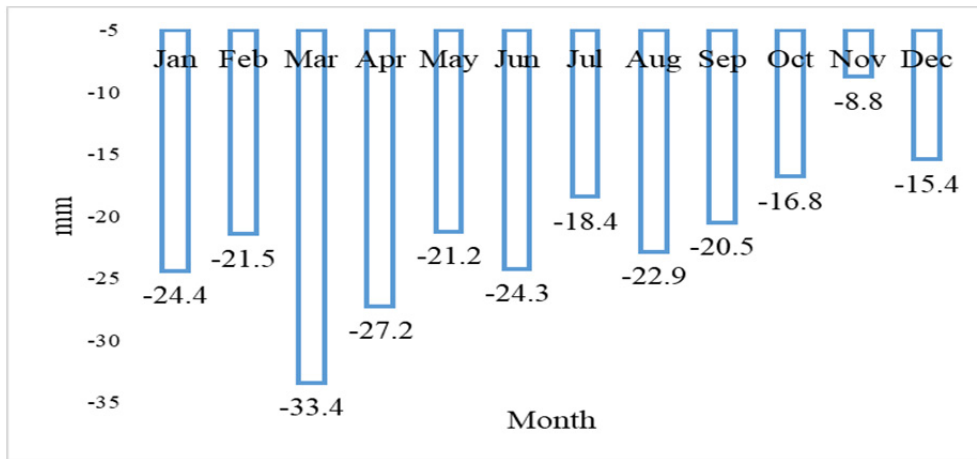


Fig. 3. Difference between mean monthly sum of atmospheric precipitation at meteorological station and satellite data in Tbilisi in 2001 – 2020, ($\alpha \leq 0.23$).

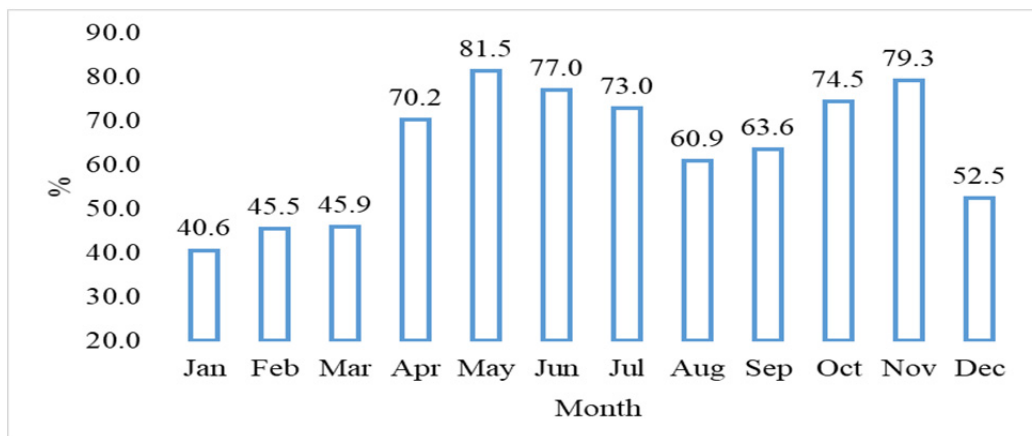


Fig. 4. Ratio between mean monthly sum of atmospheric precipitation at meteorological station and satellite data in Tbilisi in 2001 – 2020.

As noted above ground-based measurements are lower than satellite data for all months of the year. The difference between the average values of Prec_MS and Prec_Sat over 20 years (Fig. 3) varies from -8.8 mm (November) to -33.4 mm (March). Ratio between the average values of Prec_MS and Prec_Sat (Fig. 4) varies from 40.6 % (January) to 81.5 % (May).

There is a direct linear correlation and regression between the studied parameters (Table 3).

Table 3. The values of the coefficients of the linear regression equation (a and b) and the correlation coefficient (R) between monthly (Jan-Dec), all 240 months and mean monthly (Aver.) sum of atmospheric precipitation at meteorological station and satellite data in Tbilisi in 2001 – 2020. α (R) < 0.005.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan-Dec	Aver.
a	1.05	0.80	0.79	0.95	0.43	0.64	0.49	0.92	1.06	0.91	0.95	1.03	0.85	1.03
b	23.6	25.0	39.4	30.4	74.8	53.3	43.9	25.7	18.3	21.2	10.4	14.8	27.7	20.0
R	0.83	0.86	0.76	0.94	0.72	0.69	0.65	0.85	0.82	0.92	0.83	0.88	0.86	0.97

Table 3 show that for separate month coefficient of correlation changes from 0.65 (July, moderate correlation) to 0.94 (April, very high correlation), for all observational data (Jan-Dec, 240 months) coefficient of correlation is 0.86 (high correlation). Coefficient of correlation between average values of the studied parameters is 0.97 (very high correlation).

Conclusion

Similar comparisons will be made for other meteorological stations in Georgia in the near future.

Acknowledgments: This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG), Grant number FR-19-8190, “Assessment of landslide and mudflow hazards for Georgia using stationary and satellite rainfall data”.

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, 2012, pp. 2021-2056. DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
2. Amiranashvili A., Bliadze T., Kartvelishvili L. Statistical Characteristics of Monthly Sums of Atmospheric Precipitations in Tianeti (Georgia) in 1956-2015. // *Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics*, ISSN 1512-1135, vol. 70, Tb., 2019, pp. 112-118, (in Russian), <http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/254>
3. Amiranashvili A., Chelidze T., Dalakishvili L., Svanadze D., Tsamalashvili T., Tvauri G. Preliminary Results of a Study of the Relationship Between the Monthly Mean Sum of Atmospheric Precipitation and Landslide Cases in Georgia. // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 23(2), 2020, pp. 37 – 41. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2320202726>
4. Amiranashvili A., Chelidze T., Dalakishvili L., Svanadze D., Tsamalashvili T., Tvauri G. Preliminary Results of a Study of the Relationship Between the Variability of the Mean Annual Sum of Atmospheric Precipitation and Landslide Processes in Georgia. // *Int. Sc. Conf. „Modern Problems of Ecology“*, Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 202-206. http://www.dSPACE.gela.org.ge/bitstream/123-456789/8809/1/Eco_2020_3.33.pdf
5. Stankevich S.A., Titarenko O.V., Svideniuk M.O. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weight-of-evidence modelling in central Georgian regions. // *Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation“*, Proceedings, Tbilisi, Georgia, December 12-14, 2019, pp. 187-190.
6. Segoni S., Piciullo L., Gariano S.L. A Review of the Recent Literature on Rainfall Thresholds for Landslide Occurrence. // *Landslides*, 15, 2018, pp. 1483–1501, DOI 10.1007/s10346-018-0966-4.
7. Kirschbaum D., Stanley T. Satellite-Based Assessment of Rainfall-Triggered Landslide Hazard for Situational Awareness. // *Earth’s Future*, 6, 2018, pp.505-523, <https://doi.org/10.1002/2017EF000715>
8. [Retalis A., Katsanos D., Tymvios F., Michaelides S. Comparison of GPM IMERG and TRMM 3B43 Products over Cyprus. // *Remote Sens.* 12, 3212, 2020, 18 p., doi:10.3390/rs12193212](#)
9. [Akinyemi D.F., Ayanlade O.S., Nwaezeigwe J.O., Ayanlade A. A Comparison of the Accuracy of Multi-satellite Precipitation Estimation and Ground Meteorological Records Over Southwestern Nigeria. // *Remote Sens.* 12, 3964, 2020, 22 p., doi:10.3390/rs12233964](#)
10. Hinkle D. E., Wiersma W., Jurs S.G. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. Boston, MA, Houghton Mifflin Company, ISBN: 0618124055; 9780618124053, 2003, 756 p.
11. Amiranashvili A., Chelidze T., Svanadze D., Tsamalashvili T., Tvauri G. On the Representativeness of Data from Meteorological Stations in Georgia for Annual and Semi-Annual Sum of Atmospheric Precipitation Around of These Stations. // *Int. Sc. Conf. „Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation“*. Proceedings, ISBN: 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021. Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, 2021, pp. 79 - 83.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE DAILY WIND SPEED IN TBILISI IN 1971-2016

*Amiranashvili A., *Jamrishvili N., **Janelidze I., * *** Pipia M., *Tavidashvili Kh.

*M. Nodia Institute of Geophysics, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

**Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

***Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
e-mail: m.pipia@gtu.ge

Abstract: The results of the detailed statistical analysis of the daily mean and max wind speed for Tbilisi from January 1, 1971 to December 31, 2016 are presented. In the studied period of time, the range of changes in the average daily wind speed was 0 - 14.9 m/s, and the maximum - up to 41.0 m/s. The repeatability of the average daily and maximum wind speed in Tbilisi on the Beaufort Wind Scale was obtained. In particular, it was found that the repeatability of the maximum wind speed covers the entire Beaufort scale. At the same time, the scale range of 8 and more (17.2-20.7 m/s, gale and above, the onset of destructive processes in the environment and their intensification) accounts for about 6.5% of cases (about 24 days a year). During the entire period of research with hurricane wind 3 cases were recorded (Beaufort scale range - 12, hurricane, wind speed >32.6 m/s, devastating destruction). For separate months and according to annual data, correlation and regression relationships between daily and average monthly values of the mean and max wind speed were studied.

Key Words: Wind speed, Beaufort Wind Scale, statistical analysis.

Introduction

Wind is one of the most important climate-forming factors. Therefore, special attention is paid to the study of the wind regime everywhere, including in Georgia. A large number of studies are devoted to the climatology of the wind, the variability of its regime [1-7]. Strong wind often leads to the destruction of residential and industrial facilities, the shutdown of ground and air transport, the appearance of snowstorms, and the strengthening of the negative consequences of other dangerous hydrometeorological phenomena (precipitation, hail, etc.), human casualties, etc. [4,7-10]. Data on the wind regime are important for the development of wind energy, the agricultural sector of the economy [2,11], etc. Wind speed largely determines the level of air pollution [12]. Since the wind is one of the most important bioclimatic factors, information about it is important for the development of the resort and tourism industry by assessing various simple and complex bioclimatic indicators for specific areas [13,14].

This work is a continuation of previous studies [3,5,6-10,14]. The results of the detailed statistical analysis of the daily mean and max wind speed for Tbilisi from January 1, 1971 to December 31, 2016 are presented below.

Study area, material and methods

Study area – Tbilisi. The data of Georgian National Environmental Agency about the daily mean and max wind speed for Tbilisi from January 1, 1971 to December 31, 2016 (16802 days) are used. Coordinates of meteorological station in Vashlijvari: Lat - 41.75785° N, Long - 44.755184° E, Elevation – 427 m a.s.l. In the proposed work the analysis of data is carried out with the use of the standard statistical analysis methods [15]. The following designations will be used below: Mean – average values; Max - maximal values; Min – minimal values; St Dev - standard deviation; σ_m - standard error; Cv – coefficient of variation = $100 \cdot \text{St Dev} / \text{Mean}$, %; R – coefficient of linear correlation; 95%(+/-) and 99%(+/-) - 95% and 99% confidence interval of the mean; Wmean - mean wind speed (m/s); Wmax - max wind speed.

The degree of correlation was determined in accordance with [15]: very high correlation ($0.9 \leq R \leq 1.0$); high correlation ($0.7 \leq R < 0.9$); moderate correlation ($0.5 \leq R < 0.7$); low correlation ($0.3 \leq R < 0.5$); negligible correlation ($0 \leq R < 0.3$).

Wind speed repeatability was determined in accordance with the Beaufort Wind Scale (Table 1).

Table 1. Beaufort Wind Scale [https://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html; https://www.kakras.ru/interesn/wind.htm].

Force	Wind, (m/s)	WMO Classification	Appearance of Wind Effects on Land
0	0-0.2	Calm	Calm, smoke rises vertically
1	0.3-1.5	Light Air	Smoke drift indicates wind direction, still wind vanes
2	1.6-3.3	Light Breeze	Wind felt on face, leaves rustle, vanes begin to move
3	3.4-5.4	Gentle Breeze	Leaves and small twigs constantly moving, light flags extended
4	5.5-7.9	Moderate	Dust, leaves, and loose paper lifted, small tree branches move
5	8.0-10.7	Fresh Breeze	Small trees in leaf begin to sway
6	10.8-13.8	Strong Breeze	Larger tree branches moving, whistling in wires
7	13.9-17.1	Near Gale	Whole trees moving, resistance felt walking against wind
8	17.2-20.7	Gale	Twigs breaking off trees, generally impedes progress
9	20.8-24.4	Strong Gale	Slight structural damage occurs, slate blows off roofs
10	24.5-28.4	Storm	Seldom experienced on land, trees broken or uprooted, "considerable structural damage"
11	28.5-32.6	Violent Storm	It is observed very rarely. Accompanied by large destruction over large areas
12	>32.6	Hurricane	Devastating destruction. Separate gusts of wind reach speeds of 50-60 m/s. A hurricane can happen before a big thunderstorm

Results and discussion

Results in Fig. 1-4 and table 2,3 are presented.

In Fig. 1 repetition of daily mean and max wind speed in Tbilisi according to Beaufort Wind Scale are presented.

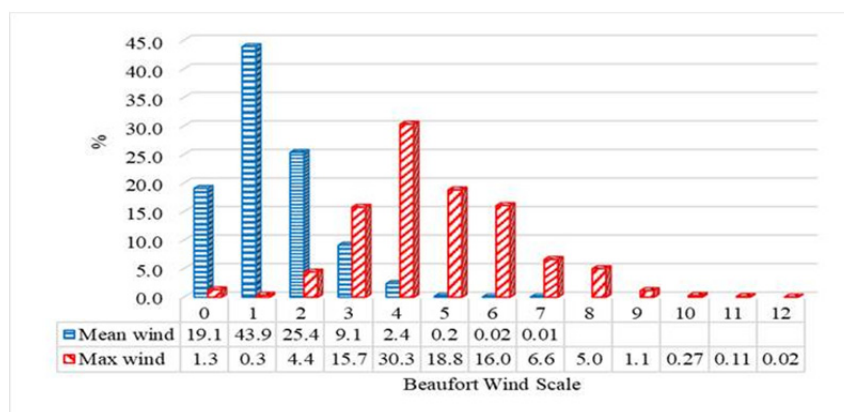


Fig. 1. Repetition of daily mean and max wind speed in Tbilisi according to Beaufort Wind Scale.

As follows from Fig. 1 W_{mean} values cover the Beaufort scale from 0 to 8, while W_{max} covers the entire scale. The maximum repeatability of W_{mean} values falls on number 1 of the Beaufort scale (43.9%, smoke drift indicates wind direction, still wind vanes), and W_{max} - on number 4 of this scale (30.3%, dust, leaves, and loose paper lifted, small tree branches move). The scale range of 8 and more (17.2-20.7 m/s, gale and above, the onset of destructive processes in the environment and their intensification) accounts for about 6.5% of cases (about 24 days a year). During the entire period of research with hurricane wind 3 cases were recorded (Beaufort scale range - 12, hurricane, wind speed >32.6 m/s, devastating destruction).

In Table 2 statistical characteristics of daily mean and max wind speed (m/s) in for separate months and on the whole from January to December are presented. In Fig. 2 for clarity intraannual distribution of monthly average of daily mean and max wind speed Tbilisi is presented.

Table 2. Statistical characteristics of daily mean and max wind speed (m/sec) in Tbilisi in 1971-2016 (min wind speed = 0).

Month	Parameter	Mean	Max	St Dev	σ_m	Cv, %	95%(+/-)	99%(+/-)
Jan	Wmean	1.2	11.0	1.5	0.04	127.2	0.08	0.10
	Wmax	7.9	33.0	5.0	0.13	63.2	0.26	0.34
Feb	Wmean	1.5	11.3	1.6	0.05	112.2	0.09	0.12
	Wmax	9.0	34.0	5.4	0.15	59.2	0.29	0.38
Mar	Wmean	1.8	14.9	1.8	0.05	99.8	0.09	0.12
	Wmax	10.1	33.0	5.3	0.14	53.0	0.28	0.36
Apr	Wmean	1.7	10.4	1.6	0.04	90.4	0.08	0.11
	Wmax	10.3	34.0	4.7	0.13	45.4	0.25	0.32
May	Wmean	1.7	9.0	1.5	0.04	86.9	0.08	0.10
	Wmax	9.9	27.0	4.2	0.11	42.5	0.22	0.29
Jun	Wmean	1.8	9.1	1.6	0.04	90.2	0.09	0.11
	Wmax	10.3	29.0	4.3	0.12	41.7	0.23	0.30
Jul	Wmean	1.8	7.8	1.4	0.04	78.7	0.07	0.09
	Wmax	9.9	26.0	3.7	0.10	37.1	0.19	0.25
Aug	Wmean	1.6	12.0	1.4	0.04	85.6	0.07	0.10
	Wmax	9.6	24.0	3.8	0.10	39.7	0.20	0.26
Sep	Wmean	1.5	8.3	1.3	0.04	86.3	0.07	0.09
	Wmax	9.4	30.0	4.1	0.11	43.6	0.22	0.28
Oct	Wmean	1.2	7.5	1.3	0.03	104.3	0.07	0.09
	Wmax	8.4	27.0	4.3	0.11	50.9	0.22	0.29
Nov	Wmean	1.1	8.4	1.3	0.04	121.7	0.07	0.09
	Wmax	7.8	30.0	4.7	0.13	60.8	0.25	0.33
Dec	Wmean	1.1	9.0	1.4	0.04	126.3	0.07	0.09
	Wmax	7.7	41.0	5.0	0.13	65.2	0.26	0.34
Jan-Dec	Wmean	1.5	14.9	1.5	0.01	100.3	0.02	0.03
	Wmax	9.2	41.0	4.7	0.04	50.8	0.07	0.09

As follows from Table 2 and Fig. 2 in the studied period of time the max daily values of Wmean changed from 7.5 m/s (October) to 14.9 m/s (March), the max daily values of Wmax changed from 24.0 m/s (August) to 41.0 m/s (December).

Variations of Wmean values are higher than Wmax. Values of Cv for Wmean values changed from 78.7% (July) to 127.2 % (January), and for Wmax - form 37.1 % (July) to 65.2 % (December).

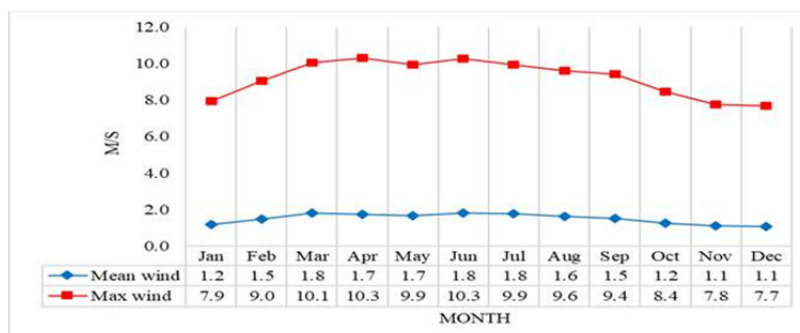


Fig. 2. Intraannual distribution of monthly average of daily mean and max wind speed Tbilisi.

The lowest average monthly values of Wmean (1.1 m/s) are observed in November and December, the largest (1.8 m/s) - in March, June and July. The lowest average monthly values of Wmax (7.7 m/s) are observed in December, the highest (10.3 m/s) - in April and June.

In Fig. 3 data about linear correlation between daily mean and max wind speed in Tbilisi in separate months and from January to December are presented.

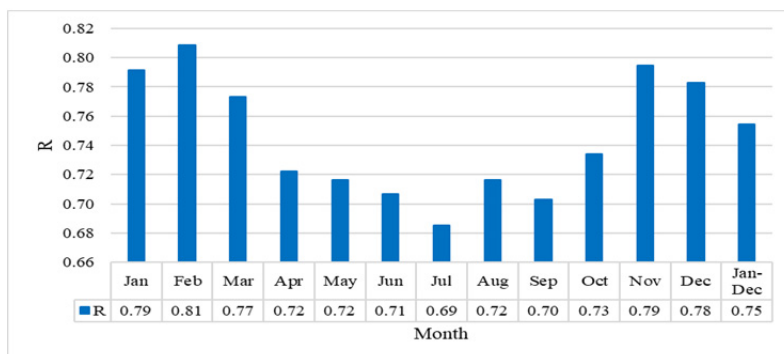


Fig. 3. Linear correlation between daily mean and max wind speed in Tbilisi in separate months and from January to December in 1971-2016.

As follows from Fig. 3 values of R changed from 0.69 (July, moderate correlation) to 0.81 (February, high correlation). For January-December value of R between daily mean and max wind speed is 0.75 (high correlation).

In Table 3 information about coefficients of linear regression equation ($Y = a \cdot X + b$) between daily mean and max wind speed in Tbilisi in separate months and from January to December in 1971-2016 are presented.

Table 3. Coefficients of linear regression equation ($Y = a \cdot X + b$) between daily mean and max wind speed in Tbilisi in separate months and from January to December in 1971-2016. Y - daily max wind speed, X - daily mean wind speed.

a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Jan		Feb		Mar		Apr		May	
2.67	4.81	2.65	5.18	2.29	5.93	2.16	6.57	2.08	6.45
Jun		Jul		Aug		Sep		Oct	
1.86	6.91	1.82	6.73	1.96	6.41	2.20	6.07	2.42	5.42
		Nov		Dec		Jan-Dec			
		2.79	4.68	2.85	4.57	2.34	5.69		

Finally in Fig. 4 data about linear correlation and regression between monthly average daily mean and max wind speed in Tbilisi is presented.

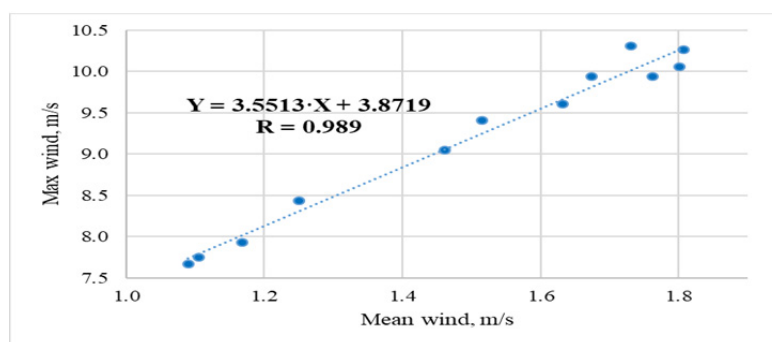


Fig. 4. Linear correlation and regression between monthly average daily mean and max wind speed in Tbilisi. Y – monthly average of daily max wind speed, X - monthly average of daily mean wind speed.

As follows from Fig. 4 value of R between monthly average values of Wmean and Wmax is 0.989 (very high correlation).

Conclusion

In the future, we plan to continue similar studies for other locations in Georgia. Part of the data from this work will be used to compile a Natural Hazards Catalog of Georgia [16].

References

1. Svanidze G.G., Papinashvili L.K. (edit.). *Climat* Tbilisi. Sankt-Petersburg, Gidrometeoizdat, L., 1992, 230 p., (in Russian).
2. Elizbarashvili E. *Climate of Georgia*. Monograph, Institute of Hydrometeorology of GTU, ISBN 978-9941-0-9584-9, Tbilisi, 2017, 360 p., (in Georgian).
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. Svanidze G.G., Tsutskiridze Ia. A. (edit.). *Opasnie gidrometeorologicheskie protsessi na Kavkaze*. L., Gidrometeoizdat., 1980, 288 p., (in Russian).
5. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gvasalia G.D., Loladze D.A. *Statistical Characteristics of the Daily Max of Wind Speed in Kakheti in 2017-2019*. // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 23(1), 2020, pp. 73-86. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2320202655>
6. Amiranashvili A., Chikhladze V., Gvasalia G., Loladze D. *Statistical Characteristics of the Daily Max of Wind Speed in Kakheti in the Days with and without Hail Processes in 2017-2019*. // *Int. Sc. Conf. „Modern Problems of Ecology“*, Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 197-201. http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8808/1/Eco_2020_3.32.pdf
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, pp. 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
8. 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.io-spress.nl>
9. Pipia M., Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Beglarashvili N. *Dangerous Regions of Blizzard in Georgia*. // *Annals of Agrarian Science*, ISSN 1512-1887, vol. 17, No 4, 2019, pp. 403 – 408.
10. Chikhladze V., Amiranashvili A., Gelovani G., Tavidashvili Kh., Laghidze L., Jamrlishvili N. *Assessment of the Destructive Power of a Tornado on the Territory of the Poti Terminal on September 25, 2021*. // *II Int. Sc. Conf. “Landscape Dimensions of Sustainable Development Science – Carto/GIS – Planning – Governance”*, Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Nikoloz (Niko) Beruchashvili, Proceedings, 12-16 September 2022, Tbilisi, Georgia, Ivane Javakishvili Tbilisi State University Press, 2022, ISBN 978-9941-36-030-5, pp. 275-281, (in Georgian). <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10120>
11. Eristavi V.V., Gelovani M.S., Lobzhanidze N.G., Rogava S.E., Sukhishvili E.V., Tusishvili O.Sh., Zedginidze A.D. *Vetroenergeticheskiy atlas Gruzii (regional'nyye otsenki)*. // *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAE*, 11(31), 2005, pp. 55-57, (in Russian), <https://cyberleninka.ru/article/n/vetroenergeticheskiy-atlas-gruzii-regionalnyye-otsenki/viewer>
12. 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).
13. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A. Saakashvili N.M., Tabidze M.Sh., Tarkhan-Mouravi I.D. *Bioclimatic Characteristics of Recreational Zones – Important Component of the Passport of the Health Resort – Tourist Potential of Georgia*. // *Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University*, vol. 117, ISSN 1512-0902, 2011, pp. 89-92.
14. 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.
15. Hinkle D. E., Wiersma W., Jurs S.G. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. Boston, MA, Houghton Mifflin Company, ISBN: 0618124055; 9780618124053, 2003, 756 p.
16. Varazanashvili O.Sh., Gaprindashvili G.M., Elizbarashvili E.Sh., Basilashvili Ts.Z., Amiranashvili A.G. *Principles of Natural Hazards Catalogs Compiling and Magnitude Classification*. // *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 25(1), 202, pp. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224794>

STATISTICAL ANALYSIS OF THE NUMBER OF DAYS WITH HAIL IN GEORGIA ACCORDING TO METEOROLOGICAL STATIONS DATA IN 2006-2021

* Amiranashvili A., ** Basilashvili Ts., ** Elizbarashvili E.,
*** Gaprindashvili G., * Varazanashvili O.

*M. Nodia Institute of Geophysics, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

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

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

e-mail: gaprindashvili.george@gmail.com

Abstract: A statistical analysis of data on number of days with hail (annual and for period from April to October) in 43 locations of Georgia in 2006-2021 are presented. In particular, the following results are obtained. The max average annual number of days with hail in Akhaltsikhe is observed (3.4). The max annual number of days with hail in Mirveti is observed (16). The max average number of days with hail in warm period in Akhaltsikhe also is observed (3.3). The max number of days with hail in warm period in Khashuri is observed (9). The climate change influence on the number of days with hail during the warm period has been studied. Comparison of the number of days with hail for 30 meteorological stations in 2006-2021 and 1941-1990 showed that in the second period of time, compared to the first period, the number of days with hail at the 18 stations decreased, at the 10 stations - did not change, and increased at only one station (Keda). The data of this work will be used to compile a Natural Hazards Catalog in Georgia.

Key Words: Number of days with hail, climate change.

Introduction

Hail processes occur in many countries of the world [1], including Georgia [2-11]. Every year, the total loss of agricultural products due to hail damage ranges from 4 to 18% of the crop (more than 11 billion US dollars [<https://www.meteorf.ru/activity/activ/antigrad/obs-info/>]). In terms of hail damage, Georgia is one of the most hail-prone countries in the world. Therefore, as before in recent years many works are devoted to the problem of hail in our country, covering a wide range of studies - from hail climatology [2-9], modeling the distribution of hailstones by mean max sizes on the territory of Kakheti (Georgia) [10] to the development of ways to influence on hail processes [11].

Study area, material and methods

Study area – Georgia.

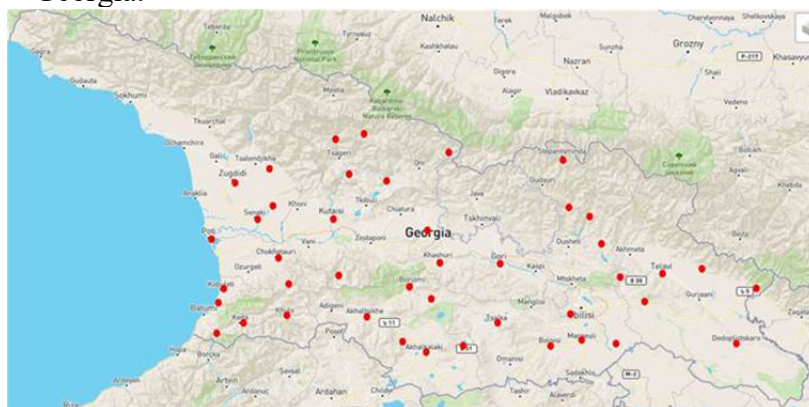


Fig. 1. Location of 43 meteorological stations on the territory of Georgia.

The data of Georgian National Environmental Agency on number of days with hail for 43 locations of Georgia (Fig. 1) in 2006-2021 are used. In the proposed work the analysis of data is carried out with the use of the standard statistical analysis methods. The following designations will be used below: Mean – average values; Max - maximal values; Min – minimal values; St Dev - standard deviation; α - the level of significance; the level of significance of the difference between the two mean values was determined using Student's t-test. The number of days with hail is considered for two periods of the year: January-December (annual) and April-October (warm half-year for hail processes).

Results and discussion

Results in Table 1,2 and Fig. 2,3 are presented.

In Table 1 statistical characteristics of annual number of days with hail in 43 locations of Georgia from 2006 to 2021 are presented.

Table 1. Statistical characteristics of annual number of days with hail in 43 locations of Georgia in 2006-2021. In the 25 points of Georgia (marked in light blue) during the cold period of the year (November-March) hail processes were not observed.

Season	Year			Season	Year		
Location	Max	Mean	St Dev	Location	Max	Mean	St Dev
Akhalkalaki	5	2.4	1.3	Lentekhi	1	0.1	0.3
Akhaltzikhe	8	3.4	1.9	Luji	4	1.3	1.6
Alpana	2	0.6	0.9	Magharoskari	1	0.2	0.4
Ambrolauri	1	0.1	0.3	Marneuli	1	0.1	0.3
Bakhmaro	4	0.8	1.3	Mirveti	16	3.3	4.9
Bakuriani	8	2.9	2.2	Mta-Sabueti	1	0.1	0.3
Bolnisi	5	1.7	1.5	Nokalakevi	2	0.4	0.8
Borjomi	6	2.3	1.6	Paravani	1	0.1	0.3
Chakvi	6	0.4	1.5	Pasanauri	3	0.4	0.8
Chokhatauri	8	3.2	2.5	Poti	2	0.1	0.5
Dedoplistskaro	2	0.4	0.7	Sagarejo	3	0.7	1.1
Gardabani	1	0.1	0.3	Sairme	5	0.6	1.5
Gori	4	1.4	1.0	Senaki	1	0.1	0.3
Keda	8	1.8	2.7	Shovi	5	1.5	1.6
Khashuri	9	1.5	2.1	Stapantsminda	3	0.4	0.8
Khertvisi	1	0.13	0.3	Tbilisi	4	1.2	1.4
Khulo	1	0.2	0.4	Telavi	8	1.8	2.2
Kobuleti	4	0.4	1.0	Tianeti	5	2.0	1.4
Kojori	3	0.2	0.8	Tsalka	5	2.1	1.6
Kutaisi	1	0.1	0.3	Zugdidi	3	0.5	0.9
Kvareli	1	0.1	0.3	Min	1	0.1	0.3
Lagodekhi	9	1.7	3.0	Max	16	3.4	4.9
Legakhare	2	0.2	0.5	Mean	4.0	1.0	1.0

As follows from Table 1 the max average annual number of days with hail in Akhaltsikhe is observed (3.4). The max annual number of days with hail in Mirveti is observed (16). It should be noted that in the 25 points of Georgia (marked in light blue) during the cold period of the year (November-March) hail processes were not observed.

In Table 2 statistical characteristics of number of days with hail during the warm period (April-October) in 18 locations of Georgia in 2006-2021 are presented.

Table 2. Statistical characteristics of number of days with hail during the warm period in 18 locations of Georgia in 2006-2021. For the remaining 25 points of Georgia relevant data are given in Table 1 (marked in light blue).

Season	Warm (April-October)			Season	Warm (April-October)		
Location	Max	Mean	St Dev	Location	Max	Mean	St Dev
Akhaltzikhe	8	3.3	1.9	Magharoskari	1	0.1	0.3
Bakhmaro	4	0.7	1.3	Marneuli	0	0.0	0.0
Borjomi	4	2.2	1.4	Mirveti	4	0.6	1.3
Chakvi	1	0.1	0.3	Nokalakevi	2	0.3	0.7
Chokhatauri	6	1.4	1.5	Senaki	0	0.0	0.0
Gori	4	1.3	0.9	Shovi	5	1.4	1.7
Keda	4	0.8	1.2	Zugdidi	1	0.2	0.4
Khertvisi	1	0.06	0.3				
Kobuleti	1	0.1	0.3	Min	0	0.0	0.0
Lagodekhi	7	0.8	1.9	Max	9	3.3	2.2
Legakhare	0	0.0	0.0	Mean	3.2	0.8	0.9

Table 2 show, that the max average number of days with hail in warm period in Akhaltzikhe also is observed (3.3). The max number of days with hail in warm period in Khashuri is observed (9).

The climate change influence on the number of days with hail during the warm period has been studied.

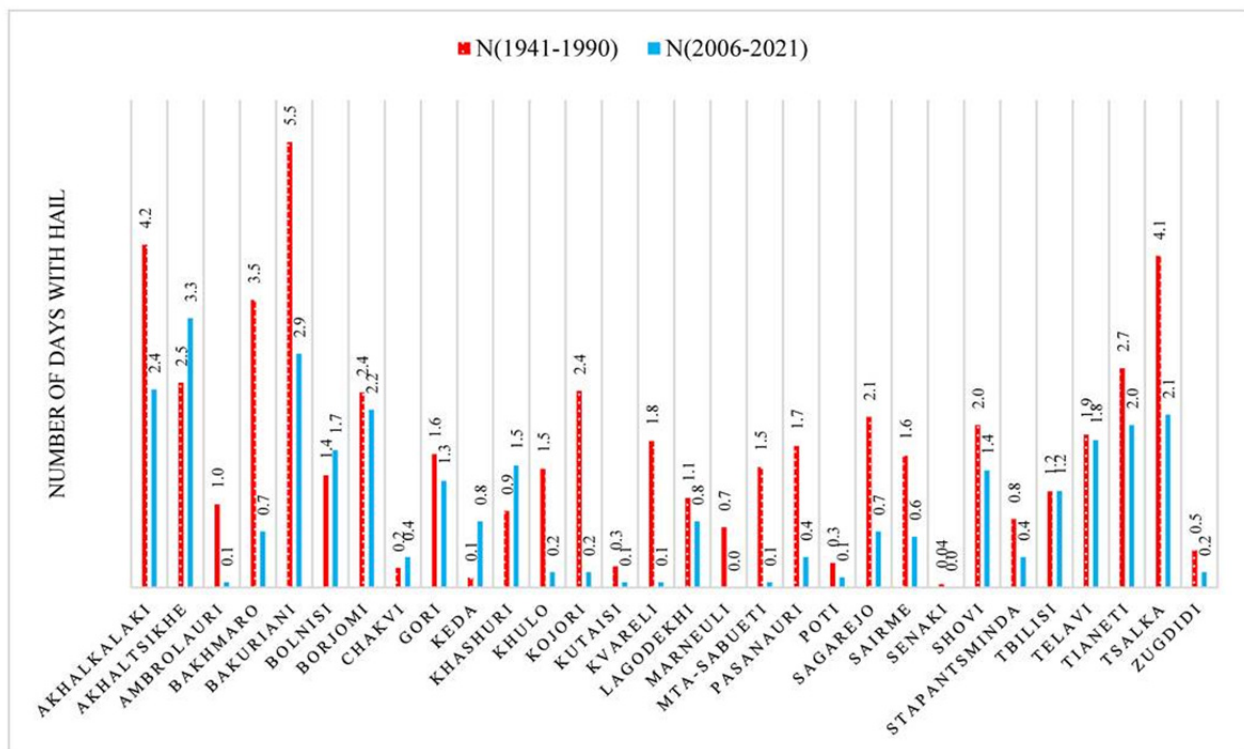


Fig. 2. Number of days with hail during the warm half year in 30 locations of Georgia in 1941-1990 and 2006-2021.

In Fig. 2 number of days with hail during the warm half year in 30 locations of Georgia in 1941-1990 [2] and 2006-2021 are presented.

In Fig. 3. difference between number of days with hail during the warm half year in 2006-2021 and 1941-1991 in 30 locations of Georgia are presented.

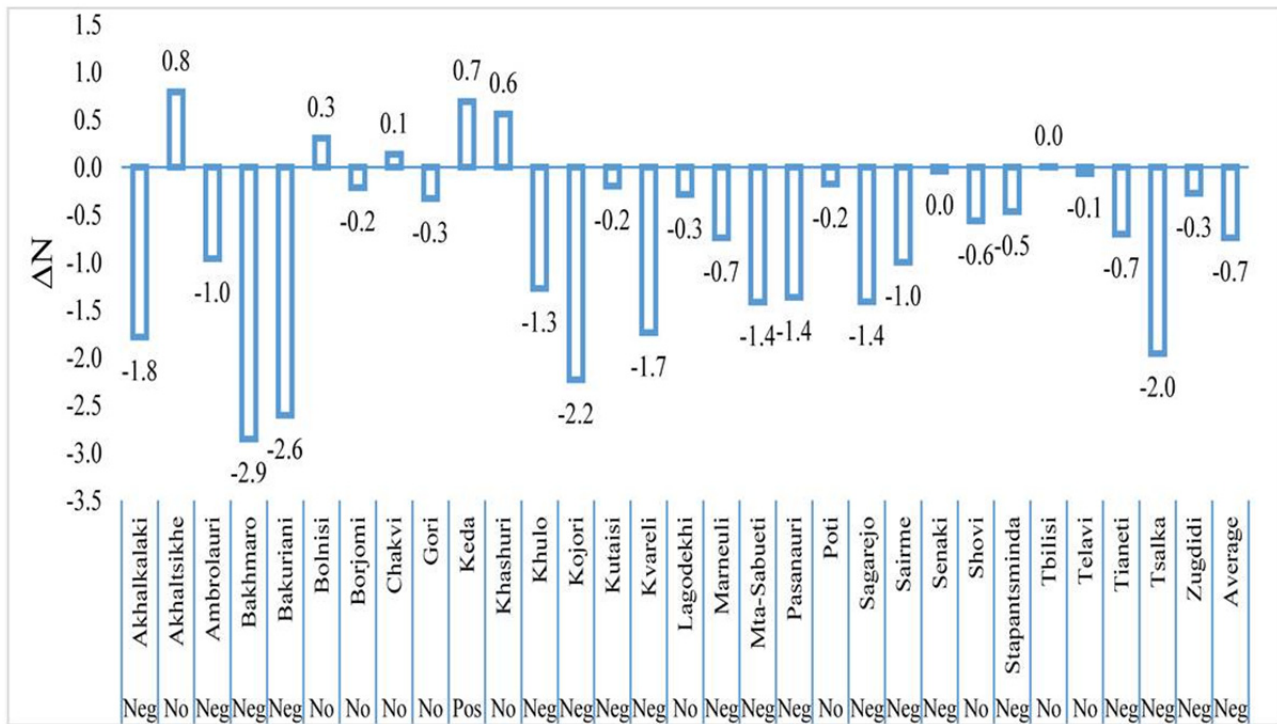


Fig. 3. Difference between number of days with hail during the warm half year in 2006-2021 and 1941-1991 (ΔN) in 30 locations of Georgia, ($\alpha \leq 0.15$).

Comparison of the number of days with hail for 30 meteorological stations in 2006-2021 and 1941-1990 (Fig. 3) showed that in the second period of time, compared to the first period, the number of days with hail at the 18 stations decreased (Neg), at the 10 stations - did not change (No), and increased (Pos) at only one station (Keda).

Conclusion

The data of this work will be used to compile a Natural Hazards Catalog in Georgia [12].

Acknowledgments

The authors are grateful for the support of the „Natural hazards trends in Georgia: quantitative magnitude classification and hazard assessment“ project (grant agreement №FR-21-1808) funded by the Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF).

References

1. Dessens J., Frale R. Haistone Size Distributions in Southwestern France. // Atmospheric Research, 33, 1994, pp. 57-73.
2. 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 1941-1990. // Trans. of Institute of Geophysics of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-1135, v. 58, 2004, pp. 133-141, (in Russian).

3. 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).
4. 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>
5. 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. Tbilisi, pp. 55-69, (in Russian).
6. 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).
7. Tatishvili M.R., Kartvelishvili L.G., Mkurnalidze I.P. Thunderstorm and Hail Processes over Georgian Territory. Against Global Climate Change Background. // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Iss. B, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol. 19B, Tb., 2016, pp. 111-119.
8. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Jamrshvili 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.
9. Janelidze I., Pipia M. Hail Storms in Georgia in 2016-2018. // Int. Sc. Conf. “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 144 -146.
10. Amiranashvili A.G., Bolashvili N.R., Gulashvili Z.M., Jamrshvili N.K., Suknidze N.E., Tavidashvili Kh.Z. Modeling the Distribution of Hailstones by Mean Max Sizes on the Territory of Kakheti (Georgia) using Data of the Freezing Level in the Atmosphere and Radar Measurements. // Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(1), 2021, pp. 25-36. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420212881>
11. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. // Int. Sc. Conf. “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 216-222.
12. Varazanashvili O.Sh., Gaprindashvili G.M., Elizbarashvili E.Sh., Basilashvili Ts.Z., Amiranashvili A.G. Principles of Natural Hazards Catalogs Compiling and Magnitude Classification. // Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 25(1), 2022, pp. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224794>

ზოგი რამ სეტყვის პრობლემების შესახებ

მესტვირიშვილი შ., ზენაშვილი მ., კოდუა მ.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი*

ანოტაცია: ნაშრომში განხილულია საქართველოს სეტყვისგან ყველაზე მოწყვლადი ტერიტორიული ერთეული კახეთი და ამ რეგიონში სეტყვასთან დაკავშირებული როგორც ისტორიული, ასევე დღევანდელი მდგომარეობა. მოყვანილია ცნობილი მეცნიერების ნაშრომებში დადასტურებული შეხედულებები, ასევე მოსახლეობის გამოკითხვებიც, რომელთა შედეგადაც ნაშრომის ავტორები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ სეტყვის მოსვლის ინიცირებას მარტო ბუნება კი არა, ადამიანებიც ახდენენ ვაზის მოვლის პროცედურით და იმ ქიმიური ნივთიერებებით, რომელიც გამოყენებულია ვაზის მოვლის პროცესში. საკვანძო სიტყვები: სეტყვა, ბორდოს ხსნარი, კახეთი, კოაგულაცია, შეწამვლა

საქართველოში, კერძოდ კახეთში სეტყვის პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ამიტომ ჯერ კიდევ დიდმა ქართველმა მეცნიერმა ვახუშტი ბაგრატიონმა ახსენა სეტყვის განაღდგურებელი მოქმედება ვერეს ხეობაში, მაგრამ კახეთში სეტყვასთან დაკავშირებით მას აზრი არ გამოუთქვამს. ამის შესახებ ცნობილი მეცნიერები მიტროფანე კორძაბია და აკადემიკოსი თეოფანე დავითაია აღნიშნავენ, რომ ვახუშტი ბაგრატიონის მოღვაწეობის დროს კახეთში სეტყვა არ მოდიოდა, რადგან იქ ხშირი ტყეების გამო ჰაერის აღმავალი დინება, რომელიც სეტყვის წარმოქმნის წინაპირობაა, ნაკლებად იქნებოდა [1]. მაგრამ ამ მოსაზრებას ვერ დავეთანხმებით, რადგან იმ პერიოდის კახეთი საკმარისად მჭიდროდ დასახლებული იყო და სოფლის მეურნეობაც კარგად განვითარებული. ალბათ, დღევანდელ მცენარეულ საფართან შედარებით დიდად განსხვავებული არ იქნებოდა მცენარეული საფარიც. ეს კი, ნაკლებად შეუშლიდა ხელს ჰაერის აღმავალ დინებას, რომელიც სეტყვის წარმოქმნის ერთ-ერთი წინაპირობაა. იმავე ნაშრომში მოყვანილია ვ. გიგინეიშვილის გამოკვლევა, სადაც აღნიშნულია, რომ: „მნიშვნელოვანი დასეტყვა აღმოსავლეთ საქართველოში და კერძოდ კახეთში, დაკავშირებულია უმთავრესად წლის თბილ პერიოდში ცივი ჰაერის მასების შემოჭრასთან, მაგრამ აღნიშნული შემოჭრები ინტენსიურ სეტყვას იწვევს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ატმოსფეროს მდგომარეობა ადგილობრივად ამ დროს ამისთვის ხელსაყრელია“ [1]. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სეტყვის ჩამოყალიბებაზე თუ გავლენას ახდენს ადგილობრივი პირობები, მაშინ ისმის კითხვა: რა შეიცვალა მე-18 საუკუნესა და მე-20 საუკუნეს შორის კახეთის ადგილობრივ პირობებში, რამაც გამოიწვია კახეთის ასეთი ინტენსიური დასეტყვები. ამაზე ნაწილობრივ პასუხი გაეცა [2] ნაშრომში, სადაც განხილულია ვენახების შესაწამლი ბორდოს სითხის წვეთების და, ასევე, აეროზოლების გავლენა, რომლებიც კრისტალიზაციის ტემპერატურას -40-დან -5 °C-მდე ამალაგებს. დასმული კითხვის პასუხად შეიძლება მოვიყვანოთ ის, რომ მე-20 საუკუნის ბოლოს მსოფლიომ აღნიშნა ბორდოს ხსნარის გამოყენების 100 წლისთავი, ე.ი. ვახუშტი ბაგრატიონის მოღვაწეობის პერიოდში ვენახების შეწამვლა ბორდოს ხსნარით არ ხდებოდა. სეტყვის წარმოქმნაზე მარტო ბორდოს ხსნარის წვეთებისგან წარმოქმნილი Cu და SO₄ იონები არ ახდენენ გავლენას. არის ზინგერისა და პროპუხარის ცხრილში, მოყვანილი სხვა

Cu-იონების შემცველი აეროზოლებიც [3], რომლებიც ბორდოს ხსნარის წვეთების ანალოგიურად მოქმედებენ და წვეთის გაყინვის ტემპერატურას მაღლა სწევენ -5-მდე. მათ შორის არის ვერცხლ-იოდის რეაგენტი. სწორედ აღნიშნული რეაგენტი 50-70 გრამის რაოდენობით გამოიყენება დღეს სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტაში. ის იფანტება ღრუბლებში 2,5-4,5 კმ სიმაღლეზე 30-35 წამის განმავლობაში. აღნიშვნის ღირსია ისიც, რომ 1980-იან წლებში კვლევის შედეგად აღმოჩნდა, როდესაც ვენახებში შეწამვლა ხდებოდა და რომ კახეთის დასახლებული პუნქტების ჰაერში დიდი რაოდენობით Cu და SO₄ იონები იყო. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ჰაერის ნაკადის აღმავალი დინების დროს ისინი სეტყვის წარმოქმნის ზონაში ხვდებიან. ამას ისიც ადასტურებს, რომ სეტყვა მოდის ძირითადად 2-5 საათის პერიოდში, სწორედ ამ დროს იქნება ვენახების შეწამვისას დაგროვილი ბორდოს ხსნარის წვეთები მაქსიმალური რაოდენობა დაგროვილი ატმოსფეროში [1]. ცნობილია, რომ ღრუბლებში წვეთები სხვადასხვა სიდიდისაა და ხშირად ისეა SO₄ გადაციებული, რომ მისი ტემპერატურა შეიძლება -40°C-საც კი უდრიდეს [4], ამ დროს წვეთი მეტასტაბილურ მდგომარეობაში იმყოფება და თუ მასში მოხვდება კრისტალიზაციის ცენტრი [5], წვეთი მყისიერად იქცევა ყინულის კრისტალად (სეტყვად). ამიტომ განსაკუთრებით საშიშია როგორც ბუნებრივად, ასევე ხელოვნურად კრისტალიზაციის ცენტრების მოხვედრა ისეთ ღრუბლებში სადაც, სხვადასხვა ზომის წვეთები უკვე ფორმირებულია. შეიძლება, მან ხელი შეუწყოს სეტყვის წარმოქმნას. ასევე აღნიშვნის ღირსია ისიც, რომ წვეთი ყინულად გადაქცევისას ფართოვდება და, შესაბამისად, მისი სიმკვრივე მცირდება წყალთან შედარებით დაახლოებით 9%-ით, ამავე დროს პარალელურად კოაგულაცია მიმდინარეობს და სეტყვას უერთდება მცირე ზომის გადაციებული წყლის წვეთები, რომლებიც სწრაფად იყინება და ვიღებთ არა გლუვ გარსდენად სფეროს, არამედ სხვადასხვა ფორმის ხორკლიან სეტყვას. იზრდება სეტყვასა და ჰაერს შორის ხახუნის კოეფიციენტი. ამიტომ სეტყვა ჰაერის აღმავალ დინებას ადვილად გადააქვს მაღალ და ცივ ფენებში, სადაც იგი საგრძნობლად იზრდება, რაც კარგად ჩანს სტოქსის ფორმულიდან [6]:

$$F = C\rho U^2 L^2 \quad (1)$$

სადაც F არის ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა; C კი -წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; ρ ჰაერის სიმკვრივე, U - სეტყვის სიჩქარე, ხოლო L^2 სეტყვის კვეთის ფართობი.

ფორმულაში მოყვანილი წინააღმდეგობის კოეფიციენტი C კარგი გარსდენადი სხეულებისთვის 0,03-დან 0,05 მნიშვნელობამდე იცვლება, ცუდი გარსდენადისათვის კი იცვლება $C=1,0$ -დან 1,5-მდე.

აღმავალი დინებისას ხდება ჰაერის ადიაბატური გაფართოება და, შესაბამისად, ჰაერის გაციება, რაც წარმოშობს სეტყვის კრისტალს. კრისტალის წარმოქმნისას კი გამოიყოფა სითბო და, შესაბამისად, წარმოიქმნება, ტემპერატურათა სხვაობა სეტყვის კრისტალსა და მის გარშემო მყოფ ჰაერს შორის, ეს კი თავის მხრივ წარმოქმნის სეტყვის გარშემო ჰაერის მიკროაღმავალ დინებას. ჰაერის აღმავალ დინებას სეტყვა ატმოსფეროს უფრო მაღალ ფენებში მიაქვს, რაც თავის მხრივ იწვევს სეტყვის კრისტალის ზრდას. ასევე მნიშვნელოვანია ისიც, რომ რაც უფრო დიდხანს იმყოფება სეტყვა ღრუბლებში, სეტყვის კრისტალები ურთიერთდაჯახებისას წარმოქმნიან ნამსხვრევებს, რომლებიც თავის მხრივ კრისტალიზაციის ცენტრებად მოგვევლინებიან. სეტყვის კრისტალები აღმავალი დინების გარდა, იწყებენ დრეიფს, ქაოტურად მოძრაობენ სხვადასხვა მიმართულებით, რადგან მათი ნაწილი შეიცავს როგორც დადებით, ასევე უარყოფით იონებს და მათზე მოქმედებს ღრუბლებში წარმოქმნილი ელექტრონული ძალები, დედამიწის მაგნიტური ველი, მიზიდულობის და ასევე კორიოლისის ძალა. ღრუბლები გადაადგილდებიან სეტყვასთან ერთად და სეტყვის მოსვლის არეალი საგრძნობლად იზრდება [2]. ასევე იზრდება კოაგულაციის ხარისხიც და მეტასტაბილურ მდგომარეობაში მყოფი წვეთების კრისტა-

ლიზაცია, რადგან მათ მცირე ბიომე სჭირდებათ სტაბილურ მდგომარეობაში (კრისტალურში) გადასვლისთვის [3].

ჩვენმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ როგორც ვაზის შეწამვლის პროცესი, ასევე მისი სეტყვისგან დაცვა არც თუ უმტკივნეულოდ მიდის. ალბათ, ამიტომ თქვეს უარი ევროპის განვითარებულმა ქვეყნებმა ვენახების სეტყვისგან დასაცავად ღრუბლებში რაკეტებით კრისტალიზაციის ცენტრების შეტანის მეთოდზე, მიუხედავად იმისა, რომ სწორედ ისინი იყვნენ ამ მეთოდის გამოყენების პიონერები.

აღნიშვნის ღირსია, რომ თუ 100 წლის წინ მეცნიერებმა აღმოაჩინეს ბორდოს ხსნარით ვაზის წამლობის საშუალება, დღევანდელი განვითარებული მეცნიერების პირობებში იქნებ შეიქმნას ისეთი ნივთიერება, რომელიც სრულფასოვნად შეცვლის ბორდოს ხსნარს ვაზის წამლობისას და სეტყვის წარმოქმნის პროვოცირებას არ მოახდენს.

გვინდა აღვნიშნოთ, რომ სოფლის მეურნეობაში ბევრი კულტურაა, რომელიც პერიოდულად მოითხოვს შეწამვლას, შეწამვლა კი ხდება წამლის გაფრქვევით, რომლის ნაწილი ვერ აღწევს მცენარის ფოთლებამდე და ატმოსფეროში გაიბნევა. ამან კი სათანადო პირობების შემთხვევაში შეიძლება სეტყვის პროვოცირება მოახდინოს. ზემოთ აღნიშნულის გამო საჭიროა მცენარეთა შეწამვლისთვის გამოყენებული ნივთიერება შესწავლილი იყოს როგორც კრისტალიზაციის ცენტრი, რადგან ისეთივე შედეგი არ მივიღოთ, რასაც ვხვდებით ვენახების შეწამვლისას.

[1]-ში მოყვანილია პანკისის ხეობის მაგალითი, სადაც სეტყვა საერთოდ არ მოდიოდა, მაგრამ როგორც კი გააშენეს ვენახები და შესაბამისად შეწამვლა დაიწყო, ისეთივე ინტენსივობით დაიწყო სეტყვამ მოსვლა, როგორც კახეთის ვენახებით განაშენიანებულ ტერიტორიაზე. ეს მაგალითი ერთადერთი არ არის, მაგრამ ასევე არის საპირისპიროც, სადაც ვენახები იყო და ვაზი სხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურით შეცვალეს, რომელსაც შეწამვლა არ სჭირდება და იმ ტერიტორიაზე სეტყვის მოსვლაც შეწყდა, მაგალითად, დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე, კერძოდ, ენამთის ტერიტორიაზე მრავალი ათეული წლის განმავლობაში იყო გაშენებული ვენახები დაახლოებით 300 ჰა ფართობზე. საბჭოთა დროს ხდებოდა ქიმიური პრეპარატების (ბორდოს ხსნარის) შესხურება მანქანური ტექნოლოგიებით. ამავე პერიოდს ემთხვევა იქ სეტყვის გახშირებული შემთხვევებიც. ბოლო 20 წელზე მეტია, რაც ენამთის ტერიტორიაზე ვენახით დაკავებული ფართობი შემცირებულია ორ ჰექტრამდე, მისი შეწამვლა კი ხელით ხდება, რაც მაქსიმალურად ამცირებს ბორდოს ხსნარის მოხვედრას ატმოსფეროში. ვენახების ფართის შემცირების შემდეგ სეტყვის არც ერთი შემთხვევა არ დაფიქსირებულა ენამთის ტერიტორიაზე, რასაც ადასტურებს იქაური მოსახლეობა.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მიგვაჩნია, რომ საჭიროა შეიქმნას სხვა საშუალება ბორდოს ხსნარის შესაცვლელად ან შეწამვლის ისეთი მეთოდის გამოყენება, რომელიც მინიმუმადე დაიყვანს შესაწამლი ნივთიერების რაოდენობას ატმოსფეროში. ეს კი თავის მხრივ შეამცირებს ღრუბლებში სეტყვის წარმოშობაზე მოქმედ ადგილობრივ მდგომარეობას და სეტყვის პრობლემას ნაწილობრივ მაინც გადაჭრის [1].

ასევე მხედველობაში მისაღებია შეწამვლის დროს მევენახეობის რაიონებში ჰაერის ეკოლოგიური მდგომარეობა და არა მარტო ჰაერის, არამედ წყლისაც, რადგან შესაწამლი ნივთიერება ბოლოს წყალში ხვდება და შემდეგ სხვადასხვა გზებით ადამიანშიც. სპილენძი მძიმე მეტალია, რომელიც საწამლავია, ასევე SO_4 , რადგან წყალთან გარდაქმნისას წარმოქმნის H_2SO_4 - გოგირდმჟავას.

ნახ. 1-ზე მოცემულია შეწამვლის პროცესი, სადაც კარგად ჩანს, თუ რა რაოდენობით ბორდოს ხსნარი იფანტება დიდი დისპერსიით ჰაერში და მისი ძირითადი ნაწილი კი აღმავალ დინებას მიაქვს და ხვდება ღრუბლებში. ის იქ მოქმედებს როგორც კონდენსაციის, ასევე კრისტალიზაციის ცენტრად, რაც განხილულია [1]-ში. ამიტომ სეტყვის წინააღმდეგ ბრძოლა უნდა

დაიწყოს პირველ რიგში შეწამვლის ისეთი მეთოდების გამოყენებით, რომელიც შეამცირებს ბორდოს ხსნარის უმიზნო გაფრქვევას და ბორდოს ხსნარის შემადგენლობაში კი CuSO_4 .

P. S. ბოლოს გვინდა აღვნიშნოთ, რომ სეტყვის მოსვლა მარტო ვენახების შეწამვლების პერიოდს არ ემთხვევა, არის შემთხვევები რთველის დროსაც მოსულა სეტყვა, ეს კი იმით არის გამოწვეული, რომ ყურძნის კრეფის დროს მოსახლეობა ინტენსიურად ეხება ვაზებს და ბორდოს ხსნარის აორთქლებისას დატოვებული CuSO_4 -ის მტვერი ადის ატმოსფეროს ზედა ფენებში, რაც შეიძლება გახდეს სეტყვის წარმოშობის მიზეზი.



ნახ. 1. ვენახის შეწამვლა ბორდოს ხსნარით.

ლიტერატურა

1. კორძაბია მ. საქართველოს ჰავა. თბილისი, თბ. : საქ. სსრ აკად. გამ-ბა და სტ., 1961 წ.
2. Мествиришвили Ш. А. О причинах увеличения частоты градобитий в виноградарских районах. СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ, 140, # 2, 1990;
3. Сулаквелидзе Г.К. Ливневые осадки и град. Л.: Гидрометеиздат, 1967, 412 с.
4. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Справочник Облака и облачная атмосфера. Ленинград, Гидрометиздат, 1989 г. 647 стр.
5. Китагородский А. И. Введение в физику. Москва Наука, 1973. - 688 с.
6. Иванов Б.Н. Законы физики. Москва, Высшая школа, 1986. 336 с.

SOME THINGS ABOUT HAIL

***Mestvirishvili Sh., **Benashvili M., *Kodua M.**

** Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
**Agricultural University of Georgia, Tbilisi, Georgia*

Abstract. *The paper discusses the territorial unit most vulnerable to hail in Georgia, Kakheti, and its historical and current hail-related situation. With the help of the views of famous scientists as well as surveys, the authors of the paper concluded that nature isn't the only reason for hailstorms. The cause can also be the chemical substances used in the grapevine care process.*

Key words: *hail, Bordeaux solution, Kakheti, coagulation, poisoning.*

ამინდის პირობები და საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობა

ნარიმანიშვილი თ.

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია. სურსათის წარმოებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს, არა მარტო წარმოების დონეს, არამედ მის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს. ხორბლის მარცვლის ხარისხობრივი მაჩვენებლები დამოკიდებულია ჯიშზე, კლიმატურ პირობებზე და მოყვანის ტექნოლოგიაზე. აგროკლიმატური პირობები გავლენას ახდენს არა მარტო ხორბლის მოსავლიანობაზე, არამედ მარცვლის ხარისხზეც.

ხორბლის კულტურის თესვის ვადების შესწავლისას, შევეცადეთ დაგვედგინა თუ რა გავლენას ახდენს თესვის ვადები ხორბლის მოსავლიანობაზე. ხორბლის სავეგეტაციო პერიოდი ხასიათდებოდა განსხვავებული ბუნებრივ-კლიმატური პირობებით, რაც გამოიხატა შემოდგომის გვალვით და გაზაფხულზე მაღალი ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობით.

კვლევაში გამოყენებულია რეგიონში გავრცელებული ხორბლის ჯიშები: თბილისური 15, ახალციხის წითელი დოლის პური და საული 9. კვლევა ჩატარდა მოსავლიანობაზე ტესტის ვადების მიხედვით საკვანძო სიტყვები: კლიმატის ცვლილება, საშემოდგომო ხორბლი თესვის ვადები.

შესავალი.

მარცვლოვანი კულტურების წარმოებას განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება, რადგან მარცვლოვანი კულტურები სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საფუძველს წარმოადგენს. მეცნიერული გამოკვლევებით და არსებული მასალით დადგენილია, რომ საქართველო გამოირჩევა ხორბლის განსაკუთრებული, უნიკალური ენდემური სახეობების სიმრავლით [1; 2].

მიმდინარე ცვალებადმა კლიმატურმა პირობებმა მარცვლეული კულტურებისათვის აუცილებელი გახადა ისეთი მნიშვნელოვანი აგროტექნიკური ღონისძიების გადახედვა, როგორცაა თესვის ვადა. თესვის ვადის სწორად შერჩევაზეა დამოკიდებული ნათესის თანაბარი აღმოცენება, მისი შემოდგომიდანვე ნორმალურად განვითარება და წარმატებით გადაზამთრება. მნიშვნელოვანი გადახრა, როგორც ერთი, ისე მეორე მიმართულებით უარყოფით გავლენას ახდენს მოსავალზე, ამისათვის აუცილებელია მკაცრად დავიცვათ საშემოდგომო ხორბლისათვის თესვის ვადა.

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემებით ბოლო წლებში საქართველოში ხორბლის ადგილობრივი წარმოება მეტად არასტაბილურია და ნათესი ფართობების დინამიკა კლებადი ტენდენციით ხასიათდება [3]. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ხორბლის სტაბილური წარმოებისა და მაღალხარისხიანი მარცვლის მისაღებად ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატური პირობების და ტექნოლოგიის ადაპტური ელემენტების შემუშავება, რომელთაგანაც მნიშვნელოვანია თესვის ვადები, რადგან, რეგიონის სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი ძირითადი სისუსტე აგროკლიმატური რესურსის მალიმიტირებელი ფაქტორი, კერძოდ, მოკლე ვეგეტაციური პერიოდია.

კვლევის მიზანი.

კვლევითი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა გაგვესაზღვრა რა გავლენას ახდენს თესვის ვადები სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობაზე, მის განვითარებასა და ხარისხზე, დაგვედგინა სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის თესვის ოპტიმალური ვადები, მიღებული შედეგები აგვესახა საბაზისო რუკებში გეო-ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით.

კვლევის ობიექტი.

ჩენი კვლევის ფარგლებში მოსავლიანობის თესვის ვადების მიხედვით შესწავლა სამცხე-ჯავახეთის ზონაში მოხდა 2017-2019 წლებში. ცდა ჩატარდა ახალციხეში, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საცდელ ნაკვეთზე. საკვლევ მასალად აღებული გვექონდა ხორბლის სამი ჯიში: ადგილობრივი ჯიში - „ახალციხის წითელი დოლი“ *Triticum aestivum* var. *ferrugineum* Alef, საშემოდგომო ხორბლის პერსპექტიული ჯიში - „თბილისური 15“ და „საული 9“ *Triticum aestivum* „Sauli 9“.

თესვის დროის სწორედ შერჩევა, ხორბლის მაღალი მოსავლის მიღების ერთ-ერთი განმსაზღვრელი წინაპირობაა. არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური პირობები, შემოდგომაზე (ნალექების სიმცირე), ზამთარში და ადრე გაზაფხულზე იწვევს საშემოდგომო კულტურების შეთხელებას და ხშირად სრულ დაღუპვას [2; 6].

კვლევის მეთოდოლოგია.

კვლევის ფარგლებში შევარჩიეთ თესვის ოთხი ვადა: I ვადა - 20/09; II ვადა - 01/10; III ვადა - 10/10; IV ვადა - 20/10. თვითოეული ვადა გვექონდა ოთხ განმეორებაში. მთელს სავეგეტაციო პერიოდში ჩატარდა დაკვირვებები და აღრიცხვები: აღმოცენება, გადაზამთრება, ბარტყობა, აღერება, დათავთავება, ყვავილობა, სიმწიფე. მოსავლიანობის მაჩვენებლები დამუშავდა სტატისტიკური ანალიზის მეთოდით [7].

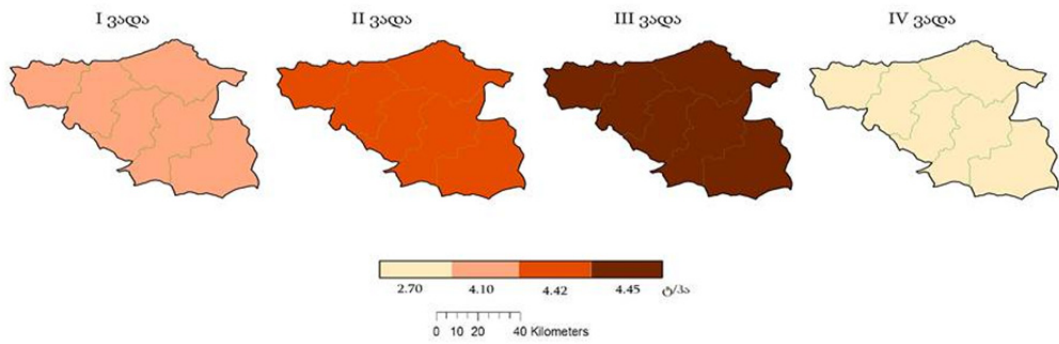
კვლევის შედეგები და ანალიზი.

მეცნიერულად დასაბუთებულია, რომ ოპტიმალურ ვადაში თესვის დროს ხორბალი ივითარებს ძლიერ ფესვთა სისტემას, იკეთებს სამ-ხუთ ნაბარტყს, ზამთრის სუსხს ადვილად უმკლავდება და უდანაკარგოდ იზამთრებს, გაზაფხულზე კარგი და ძლიერი ფესვთა სისტემის და ზამთარში მიწაში დაგროვილი ტენის დახმარებით ჯეჯილი სწრაფად იზრდება და ადვილად იტანს გვალვიან გაზაფხულს და კარგი მოსავლის მოცემა წვიმის და მორწყვის გარეშეც შეუძლია [2; 8; 10]. ოპტიმალურ ვადაზე გვიან თესვა კი, მნიშვნელოვნად ამცირებს მოსავალს, მცენარე ვერ ასწრებს ზრდა-განვითარებას, ფესვთა სისტემა განუვითარებელი რჩება და ბარტყიც არ აქვს, ასეთი ჯეჯილი ვეღარ ასწრებს მეორე ბარტყობას და ყანა მეჩხერი რჩება.

მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საშუალო მოსავლიანობა ხორბლის სამივე ჯიშის შემთხვევაში ყველაზე მაღალი იყო თესვის მეორე და მესამე ვადაში თესვისას.

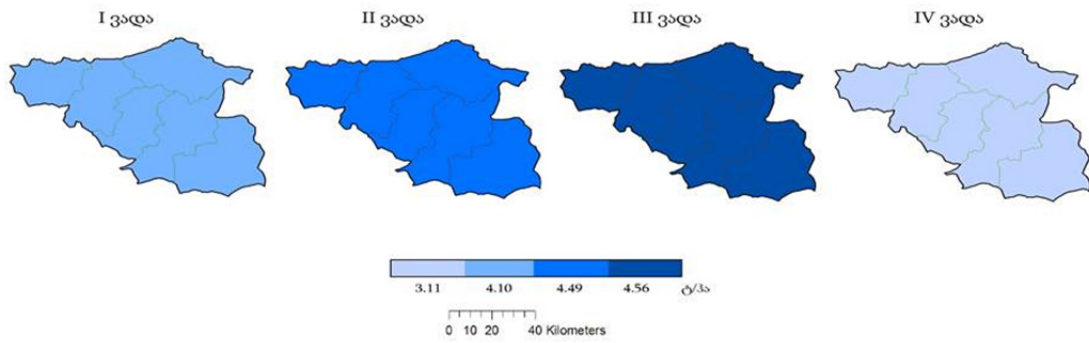
კვლევის ერთ-ერთ ამოცანას წარმოადგენდა საბაზისო გეო-ინფორმაციული რუკების სერიის შექმნა თითოეული ჯიშისთვის თესვის ვადების მიხედვით. ამ ამოცანის გადაწყვეტისთვის გამოყენებული იქნა GIS ტექნოლოგიების პროგრამული უზრუნველყოფის esri-ის პროდუქტი ArcGIS-ი. ამ პროგრამის საშუალებით კვლევის შედეგების მონაცემების საფუძველზე მოხდა გეოინფორმაციული რუკების აგება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისთვის საკვლევი საშემოდგომო ხორბლის თითოეული ჯიშისთვის (ახალციხის წითელი დოლი, თბილისური 15, საული 9) თესვის ოთხივე ვადაში (I ვადა - 20/09; II ვადა - 01/10; III ვადა - 10/10; IV ვადა - 20/10). რუკები მოცემულია ნახ.1-3-ში.

სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - ახალციხის წითელი დოლის
 თესვის ვადების გავლენა მოსავალზე (ტ/ჰა), 2017-2019წწ



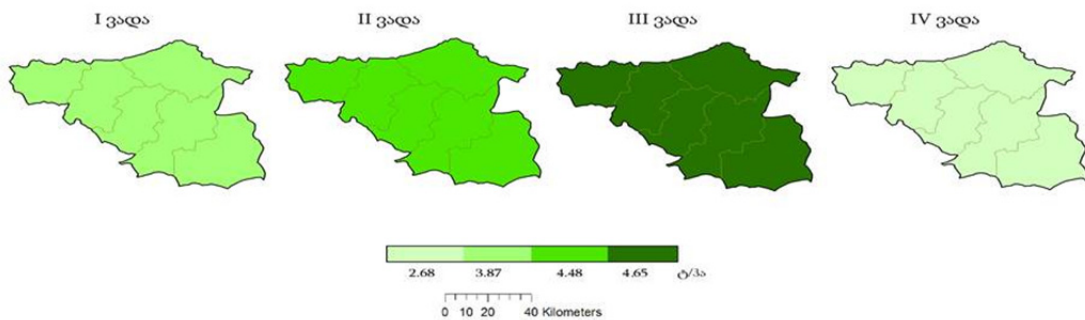
ნახ. 1. სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - ახალციხის წითელის დოლის თესვის
 ვადების გავლენა მოსავალზე (ტ/ჰა).

სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - თბილისური 15-ის
 თესვის ვადების გავლენა მოსავალზე (ტ/ჰა), 2017-2019წწ



ნახ. 2. სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - თბილისური 15-ის თესვის ვადების
 გავლენა მოსავალზე (ტ/ჰა).

სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - საული 9-ის
 თესვის ვადების გავლენა მოსავალზე (ტ/ჰა), 2017-2019წწ



ნახ. 3. სამცხე-ჯავახეთში საშემოდგომო ხორბლის - საული 9-ის თესვის ვადების გავლენა
 მოსავალზე (ტ/ჰა).

ნახ. 1-ში მოცემულია ოთხი რუკა, რომლებიც გვამჩვენებს საშუალებას დავახასიათოდ ახალციხის წითელი დოლის პროდუქტიულობა თესვის ოთხივე ვადაში. როგორც ნაჩვენებია, რუკები ნახაზზე შეფერილია ღიადან მუქისკენ, შესაბამისად მოსავლიანობა იზრდება ღიადან მუქისკენ.

ასევეა ნახ.2-ის (თბილისური 15) და ნახ.3-ის (საული 9) შემთხვევაშიც, თითოეულ მათგანზე ნაჩვენებია ოთხი რუკა, რომლებიც ახასიათებენ თესვის ოთხივე ვადაში შესაბამისი ჯიშების მოსავლიანობის დინამიკას.

უძველესი ადგილობრივი ჯიში ახალციხის წითელი დოლი უფრო ნაკლებად რეაგირებს თესვის ვადაზე, თუმცა 7-8% მოსავლის მატება ნამდვილად კარგი შედეგია. დაგვიანებული თესვა კი როგორც მოსალოდნელი იყო მნიშვნელოვნად ამცირებს მოსავლიანობას (65%). ადგილობრივი ჯიშის ხარისხობრივი მაჩვენებლები მაღალია, მაგრამ დაგვიანებული თესვის ვადა მკვეთრად ამცირებს 1000 მარცვლის მასას.

ჯიში თბილისური 15-ის მეორე და მესამე ვადაში ნათესი კიდევ უფრო მეტი მოსავლიანობით ხასიათდება (9-11%) და ამასთანავე 1000 მარცვლის მასა მკვეთრად მატულობს, რაც მის ხარისხობრივი მაჩვენებლების მატებაზე და მოსავლის მაღალ პოტენციალზე მიუთითებს. დაგვიანებული თესვა ამ ჯიშისთვისაც მნიშვნელოვანია და მოსავლიანობა ეცემა 75%-ით.

ჯიში საული 9 უფრო მეტი სტაბილურობით გამოირჩევა. მეორე და მესამე თესვის ვადა მოსავლის მნიშვნელოვან მატებას გვამჩვენებს (15-20%). დაგვიანება ამ შემთხვევაშიც ზარალს 69%-ით ზრდის. ისევე როგორც ახალციხის წითელ დოლში გვიანი ნათესი მკვეთრად აუარესებს მარცვლის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს.

დასკვნა

- წარმოებული კვლევებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ხორბლის თესვის ოპტიმალური ვადაა 1-15 ოქტომბერი.
- ადრე არსებული თესვის ოპტიმალურ ვადად მიღებული იყო 15 სექტემბერი 15 ოქტომბერი. ჩვენს მიერ მიღებულმა მონაცემებმა დაგვარწმუნა, რომ სექტემბერში დათესილი ხორბალი მოსავლიანობით მკვეთრად ჩამორჩება ოქტომბრის დასაწყისში დათესილს (8%, 11% და 20%). დაგვიანებული თესვა 15 ოქტომბრის შემდეგ ნათესის მოსავლიანობას ამცირებს 65-75%-ით.
- ფერმერებისათვის მნიშვნელოვანია თესვის ოპტიმალური ვადების შემცირება, რაც მიგვანიშნებს, რომ თესვა უნდა განხორციელდეს შემჭიდროებულ ვადაში, 10-15 დღეში.
- სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ხორბლის თესვის ოპტიმალური ვადის გათვალისწინება საშუალებას მოგვცემს მოსავლიანობა მკვეთრად გავაუმჯობესოთ.
- ამასთანავე, ექსპერიმენტის შედეგებმა აჩვენა, რომ მარცვლეულის ხარისხი და მოსავლიანობა დამოკიდებულია, როგორც თესვის ვადაზე, ასევე, ჯიშის ბიოლოგიურ მახასიათებლებზე, ნიადაგურ-კლიმატურ და აგროტექნიკურ პირობებზე.

ლიტერატურა

1. საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარების სტრატეგია 2015-2020 // საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, საქართველო, 2015.
2. სამადაშვილი ც., ჩხუტიაშვილი გ. საქართველო ხორბლის წარმოშობის სამშობლოა // ს/მ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 2017, N2(38),
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემები 17.04.2019 წელი // საქართველო, 2019.
4. ხორბლის მოვლა-მოყვანის თანამედროვე ტექნოლოგია (მეთოდური მითითება) // ს/მ სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი. თბილისი, 2016.

5. ნასყიდაშვილი პ. ხორბლის სელექცია საქართველოში//თბილისი. 1983.
6. სამადაშვილი ც., ჩხუტიაშვილი გ., ბენდიანიშვილი ნ. რბილი ხორბლის ქართული ჯიშების პოტენციალური მოსავლიანობა და მათი გავრცელების შესაძლებლობები // “აგრარული საქართველო“, 2017, #3, გვ.16-18.
7. ჭანიშვილი შ., ტყეშუჩავა ზ., ბუცხრიკიძე გ. საცდელი საქმის მეთოდის მემცენარეობაში // თბილისი, 2017.
8. ჟ. გაბრიჩიძე. ახალი აგარული საქართველო // 2019.
9. სამადაშვილი ც., ჩხუტიაშვილი გ., ჯულუხიძე ზ. ხორბლის თესვა-მოყვანის აგროტექნოლოგია. მეთოდური მითითება ფერმერებისათვის // ს/მ სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი, 2015.
10. ქევიშვილი ვლ. მიწათმოქმედების პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგია // თბილისი, 1998.
11. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური (2016 წელი დაზუსტებული)/საქსტატი. საქართველო, 2017.

WEATHER AND AUTUMN WHEAT YIELD

Narimanishvili T.

Samtskhe-Javakheti State University, Akhaltsikhe, Georgia

Abstract. *In food production, not only the level of production but also its quality indicators are of great importance. The quality of wheat grains depends on the variety, climatic conditions and cultivation technology. Agro-climatic conditions affect not only wheat yield but also grain quality.*

In studying the timing of sowing of the wheat crop, we tried to determine the effect of sowing timing and climatic conditions on wheat yield and quality. The vegetation period of wheat was characterized by different natural-climatic conditions, which were manifested by the drought of autumn and the sharp variability of high temperatures in spring.

The study used wheat varieties common in the region: Tbilisi 15, Red Doli bread of Akhaltsikhe and Sauli 9. On the content of chemicals in grains, we conducted an experimental study.

Phenological observations were made during the vegetation period: emergence, recording, pruning, plant resistance to dormancy, disease resistance.

Key words: *climate change, winter wheat sowing dates.*

ატმოსფერული ნალექის გავლენა კარტოფილის მოსავლიანობაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში

წიკლაური გ., ბეგლარაშვილი ნ., ტყებუჩავა ზ.

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია. გაეროს სურსათის და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (FAO) [6] მონაცემებით, მსოფლიო მასშტაბით, კარტოფილი ხუთ ყველაზე დიდი რაოდენობით წარმოებულ პროდუქტს შორის მეხუთე ადგილზეა.

საქართველოში სოფლის მეურნეობა ძირითად ეკონომიკურ სექტორს წარმოადგენს. საქართველოში კარტოფილის მწარმოებელი წამყვანი რეგიონია სამცხე-ჯავახეთი.

ისეთი კლიმატური მახასიათებელი, როგორცაა ატმოსფერული ნალექი და მისი ძირითადი მახასიათებლები სოფლის მეურნეობის კულტურების და მათ შორის კარტოფილის წარმოებაზე, მის მოსავლიანობასა და ხარისხის მაჩვენებელზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს.

ნაშრომის მიზანი იყო გამოგვეკვლია ახდენს თუ არა გავლენას ატმოსფერული ნალექის მაჩვენებელი კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში.

საკვლევ პერიოდად შეირჩა 2006-2020 წლები. ორი კომპონენტის (კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობა და ატმოსფერული ნალექების დინამიკა) არსებული მონაცემების გამოყენებით და საოფისე პროგრამა Microsoft Excel-ის საშუალებით ავაგეთ ორ კომპონენტის კომბინირებული დიაგრამები და მისი ანალიზის საფუძველზეც დავადგინეთ, რომ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის მაჩვენებლები მაღალ კორელაციურ კავშირშია რეგიონში ატმოსფერული ნალექების განაწილების დინამიკასთან.

საკვანძო სიტყვები: მეტეოროლოგია, ატმოსფერული ნალექი, კარტოფილის კულტურა.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში კარტოფილის წარმოება მზარდი ტენდენციებით ხასიათდება. ცნობილია, რომ საქართველოში კარტოფილის წარმოების დიდი წილი სამცხე-ჯავახეთის რეგიონზე მოდის და ქვეყნის მთლიან წარმოებაში 64%-ს შეადგენს [5], რაც კარტოფილის წარმოების მაღალი მაჩვენებელია.

ისეთი კლიმატური მახასიათებელი, როგორცაა ატმოსფერული ნალექი და მისი ძირითადი მახასიათებლები სოფლის მეურნეობის კულტურების წარმოებაზე, მის მოსავლიანობასა და ხარისხის მაჩვენებელზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს.

საქართველოში თავისი გეოგრაფიული მდებარეობიდან და ოროგრაფიული პირობებიდან გამომდინარე, ატმოსფერული ნალექების ფართო დიაპაზონი გვაქვს. შესაბამისად იგი განსხვავებული გავლენით ხასიათდება სხვადასხვა კულტურის წარმოებაზე ქვეყნის მასშტაბით.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე გამოგვეკვლია ახდენს თუ არა გავლენას ატმოსფერული ნალექის მაჩვენებელი კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში.

დასახული მიზნის მისაღწევად საჭიროდ მივიჩნიეთ შემდეგი ამოცანების დასმა და გადაწყვეტა:

- კარტოფილის კულტურის წარმოების ძირითადი მაჩვენებლების დადგენა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში;
- ატმოსფერული ნალექების განაწილება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში;
- კავშირის დადგენა კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობასა და ატმოსფერული ნალექების განაწილებას შორის სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში.

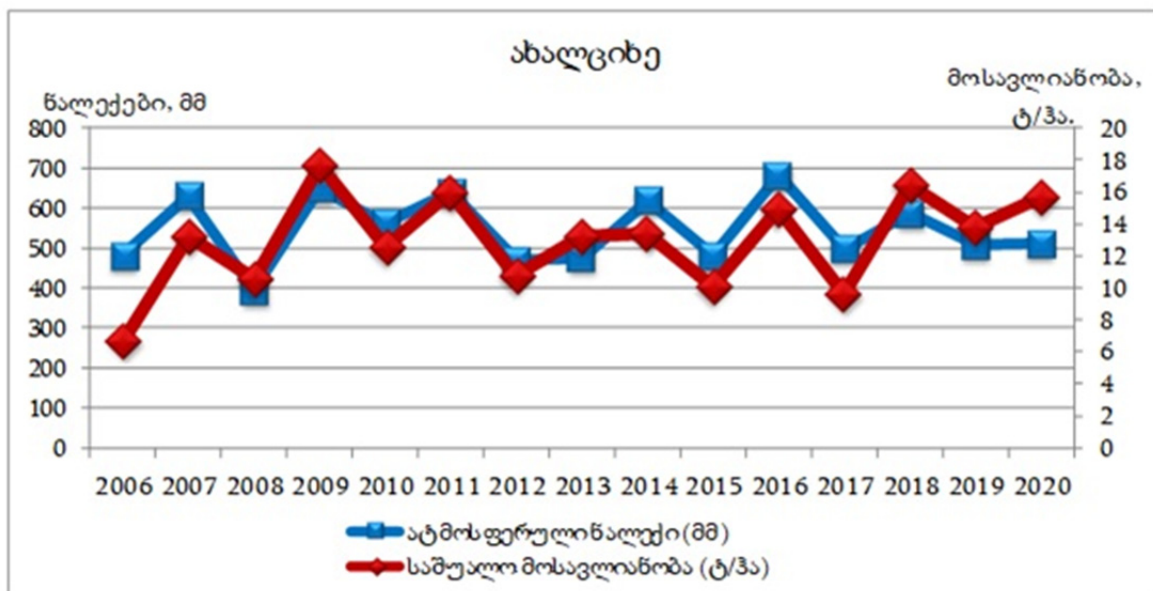
საკვლევ პერიოდად შევარჩიეთ საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემთა ბაზაში არსებული და ხელმისაწვდომი სრული პერიოდი, რომელიც მოიცავს 2006-2020 წლებს [2; 3; 4].

უშუალოდ საკვლევ პერიოდისათვის (2006-2020წწ) ატმოსფერული ნალექების განაწილების მონაცემები (ყოველთვიური მონაცემები, მმ-ში) სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისათვის გამოვითხოვეთ საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტოდან [1].

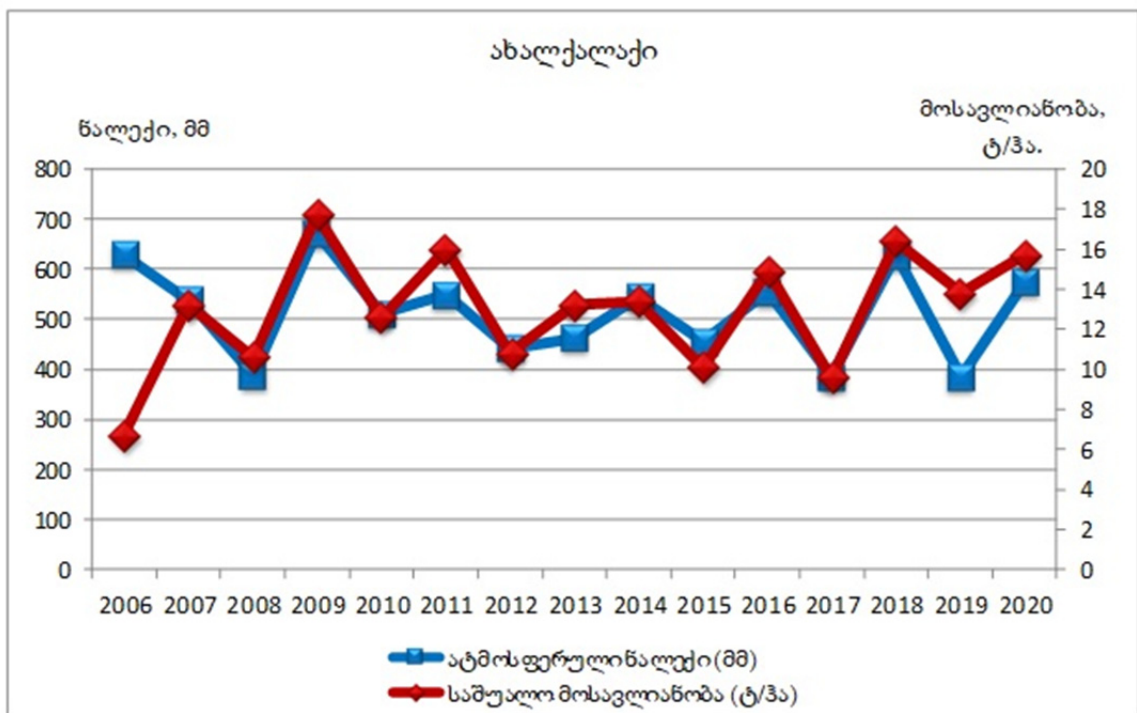
ამდენად, ამ ორი კომპონენტის (კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობა და ატმოსფერული ნალექების დინამიკა) მონაცემების გამოყენებით და საოფისე პროგრამა Microsoft Excel-ის საშუალებით ავაგეთ ორ კომპონენტის კომბინირებული დიაგრამები (ნახ. 1-5). ამ სახის კომბინირებულმა დიაგრამებმა საშუალება მოგვცა ერთ გრაფიკულ გამოსახულებაზე შემოგვეთავაზებინა ორივე საკვლევ კომპონენტი: კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობა და ატმოსფერული ნალექების დინამიკა. ამ სტილით შექმნილმა გრაფიკებმა შესაძლებლობა მოგვცა დაგვენახა არსებობდა თუ არა კორელაცია კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობასა და ატმოსფერული ნალექების დინამიკას შორის.

გრაფიკები ავაგეთ სამცხე-ჯავახეთის იმ მეტეოსადგურისათვის, რომელთა უწყვეტი მონაცემები გვქონდა საკვლევ 2006-2020 წლების პერიოდისათვის. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ასეთი მეტეოსადგურები იყო: ახალციხე, ახალქალაქი, ბორჯომი, ხერთვისი, ბაკურიანი.

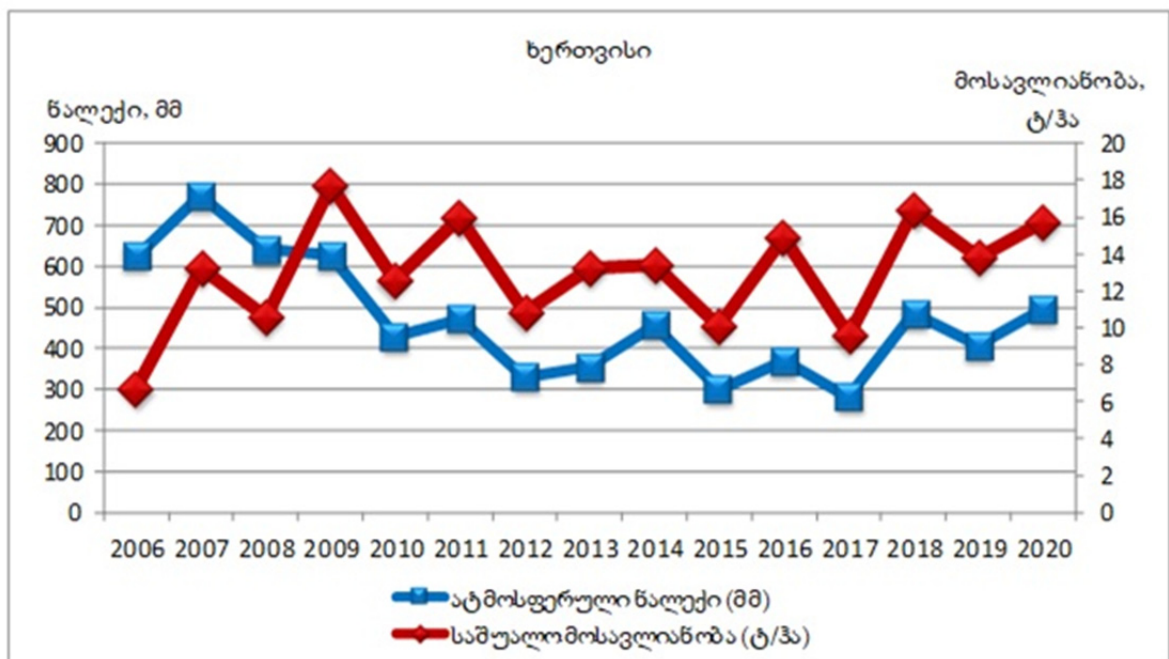
მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შესრულებულმა სამუშაომ გაამართლა, რაც კარგად აისახა იმ გრაფიკულ გამოსახულებებზე რომელთაც წარმოვიდგინეთ ნახაზებზე 1-5.



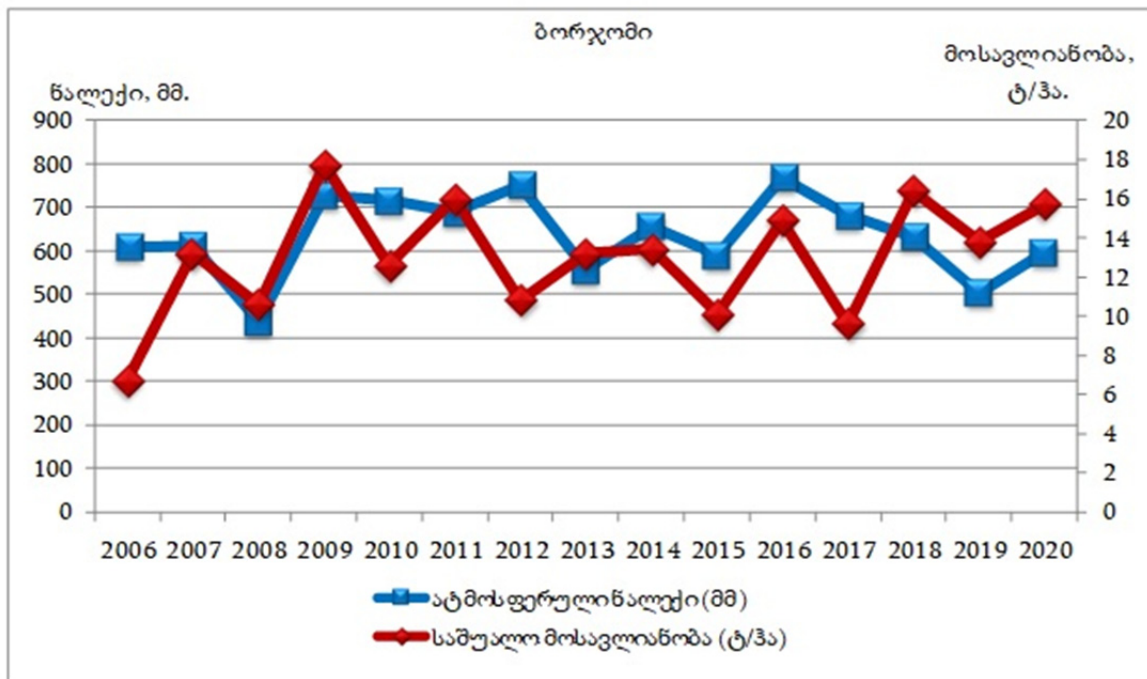
ნახ. 1. ატმოსფერული ნალექის და კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის დინამიკა 2006-2020 წლებში (ახალციხე).



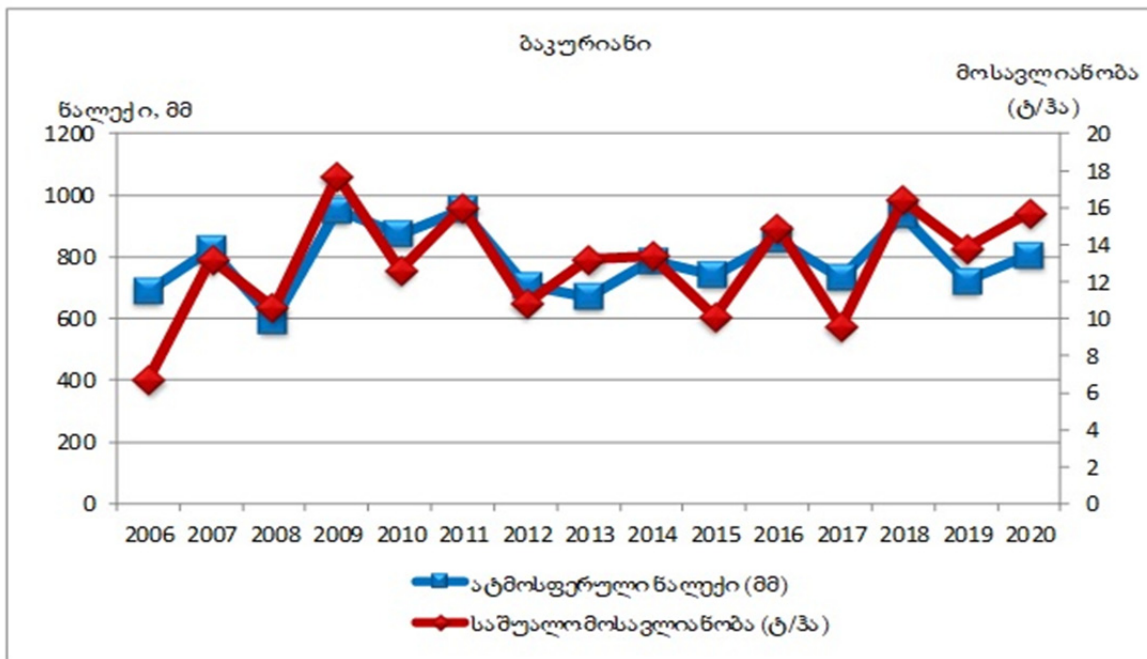
ნახ. 2. ატმოსფერული ნალექის და კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის დინამიკა 2006-2020 წლებში (ახალქალაქი).



ნახ. 3. ატმოსფერული ნალექის და კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის დინამიკა 2006-2020 წლებში (ხერთვისი).



ნახ. 4. ატმოსფერული ნალექის და კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის დინამიკა 2006-2020 წლებში (ბორჯომი).



ნახ. 5. ატმოსფერული ნალექის და კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის დინამიკა 2006-2020 წლებში (ბაკურიანი).

15 წლიანი კვლევის ანალიზის შედეგები მნიშვნელოვნად ადასტურებს, რომ კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობა მაღალი პროცენტით თანხვედრაშია რეგიონის ატმოსფერული ნალექების დინამიკასთან.

ამდენად, მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ კვლევის მიზანმა და ამ კვლევის შესასრულებლად დასახულმა ამოცანებმა და შესრულებულმა სამუშაოებმა

დადებითი შედეგი გამოიღო. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობის მაჩვენებლები მაღალ კორელაციურ კავშირშია რეგიონში ატმოსფერული ნალექების განაწილებასთან.

ატმოსფერული ნალექების დინამიკა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არ წარმოადგენს მალიმიტირებელ ფაქტორს კარტოფილის კულტურის მოსავლიანობაში.

ლიტერატურა

1. გარემოს ეროვნული სააგენტო. 2000-2020 წლების ატმოსფერული ნალექების ყოველთვიური მონაცემები სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისთვის. 2022.
2. საქართველოს სტატისტიკი ეროვნული სამსახური. საქართველოს სოფლის მეურნეობა 2015. <https://www.geostat.ge/ka/single-categories/102/sakartvelos-soflis-meurneoba>
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. საქართველოს სოფლის მეურნეობა, 2020. <https://www.geostat.ge/ka/single-categories/102/sakartvelos-soflis-meurneoba>
4. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. სტატისტიკური ინფორმაცია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის შესახებ, 2022.
5. სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი 2017. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში კარტოფილის წარმოება მზარდი ტენდენციები. <https://srca.gov.ge/news/4308>
6. World Food and Agriculture. Statistical Pocketbook, 2018, 28. FAO Statistics. <https://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>

IMPACT OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON POTATO YIELD IN SAMTSKHE-JAVAKHETI REGION

Tsiklauri G., Beglarashvili N., Tkebuchava Z.

Samtskhe-Javakheti State University, Akhaltsikhe, Georgia

Abstract. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in 2016, potatoes were the fifth largest product in the world.

Agriculture is the main economic sector in Georgia. Samtskhe-Javakheti is the leading potato producer in Georgia. Atmospheric precipitation and its main characteristics have a significant impact on the production, yield and quality of agricultural crops, including potatoes.

The aim of the master thesis was to investigate whether atmospheric precipitation affects the yield of potato crop in Samtskhe-Javakheti region.

2006-2020 was selected as the study period. Using existing data from two components (potato crop yield and atmospheric precipitation dynamics), we constructed two-component combined diagrams using Microsoft Excel Office software. Based on its analysis, we found that the yield of potato crop in the Samtskhe-Javakheti region is highly correlated with the dynamics of distribution of atmospheric precipitation in the region.

Key words: meteorology, atmospheric precipitation, potato culture.

სარჩევი – Content

ავტორები – მოხსენება/Autors - Paper	გვ. pp.
Tataryan V.H. - DEVELOPMENT OF A SPECIAL MACROSEISMIC SCALE BASED ON THE DATA OF CHURCHES DAMAGED BY THE 1926 LENINAKAN EARTHQUAKE	3-6
Tatoyan S.S. - ILLEGAL STRUCTURAL MODIFICATIONS AFFECTING THE SEISMIC VULNERABILITY OF MULTI-APARTMENT BUILDINGS	7-10
Abduvaliev A.A., Nurmukhamedov I.I., Eshmurodov A.P. - APPLICATION OF INTEGRATED INTERPRETATION OF GEOPHYSICAL DATA IN SEARCH OF HIDDEN MINERALIZATION (ON EXAMPLE OF SULTAN-UVAIS AND TAMDYTAU MOUNTAINS)	11-13
Sborshchikovi A., Mepharidze E., Chelidze T., Matcharashvili T., Zhukova N., Tepnadze D., Laliashvili L. - THE ANALYSIS OF DYNAMICAL CHANGES OF BEHAVIOR OF ENGURI ARCH DAM	14-17
ვარამაშვილი ნ., ამილახვარი დ., დვალი ლ., ქიტესაშვილი ლ. - ელექტროძიების მეთოდების გამოყენება მეწყერის შესწავლაში Varamashvili N., Amilakhvari D., Dvali L., Kitesashvili L. - APPLICATION OF ELECTROPROSPECTING METHODS IN THE STUDY OF LANDSLIDES	18-21
Jimsheladze T., Melikadze G., Kobzev G., Tchankvetadze A., Razmadze-Brokishvili T. - HYDRODYNAMIC ANOMALIES RELATED WITH PREPARATION OF EARTHQUAKES MAG>4 IN GEORGIA (2022)	22-25
იორდანიშვილი კ., იორდანიშვილი ი., ირემაშვილი ი., კანდელაკი ნ., ბილანიშვილი ლ. - საქართველოს წყალსაცავებით აღძრული სეისმური მოვლენები Iordanishvili K., Iordanishvili I., Iremashvili I., Kandelaki N., Bilanishvili L. - SEISMIC EVENTS CAUSED BY WATER RESERVOIRS OF GEORGIA	26-30
ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ., მებაღიშვილი ნ. - დუშეთის გეომაგნიტური ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერის სტატისტიკური ანალიზი Kiria T., Nikolaishvili M., Chkhaidze T., Mebaghishvili N. - THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE 2020-2021 MINUTELY RECORD OF THE MAGNETIC FIELD COMPONENTS AT THE DUSHETI GEOMAGNETIC OBSERVATORY	31-34
ბურდილაძე ლ. კობაიძე დ. - მზის აქტივობის ანალიზი სპექტრალური და რეკურენტული მეთოდებით Burdiladze L. Kobaidze D. - ANALYSIS OF SOLAR ACTIVITY WITH SPECTRAL AND RECURRENCE METHODS	35-39
ღურჭუმელია ა. - დედამიწის მაგნიტოსფეროს გარდამავალ ფენაში ტურბულენტობის მულტიფრაქტალური ანალიზი Gurchumelia A. - MULTIFRACTAL ANALYSIS OF TURBULANCE IN EARTH'S MAGNETOSHEATH	40-44
არაბაშვილი ნ. - სისტემის სანდოობის შეფასების ამოცანა მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით Arabashvili N. - SYSTEM RELIABILITY ASSESSMENT TASK USING MONTE CARLO METHOD	45-47
კუხალაშვილი ვ. - ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკისა და მინარევების გავრცელების ზოგიერთი ამოცანის მათემატიკური მოდელირება	48-51

Kukhalashvili V. - MATHEMATICAL MODELING OF SOME PROBLEMS OF THE SEA AND ATMOSPHERIC DYNAMICS AND IMPURITY DISTRIBUTION	
Artunov N. - INVESTIGATION OF FLOODING EVENT IMPACT ON TERRITORIAL PLANNING IN THE SHAKI DISTRICT	52-54
დავითაშვილი მ., ბერძენიშვილი ნ., მარგალიტაშვილი დ., ბერძენიშვილი ნ. - წყლის რესურსების პოტენციალის შეფასება დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში Davitashvili M., Berdzenishvili N., Margalitashvili D., Berdzenishvili N. - ASSESSMENT OF POTENTIAL OF WATER RESOURCES IN DEDOPLISTSKARO MUNICIPALITY	55-58
Shubitidze M.N, Ivanishvili N.I, Salukvadze E.D, Gogebashvili M.E, Kvashilava T.Z. - THE IMPORTANCE OF RELIEF OF MOUNTAINOUS LANDSCAPES IN THE PROCESS OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF PHYTOCENOSIS	59-62
მათიაშვილი ს., ჩანქსელიანი ზ., მეფარიძე ე. - ჩერნობილის კატასტროფის რადიონუკლიდური დაბინძურების დინამიკური ცვლილების შეფასება, დასავლეთ საქართველოს ნიადაგების მაგალითზე Matiashvili S., Chankseliani Z., Mepharidze E. - EVALUATION OF THE DYNAMIC CHANGE OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF THE CHERNOBYL DISASTER, ON THE EXAMPLE OF THE SOILS OF WESTERN GEORGIA	63-66
აბულაძე თ., გვარიშვილი ნ., კიკნაძე ნ. - აჭარის ზღვისპირა დაბლობის წითელმიწა ნიადაგების დაბინძურების პრობლემები და მთისწინეთის კოლხური ტყის შთენილები Abuladze T., Gvarishvili N., Kiknadze N. - PROBLEMS OF CONTAMINATION OF THE RED SOILS OF THE COASTAL ADJARA PLAIN AND THE OFFSPRING OF THE COLCHIC FOREST OF THE FOOTHILLS	67-71
შუბლაძე ე. - არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების მიმდებარე ტერიტორიების მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების რეგენერაცია კლინოპტილოლითის გამოყენებით Shubladze E. - REGENERATION OF SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS IN SERAUNDING AREAS OF UNCONTROLLED LANDFILLS USING CLINOPTILOLITE	72-77
ყიფიანი გ. დარჩიძე გ. - აჭარის დასახლებულ ადგილებში გამდინარე მდინარეების დაბინძურების კერების შესწავლა Kipiani G. Darchidze G. - STUDY OF THE CENTERS OF POLLUTION OF FLOWING RIVERS IN POPULATED AREAS OF ADJARA	78-82
Darchidze G., Chkhubiani D. - A COMPLETE STUDY OF THE BED OF THE "TIBETA WATER" RIVER IN THE VILLAGE OF TIBETA IN THE ADJARA REGION TO IDENTIFY THE SOURCE OF E.COLI CONTAMINATION	83-87
შავლიაშვილი ლ., კუჭავა გ., შუბლაძე ე., ტაბატაძე მ. - რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის რეგიონის ბუნებრივი წყლების ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის შესწავლა Shavliashvili L., Kuchava G., Shubladze E., Tabatadze M. - STUDY OF HYDROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF NATURAL WATERS OF RACHA-LECHKHUMI AND KVEMO SVANETI REGION	88-93
გალოგრე გ. - სასმელი წყლის გამწმენდი მაღალი ქიმიური მდგრადობის მფილტრავი მასალის მიღების მეთოდი Galogre G. - A METHOD OF OBTAINING FILTER MATERIAL OF HIGH CHEMICAL STABILITY FOR DRINKING WATER PURIFICATION	94-96
გიგაური ნ., ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., მდივანი ს. - ქ. რუსთავის ატმოსფეროში მიკრონაწილაკების შემცველობის შეფასება ექსპერიმენტული გაზომვებით	97-101

Gigauri N., Pipia M., Beglarashvili N., Mdivani S. - EVALUATION OF THE CONTENT OF MICROPARTICLES IN THE ATMOSPHERE OF RUSTAVI BY EXPERIMENTAL MEASUREMENTS	
გიგაური ნ., სურმავა ა. - ე. რუსთავის ატმოსფეროს მიკრონაწილაკებით დაჭუჭყიანების შეფასება რიცხვითი მოდელირებით Gigauri N., Surmava A. - EVALUATION OF THE CONTAMINATION OF THE ATMOSPHERE OF RUSTAVI WITH MICROPARTICLES BY NUMERICAL MODELING	102-106
Kerimov B., Chernyshev R. - REVIEW OF MACHINE LEARNING METHODS IN THE ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS	107-110
Palavandishvili A. - EVALUATION OF NATURAL DISASTERS USING MACHINE LEARNING AND BIG DATA FOR GEORGIA	111-115
Tatishvili M., Palavandishvili A., Samkharadze I. - DISASTER RISK REDUCTION AND CLIMATE RESILIENCE IN NATURE BASED SOLUTIONS USING IN-SITU AND SATELLITE DATA FOR GEORGIA SUSTAINABLE DEVELOPMENT	116-118
Tatishvili M., Palavandishvili A., Tsitsagi M., Gulashvili Z., Suknidze N. - DROUGHT EVALUATION BASED ON SPEI, SPI INDICES FOR GEORGIAN TERRITORY	119-121
Borysenko K. B., Dovzhenko P. S. - THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN COMBINATION WITH MOBILE APPLICATIONS FOR THE NEEDS OF COLLECTING TOURISM	122-124
Veselova K.S., Borysenko K.B. - MONITORING OF CHANGES IN ECOSYSTEMS AS A RESULT OF HOSTILITIES ON THE TERRITORY OF UKRAINE (ON THE EXAMPLE OF THE DVORICHANSKYI NATIONAL NATURAL PARK, KHARKIV REGION)	125-127
ხანდოლიშვილი ლ. - კლიმატის ცვლილების ასახვა კარსტულ რელიეფში (ჭიათურის მუნიციპალიტეტი) Khandolishvili L. - REFLECTION OF CLIMATE CHANGE IN KARST TERRAIN (CHIATURA MUNICIPALITY)	128-131
ქართველიშვილი ლ., ქოთოლაშვილი გ., ხეცურიანი მ., სულაძე ს. - კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება სამშენებლო კლიმატური დარაიონებისას კლიმატის ცვლილების ფონზე Kartvelishvili L., Kotolashvili G., Khetsuriani M., Suladze S. - CONSIDERATION OF COMPLEX CLIMATIC PARAMETERS DURING CONSTRUCTION CLIMATIC REGIONS IN THE BACKGROUND OF CLIMATE CHANGE	132-135
შენგელია ლ., გულიაშვილი გ., ბერიძე ს., კორძახია გ., თვაური გ. - ბოლო ათწლეულში აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის ტერიტორიაზე არსებული თოვლნარების კვლევა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედების პირობებში თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების გამოყენებით Shengelia L., Guliashvili G., Beridze S., Kordzakhia G., Tvauri G. - RESEARCH OF SNOWFIELDS EXISTING IN THE TERRITORY OF THE AUTONOMOUS REPUBLIC OF ABKHAZIA IN THE LAST DECADE UNDER THE IMPACT OF THE CURRENT CLIMATE CHANGE BASED ON SATELLITE REMOTE SENSING	136-139
სამხარაძე ი., დავითაშვილი თ. - ლოკალური ატმოსფერული პროცესების განვითარების დინამიკა და ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობა Samkharadze I., Davitashvili T. - DEVELOPMENT DYNAMICS OF LOCAL ATMOSPHERIC PROCESSES AND THERMODYNAMIC STATE OF THE ATMOSPHERE	140-144

კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი., ფიფია მ. - აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა რეგულირების სამუშაოთა განვითარების ზოგიერთი ასპექტი Kapanadze N., Mkurnalidze I., Pipia M. - SOME ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF PRECIPITATION REGULATION WORKS IN EASTERN GEORGIA	145-150
მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ., ხუციშვილი ე. - ელვა და მისი ზემოქმედება ადამიანზე Mkurnalidze I., Kapanadze N., Khutsishvili E. - LIGHTNING AND ITS EFFECTS ON HUMANS	151-153
Amiranashvili A., Chelidze T., Svanadze D., Tsamalashvili T., Tvauri G. - COMPARISON OF DATA FROM GROUND-BASED AND SATELLITE MEASUREMENTS OF THE MONTHLY SUM OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE EXAMPLE OF TBILISI CITY IN 2001-2020	154-158
Amiranashvili A., Jamrishvili N., Janelidze I., Pipia M., Tavidashvili Kh. - STATISTICAL ANALYSIS OF THE DAILY WIND SPEED IN TBILISI IN 1971-2016	159-163
Amiranashvili A., Basilashvili Ts., Elizbarashvili E., Gaprindashvili G., Varazanashvili O. - STATISTICAL ANALYSIS OF THE NUMBER OF DAYS WITH HAIL IN GEORGIA ACCORDING TO METEOROLOGICAL STATIONS DATA IN 2006-2021	164-168
მესტვირიშვილი შ., ბენაშვილი მ., კოდუა მ. - ზოგი რამ სეტყვის პრობლემების შესახებ Mestvirishvili Sh., Benashvili M., Kodua M. - SOME THINGS ABOUT HAIL	169-172
ნარიმანიშვილი თ.- ამინდის პირობები და საშემოდგომო ხორბლის მოსავლიანობა Narimanishvili T. - WEATHER AND AUTUMN WHEAT YIELD	173-177
წიკლაური გ., ბეგლარაშვილი ნ., ტყეხუჩავა ზ. - ატმოსფერული ნალექის გავლენა კარტოფილის მოსავლიანობაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში Tsiklauri G., Beglarashvili N., Tkebuchava Z. - IMPACT OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON POTATO YIELD IN SAMTSKHE-JAVAKHETI REGION	178-182

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
IVANE JAVAKHISHVILI TBILISI STATE UNIVERSITY
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
TECHNICAL UNIVERSITY OF GEORGIA
Institute of Hydrometeorology

ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია
დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები
თბილისი, საქართველო, 21-22 ნოემბერი, 2022 წ.
შრომები

ტირაჟი 50 ც.

INTERNATIONAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS

Modern Problems of Earth Sciences
Tbilisi, Georgia, November 21-22, 2022

Proceedings

Circulation 50 copy.

ISBN 978-9941-36-044-2

E-mail: avtandilamiranashvili@gmail.com

<http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/254>

თბილისი - 2022 - Tbilisi

კომპ. უზრუნველყოფა ეკატერინე თეთრაშვილი
გარეკანის დიზაინი მარიამ ებრალიძე
Layout Designer **Ekaterine Tetrashvili**
Cover Designer **Mariam Ebralidze**

0128 თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 1
1, Ilia Tchavtchavadze Ave., Tbilisi 0128
Tel: 995(32) 225 14 32
www.press.tsu.edu.ge

