



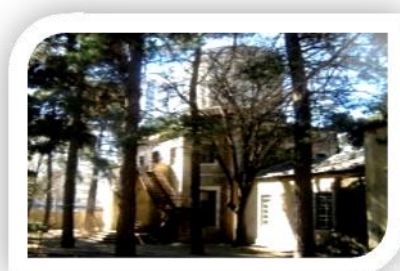
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის  
სამეცნიერო რეფერირებადი შრომები

SCIENTIFIC REVIEWED PROCEEDINGS  
OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY  
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

№ 137

ISSN 1512 – 0902

Doi.org/10.36073/1512-0902-137



ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური  
პრობლემები

PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

თბილისი-Tbilisi  
2025

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია  
„ბუნებრივი ეკოსისტემების შესწავლა და მდგრადი გამოყენება კლიმატის  
თანამედროვე ცვლილების პირობებში“  
ემძვნება საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დაარსების  
85 წლისთავს  
თბილისი, საქართველო, 11 დეკემბერი, 2025 წ.

---

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

"Study and sustainable use of natural ecosystems in the context of  
modern climate change"

Dedicated to the 85th anniversary of the founding of the Georgian National  
Academy of Sciences.

Tbilisi, Georgia, December 11, 2025

---

|   |                                                                                                                                              |      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| © | საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის<br>ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი<br>INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY<br>OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY | 2025 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

თბილისი-Tbilisi  
2 0 2 5

**გამოცემა 1953 წლიდან**

**Published since 1953**

**დამფუძნებლები:**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია  
საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია

**FOUNDERS:**

Georgian Technical University  
Institute of Hydrometeorology  
Georgian National Academy of Sciences  
Georgian Academy of Agricultural Sciences

**სარედაქციო კოლეგია**

ნ.ბუაჩიძე (მთ. რედაქტორი)

**მთ. რედაქტორის მოადგილეები**

ე.ელიზბარაშვილი  
მ.მელაძე  
ს.გორგიჯანიძე  
ლ.ინწკირველი  
მ.ტატიშვილი

**მდივნები**

ნ.კაპანაძე  
ნ.არუთინიანი

**წევრები**

გ.ალექსიძე  
გ.ჯაფარიძე  
აბდ-ალლა გად (საუდის არაბეთი)  
ც.ბასილაშვილი  
ნ.ბეგლარაშვილი  
ვ.ტრაპაიძე  
გ.გუნია  
ხ.ეგამბერდიევი (უზბეკეთი)  
ბ.ხოლმატჟანოვი (უზბეკეთი)  
ნ.ძეგისაშვილი  
კ.ლაშაური (კანადა)  
შუნლინ ლიან (აშშ)  
რ.მაჰმუდოვი (აზერბაიჯანი)  
გ.მელაძე  
მ.მელაძე  
ი.მეგრელიძე  
ა.პარანინა (რუსეთი)  
ი.სამხარაძე  
ა.სურმავა  
მ.ტაბატაძე  
მ.ფიფია  
სადჰან კუმარ გოშ (ინდოეთი)  
ლ.შავლიაშვილი  
ლ.შენგელია

**სარედაქციო საბჭო**

მ.ფიფია  
ე.ელიზბარაშვილი  
მ.მელაძე  
ს.გორგიჯანიძე  
ლ.ინწკირველი  
მ.ტატიშვილი

**EDITORIAL BOARD**

N.Buachidze (Editor-in-Chief)

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF**

E.Elizbarashvili  
M.Meladze  
S.Gorgijanidze  
L.Intskirveli  
M.Tatishvili

**SECRETARIES**

N.Kapanadze  
N.Arutini

**MEMBERS**

G.Aleksidze  
G.Japaridze  
Abd-Alla Gad (Saudi Arabia)  
Ts.Basilashvili  
N.Beglarashvili  
V.Trapaidze  
G.Gunia  
Kh.Egamberdiev (Uzbekistan)  
B.Kholmatjanov (Uzbekistan)  
N.Dzebisashvili  
K.Lashauri (Canada)  
Shunlin Liang (USA)  
R.Mahmudov (Azerbaijan)  
G.Meladze  
M.Meladze  
I.Megrelidze  
A.Paranina (Russia)  
I.Samkharadze  
A.Surmava  
M.Tabatadze  
M.Pipia  
Sadhan Kumar Ghosh (India)  
L.Shavliashvili  
L.Shengelia

**EDITORIAL COUNCIL**

M.Pipia  
E.Elizbarashvili  
M.Meladze  
S.Gorgijanidze  
L.Intskirveli  
M.Tatishvili

**ელექტრონული ვერსია**  
**Electronic version**

<https://ecohydmet.ge/transaction>.  
<http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/82330>

წინამდებარე კრებულში შესულია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ბუნებრივი ეკოსისტემების შესწავლა და მდგრადი გამოყენება კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში“ მასალები.

The collection includes the materials of the **International Scientific Conference** "Study and sustainable use of natural ecosystems in the context of modern climate change"

#### **სამეცნიერო კომიტეტი და სარედაქციო საბჭო**

**ნუგზარ ბუაჩიძე:** სამეცნიერო კომიტეტის თავმჯდომარე, მთავარი რედაქტორი - სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო;

**თამარ ლომინაძე, მიხეილ ჯანიკაშვილი:** სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარეები - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო;

**მიხეილ ფიფია** (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), **ელიზბარ ელიზბარაშვილი:** სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარეები – სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო;

**ნანა ბოლაშვილი:** საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე – თსუ, ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველო;

**ნოდარ ვარამაშვილი:** სამეცნიერო კომიტეტის თანათავმჯდომარე - თსუ, მ. ნოდias სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო;

**ვუგარ ალიევი** - აღმასრულებელი დირექტორი და დამფუძნებელი, საერთაშორისო ღონისძიებების ორგანიზატორი კომპანია „AMIR Technical Services Azerbaijan“, აზერბაიჯანი;

**ლერი კობახიძე, ნოე ხოზრევანიძე, გია ფალავანდიშვილი** - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო;

**ლიანა ინწკირველი, მაია მელაძე, მარიკა ტატიშვილი, სოფიო გორგიჯანიძე, გიორგი მელაძე, ალექსანდრე სურმავა, ვაჟა ტრაპაიძე, ლალი შავლიაშვილი, ლარისა შენგელია, გარი გუნია, ნათელა ძევისაშვილი, ცისანა ბასილაშვილი, ნაილი კაპანაძე** - სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო;

**ავთანდილ ამირანაშვილი, ვიქტორ ჩიხლაძე, თემურ ბლიაძე** – თსუ, მ. ნოდias სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველო;

#### **SCIENTIFIC COMMITTEE AND EDITORIAL BOARD**

**Nugzar Buachidze:** Chairman of the Scientific Committee, Editor-in-Chief - GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia;

**Tamar Lominadze, Mikheil Janikashvili:** : Co-Chairman of the Scientific Committee – Georgian Technical University, Georgia;

**Mikheil Pipia** (Deputy Editor-in-Chief), **Elizbar Elizbarashvili:** Co-Chairman of the Scientific Committee - GTU, Institute of Hydrometeorology;

**Nana Bolashvili:** Corresponding Member of the Georgian National Academy of Sciences, Co-Chairman of the Scientific Committee - TSU, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Georgia;

**Nodar Varamashvili:** Co-Chairman of the Scientific Committee - TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia;

**Vugar Aliev** - CEO & Founder, International Event Organizer Company AMIR Technical Services Azerbaijan, Azerbaijan;

**Leri Kobakhidze, Noe Khozrevanidze, Giorgi Palavandishvili** - Georgian Technical University, Georgia;

**Liana Intskirveli, Maia Meladze, Marika Tatishvili, Sophio Gorgijanidze, Giorgi Meladze, Aleksandre Surmava, Vazha Trapaidze, Lali Shavliashvili, Larisa Shengelia, Gary Gunia, Natela Dzebisashvili, Tsisana Basilashvili, Naili Kapanadze** - GTU, Institute of Hydrometeorology, Georgia;

**Avtandil Amiranashvili, Viktor Chikhladze, Temur Bliadze** – TSU, M. Nodia Institute of Geophysics, Georgia.

#### **საორგანიზაციო კომიტეტი**

**ელიზბარ ელიზბარაშვილი:** საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელი;

**ნარინე არუთინიანი:** საორგანიზაციო კომიტეტის ხელმძღვანელის მოადგილე;

**ნათელა კობახიძე, გივი ფიფია, ნაზიროლა ბეგლარაშვილი, გოჩა ჯინჩარაძე, ნანული ზოტიკიშვილი, მარიამ შენგელია** - სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი;

#### **ORGANIZING COMMITTEE**

**Elizbar Elizbarashvili:** Chairman of Organizing Committee;;

**Narine Arutiniani** – Deputy Chairman of Organizing Committee;

**Natela Kobakhidze, Givi Pipia, Nazibrola Beglarashvili, Gocha Jincharadze, Nanuli Zotikishvili, Mariam Shengelia** - GTU, Institute of Hydrometeorology;

## Issues of Environmental Load Assessment in Georgian Cultural Tourism Areas

Garry Gunia

*Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University*

**Keywords:** cultural tourism, environmental load, assessments

The term “cultural tourism” established in international tourism terminology is somewhat foreign to the Georgian mentality. However, this important international term is broad-ranging, subjective and defines one of the main directions of tourism.

Georgia, one of the most beautiful and remarkable regions of the Caucasus, is one of the popular tourist areas. The proximity of sea and mountain resorts, the diversity of nature, rich flora and fauna, ancient culture and traditions give this region a very significant advantage. Nevertheless, one of the current problems of tourism development in the country is the lack of available, adequate information about the ecological state of the natural environment of recreational areas caused by anthropogenic impact.

The tasks of ecological monitoring of the natural environment of recreational zones and historical and cultural monuments remain unresolved in Georgia to this day.

In addition, a number of conceptual and methodological issues of regional importance in monitoring transboundary pollution have not been addressed.

One of the main components of monitoring transboundary environmental pollution is the study of the mineralization of atmospheric precipitation (rainwater and snow).

The mineralization of atmospheric precipitation is determined by the concentration and physicochemical properties of aerosols that are obtained during the mixing of air masses or by being captured by cloud droplets. Atmospheric precipitation significantly contributes to the circulation of substances in nature and, by transporting atmospheric impurities over long distances, is the main mechanism of transboundary environmental pollution. The average multi-year values of the parameters presented in the paper allow their genetic division, including: urban, mountain and coastal.

As our studies show, the magnitude of almost all the parameters under consideration decreases in the order of the urban, mountain and coastal regions. At the same time, the relative magnitudes of the concentrations of Cl and Na ions do not differ much from the data for the oceans, which indicates their mainly marine origin. Of interest are the estimates of the total distribution of ions in the study regions during the warm - $\sum_i$  and cold -  $\sum_i$  periods. In order to calculate the amount of dissolved impurities in the amount of atmospheric precipitation and the concentration of dissolved impurities in it, we introduced the following formula:  $M = qH$ , kg/km<sup>2</sup>yr. Where  $q$ , mg/l - the average annual concentrations of dissolved impurities in sediment samples,  $H$ , mm - the average annual sum of atmospheric precipitation, and  $M$  - the annual amount of the studied impurities, which reached the earth's surface in the given area.

The multi-year average values of the studied parameter calculated using this formula allow us to conclude that in the regions under consideration, mineral substances causing significant ecological damage are washed away. There are all conditions to think that the source of these substances, possibly as a result of transboundary transport, should be sought in neighboring countries.

It is worth noting that the full picture and nature of the negative impact of this event on the biosphere of the study region is still not fully understood, but it is already clear that it includes such phenomena as:- oxidation and salinization of the subsoil surface; - leaching of nutrients necessary for vegetation from the soil and the extraction of its stabilizing agents; - increase in the content of heavy metals to toxic levels; - desertification, etc.

## Some results of the assessment of the ecological state of the natural environment in the Kakheti region (Georgia).

Gunia Garry\*, Svanidze Zizi\*\*

*\*Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University;*

*\*\*Georgian Technical University*

**Keywords:** environmental monitoring, metallic impurities, agricultural products.

The term “cultural tourism” established in international tourism terminology is somewhat foreign to the Among the diverse impacts of modern society on the natural environment, along with climate change, it is important to highlight changes in the composition and quantity of its abiotic trace elements. These elements influence the diversity, form, and distribution of living organisms within a given habitat and pose a challenge to the production of environmentally friendly agricultural products.

This paper presents methods for monitoring and assessing the contamination of natural environments with metallic impurities, which enable assessments of the negative environmental consequences of anthropogenic impacts on the environment.

This paper presents calculations of the amounts of atmospheric metallic impurities (Cd, Zn, Cu, Pb) washed by precipitation onto the underlying ground surface and information on the content of these impurities in precipitation (rain and snow), as well as in fruits and vegetables in various regions of Kakheti (Georgia).

These metal impurities are found in floodplain and terrace deposits of rivers, where pastures are located on alluvial soils and agricultural crops are grown. The research results indicate that the environmental condition of the natural environments in the region under consideration should be of concern to specialists and provide grounds for the need for systematic environmental monitoring of its natural environments.

This can be illustrated by one region of Georgia – Kakheti – where, beginning in the 18th century, due to deforestation and, since the early 20th century, due to the negative impact of industrial waste on the natural environment, dramatic changes in the landscape have been observed, leading to the formation of areas with characteristics of desertification processes.

Using atomic absorption analysis, we found that solid sediment samples from a number of Georgian reservoirs contain significant amounts of metallic impurities, including nickel, chromium, molybdenum, gold, platinum, palladium, cobalt, vanadium, titanium, thallium, and zirconium. Moreover, the analysis results show that high values are primarily characterized by titanium contents, which in some cases ranged from 1.2 to 5.6 g/kg. Also noteworthy are the relatively high chromium and vanadium contents, which amount to 0.1 to 0.5 and 0.23 g/kg, respectively. High iron contents are also noted. Studies of the content of several trace impurities in the bottom sediments of the Inguri Hydroelectric Power Station reservoir show that the concentrations of Zn, Pb, Co, Li, and Cd are 78.8; 11.3; 20.3; 112.9, and 10.0 mg/kg, respectively.

These results demonstrate the predominant role of wet precipitation in atmospheric self-purification processes. As can be seen, the majority of man-made impurities deposited on the underlying surface are products of their leaching from the atmosphere, primarily by rainfall. At the same time, a significant proportion of atmospheric impurities settles on the underlying surface as a result of dry precipitation under the influence of gravitational forces. Considering the sanitary and hygienic requirements for the content of certain elements in food products, which limit their quantities to the following values: Cd - 0.03; Zn - 10.0; Cu - 5.0 and Pb - 0.4-0.5 mg/kg, our results: Grapes - Cd - 0.001; Zn - 13.3; Cu - 13.8; Pb - 0.45 mg/kg and Eggplant - Cd - 0.008; Zn - 12.3; Cu - 7.2; Pb - 0.49 mg/kg should not cause particular concern, although they do not inspire great optimism. In addition to the above, the problem of producing environmentally friendly agricultural products in Georgia is linked to active influences on meteorological processes, including those that cause hail in Kakheti, Georgia's main viticultural region, where world-renowned wines are produced from local, unique grape varieties.

## Climate change mitigation and adaptation potential of the main forest-forming woody plant species in Eastern Georgia

Kavtaradze, G\*, Lexer M. J\*\*, Hochauer, C\*\*, Chiburdanidze, K\*, Basilidze, L\*.

*\*Vasil Gulisashvili Forest Institute, Agricultural University of Georgia, Kakha Bendukidze Campus, 240 David Aghmashenebeli Alley, 0159 Tbilisi, Georgia*

*\*\*Institute of Silviculture, Department of Ecosystem Management, Climate and Biodiversity, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter Jordan Straße 82, 1190 Vienna, Austria*

**Keywords:** Forest, Climate Change, Mitigation, Adaptation

Climate change is one of the major global challenges, driven primarily by the increasing concentration of so-called greenhouse gases in the atmosphere. Forests, as the main terrestrial natural reservoirs for the accumulation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) possess substantial potential for mitigating climate change. However, at the same time, they are themselves highly vulnerable to the impacts of a changing climate.

Here we present the results of a study conducted between 2019 and 2023 by a research team from the Vasil Gulisashvili Forest Institute of the Agricultural University of Georgia, in collaboration with Austrian experts from BOKU University. The research focused on modeling the long-term impacts of climate change on the growth and development of forests in Eastern Georgia, using the surrounding forests of Tbilisi as a case study. The simulations, carried out with the hybrid forest model PICUS v1.5, covered projections up to the year 2120 and aimed to assess both the mitigation and adaptation potential of these forest ecosystems under changing climatic conditions.

The simulation results revealed that Georgian oak (*Quercus iberica*) and Caucasian hornbeam (*Carpinus caucasica*), along with their respective forest formations, demonstrate a high degree of adaptability to climate change. In mixed stands, field maple (*Acer campestre*) also exhibited notable adaptive capacity. In contrast, Oriental beech (*Fagus orientalis*) was identified as the most vulnerable species under projected climate change conditions.

According to the assessment of forest biomass, carbon stocks, and the future accumulation potential within the study area, Georgian oak and Caucasian hornbeam forest formations demonstrate significant longterm potential for climate change mitigation, being more adaptive and resilient ecosystems. However, despite their future potential, Oriental beech stands currently and are projected over the next half-century to perform this carbon storage function most effectively.

According to the study, the forests of Eastern Georgia, the majority of which are of natural origin, currently play an effective role in mitigating climate change. However, this situation may gradually change over the next 50 years, primarily due to the declining potential of beech forests, which have been identified as vulnerable to climate change. Therefore, it is crucial to promote the preservation and formation of mixed forest stands with a species composition that is resilient and adaptable to changing climatic conditions.

## **Adhesive cements based on household waste**

**Markarashvili E.G., Chikvaidze I. Sh, Bazgadze Z.Z, Sidamonidze N.N.**  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Department of Macromolecular Chemistry,  
I. Chavchavadze Ave., 1, Tbilisi 0179, Georgia  
E-mail: eliza.markarashvili@tsu.ge*

**Keywords:** Ecology; adhesive cement; glass;

Improvement of ecological state of the environment is one of the most important issues of modern times. In this regard, it is essential to deepen the knowledge of those environmental problems, which are related to application of polymeric materials. Environment protection from domestic waste pollution posing real threat to the environment has to become a main care for each member of the society. This work foresees familiarization with the second aspect of waste disposal and management – the opportunity of harmful waste transformation into useful products, which is realized through chemical and technological processes, as well. Plastic waste disintegrate into small pieces in rivers and are eaten by fishes. Afterwards these wastes hit human organism and have a harmful effect on health. Prevention of plastic pollution means salvation of water habitants as well and this fact is acknowledged well in the European Union. In March 2019, the European Parliament adopted the law prohibiting production of single use plastic, for example plastic plates, knives and forks, ear sticks and other similar products. Protection of the environment from pollution by domestic waste, in particular, should be the concern of every member of the community of the Black Sea coastline, and to a certain extent, for all people. The work envisaged obtaining new safe materials on the basis of household plastics and rubber household waste in the Black Sea coastline, which provides the opportunity to turn harmful waste into a useful product. New construction materials are obtained on the basis of glass waste, plastics, rubber waste and adhesive cements. New environmentally safe polymer composites were obtained for the first time. These composites can be used in building materials, artistic and decorative paints and household items. For these composite materials, the following were studied: water absorption, bending and tensile strength, impact viscosity, physical-mechanical and thermal properties, supramolecular structure of the surface by SEM scanning electron microscopy, unfolding and correction time. One may draw conclusion that prepared new samples of cement glue, to which 1, 3, 5% of glass powder have been added and 5% of rubber waste have been taken in all cases, have improved their mechanical properties. The best results have been obtained when 5% of glass and 5% of powdered rubber tire have been added.

## About Two Stage Cleaning Method Against Arsenic Polluted Water

Tabagari I.\*, Varazi T.\*, Dumbadze N.\*, Kurashvili M.\*, Pruidze M.\*, Khatisashvili G.\*,  
Karpenko O.\*\*\*, Koretska N.\*\*\*

*\*Durmishidze Institute of Biochemistry and Biotechnology of Agricultural, University of Georgia, 240 David Aghmashenebeli  
Alley, 0159 Tbilisi, Georgia.*

*\*\*Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels of the Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry  
Named After L.M. Lytvynenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Naukova Str, 3a, Lviv 79060, Ukraine.*

**Keywords:** Spirulina, Arsenic pollution, Phycoremediation, Biosorption, Water purification.

This paper addresses to pressing issue of arsenic pollution of ecosystems. Georgia is no exception, as arsenic was mined in the northwestern region of Georgia for 50 years before independence, resulting in the contamination of a large area surrounding the former mining sites and storage facilities. The urgency of this problem is indicated by the special attention paid to this region recently, by the state environmental protection organization.

The authors of this paper studied the extent of soil pollution in the target areas and, based on the obtained data, began researching, developing, and implementing a comprehensive approach to arsenic removal from water.

Aim of presented work is elaboration of *Spirulina*-based biological system for cleansing arsenic polluted water.

It has been cultivated *Arthrospira (Spirulina) platensis* biomass using Zarrouk's medium, which provides optimal nutrient composition for maximum cell productivity and photosynthetic performance. The water used in laboratory tests was artificially contaminated by sodium arsenite ( $\text{NaAsO}_2$ ), with concentration 2 ppm. During a five-day incubation period, *Spirulina*'s physiological response—including biomass growth and chlorophyll concentration—was monitored to assess the organism's tolerance and metal uptake capacity.

It has been optimized two-stage system for effective removal of arsenic, achieving complete elimination within 72 hours. In the first stage, water was incubated with *Spirulina* for 72 hours for initial biosorption, then transferred to a second tank with fresh biomass and filtration to prevent metal re-release and maintain purification efficiency.

Full purification occurred in the first tank, making the process energy-efficient and cost-effective.

Obtained results indicate that *Arthrospira platensis* revealed ability to uptake arsenic due to surface functional groups enabling adsorption and complexation, supported by both passive and active mechanisms that ensure stable retention.

In conclusion, the *Spirulina*-based biological purification system proved to be highly effective for arsenic removal at low concentrations (2 ppm), without the requirement for chelating agents, biosurfactants, or a secondary purification stage. The process is eco-friendly, scalable, and adaptable to various water treatment applications. This sustainable technology holds strong potential for deployment in post-mining regions of Georgia and other areas affected by legacy arsenic contamination. Future research will focus on the biochemical and molecular mechanisms underlying arsenic uptake and on further optimization of the system for field-scale implementation.

## Arthrospira (Spirulina) Platensis as an Effective Tool for Treating Manganese Polluted Water

Tabagari I.\*, Varazi T.\*, Dumbadze N.\*, Kurashvili M.\*, Pruidze M.\*, Khatisashvili G.\*, Karpenko O.\*\*\*, Koretska N.\*\*

\*Durmishidze Institute of Biochemistry and Biotechnology of Agricultural, University of Georgia, 240 David Aghmashenebeli Alley, 0159 Tbilisi, Georgia.

\*\*Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels of the Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry Named After L.M. Lytvynenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Naukova Str, 3a, Lviv 79060, Ukraine.

**Keywords:** Spirulina, Manganese contamination, Phycoremediation, Biosorption, Water purification.

Manganese contamination is a major environmental and public health issue in western Georgia, Chiatura–Kvirila River basin, where over a century, open excavation of mining has led to toxic residues in water, sediments, and soils. The Kvirila River and its tributaries often appear dark brown or black from mining effluents, and local communities report higher rates of chronic diseases, including respiratory, cardiovascular, and certain cancers, linked to long-term manganese exposure.

In Georgia, the maximum permissible manganese level in wastewater is 0.01 mg/L, yet measurements in mining areas show concentrations up to 36 mg/L—thousands of times higher—underscoring the need for sustainable, low-cost, and biologically compatible purification methods.

Aim of presented work is a creation of biological purification technology based on *Arthrospira (Spirulina) platensis* for removing Manganese from highly contaminated water. The objective was to create a green, scalable, and energy-efficient treatment process that could be adapted for field application in western Georgia. *Spirulina*'s well-known physiological resilience, high surface reactivity, and metal-binding capacity made it an ideal biological candidate for this purpose.

It has been cultivated *Spirulina* biomass using Zarrouk's medium, which provides optimal nutrient composition for maximum cell productivity and photosynthetic performance. In laboratory tests water polluted by 100 ppm concentration of manganese. Over five days, *Spirulina*'s growth and chlorophyll were monitored to assess tolerance and adaptation.

It has been created two-stage system for complete removal of Manganese from polluted water: in the first stage, water was incubated with *Spirulina* for 72 hours for initial biosorption, then transferred to a second tank with fresh biomass and filtration to prevent metal re-release and maintain purification efficiency.

In conclusion - *Spirulina* showed effective manganese uptake, reaching maximum removal after 72 hours. Despite a 25% drop in chlorophyll, growth and photosynthesis saved, and blue-green pigmentation remained, demonstrating resilience under metal stress.

## კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების განაწილებათა თავისებურებანი კლიმატის ცვლილების ფონზე

ლიანა ქართველიშვილი\* \*\*, ლიკა მეგრელიძე\* \*\*, ავთანდილი ამირანაშვილი\*\*\*,  
ვიქტორ ჩიხლაძე\*\*\*

\*სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

\*\*გარემოს ეროვნული სააგენტო,

\*\*\*თსუ, მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

**საკვანძო სიტყვები:** კლიმატის ცვლილება, ჰაერის ტემპერატურა, სამშენებლო კლიმატოლოგია.

ეკონომიკის მთელი რიგი დარგების სწორი მენეჯმენტის საფუძველს წარმოადგენს სრულყოფილი და საიმედო კლიმატური მახასიათებლები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება სახალხო მეურნეობის ისეთი დარგებისათვის, რომლებიც მგრძნობიარენი არიან კლიმატის ცვლილების მიმართ. სწორედ ასეთ დარგს მიეკუთვნება სამშენებლო კლიმატოლოგია, რომელიც წარმოადგენს დარგობრივი კლიმატოლოგიის ერთ-ერთ განშტოებას და ვითარდება ზოგადი კლიმატოლოგიის საფუძველზე.

ამინდი და კლიმატი ის ორი ძირითადი ფაქტორია, რომელიც ადგილის ბიოკლიმატურ რესურსებს განსაზღვრავს. ამიტომაცაა, რომ ამ რესურსების გამოკვლევას, რომელიც აუცილებელია სამშენებლო დარგის ორგანიზაციასა და განვითარებისათვის ბევრ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც, დიდი ყურადღება ეთმობა. ადრეულ გამოკვლევებში გამოიყენებოდა უამრავი მარტივი და კომბინირებული მეტეოროლოგიური და კლიმატური ინდექსები.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების განაწილებათა თავისებურებანი დროსა და სივრცეში აჭარის ზოგიერთ პუნქტებში. ჩვენს მიერ განსაზღვრული იქნა ისეთი კომპლექსური პარამეტრები, როგორიცაა ჰაერის ტემპერატურის საანგარიშო მნიშვნელობები, ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურა, გასათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა, სავენტილაციო ტემპერატურა, გრადუს-დღეების რიცხვი.

ნაშრომი შეეხება აჭარის რეგიონის კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების – ტემპერატურის, ტენიანობისა და ქარის – განაწილების თავისებურებების შესწავლას. კვლევის მიზანია ამ პარამეტრების სივრცით-დროითი ცვლილებების დეტალური ანალიზი და მათი გავლენის შეფასება რეგიონის გარემოსა და სოციალურ-ეკონომიკურ პროცესებზე.

## საქართველოში მნიშვნელოვანი ზიანის შედეგად დაზიანებული და დეგრადირებული ბუნებრივი ეკოსისტემების, ნიადაგების და წყლის ობიექტების მიმოხილვა

**ხ. წიკლაური, ს.მეფარიშვილი, გ.მდინარაძე, ნ. მეკოშვილი, მ.გაფრინდაშვილი**  
*სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტოს გარემოსდაცვითი პასუხისმგებლობის დეპარტამენტი*

**საკვანძო სიტყვები:** გარემოსდაცვითი პასუხისმგებლობის კანონი, გარემოსდაცვითი პასუხისმგებლობის დეპარტამენტი, სსდ გარემოსდაცვითი ზედამხედველობის დეპარტამენტი, მნიშვნელოვანი ზიანი, აღდგენის გეგმა, სანაცვლო-ადეკვატური ღონისძიებები.

საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს და მის დაქვემდებარებაში მყოფი ორგანოების: დეპარტამენტების და სააგენტოების შექმნის და ფუნქციონირების ძირითადი მიზნებია: გარემოს, სახეობების და ბუნებრივი ეკოსისტემების დაცვა, კონსერვაცია და აღდგენა, ასევე უკანონო ქმედებების გამოვლენა, შემცირება და აღკვეთა. ბუნებრივ ეკოსისტემებსა, ჰაბიტატებსა და სახეობებზე უარყოფითი ზემოქმედება და ზიანის მიყენების ფაქტები ყველა დროის პრობლემაა, თუმცა წინა პერიოდში მხოლოდ ჯარიმის და ზარალის ანაზღაურება ხდებოდა, მათი აღდგენა „დამბინძურებლის/ზიანის მიმყენებელი პირის“ მხრიდან ყოველთვის ვერ ან არ ხდებოდა. საქართველოს მთავრობის მიერ 2021 წელს მიღებული იქნა კანონი „გარემოსდაცვითი პასუხისმგებლობის შესახებ“, რომელიც ავალდებულებს „დამბინძურებლს/დამზიანებელს“ დაზიანებული ან დეგრადირებული ტერიტორიების აღდგენას ან სანაცვლო-ადეკვატური ღონისძიებების განხორციელებას. აღნიშნული კანონის იმპლემენტაციის მიზნით შექმნილია გარემოზე მიყენებული ზიანის გამოსწორების ღონისძიებების დეპარტამენტი, რომელსაც ევალება სსიპ ზედამხედველობის სამსახურის მიერ გამოვლენილი ფაქტების და დაზიანებული ტერიტორიების გამოვლენის შემდგომ აღდგენის ან სანაცვლო-ადეკვატური ღონისძიებების შერჩევის და გეგმების შეთანხმების ეტაპის პროცესების კურირება. 2022-2025 წლების პერიოდში გამოვლენილია მნიშვნელოვანი ზიანის 23 ფაქტი. ნიადაგის დაბინძურება გამოვლინდა 6 მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე: დმანისის, ბოლნისის, ჭიათურის, ბაკურიანის, ონის და შუახევის ტერიტორიაზე. დაზიანებულია და დეგრადირებული სახელმწიფო ტყის (ბუნებრივი ეკოსისტემების) 836 023.21 მ<sup>2</sup> მიწის ფართობი, 211 723.65 მ<sup>2</sup> სასოფლო-სამეურნეო მიწის ფართობი. ზედაპირული წყლის ობიექტების 15 შემთხვევა გამოვლინდა 5 მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე 5 მდინარეზე, მათგან 10 შემთხვევა ჭიათურის მუნიციპალიტეტშია გამოვლენილი. ბიომრავალფეროვნების დაზიანების 2 ფაქტია გამოვლენილი ბაკურიანისა და ონის მუნიციპალიტეტებში: ბაკურიანის სატყეო ფართობებზე 6 სახეობის მერქნიანი მცენარის 2800 ძირი, მოცულობით 14620.42 მ<sup>3</sup>, ხოლო ონში 13 სახეობის მერქნიანი მცენარის 1334 ძირი, მოცულობით 296,034 მ<sup>3</sup>. სანაცვლო-ადეკვატური ღონისძიებების განსახორციელებლად ბოლნისის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე გამოყოფილია 6 ნაკვეთი საერთო 73,17 ჰა ფართობით, 12 ნაკვეთი 95,6 ჰა ფართობით, გარდა ამისა მუნიციპალიტეტების 11 ტერიტორიაზე შემოთავაზებულია სანაცვლო ღონისძიებების განსახორციელებლად ქარსაფარი ზოლების აღდგენა. მიმდინარეობს 2 აღდგენის გეგმის შეთანხმება. აღდგენის პროცესზე მონიტორინგს განახორციელებს გარემოს ზედამხედველობის სამსახური.

## საქართველოში *Actinidia Arguta*-ს გავრცელების აგროკლიმატური პირობები კლიმატის ცვლილების კონტექსტში

მელაძე მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**საკვანძო სიტყვები:** მინი კივი, კლიმატის ცვლილება, აგროკლიმატური მაჩვენებლები

საქართველოს პირობებისათვის ერთერთი პერსპექტიული კულტურაა მინი კივი (*Actinidia A.*), რომელიც არის ფოთლომცვენი, ფართოფოთლოვანი, ძლიერ მოზარდი მცენარე. მისი მცოცავი ღეროები ტყეში 30 მეტრის სიმაღლის ხეს ფარავს, ან მიწაზეა გართხმული. ნაყოფის შენახვის პერიოდი შედარებით ხანმოკლეა. მისი ნაყოფი გამოირჩევა მომჟაო-მოტკბო გემოთი და განსაკუთრებული არომატით. იგი შეიცავს დიდი რაოდენობით C ვიტამინს, საშუალოდ 45-100მგ/100გ. მინი კივი ხასიათდება მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური თავისებურებებით. მას ახასიათებს გამრავლების კარგი უნარი, მაღალი ყინვაგამძლეობა (აქტინიდიას გვარში შემავალი სახეობებიდან ყველაზე ყინვაგამძლეა) და რეზისტენტულობა მავნებელ-დაავადებების მიმართ, რაც ხელს უწყობს მის ფართოდ განვითარებას. კლიმატის არაერთგვაროვანი ცვლილების გავლენის კვლევა მინი კივის (*Actinidia A.*) პროდუქტიულობაზე, მის მოწყვლადობაზე და გავრცელების არსებული აგროკლიმატური ზონების საზღვრების მოსალოდნელი ტრანსფორმაციის გამოვლენაზე აუცილებელი და აქტუალურია. შეფასებულია მინი კივის (*Actinidia A.*) გავრცელებისთვის აღმოსავლეთ საქართველოს კახეთის, მცხეთა-მთიანეთის და შიდა ქართლის რეგიონების იმ რაიონების ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები, სადაც რეალურად მიმდინარეობს ამ კულტურის წარმოება. შესწავლილი და გაანალიზებული პირობები საშუალებას იძლევა საქართველოს მასშტაბით მოძიებული იქნას მინი კივის (*Actinidia A.*) გავრცელებისთვის აგროკლიმატური ანალოგები. გამოთვლილია მზის ნათების ხანგრძლივობა (სთ); ჰაერის ტემპერატურათა ჯამების ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) უზრუნველყოფები (10 და 90%-ით) თბილ პერიოდში; ჰაერის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები, ფარდობითი ტენიანობა, ჰოვ, უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე). შედგენილია კახეთის რეგიონისათვის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების განსაზღვრის რეგრესიის განტოლებები რაიონების მიხედვით. ასევე, ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე წაყინვების თარიღის დადგომის და უყინვო პერიოდის (დღე) განსაზღვრისათვის რეგრესიის განტოლებები. მოცემულია სავეგეტაციო პერიოდში გვალვების ინტენსივობის მახასიათებლები. კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით (სცენარით, ტემპერატურის  $2^{\circ}\text{C}$ -ით მატება) დადგენილია საკვლევი რეგიონების რაიონებში ტემპერატურის  $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით და ქვემოთ გადასვლის თარიღები. აღნიშნული პერიოდებისათვის გამოთვლილია სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე) და აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი ( $>10^{\circ}\text{C}$ ), რაც შედარებულია საბაზისო (მიმდინარე) მაჩვენებლებთან. გლობალური დათბობის პირობებისათვის შემუშავებული სცენარით ტემპერატურების მატება (სცენარით,  $2^{\circ}\text{C}$ -ის მატება) მინი კივის (*Actinidia A.*) წარმოებაზე არსებით ნეგატიურ გავლენას ვერ მოახდენს, თუ ტემპერატურის მატება სცენარით გათვალისწინებულზე მაღალი არ აღმოჩნდება. პირიქით, შეიძლება ხელსაყრელი იყოს მისი ვერტიკალური ზონალობით ტრანსფორმაციისათვის (200-300 მ-ით უფრო მაღლა, ზღ. დონიდან სიმაღლის მიხედვით) არსებულ ზონებთან შედარებით. თუმცა, გასათვალისწინებელია შემცირებული ატმოსფერული ნალექებით გამოწვეული ნეგატიური პროცესების მიმართ შესაბამისი აგროტექნიკური ღონისძიებების შემუშავება.

## საქართველოს მცინვარების შესწავლა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში, მრავალწლიანი კვლევების შედეგების პრეზენტაცია

კორძაძია გ. ი\*, შენგელია ლ. დ. \*, თვაური გ. ა.\*\*, გულიაშვილი გ. ნ.\*\*\*, ძაძამია მ. შ.\*\*\*,  
არუთინიანი ნ. ე.\*, შენგელია მ. დ.\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.  
*giakordzakhia@gmail.com, larisa.shengelia@gmail.com*

\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ე. ანდრონიკაშვილის სახელობის  
ფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო. *gena\_tvauri@yahoo.com*

\*\*\*გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, გარემოს ეროვნული სააგენტო, თბილისი, საქართველო.  
*Murman.Dzadzamia@nea.gov.ge Giorgi.Guliashvili@nea.gov.ge; murmani.dzadzamia@gmail.com*

**საკვანძო სიტყვები:** თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; კლიმატის ცვლილება;  
საქართველოს მცინვარები.

საქართველოს მცინვარების კვლევა დაიწყო 1860 წელს, პირველ რიგში, საქართველოს სამხედრო  
გზის უსაფრთხოების მიზნით. მცინვარების კვლევა მხოლოდ მიწისპირა დაკვირვებით  
მიმდინარეობდა, რაც მოითხოვდა დიდ დროს, მნიშვნელოვან რესურსებსა და გამოცდილ  
მთამსვლელებს. ამრიგად მთლიანობაში ჩატარებული კვლევითი სამუშაოები ძვირადღირებული და  
სარისკო იყო. შემდეგი პერიოდში კვლევებს უწყვეტად ახორციელებდნენ სხვადასხვა ორგანიზაციები,  
მათ შორის საბჭოთა პერიოდში ჰიდრომეტეოროლოგიის სამსახური, ამიერკავკასიის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი და მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტი.

ტექნოლოგიურმა წინსვლამ გლაციოლოგებს საშუალება მისცა გამოეყენებინათ დისტანციური  
ზონდირების მეთოდები, დაწყებული აეროფოტოგრაფიით. ამან საშუალება მისცა მკვლევარებს  
შესწავლათ მცინვარები დიდ ტერიტორიებზე მეტი სიზუსტით და ეფექტურობით. თუმცა,  
თვითმფრინავებიდან რეგულარული დაკვირვების წარმოება შეზღუდული იყო ამ მონიტორინგის  
მაღალი ღირებულების გამო.

შემდგომი ინოვაციური განვითარება გლაციოლოგიურ კვლევებში დაფუძნებულია მაღალი  
გარჩევადობის თანამგზავრების გამოყენებაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ აუცილებელ დროით და  
სივრცით გარჩევადობას და მცინვარებზე კლიმატის ცვლილების გავლენის დადგენას მაღალი  
სანდოობით. ვინაიდან მცინვარები კლიმატის ცვლილების მგრძნობიარე ინდიკატორია, მათი შესწავლა  
ძალზედ მნიშვნელოვანია კლიმატის რეგიონალური ცვლილების ტენდენციების დასადგენად.  
საქართველოში მცინვარების დეგრადაციამ უკვე გამოიწვია მცინვარული წარმოშობის კატასტროფული  
მოვლენები (მაგ., მცინვარი დევდორაკი 2014 წ., მცინვარი ჭალაათი 2019, მცინვარი ბუბა 2023 წ.).  
საქართველოს სტრატეგიული ინტერესებიდან გამომდინარე, ქვეყანაში განახლდა მიწისპირა  
დაკვირვებები, რომლებიც კომბინირებულია თანამგზავრული მონიტორინგით.

2022–2025 წლებში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის  
ინსტიტუტში განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პროექტი FR-21-1996  
„ბოლო ათწლეულების განმავლობაში საქართველოს მცინვარების დეგრადაციის კვლევა და  
„საქართველოს მცინვარების ელექტრონული ატლასის“ შექმნა“, რომელიც მიზნად ისახავდა  
მცინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრას 2010, 2015 და 2020 წლებისთვის, აუზების  
დეგრადაციის დინამიკის შესწავლას, დიდი მცინვარების უკანდახვევის შეფასებას, დნობის სავარაუდო  
თარიღების განსაზღვრას და ელექტრონული ატლასის შექმნას <https://www.ecohydmnet.ge/Glaciars-atlas.html>.

## მდ. ყვირილას წყლის ხარისხის დადგენა ევროკავშირის სტანდარტების შესაბამისად

\* ლ.შავლიაშვილი, \* გ.კუჭავა, \* ე.შუბლაძე, \*\* გ.გაგრაძე, \* გ.კორძაია, \*\*\* ზ.რიკაძე  
\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
\*\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახ. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
\*\*\* გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო

**საკვანძო სიტყვები:** დაბინძურება, მარგანუმი, მდ. ყვირილა, ჰიდროქიმიური პარამეტრები, წყლის ხარისხი

საქართველოში, იმერეთის რეგიონის ჭიათურის მუნიციპალიტეტი ერთერთი მოწყვლადი წერტილია გარემოს დაბინძურების თვალსაზრისით, სადაც 1879 წლიდან დაიწყო მადნის მოპოვება-დამუშავება. მოპოვებული მადნის გარეცხვას აწარმოებენ მდ. ყვირილას წყლით, რის შემდეგაც ჩამდინარე წყლები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავს შეწონილ ნაწილაკებს, მძიმე ლითონებს, მანგანუმის ნაერთებს გაწმენდის გარეშე ჩაედინება მდინარეში და ხდება მისი დაბინძურება. ამავე დროს, მდ. ყვირილა გამოიყენება იმერეთის სოფლების ჰიდრომელიორაციისათვის, რომელიც იწვევს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დაბინძურებას. გარდა ამისა, მდინარის მარცხენა სანაპიროზე დასაწყობებულია დაახლოებით 805 845 ტ მანგანუმით მდიდარ აგლომერატი, რომელიც ნალექების შედეგად მდინარეში ჩაედინება და იწვევს მის დამატებით დაბინძურებას.

ეს კვლევა აანალიზებს გარემოს ეროვნული სააგენტოს გრძელვადიანი მონიტორინგის მონაცემებს, რომლებიც შეესაბამება ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივას (2000/60/EC) და შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის FR-23-6375 პროექტის ფარგლებში ჩატარებულ სავსელე კვლევებს. წყლის ნიმუშები შეგროვდა დაბინძურების ძირითადი წყაროების ზემოთ და ქვემოთ. შეფასდა ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრები, მათ შორის pH, ელექტროგამტარობა, მინერალიზაცია, საკვები ნივთიერებები ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), ძირითადი იონები და მძიმე მეტალები (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Mn), თანამედროვე ევროკავშირის სტანდარტების მეთოდების გამოყენებით.

შედეგები აჩვენებს, რომ მდინარის ზედა დინების მონაკვეთები კლასიფიცირებულია, როგორც „სუფთა“ (I კლასი), ხოლო ქვედა დინების წყლები ავლენს სერიოზულ დეგრადაციას: „ძლიერ დაბინძურებული“ (V კლასი) „ანდროს“ საწარმოს ქვემოთ და „დაბინძურებული“ (IV კლასი) „ჯრუჭულას“ საწარმოს ქვემოთ. ეს დასკვნები ხაზს უსვამს ჭიათურაში ჩამდინარე წყლების ეფექტური გამწმენდი და აღდგენის სტრატეგიების აუცილებლობას წყლის ეკოსისტემებისა და სასოფლო-სამეურნეო მიწების დასაცავად.

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის № FR-23-6375 ხელშეწყობით

## გრიგლური ქარის მახასიათებლების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოში (1961–2022)

ელიზბარ ელიზბარაშვილი\*, მიხეილ ფიფია\*, შალვა ელიზბარაშვილი\*  
ავთანდილ ამირანაშვილი\*\*, ოთარ ვარაზანაშვილი\*\*, ნიკოლოზ სულხანიშვილი\*\*\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი,  
\*\*\*ი.გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საკვანძო სიტყვები: გრიგალური ქარი, ატმოსფერული ცირკულაცია, ქვეფენილი ზედაპირი

როგორც ტროპიკული, ასევე არატროპიკული გრიგალები ამინდის საშიში მოვლენებია, რომლებიც მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს მრავალი ქვეყნის ეკონომიკასა და მოსახლეობას და, შესაბამისად, უმნიშვნელოვანესია შეფასდეს ის გრძელვადიანი რისკი, რომელსაც ისინი საზოგადოებისთვის უქმნიან.

1961–2022 წლების პერიოდის 60 მეტეოროლოგიური სადგურის საქართველოს სტიქიური უბედურებების კატალოგიდან მონაცემების გამოყენებით, გაანალიზდა გრიგალური ქარის (როდესაც სიჩქარე აღემატება 30მ/წ) მახასიათებლების გრძელვადიანი ტენდენციები, მათ შორის სიხშირე და სიდიდე.

გრიგალური ქარის აქტივობაში ვლინდება ციკლური ხასიათი, რაც შეიძლება აიხსნას ატმოსფერული ცირკულაციის ცვალებადობით. 1960-იანი წლების დასაწყისში შედარებით გაზრდილი აქტივობა შესაძლოა გამოწვეული ყოფილიყო აღმოსავლეთის და ნაწილობრივ მერიდიანული ატმოსფერული ცირკულაციის განვითარებით. 1970-იანი და 1990-იანი წლების შუა პერიოდში აქტივობის მნიშვნელოვანი ზრდა შესაძლოა გამოიწვიოს მერიდიანული ცირკულაციის შესუსტებამ და აღმოსავლეთ ატმოსფერული ცირკულაციის აქტივობის გაზრდამ. 2000-2010 წლებში გრიგალური ქარის სიხშირის უმნიშვნელო ზრდა შესაძლოა გამოწვეული იყოს დასავლეთის ატმოსფერული ცირკულაციის ინტენსიფიკაციით, ასევე 1990-იან წლებში დახურული მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებების განახლებით. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში გრიგალების აქტივობის შემცირება შესაძლოა გამოწვეული იყოს დედამიწის ქვეფენილი ზედაპირის მომატებული უსწორმასწორობით, ქალაქების, სხვადასხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, ეროვნული პარკების და ა.შ. ფართომასშტაბიანი მშენებლობის გამო, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის ზრდა, შეესაბამისდეს ქვეფენილი ზედაპირის წინააღმდეგობის ზრდა და ზედაპირული ქარის სიჩქარის შემცირება.

## Automated Forest Mapping for Sustainable Ecosystem Use in a Changing Climate: Case of Georgia

Mariam Tsitsagi\* \*\*, Ana Palavandishvili\*\* \*, Marika Tatishvili \*\* \*

*\*TSU, Vakhushti Bagrationi Institute of Geography*

*\*\*GTU, Institute of Hydrometeorology*

**Keywords:** Remote sensing, GIS, forest, automated mapping, Georgia

Accurate and up-to-date forest mapping is a cornerstone of sustainable forest management and the broader study of natural ecosystems, particularly under the pressures of modern climate change. Forest ecosystems play a critical role in maintaining biodiversity, regulating hydrological cycles, and sequestering carbon; thus, understanding their spatial distribution and dynamics is essential for sustainable use and conservation planning. In Georgia—a mountainous country characterized by diverse landscapes and complex topography—automated forest mapping remains both a challenge and a necessity. Steep terrain, varying forest density, and microclimatic conditions complicate the accuracy of remote sensing-based classifications, demanding advanced and adaptable approaches. The main objective of this research is to assess the efficiency and limitations of different automated forest mapping methods using multi-source remote sensing data and geographic information systems (GIS). Several representative study areas across Georgia were selected to capture diverse environmental and geomorphological conditions. The study integrates medium- and high-resolution satellite imagery, including Sentinel-2 MSI and PlanetScope, complemented by visual data validation from Google Earth and field reference points. Sentinel-2 imagery, with its 10–20 m spatial resolution and wide spectral range, was used as the main dataset for forest classification, while PlanetScope imagery (3–5 m resolution) served to refine mapping accuracy and validate the spatial detail of classified areas. Various classification algorithms were applied and compared in ArcGIS and Google Earth Engine (GEE) environments, including supervised and unsupervised methods such as Maximum Likelihood, ISO Cluster, and Principal Component Analysis (PCA). The use of GEE allowed for cloud-based processing of large datasets and facilitated rapid analysis of temporal changes in forest cover. Results from automated classifications were validated against ground control points and high-resolution imagery, providing insight into the accuracy and suitability of each method across different terrain types. Comparative analysis revealed that the classification accuracy significantly depends on topographic complexity and image resolution. Sentinel-2-based classifications performed well in lowland and moderately rugged areas, while PlanetScope data improved the delineation of forest boundaries in mountainous regions where spectral confusion and shadow effects are more pronounced. The combination of these datasets, processed in both ArcGIS and GEE, demonstrated an effective workflow for large-scale, semi-automated forest mapping adaptable to varying landscape conditions. The findings highlight both the efficiency and the limitations of commonly used remote sensing methods in the context of automated forest mapping. By identifying the most suitable classification approaches for specific terrain types, this study provides a methodological framework for improving the accuracy and consistency of forest monitoring in Georgia and similar mountainous regions. Ultimately, such advancements support sustainable forest ecosystem management and contribute to the broader understanding of how forest cover responds to environmental and climatic changes.

## ნატანის ჩამონადენის გაანგარიშება მდინარე მტკვარზე ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობასთან დაკავშირებით

ალავერდაშვილი მ.\* \*\*, კერესელიძე დ.\*, ბრეგვაძე გ.\*, ტრაპაიძე ვ.\* \*\*, ცინცაძე ნ.\* \*\*

*\*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,*

*\*\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი*

საკვანძო სიტყვები: ნატანის ჩამონადენი, ენერგეტიკული პრინციპი, მდინარე მტკვარი;

ნატანის ჩამონადენის გაანგარიშება ჰიდროლოგიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი საკითხია, მიუხედავად იმისა რომ ამ მიმართულებით საკმაოდ ბევრი შრომა არსებობს, საკითხი მაინც არ არის გადაწყვეტილი სასურველ დონემდე. ჩვენს მიერ მყარი მასალის გაანგარიშებებისას გამოყენებულ იქნა იქნა ე.წ. “ენერგეტიკული პრინციპი“, ხოლო კვლევის არეალად აღებული გვქვს მდინარე მტკვრის მონაკვეთი სოფ. ძეგვთან. ნატანის ჩამონადენის გაანგარიშების აღნიშნული მეთოდოლოგია შესაძლებლობას გვაძლევს არა მარტო წმინდა მეცნიერული კვლევისა, არამედ დიდია მისი პერსექტივა პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით, მითუმეტეს მდინარე მტკვრისათვის, რომელზეც დაგეგმილია მნიშვნელოვანი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების და მათ შორის წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობა. ასევე გაანგარიშებული გვაქვს ნატანის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება, რომელიც მდინარის რეჟიმის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტს წარმოადგენს.

## ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის მიკროაეროზოლებით დაბინძურების კვლევა ექსპერიმენტული გაზომვებით და რიცხვითი მოდელირებით მაღალი გარჩევადობის ბადის გამოყენებით

ალექსანდრე სურმავა\* \*\*, ნათია გიგაური\*, ვეფხია კუხალაშვილი\*\*, ლიანა ინწკირველი\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, მ.ნოდიაშვილის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერო, დაბინძურება, PM2.5 და PM10, ფონური ქარი, მოდელირება

ნაშრომში შესწავლილია ქალაქ ქუთაისის ატმოსფეროში და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე გაფრქეული მიკროაეროზოლების PM2.5 და PM10 გავრცელებისა და დაგროვების პრობლემა. კვლევისათვის გამოყენებულია გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰაერის ხარისხის მონიტორინგის ოფიციალური მონაცემები, ექსპერიმენტული გაზომვების შედეგები და რიცხვითი მოდელირების მეთოდი. მოცემულია ატმოსფეროში პასიური ინგრედიენტის გადატანა - დიფუზიის მათემატიკური მოდელი და რიცხვითი ინტეგრირების ალგორითმი. გაანალიზებულია მოდელის რეალიზაციის შედეგები. შესწავლილია ქალაქ ქუთაისის ატმოსფეროში PM2.5 და PM10-ის გავრცელება სხვადასხვა მიმართულებისა და სიძლიერის ფონური ქარის დროს. გაკეთებულია დასკვნა, რომ ქალაქ ქუთაისის ატმოსფეროში PM2.5 ნაწილაკების კონცენტრაციები, როგორც წესი, ნაკლებია PM10-ის კონცენტრაციებზე, მაგრამ მათი ცვლილების მრუდის ხასიათი ერთნაირია. შესწავლილია PM ნაწილაკების კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილების ტრენდი. ნაჩვენებია, რომ ქუთაისის ატმოსფეროს PM ნაწილაკებით დაბინძურებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს ავტოტრანსპორტს და სამშენებლო ინდუსტრიას.

რიცხვითი მოდელირებით მიღებულია ქ. ქუთაისის მიდამოებში მიწისპირა ლოკალური ქარის სიჩქარის ველი. ნაჩვენებია, რომ რელიეფის ზემოქმედება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენასა და თავისუფალ ატმოსფეროში არსებულ ოთხი ძირითადი ტიპის ფონურ დინებაზე წარმოშობს ლოკალურ ანტიციკლონურ გრიგალებს. ანტიციკლონების ცენტრების მდებარეობა დამოკიდებულია ფონური ქარის მიმართულებაზე. ფორმირებული ქარის სიჩქარის ველი განსაზღვრავს მიკროაეროზოლის სივრცულ განაწილებასა და დაბინძურების დონეს. მაქსიმალური კონცენტრაციები მიღებულია 6-7 სთის და 18-21 სთ-ის, მინიმალური კონცენტრაციები კი 0-4 სთ და 14-16 სთ-ის ინტერვალებში. აღნიშნული ეფექტი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის თერმიული მდგრადობის დროში ცვლილებასთან.

ნაშრომში წარმოდგენილი მოდელი შეიძლება წარმატებით იყოს გამოყენებული რთული რელიეფის ტერიტორიებზე ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების თეორიული შესწავლისათვის.

**მადლიერების გამოხატვა.** სამეცნიერო კვლევა დაფინანსებული და შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის FR-22 -4765 გრანტის ფარგლებში.

## ქ. ბათუმის ატმოსფეროს PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ით დაბინძურების შეფასება ოპერატიული და ნატურული დაკვირვების მონაცემების მიხედვით

ა. სურმავა\* \*\*, ვ. კუხალაშვილი\*\*, ლ. ინწკირველი\*, ნ. გიგაური\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

\*\* ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიაშვილის სახ. გეოფიზიკის  
ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: PM მიკრო აეროზოლები, კონცენტრაცია, ატმოსფერო

ჰაერში მიკრო მაწილაკების PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციების განსაზღვრა და სივრცული განაწილების შესწავლა ატმოსფეროს დაბინძურების მონიტორინგის აქტიურ პრობლემას წარმოადგენს. მოკროაეროზოლები თავისუფლად აღწევენ ადამიანთა შინაგან ორგანოებში, იწვევენ გულ-სისხლძარღვთა, სხვა რიგ მძიმე დაავადებებს და თვით სიკვდილსაც კი. პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სამედიცინო - გამანჯანსაღებელი ცენტრებისათვის - ისეთებისთვის, როგორიცაა ქ. ბათუმი. ქ. ბათუმში PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციებზე რეგულარული ოპერატიული დაკვირვება წარმოებს ორ სადამკვირვებლო პუნქტში. ოპერატიული მონაცემების ანალიზის თანახმად მიღებულია, რომ 2025 წლის იანვარ - ნოემბრის განმავლობაში

ტ. აბუსერიძის (აბ) ქუჩაზე მდებარე სადამკვირვებლო პუნქტში PM<sub>2.5</sub> საშუალო დღიური კონცენტრაციის მნიშვნელობები იცვლებოდა 1.9 - დან 58.0 მკგ/მ<sup>3</sup> - მდე, ცენტრალური პარკის (ცპ) მიდამოებში - 0.1-დან - 54.6 მკგ/მ<sup>3</sup>-მდე. PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციის მნიშვნელობები იცვლებოდა 5.0 -დან 104.0 მკგ/მ<sup>3</sup>-მდე (აბ) და 1.5 - 104.5 მკგ/მ<sup>3</sup>-მდე (ცპ). PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციების ზდკ-ზე გადაჭარბებას ადგილი ქონდა 23 და 32-ჯერ (აბ)-ის, 23 და 22 (ცპ)-ის მიდამოებში. კონცენტრაციათა შეფარდება PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> იცვლება 1.0 და 4.2-ს შორის. აღსანიშნავია PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციებს შორის მაღალი კორელაციის არსებობა. კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები ორივე სადამკვირვებლო პუნქტში მხოლოდ 2-2 ჯერ იყო 0.75 და 0.8 -ს შორის, დანარჩენ შემთხვევებში ისინი  $\geq 0.9$ -ის. აღნიშნული მიუთითებს იმაზე, რომ ქ. ბათუმის ატმოსფერული ჰაერის PM-ით დაბინძურება ხორციელდება ერთი და იმავე წყაროს, სავარაუდოდ, ავტოტრანსპორტის მიერ.

2025 წლის ზაფხულის სეზონში, ქალაქისა მისი შემოგარენის ტერიტორიაზე 50 პუნქტში ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა გაზომვებმა აჩვენა, რომ მიკრო ნაწილაკების საშუალო დღიური კონცენტრაციები ძირითადად დასაშვები ნორმის ფარგლებშია. ჰაერის ხარისხი შეიძლება შეფასდეს როგორც საშუალო და კარგი. კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობაზე გადაჭარბებას ადგილი აქვს მხოლოდ ცალკეულ პუნქტში სადაც, მიმდინარეობდა საგზაო-სარემონტო და სხვა სამრეწველო სამუშაოები.

**მადლიერების გამოხატვა.** სამეცნიერო კვლევა დაფინანსებული და შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის FR-24 -223 გრანტის ფარგლებში.

## მიკროკლიმატის სამეცნიერო მნიშვნელობა სოფლის მეურნეობაში

ნანი აფციაური

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და  
ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომელი.  
*naninana555@gmail.com*

**საკვანძო სიტყვები:** მიკროკლიმატი, კულტურები, მცენარეთა დაცვა.

მიკროკლიმატი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სოფლის მეურნეობაში, განსაკუთრებით ისეთ კლიმატურ მრავალფეროვნებაში, როგორც ქობულეთის ტერიტორია. ამ მცირე მასშტაბის კლიმატის ვარიაციების გაგება ფერმერებისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, რადგან მათ შეუძლიათ მნიშვნელოვნად იმოქმედონ აგროკულტურების არჩევანზე, რგვისა და თესვის გრაფიკზე, მავნებელ-დაავადებების მართვასა და საერთო მოსავლიანობაზე.

ვინაიდან, ამინდის პირობები შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს მოკლე დისტანციებზე, მიკროკლიმატის ამოცნობა და მასთან ადაპტაცია გავლენას ახდენს ვეგეტაციის სეზონის ხანგრძლივობასა და ხარისხზე. მიკროკლიმატის ბუნებრივ პირობებთან შესაბამისობაში მოყვანით, ფერმერებს შეუძლიათ შეამცირონ გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება. ეს მოიცავს წყლის მოხმარების მინიმალურ-ზაციას, ნახშირბადის კვალის შემცირებას და ბიომრავალფეროვნების ხელშეწყობას.

ისეთი კულტურები, რომლებიც სპეციფიკურ კლიმატურ პირობებს მოითხოვს, როგორიცაა ხილის, მწვანე ხილის ან სპეციალური ბოსტნეულის გარკვეული სახეობები, შეიძლება მოჰყავდეთ შესაფერისი მიკროკლიმატის მქონე ადგილებში, რაც ხშირად მათი უნიკალური თვისებების გამო უფრო მაღალ საბაზრო ფასებს იძლევა.

ბიომრავალფეროვნებისა და ფიტოპათოლოგიის ინსტიტუტი 1961 წლიდან დღემდე სწავლობს ადგილობრივ ატმოსფერულ ზონას სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაავადებებისგან დაცვისა და მათი მოსავლიანობის გაუმჯობესების მიზნით.

ადგილის დეტალური მეტეოროლოგიის (ტემპერატურა, ტენიანობა, მოსული ნალექების რაოდენობა) სრული ელექტრონული ვერსია ხელმისაწვდომია მეცნიერების და სამივე საფეხურის სტუდენტებისთვის.

2016 წლიდან განახლდა სადემონსტრაციო სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ხეხილის ზრდა-განვითარებისა და მოსავლიანობის შესწავლა განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში. ინსტიტუტის ტერიტორიაზე არსებულ მეტეოროლოგიური ადგილი 5 წლის (1916-2020წ.წ) მონაცემების დამუშავების შედეგების მიხედვით აღმოჩნდა, რომ ტემპერატურა მერყეობს 13<sup>0</sup>-16<sup>0</sup>C, ტენიანობა 50-80%, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1550-2500<sup>0</sup>C, კრიტიკული ტემპერატურული მინიმუმი -14<sup>0</sup>C, და მაქსიმუმი 37<sup>0</sup>C, მოსული ნალექების რაოდენობა მერყეობს 1150-2940 მმ.-მდე, ნალექების დღეთა რიცხვი შეადგენს 199-ს, აქედან 98 დღე 5 მმ-ზე მეტია.

მიკროკლიმატის სამეცნიერო მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ ის განსაკუთრებით მოქმედებს ადგილობრივ ეკოლოგიურ პროცესებზე, ბიომრავალფეროვნებასა და ორგანიზმების გადარჩენაზე, რაც გავლენას ახდენს მცენარეთა ზრდიდან და ცხოველების ქცევიდან დაწყებული, ეკოსისტემის ფუნქციებით დამთავრებული, როგორცაა ბიოგეოქიმიური ციკლები და ქმნის ჩარჩოს კლიმატის ცვლილების გავლენის გაგების, პროგნოზირებისა და კონსერვაციის სტრატეგიების შემუშავებისთვის. მიკროკლიმატის კონცეფცია გადამწყვეტია ისეთ სფეროებში, როგორცაა ეკოლოგია და გარემოსდაცვითი მეცნიერება, რადგან ის უფრო დეტალურ და ზუსტ სურათს იძლევა ორგანიზმების შეგუების პროცესებზე.

## რადონის გაზომვის მეთოდოლოგიის ზოგიერთი ასპექტები

გ.გრებენჩუკი

ივ. ბერიტაშვილის სახ. ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი,  
თბილისი, საქართველო

**საკვანძო სიტყვები:** ნაჩვენებია, რომ რადიოაქტიური აირი რადონის კონცენტრაციის გაზომვა და აღწერა მისი აქტივობის ერთეულებში - ბეკერელებში (Becquerels) იწვევს აღნიშნული ინდიკატორის ყალბ (გაოთხმაგებულ) მნიშვნელობას.

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის (ICRP-ს) მიერ მიღებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე რადონი იზომება მისი აქტივობის მიხედვით ბეკერელებში.

ამავე დროს, რადონის აქტივობის განსაზღვრისას ჩვეულებრივად იგულისხმება და ცხადდება, რომ ყველა დაშლა ეკუთვნის სწორედ რადონს, მაგრამ ამისი კონტროლი ასეთ რეჟიმში შეუძლებელია, რადგანაც ბეკერელები ვერ მიუთითებენ მათ შთამომავლობაზე.

აღნიშნული ვითარება შეიძლება იქნეს დამტკიცებული ან უარყოფილი მხოლოდ წარმოშობილი დაშლის შედეგად ალფა-ნაწილაკების ენერგიების სპექტრალური ანალიზის შედეგად. მეორე მხრივ, კარგად არის ცნობილი, რომ რადონის ატომის ბირთვის დაშლა არის კასკადური პროცესი, რომელიც შეიცავს ოთხი ალფა-ნაწილაკის, ოთხი ელექტრონის და ოთხი გამმა-კვანტის მიმდევრობით გენერაციას.

თუ ვივარაუდებთ, რომ რადონის კასკადური დაშლის ძირითადი პროცესები დაკავშირებული ალფა-ნაწილაკების გენერაციასთან, არის ზუსტად ის, რომლებიც ქმნიან ბეკერელებს, მაშინ გამოდის, რომ მხოლოდ ერთადერთი მათგანი, ყველაზე პირველი, მიეკუთვნება თვით რადონს, სხვა დანარჩენი სამი კი - მის პროგენებს, ანუ პოლონიუმ Po218-ს, პოლონიუმ Po214-ს და Po210, ანუ არა ყველა ალფა-ნაწილაკი, რომელიც ბადებს იმპულსებს აქტივობის რეგისტრაციის ხელსაწყოში, გენეტიკურად მიეკუთვნება თვით რადონს.

ამის გარდა, თუ ჩვენ დავანებებთ თავს კალკულაციას ბეკერელებში და გადავინაცვლებთ ალფა-ნაწილაკების აქტივირებულ ნახშირზე დაგროვების მეთოდისკენ, შედეგი იქნება ზუსტად იგივე - მხოლოდ ერთი ყოველი ოთხეული ალფა-ნაწილაკისაგან იქნება პასუხისმგებელი თვით რადონის აქტივობაზე და, ე.ი., გარემოში მის კონცენტრაციაზე.

იმ შემთხვევაში, თუ ემისიებთან დაკავშირებული  $\beta$  და  $\gamma$  დაშლები აგრეთვე იქნებიან მიღებული მხედველობაში ბეკერელების სახით, ეს გარემოება ყალბად (ანუ შეცდომით) კიდევ უფრო გაზრდის რადონის აქტივობის ინდექსს. აღნიშნულ გარემოებას შეუძლია განაპირობოს სერიოზული შეცდომები რადონის დაშლილი ატომების რაოდენობაში და, სათანადოდ, ბიოლოგიური ობიექტების დასახივების ენერგიაზე და მათ მიერ დაგროვილი დაშლის პროდუქტების რაოდენობაზე.

რეალურად შთანთქმული დოზის და დაგროვილი დაშლის პროდუქტების რაოდენობრივი დადგენა ბიოლოგიურ ობიექტში შესაძლებელია მხოლოდ რადიოაქტიური დაშლის კარგად ცნობილი განტოლების საფუძველზე. აქედან გამომდინარეობს, რომ ამჟამად მიღებული რადონის კონცენტრაციის ბეკერელებში შეფასების მეთოდი არის არაკორექტული და ვერ იძლევა მისი ბუნებრივ გარემოში გავრცელებისა და, სათანადოდ, ცოცხალი ორგანიზმებისათვის საფრთხის შეფასების საშუალებას.

## საქართველოს მდინარეთა წყლიანობის მიმდინარე და მოსალოდნელი ცვლილება

ბასილაშვილი ც.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**საკვანძო სიტყვები:** კლიმატური პროგნოზები, წყლის ხარჯების შემცირება, ჰიდროლოგიური საგუშაგოები.

მდინარეებში მიედინება მუდმივ განახლებადი მტკნარი წყალი, რომელიც აუცილებელია როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე მრეწველობის ყველა დარგისა და სოფლის მეურნეობის განვითარებისათვის. მდინარეთა წყლის რესურსები დასავლეთ საქართველოში 48 კმ<sup>3</sup>-ს და აღმოსავლეთ საქართველოში 13,45 კმ<sup>3</sup>-ს შეადგენს.

მდინარეთა სანაპირო ზონებში ყველა სახის ნაგებობის, გზების, ხიდების, ჰესების, სარწყავი არხების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის დროს საჭიროა მდინარეთა წყლიანობის დაზუსტებული მონაცემები. გამოქვეყნებულია 1981 წლამდე არსებული ყოველწლიური დაკვირვებათა მონაცემები წყლის ხარჯებისა საქართველოს მდინარეთა 182 ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე. 90-იანი წლების შემდეგ საქართველოში ფუნქციონირებს მხოლოდ 20 საგუშაგო, სადაც ავტომატურად იზომება წყლის დონეები.

დასავლეთ საქართველოს 21 საგუშაგოზე არსებული 1919-2023 წლების და აღმოსავლეთ საქართველოს 22 საგუშაგოზე 1924-2023 წლების მონაცემების სათანადო სტატისტიკური დამუშავებით, მიღებულია მდინარეთა წყლის ხარჯების მრავალწლიური მახასიათებლები, აგრეთვე ცალკეული ათწლეულების საშუალო მნიშვნელობები და მათი სხვაობები ყოველ შემდეგ ათწლეულს შორის.

დასავლეთ საქართველოში ეს სხვაობები უმეტესად უარყოფითია, ე.ი. მიმდინარეობდა მდინარეთა წყლიანობის კლება. აქ მხოლოდ 1981-1990 ათწლეულში ყველა საგუშაგოზე დაფიქსირდა წყლიანობის მატება, რაც მაშინ უზენაღეჭიანობითა და მყინვარების დნობით იყო განპირობებული. კლიმატური პროგნოზების მიხედვით, 1971-2000 წლებთან შედარებით, ტემპერატურა გაიზარდება 1,6-3,7 °C-ს ფარგლებში, ნალექები კი მხოლოდ შავი ზღვის სანაპირო ზონებში გაიზარდება 8-10 %-ით. მის აღმოსავლეთით სიმაღლის მატებასთან ერთად ნალექები შემცირდება 4-15 %-ით. ამის შესაბამისად მოსალოდნელია მდინარეთა წყლიანობის შემცირება. მყინვარები უკვე ისეა შემცირებული, რომ მათი დნობა ვერ მოახდენს მდინარეთა წყლიანობის მნიშვნელოვან მატებას. მხოლოდ ზღვისპირა ზონაში ნალექების მატება და აგრეთვე გაზრდილი აორთქლების კონდენსირება თავსხმა წვიმების სახით, გამოიწვევს ზოგჯერ კატასტროფულ წყალმოვარდნებს და სანაპიროების დეგრადირებას.

აღმოსავლეთ საქართველოში მდინარეთა წყლის ხარჯების სხვაობები ათწლეულების მიხედვით, დროთა განმავლობაში ხან იზრდებოდა, ხან კი მცირდებოდა. მხოლოდ 1971-1990 წლებში ისინი მატულობდა, ბოლო 2011-2020 წლებში კი, ყველა საგუშაგოზე აღირიცხა წყლიანობის შემცირება. პროგნოზების მიხედვით მომავალში ტემპერატურა აქ გაიზარდება 3-4 °C-ით, ნალექები კი შემცირდება 9-16 %-ით და მოიმატებს გვალვიანობა. შედეგად მოიმატებს აორთქლება, მოხდება ნიადაგების გამოშრობა და მოსალოდნელია მიწისქვეშა წყლებისა და მდინარეთა წყლიანობის შემცირება, რაც მეტად უარყოფითად აისახება გარემოზე, დაიწყება გაუდაბნოების პროცესის განვითარება, წყლის რესურსები არ იქნება საკმარისი სარწყავად, დაეცემა მოსავლიანობა და მოსახლეობის კეთილდღეობა. ეს რომ არ მოხდეს, წყლის რესურსების დაზოგვის მიზნით, აუცილებელია წყლის მომჭირნეობითი მოხმარება და მათი შევსებისათვის საჭირო ღონისძიებების შემუშავება და დროული განხორციელება.

## **Environmental Assessment of River Deltas in the Southeastern Black Sea Coastal Zone**

**Kodua M.\*, Starodubtsev V.M.\*\*\*, Tebidze M.\***

*\*Department of Hydro-engineering, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia.*

*\*\*\*Department of Agrosphere Ecology and Environmental Control, National University of Life and Environmental  
Sciences of Ukraine, Kyiv.*

*E-mail: m.kodua@gtu.ge; vmstarodubtsev3@gmail.com; tebidze.mari22@gtu.ge.*

**Keywords:** Black Sea basin, coastal zone, river delta.

This study examines the impact of flow regulation and economic activity on the river deltas of the southeastern Black Sea basin. These processes, together with modern climate change, are having significant impacts on natural resources and land-use patterns. A comparative analysis of the basin's deltas highlights the scale and specific characteristics of these transformations. The research methodology combines cartographic analysis, GIS modeling, and field investigations. Delta evolution is shaped by sediment transport, river discharge, and land-use dynamics. Erosional processes occur in areas where sediment deposition interacts with coastal currents and wave action. The construction of reservoirs has markedly reduced both water discharge and sediment supply to the coastal zone. The findings provide valuable insights for infrastructure planning, agriculture, recreation, wetland protection, and the sustainable development of human settlements.

## კონვექციური პროცესების მეტეოროლოგიური ანალიზი ERA5 რეანალიზაციის მონაცემების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოსთვის

ინგა სამხარაძე, მარიკა ტატიშვილი, ნანული ზოტიკიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.  
*i.samkharadze@gtu.ge*

**საკვანძო სიტყვები:** კონვექცია, თერმოდინამიკური ინდექსები, ERA5, არამდგრადობა.

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე განსაკუთრებით კახეთში აღინიშნება ძლიერი კონვექციური პროცესები, რაც განაპირობებს ლოკალურად სეტყვისა და ძლიერი წვიმის ღრუბლების ფორმირებას. წარმოდგენილი კვლევა ეფუძნება აღნიშნულ ტერიტორიაზე შერჩეული დღეებისათვის ERA5 რეანალიზაციის მონაცემებზე დაყრდნობით ატმოსფეროს თერმოდინამიკური ინდექსების შესწავლას სივრცითი ანალიზის მეთოდებით. ანალიზი მოიცავდა კონვექციურ ინდექსებს (CAPE, TT, K-index და სხვა), ასევე აღნიშნული დღეებისათვის განხილული იყო ქარის ვექტორები 500 მბ და 700 მბ დონეებზე. რამდენიმე დღის ანალიზმა აჩვენა სივრცითი და დროითი ვარიაციები, რომლებიც განსაზღვრავს კონვექციის განვითარებისთვის ხელსაყრელ პირობებს. კვლევამ დაადასტურა რომ კონვექციური ინდექსები განხილული დღეებისათვის მნიშვნელოვნად არის მომატებული, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ატმოსფეროს თერმოდინამიკური მდგომარეობის განმსაზღვრელი არამდგრადობის ენერგია, რომლის მნიშვნელობაც გადამწყვეტ როლს თამაშობს კონვექციური პროცესების გაძლიერებაში. ატმოსფეროს სხვადასხვა სიმაღლეზე ქარის მიმართულებისა და რიცხვითი მნიშვნელობების განხილვით დადგინდა რომ წარმოდგენილ თერმოდინამიკურ ინდექსებთან ერთად ქარის ველი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ვერტიკალურად განვითარებული ღრუბლის ფორმირების შემდგომ ეტაპებს. დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას რომ აღწერილი სინოპტიკური და თერმოდინამიკური პირობების ერთობლიობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე კონვექციური პროცესების ჩამოყალიბებაში. აღნიშნული მოვლენების წინაპირობების უკეთ შესწავლა მნიშვნელოვანია მათი პროგნოზირებისა და რისკის შემცირებისათვის.

## Nature Based Solutions in Disaster Risk Reduction and Climate Resilience

**Marika Tatishvili\* \*\*, Inga Samkharadze\*, Khatuna Elbakidze\*,  
Ana Palavandishvili\* \*\*, Eka Khutsishvili\***

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

*\*\* Vakhushti Bagrationi Institute of Geography of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia  
m.tatishvili@gtu.ge*

**Keywords:** Climate Change, Natural Hazards, Statistical Analysis, Structural Data, Early Warning.

Climate change is one of the most significant global challenges that need to be managed. To resolve any of the climate change related challenges, it is essential to integrate knowledge across a range of systems, consider the complex and uncertain nature of the individual systems and their interrelationships. 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. Understanding of the natural environment is increasingly important as society struggles to respond to the implications of a changing climate and anthropogenic pressures on finite natural resources, and their impacts on water, energy and food security, infrastructure, human health, natural hazards, and biodiversity. This is also a major cross-disciplinary challenge involving, meteorologists, climatologists, ecologists, hydrologists, soil scientists, biologists, chemists, physicists, and statisticians. With the need to influence policy and derive well-founded adaptation and mitigation strategies, there is also an increasing emphasis on social science and communication of science. The complexity of climate issues requires adaptive strategies for public policy, actions to incite social behavior, and the development of regulatory and market-simulating responses to economic life. To meet this complex societal need, research has focused on understanding the causes of climate change, the development of predictive models, and mitigation solutions, as well as the exploration of opportunities to shape social attitudes.

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. 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.

NBS can contribute to the following multiscale interconnected challenges: (a) social dimension of sustainable (b) economic development and (c) positive environmental impacts. With regard to environmental benefits, these include air quality regulation, climate regulation, natural hazards management, water flow regulation, water purification and waste treatment, erosion regulation, green space management, etc.

## სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა საწვავის ხარჯზე და გარემოს დაბინძურების ხარისხზე

ვლადიმერ გვეტაძე, ალექსანდრე ლომიძე  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

**საკვანძო სიტყვები:** ტოქსიკური ნივთიერებები; საწვავის ხარჯი; მოძრაობის რეჟიმები; გარემო.

ექსპლუატაციის დროს ავტომობილების მიერ ატმოსფეროში გამოყოფილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების რაოდენობა პროპორციულია საწვავის ხარჯის. შესაბამისად, საწვავის ეკონომია ნიშნავს ატმოსფეროში ნაკლები რაოდენობის ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფას, რაც სხვადასხვა ფაქტორებით არის განპირობებული.

საყურადღებოა ავტომობილის აეროდინამიკა. თუ ადრე მსუბუქი ავტომობილის ძარას ფორმა განისაზღვრებოდა პირველ რიგში კომფორტისა და ესთეტიკის მოთხოვნებით, ახლა ეს ფორმა ნაკარნახებია ჰაერის წინააღმდეგობის შემცირების აუცილებლობით, განსაკუთრებით მაღალი სიჩქარეებით მოძრაობის დროს.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტები მოწმობს, რომ ჰაერის წინააღმდეგობის 10 %-ით შემცირება გვაძლევს საწვავის ეკონომიას 4-5 %-მდე. მთლიანობაში აეროდინამიკის გაუმჯობესებამ შეიძლება უზრუნველყოს საწვავის ხარჯის შემცირება 15 %-მდე.

საწვავის ხარჯზე პირველ ხარისხიდან გავლენას ახდენს ავტომობილის ტექნიკური მდგომარეობა. სრულად გამართული ავტომობილი ხარჯავს ნაკლებ საწვავს და ამით უზრუნველყოფს ჰაერის დაბინძურების შემცირებას. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საწვავის მიმწოდებელ აპარატურას და ანთების სისტემას. კვლევებით დადგინდა, რომ თუნდაც ანთების ერთი სანთლის გაუმართაობა იწვევს საწვავის ხარჯის გაზრდას 15%-მდე, გამაგრებული სითხის ტემპერატურის შემცირება 40°-მდე - ხარჯის მომატებას 10 %-მდე, ანთების წინსწრების კუთხის რეგულატორის გაუმართაობა - 8 %-მდე, წვის კამერაში ნამწვის არსებობა - 7 %-მდე, ერთი მფრქვევანას გაუმართაობა - 25 %-მდე. შესაბამისად ეცემა ძრავის სიმძლავრე.

ქალაქში მოძრაობის პირობებში დროის 30 %-ის განმავლობაში ძრავა მუშაობს უქმ სვლაზე, ხოლო დროის 30 %-ს მუდმივი დატვირთვის პირობებში, დროის 20-25 % მოდის გაქანებაზე, 10-15 % კი - დამუხრუჭებაზე. ამასთან საშუალოდ უქმ სვლაზე ატმოსფეროში გამოიყოფა 5-7 % CO მთლიანი გამონახოლქვიდან. მუდმივი დატვირთვით მოძრაობის შემთხვევაში CO-ს კონცენტრაცია მცირდება - 2%-მდე, სამაგიეროდ მნიშვნელოვნად იზრდება აზოტის ჟანგბულების (NO<sub>x</sub>) რაოდენობა უქმ სვლასთან შედარებით (დაახლოებით 30-ჯერ).

ნამუშევარი აირების ტოქსიკურობაზე დიდ გავლენას ახდენს მუშაობის რეჟიმები. ქალაქის პირობებში ჭარბობს დაუმყარებელი რეჟიმები, რომლებიც ხასიათდება სიჩქარის მუდმივი ცვალებადობით. საჰაერო ბასეინის დაბინძურებაზე ასევე გავლენას ახდენს მოძრაობის ინტენსივობა და საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ოპტიმიზაცია.

დამუხრუჭება-გაქანების რეჟიმები (განსაკუთრებით საცობების და შუქნიშნების შემთხვევაში) ზრდის საწვავის ხარჯს, რაც უარყოფითად მოქმედებს გარემოს დაბინძურების ხარისხზე. ამის გათვალისწინებით საწვავის ხარჯის (კგ) გაანგარიშებას ვახდენთ ფორმულით:

$$G_{\text{საერთ}} \approx G_{\text{გარბ}} \cdot (I_1 + I_3) + (G_{\text{შენ}} \cdot t_{\text{შენ}} + G_{\text{უქმ}} \cdot t_{\text{უქმ}} + G_{\text{აჩქ}} \cdot t_{\text{აჩქ}}) \cdot n,$$

სადაც  $G_{\text{გარბ}}$  არის საწვავის ხარჯი 1 კმ გარბენზე მუდმივი სიჩქარით მოძრაობის დროს (კგ/კმ);  $I_1$  და  $I_3$  - გადასარბენებზე განვლილი მანძილი;  $G_{\text{შენ}}$ ,  $G_{\text{უქმ}}$  და  $G_{\text{აჩქ}}$  - საათური ხარჯი შენელების, უქმად დგომის და აჩქარების რეჟიმებზე;  $t_{\text{შენ}}$ ,  $t_{\text{უქმ}}$  და  $t_{\text{აჩქ}}$  - შენელების, გაჩერების და აჩქარების დროები;  $n$  - იძულებითი გაჩერებების რიცხვი.

## Hydrological Natural Phenomena Caused by Exogenous Forces in the Mountains

S. Gorgijanidze, G. Jincharadze, N. Kobakhidze, G. Gachechiladze, G. Pipia  
*Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University*  
*sophiogorgijanidz@gmail.com*

**Keywords:** exogenous, floods, dam, glacier, landslide

The relief of Georgia is characterized by a complex geological structure, which is due to the constant action of endo and exogenous forces on it throughout geological history. Their result is the following natural phenomena that periodically occur in the mountainous environment. Examples of active processes of exogenous forces are: pulsation of glaciers in the mountains, landslides, physical and chemical weathering, erosion and destruction by water. It is necessary to note here the human impact on nature, which mostly ends with negative consequences.

In mountainous regions, the first to be distinguished is the action of glaciers, which over the years played a major role in the formation of the relief of our country. The action of glaciers often had negative consequences. An example of this is the Devdoraki glacier. It was also characterized by the blocking of rivers, the filling of negative forms on the glacier and, depending on climatic conditions, in particular, the occurrence of uncontrollable floods as a result of frequent atmospheric precipitation. Such processes took place in 1776, 1778, 1785, 1808, 1817 and 1832. However, this process is still ongoing. The last glacial flood occurred in 2014. After this event, an early warning system (GEOTEST AG) was installed in the district (Kazbegi Municipality). The system allows for any glacier movements to be warned and the negative consequences of the disaster to be avoided. Unfortunately, a similar process developed on the Buba glacier (2023), when, precisely against the background of exogenous processes and modern climate warming, a rock avalanche collapsed, the stabilization of the glacier was disrupted, and a glacial and unconfined flood in the Buba river valley killed 33 people.

An example of erosion processes is also landslide events, which often block valleys in our country and form damm (exotectonic) lakes. Many examples of their breakthroughs have also been recorded. Such are: Lake Kvedi, Lake Khakhieti, Lake Patsa, etc. In modern times, Lake Khiso (Nashliani) was formed in this way. Which still exists in nature. Fortunately, it has not yet caused a flood.

It is necessary to mention the tragedy in Tbilisi in 2015, when on the night of June 13, as a result of heavy rain, a landslide descended from the mountain slope onto the Tskneti-Samadlo highway section, which blocked the Vere River for a certain period of time. Within a few hours, the water broke through the blockad mass and caused a flash flood. The disaster claimed the lives of 21 people in the capital, destroyed roads, tunnels and houses. After about 2 hours, the river returned to its original bed.

The result of exogenous processes in 2025 is also the nyrgenerate of a dam lake on the Karneba River, when a landslide descended into the river valley during the activation of known geological and geomorphological processes. Fortunately, the valley was immediately cleaned and the necessary works were carried out, as a result of which the expected flood was avoided. Unfortunately, for Georgia, in the context of today's climate warming, it is not easy to eliminate all natural disasters. Therefore, there must always be monitoring, scientific research and observations in mountainous regions, where such processes are common. It is also necessary to inform the local population about the expected natural disasters. This, if not completely, will significantly reduce the negative consequences of disasters for the region.

## შუმანის რეზონანსის გამოყენების პერსპექტივები

მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: რეზონანსი, ელჭექი, კატასტროფული მოვლენა.

შუმანის რეზონანსის მოვლენას უწოდებენ დედამიწის ზედაპირსა და იონოსფეროს შორის ღრუში ზედაბალსიხშირიან მდგარ ელექტრომაგნიტურ ტალღების წარმოქმნას. ასეთი მდგარი ტალღების წყაროა, უმეტეს შემთხვევაში, ელჭექური განმუხტვები. შუმანის რეზონანსი ეფექტურ ინსტრუმენტად ითვლება გარემოს შესასწავლად. ის გამოიყენება ბუნების სხვადასხვა კატასტროფული მოვლენების ფორმირების აღმოსაჩენად, გლობალური ელჭექური აქტივობის, კლიმატური, ვულკანური და სეისმური პროცესების მონიტორინგისათვის. შესაბამისი გამოთვლითი მეთოდების გამოყენებით ცალსახად განისაზღვრება ელჭექური ზონის კომპაქტური ადგილმდგომარეობა. ამ ზონების გაჩენა მიუთითებს კატასტროფულ მოვლენაზე. შუმანის რეზონანსის გამოყენებით აიხსნება ელჭექური ფენომენების ჯეთების, სპრაიტების და ელფების წარმოქმნა. შუმანის ტალღების სიხშირეების გამოყენებით შექმნილ ხელსაწყოებით ადგენენ ნახშირწყალბადების ადგილმდებარეობას ზღვაში. ეს უნიკალური მოვლენა გამოიყენება დედამიწის იონოსფეროს ქვედა ფენის და ასევე სხვა ციური სხეულების ზონდირებისათვის.

მეცნიერულად დამტკიცებულია შუმანის ტალღების ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე. განიხილება და იკვლევა სხვადასხვა ალტერნატიული თერაპიული მიდგომები. კვლევებმა აჩვენა, რომ შუმანის სიხშირე 7.83 ჰც ემთხვევა ადამიანის ტვინის ალფა-რიტმებს და ხელს უწყობს რელაქსაციას, ჯანმრთელობის გაუმჯობესებას და ტვინის ფუნქციების ჰარმონიზაციას. პრაქტიკულად გლობალური შუმანის რეზონანსის ფიქსირებული პარამეტრები გავლენას ახდენს პლანეტის ნებისმიერ მოვლენაზე.

აღსანიშნავია, რომ საქართველო ითვლება ერთ-ერთ ელჭექსაშიშ რეგიონად (ელჭექურ დღეთა საშუალო წლიური რიცხვი 40 აღწევს) და სხვა კლიმატური თუ ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენებისაგან (მიწისძვრა, ტყის ხანძარი, წყალდიდობა, სეტყვა, გვალვა და სხვა) არ არის დაცული.

ამრიგად, შუმანის რეზონანსის საფუძველზე შექმნილი ხელსაწყოების გამოყენება სხვადასხვა ბუნებრივი მოვლენების მონიტორინგისათვის და ადამიანის ჯანმრთელობის გაუმჯობესებისათვის აქტუალური ხდება საქართველოსათვისაც.

## წყლის რესურსების მდგრადი გამოყენება და ინტეგრირებული მართვის პერსპექტივები მდინარე იორის აუზში

კაპანაძე ნაილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
*knaili1990@gmail.com, n.kapanadze@gtu2021.ge*

**საკვანძო სიტყვები:** წყლის რესურსები, ინტეგრირებული მართვა, მდინარე იორი, ეკოსისტემური დეგრადაცია, ინსტიტუციური კოორდინაცია.

მდინარე იორი წარმოადგენს საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ჰიდროლოგიურ სისტემას, რომლის აუზი მოიცავს როგორც მაღალმთიან, ასევე მშრალი სტეპური კლიმატის ზონებს. აუზი ხასიათდება წყლის რესურსების სეზონური და სივრცითი არათანაბარი განაწილებით, რაც განსაკუთრებით მწვავედ ვლინდება ზაფხულის პერიოდში და იწვევს წყალმომარაგებისა და სარწყავი მეურნეობის პრობლემებს.

გლობალური კლიმატური ცვლილებები, ატმოსფერული ნალექების რეჟიმის ცვლილება, წყლის რესურსების არაეფექტიანი გამოყენება, მიწათსარგებლობის ინტენსიფიკაცია და ჰიდროტექნიკური ინფრასტრუქტურის მოძველება ზრდის ეკოლოგიურ და სოციალურ-ეკონომიკურ რისკებს. აღნიშნულ პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა (IWRM), რომელიც აუზური პრინციპის საფუძველზე ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური ინტერესების შეთანხმებას უზრუნველყოფს.

კვლევის მიზანია მდინარე იორის აუზში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის საჭიროების დასაბუთება, არსებული მდგომარეობის ანალიზი და ეფექტური მართვის მიმართულებების განსაზღვრა. არსებული მონაცემების მიხედვით დადგენილია, რომ ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ფორმირება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ატმოსფერულ ნალექებზე, ხოლო ზაფხულში ჩამონადენი მკვეთრად მცირდება. მოძველებული სარწყავი სისტემები იწვევს წყლის 30–40%-იან დანაკარგს, ხოლო ქვემო დინების მონაკვეთებში შეინიშნება წყლის ხარისხის გაუარესება და ეკოსისტემური დეგრადაცია. პრობლემას ამძაფრებს ინსტიტუციური კოორდინაციის ნაკლებობა.

კვლევის ფარგლებში ხაზგასმულია ინტეგრირებული მართვის ჩარჩოს ჩამოყალიბების, მონიტორინგის სისტემის გაძლიერების, სარწყავი ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაციისა და ადგილობრივი საზოგადოების ჩართულობის მნიშვნელობა. აღნიშნული მიდგომა წარმოადგენს ეკოლოგიური სტაბილურობისა და სოციალურ-ეკონომიკური მდგრადობის მიღწევის აუცილებელ წინაპირობას.

## სეტყვიანობის განმაპირობებელი ცირკულაციური პროცესები საქართველოში

კაპანაძე ნაილი, ტატიშვილი მარიკა, მკურნალიძე ირინე, ხუციშვილი ეკატერინე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი  
*knaili1990@gmail.com, n.kapanadze@gtu2021.ge*

**საკვანძო სიტყვები:** ცირკულაციური პროცესები, ცივი ფრონტები, ოროგრაფიული ფაქტორები.

სეტყვა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ბუნებრივ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენას, რომელიც მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს სოფლის მეურნეობას, ინფრასტრუქტურასა და ეკოსისტემებს. სეტყვიანობის სიხშირე და ინტენსივობა განისაზღვრება მიკრო- და მეზომასშტაბური ატმოსფერული პროცესების კომპლექსური ურთიერთქმედებით, რომლებიც თავის მხრივ დამოკიდებულია სინოპტიკურ ცირკულაციურ პირობებზე. საქართველოს კლიმატურ სისტემაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დასავლეთ ცირკულაციის დომინირება, რომელიც განაპირობებს ციკლონური და ფრონტალური სისტემების გადაადგილებას შავი ზღვის რეგიონიდან. **ცივი ფრონტების გადაადგილება** დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მექანიზმს, რომელიც იწვევს ვერტიკალურ დინებებს და ატმოსფერულ არასტაბილურობას, რაც ხელს უწყობს ძლიერ კონვექციას და სეტყვის ღრუბელთა განვითარებას.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ციკლონებთან ერთად ხშირად იკვეთება **თბილი და ცივი ჰაერის მასები**, რაც ქმნის ძლიერ ტემპერატურულ კონტრასტს ზედაპირზე და მაღალი ენერგიის მქონე არამდგრად ატმოსფერულ ფენას. სეტყვის ღრუბლების განვითარება საქართველოს პირობებში უმეტესად ასოცირდება მაღალი ტემპერატურისა და ტენიანობის ფონზე განვითარებულ ძლიერ კონვექციურ აქტივობასთან. ეს პროცესი განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს მაისიდან ივლისამდე პერიოდში, რაც უკავშირდება მზის რადიაციის გაზრდილ ინსოლაციას და ზედაპირული გათბობის პიკს.

საქართველოს კომპლექსური რელიეფი - კერძოდ, კავკასიონის ქედი და შიდა ქართლისა და კახეთის ველები - ქმნის პირობებს ოროგრაფიული აწევისათვის, რაც აძლიერებს კონვექციურ პროცესებს. მზე დღის განმავლობაში აცხუნებს მთების ფერდობებს, რაც იწვევს ჰაერის აღმასვლას და ღრუბლის ფორმირებას. **ოროგრაფიული ფაქტორები** მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სეტყვის შემთხვევების სივრცით განაწილებაში — განსაკუთრებით **ალაზნის ველზე, მტკვრის ზემო დინებასა და შიდა ქართლში**.

საქართველოს სეტყვიანობა სეზონურად მერყეობს და მაქსიმუმს აღწევს **მაის-ივნისის თვეებში**, რაც ემთხვევა კონვექციური აქტივობის სეზონურ პიკს. დასავლეთ საქართველოში სეტყვიანობა შედარებით ნაკლებია, მაშინ როცა აღმოსავლეთში, განსაკუთრებით შიდა რეგიონებში, სეტყვიანობა გაცილებით ხშირია — ეს გამოწვეულია შავი ზღვის ტენიანი ჰაერის შემცირებული ზემოქმედებით და კონტინენტური კლიმატური პირობებით.

ამრიგად, სეტყვიანობის გამომწვევი ცირკულაციური პროცესები საქართველოში წარმოადგენს გლობალური, რეგიონული და ლოკალური მასშტაბის ატმოსფერული მექანიზმების კომპლექსს. სეტყვიანი ამინდი ძირითადად დაკავშირებულია ციკლონურ და ფრონტალურ სისტემებთან, მეზომასშტაბურ კონვექციურ აქტივობასთან და ოროგრაფიულ პირობებთან, რომლებიც ხელს უწყობენ ძლიერ ვერტიკალურ დინებებსა და არასტაბილური ატმოსფერული შრეების განვითარებას. ამ პროცესების ეფექტიანი პროგნოზირება და კვლევა უმნიშვნელოვანესია სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაგეგმვასა და მის სწორად წარმართვაში.

## ქვემო ქართლის წაყინვების მრავალწლიანი სტატისტიკა და თანამედროვე ტენდენციები

კაპანაძე ნაილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: წაყინვა, უყინვო პერიოდი, ვეგეტაციური სეზონი.

ქვემო ქართლის სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას, საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებიდან, წაყინვა წარმოადგენს. წაყინვა არის ვეგეტაციის პერიოდში, დადებითი საშუალო დღეღამური ტემპერატურის ფონზე, ჰაერის ან ნიადაგის ტემპერატურის ვარდნა  $0^{\circ}\text{C}$ -მდე, ან უფრო ქვემოთ. იგი ძირითადად უღრუბლო წყნარ ამინდში ვლინდება და განსაკუთრებით შესაძინევი ხდება მშრალი განედებიდან არქტიკული ჰაერის მასების შემოჭრის დროს, მაღალი ატმოსფერული წნევის, მაღალი ეფექტური გამოსხივებისა და დაბალი ქარის პირობებში. წაყინვები, როგორც წესი, შეინიშნება გაზაფხულსა და შემოდგომაზე.

განსაკუთრებით საშიშია გვიან გაზაფხულის და ადრეული შემოდგომის წაყინვები, რომლებიც ემთხვევა მცენარეთა აქტიური ზრდის პერიოდს. ქვემო ქართლში ადგილი აქვს მხოლოდ სუსტ და ზომიერ წაყინვებს, თუმცა წაყინვების საშიშროების ხარისხი დამოკიდებულია არამარტო ინტენსივობაზე, არამედ მათი დადგომის ვადებზე, ხანგრძლივობაზე, მცენარეთა განვითარების ფაზაზე, ადგილმდებარეობის რელიეფურ პირობებზე და სხვ.

მრავალწლიური საშუალო მონაცემების მიხედვით ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე გაზაფხულის ბოლო წაყინვები დაბლობ რაიონებში 1000 მ სიმაღლემდე (თბილისი, რუსთავი, გარდაბანი, მარნეული, ბოლნისი) საშუალოდ მარტის ბოლოდან იწყება და 2 აპრილამდე გრძელდება. ხოლო მაღალმთიან ზონაში, 1000 მ-ის ზემოთ (თეთრიწყარო, მანგლისი, დმანისი, წალკა) 15/ IV - 2/V შუაღელში აღინიშნება.

შემოდგომის პირველი წაყინვები ქვემო ქართლის რეგიონის დაბლობ რაიონებში (1000 მ სიმაღლემდე) საშუალოდ მერყეობს 3/XI - დან 16/XI-მდე (მარნეული, გარდაბანი, ბოლნისი, რუსთავი, თბილისი შესაბამისად), ხოლო 1000 მ ზემოთ (წალკა, დმანისი, მანგლისი, თეთრიწყარო) - 10/X-1/XI შუაღელში.

უყინვო პერიოდის საშუალო ხანგრძლივობის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა (დღე) აღინიშნება თბილისში - 236 დღე, რომელსაც მოჰყვება რუსთავი 229 დღით, ბოლნისი - 224, გარდაბანი 219, მარნეული - 215 დღით. ყველაზე მცირე ხანგრძლივობის უყინვო პერიოდი დაიკვირვება წალკაში - 160 დღე. უყინვო პერიოდის რეკორდულად ხანგრძლივი მაჩვენებელი თბილისში დაფიქსირდა (327 დღე), ყველაზე მინიმალური - წალკაში (126 დღე). გამოდის, რომ სიმაღლის ცვლილების მიხედვით იცვლება როგორც გაზაფხულის ბოლო წაყინვის შეწყვეტისა და შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღები, ისე უყინვო პერიოდის საშუალო, უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობები.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე (2007–2022 წწ.) შეინიშნება თბილისსა და ბოლნისში გაზაფხულის წაყინვების წინ გადაინაცვლება შესაბამისად 6-5 დღით და შემოდგომის წაყინვებისა - 12-9 დღით გვიან. წაყინვის საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლებამ თბილისსა და ბოლნისში გაზარდა უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობა შესაბამისად 18 და 14 დღით, თუმცა მაღალმთიან ზონაში (წალკა) საპირისპირო ეფექტი შეინიშნება.

ამრიგად, ტენდენცია მიუთითებს ვეგეტაციური სეზონის გახანგრძლივებაზე, რაც როგორც აგრარული პოტენციალის ზრდას (მრავალჯერადი და მრავალფეროვანი მოსავალის მიღება), ისე ეკოლოგიური რისკების გაძლიერებას შეუწყობს ხელს.

**ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდია სახ.  
გეოფიზიკის ინსტიტუტში დიდ საღრუბლო კამერაში ატმოსფერული  
პროცესების მოდელირების ექსპერიმენტული სამუშაოების განვითარების  
პერსპექტივები**

**ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.**  
*M. Nodia Institute of Geophysics of the I. Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia*  
*avtandilamiranashvili@gmail.com*

**საკვანძო სიტყვები:** დიდი საღრუბლო კამერა, ექსპერიმენტული მოდელირება, ატმოსფერული პროცესები.

თბილისის ივანე ჯავახიშვილის სახელობის სახ. უნივერსიტეტის მიხ. ნოდია სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის თერმობაროკამერის დიდი საღრუბლო კამერა (ნისლის კამერა, აეროზოლის კამერა) უნიკალური, რთული საინჟინრო ნაგებობაა, მსოფლიოში უპრეცედენტო, ჩაშენებული გამორჩეულ არქიტექტურულ შენობაში, რომელიც დააპროექტა ცნობილმა არქიტექტორმა ვ. ურუშაძემ. კამერა წარმოადგენს ვერტიკალურ ცილინდრს კონუსური ფუძით. კამერის მოცულობაა 260 მ<sup>3</sup>, საერთო სიმაღლე 17 მ, ცილინდრული მონაკვეთი 13 მ სიმაღლისაა, დიამეტრი 4.6 მ, ხოლო ორი წრიული ფორმის კამერაში შესასვლელი თითოეული 0.8 მ დიამეტრისაა. კამერის თავზე მიმაგრებულია ვერტიკალური მილი, რომლის სიმაღლე 20 მ და დიამეტრი 1 მ-ია. მთელი კონსტრუქცია დაფარულია თბოიზოლაციის მასალით, რაც საშუალებას იძლევა ექსპერიმენტები ჩატარდეს როგორც დადებით, ასევე უარყოფით ტემპერატურაზე. ობიექტი ექსპლუატაციაში შევიდა 1972 წელს.

მისი ფუნქციონირების წლების განმავლობაში, საღრუბლო კამერაში ჩატარებულია მრავალი ექსპერიმენტი, რომელიც დაკავშირებულია ატმოსფერული პროცესების (ნისლი, ჭექა-ქუხილი, სეტყვა, სმოგი და ა.შ.) მოდელირებასთან და ამ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების მეთოდების შემუშავებასთან, რომელთა შედეგებმა რიგ შემთხვევაში პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა.

ამჟამად, სხვადასხვა მიზეზების გამო, კამერა თბილ რეჟიმში მუშაობს. ჩატარებული სამუშაოების გარდა, დაგეგმილია სამომავლო კვლევები, კერძოდ: სხვადასხვა აეროდისპერსიული სისტემების შესაქმნელად ახალი მეთოდების შემუშავებასა და არსებული მეთოდების გაუმჯობესებასთან დაკავშირებული; ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნისა და ევოლუციის მოდელირებასა და მასთან ბრძოლის მეთოდების შემუშავებასთან დაკავშირებული; სხვადასხვა მეტეოროლოგიური და გეოფიზიკური პარამეტრების გარემოზე ზემოქმედების მოდელირებასთან დაკავშირებული; განიხილება მავნე ატმოსფერულ მოვლენებზე ზემოქმედების ახალი მეთოდების შემუშავება და არსებული მეთოდების გაუმჯობესება; ცოცხალი ორგანიზმებისა და მცენარეების დაცვა ოზონის მაღალი კონცენტრაციებისგან, ელექტრომაგნიტური ველებისა და რადიაციისგან, მათ შორის ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან და ა.შ.

განხილვის პროცესშია კამერის წინა ფუნქციების აღდგენა ნულზე დაბალ ტემპერატურაზე ატმოსფერული პროცესების სიმულირებისთვის შესაბამისი თანამედროვე სამაცივრე აღჭურვილობის გამოყენებით.

## Some Results of Investigation of the Effects of Heavy Precipitation on the Environment in Some Regions of Georgia Using Ground-Level and Sattelite Measurements

\*\*\* Beglarashvili N., \*\*\* Elizbarashvili I., \*\*\* Jamrishvili N., \*\*\*\* Janelidze I.,  
\*\*\*\* Megrelidze I., \*\*\* Pipia M., \*\*\* Tavidashvili Kh.

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

*\*\* Samtskhe-Javakheti State University, Akhaltsikhe, Georgia*

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

*\*\*\*\* Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia*

*\*\*\*\*\* National Environmental Agency, Tbilisi, Georgia*

*beglarashvilinani@yahoo.com*

**Keywords:** atmospheric precipitation, flooding, flood, landslide.

Heavy precipitation is known to have extremely negative impacts on the environment, causing floods, landslides, mudflows, damage to vegetation, infrastructure, etc. Therefore, in many countries, including Georgia, the study of precipitation patterns, their spatial and temporal distribution, and their forecasting have always received special attention. Interest in this research has increased even further in recent decades due to global warming.

The paper provides a brief overview of recent studies examining the environmental impacts of heavy precipitation in various regions of Georgia. These studies used both ground-based and satellite observation data.

Specifically, it notes that precipitation (over 100 mm per day) in Tbilisi on August 29, 2023, led to flooding in some areas of the city; heavy precipitation over several days led to a landslide with fatalities in Nergeeti (Imereti) on February 7, 2024; heavy precipitation in the municipalities of Adigeni and Chokhatauri on July 21, 2025, caused damage to residents of the villages of Gomaro and Shoka in Adigeni Municipality and contributed to a landslide in the village of Zoti in Chokhatauri Municipality, which blocked the access road for eight families.

In the future, we plan to continue similar studies for other regions of Georgia.

### Acknowledgement

The research is done with the support of "Shota Rustaveli National Scientist Foundation" [Grant number - FR-22-2882].

## Some Study Results of Various Meteorological Parameters Regime and Variability Based on 2005-2024 Year Data and Associated Environmental Risk Factors for Baku (Azerbaijan) and Tbilisi (Georgia)

\* Aliyev V., \*\* Amiranashvili A., \*\* Bliadze T., \*\* Chikhladze V., \*\*\* Davitashvili M., \*\*\*\* Kartvelishvili L.,  
\*\*\*\*\* Matzarakis A., \*\*, \*\*\*\*\* Pipia M., \*\*\*\*\* Tatishvili M., \*\* Varamashvili N.  
\*CEO & Founder, International Event Organizer Company AMIR Technical Services Azerbaijan, Baku, Azerbaijan  
\*\*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia  
\*\*\*I. Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia  
\*\*\*\*Georgian National Environmental Agency, Tbilisi, Georgia  
\*\*\*\*\*Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Germany  
\*\*\*\*\*Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia  
prof.vugar.aliyev@gmail.com

**Keywords:** climate change, regional climate, simple and complex thermal indices, meteorological and climate risks.

It is well known that global warming has significantly increased environmental risks almost everywhere, including Azerbaijan and Georgia especially in recent decades, which have sound experience in climate research. In 2025, scientists from these neighboring countries, together with scientists from other countries, have decided combine their efforts to more thoroughly study the regional impacts of climate change on various sectors of the national economy, including human health.

In order to carry out research daily values of various meteorological parameters (air temperature and relative humidity, wind speed, precipitation, cloudiness, etc.) database has been created for the cities of Baku and Tbilisi from 2005 to 2024 – about 7305 measurements have been used from open source [<http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php?id=ru&region=07>], as well as half-hourly values of aviation-related meteorological elements (air temperature and relative humidity, wind speed, visibility, etc.) database for the Heydar Aliyev (Baku) and Shota Rustaveli (Tbilisi) international airports from 2015 to 2024 – more than 166700 measurements: [[https://rp5.ru/Weather\\_archive\\_in\\_Baku,\\_Heydar\\_Aliyev\\_\(airport\)](https://rp5.ru/Weather_archive_in_Baku,_Heydar_Aliyev_(airport))] and [[https://rp5.ru/Weather\\_archive\\_in\\_Tbilisi\\_\(airport\),\\_METAR](https://rp5.ru/Weather_archive_in_Tbilisi_(airport),_METAR)].

Especially, detailed statistical analysis of average daily, maximum and minimum air temperatures in Baku and Tbilisi from 2005 to 2024, as well as their variability in 2020–2024 compared to 2005–2009, showed significant impact of rapid climate warming over the past two decades resulted in the increase of air temperature characteristics in both cities, as well as increased thermal risks to public health.

Conducted analysis of the Angstrom Fire Index (a combination of daily maximum temperature and minimum relative humidity) showed that, on average, from 2005 to 2025 overall the danger level of forest fire in Tbilisi is higher than in Baku.

The conducted study of wind conditions at the Heydar Aliyev Baku and Shota Rustaveli Tbilisi international airports in 2015–2024 revealed, that number of gusty wind in Baku is significantly more than in Tbilisi (1225 cases per year and 753 cases respectively).

It is planned to continue joint research both in terms of climate change and in terms of assessing environmental risks in future, including those to public health, associated with air temperature and various thermal indices in individual seasons and months of the year.

## თუშეთის დაცული ლანდშაფტის ფიჭვნარების ბიომასა და ნახშირბადის მარაგები

აფციაური ბ.\*, ტიგინაშვილი ზ.\*\*, წერეთელი გ.\*\*\*, კახაძე რ.\*\*\*, მერაბიშვილი მ.\*\*\*\*, გაგოშიძე გ.\*\*

\*საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ვასილ გულისაშვილის სატყეო ინსტიტუტი,

\*\*საქართველოს ს/მ მეცნიერებათა აკადემია,

\*\*\*მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტი, \*\*\*\*მიწათმოქმედების  
ინსტიტუტი,

საკვანძო სიტყვები: ბიომასა, ნახშირბადი, ნახშირორჟანგი, ჟანგბადი.

საქართველოს ტყის ეკოსისტემებში დეპონირებული ნახშირბადის დადგენა და ტყის როლის განსაზღვრა კლიმატის ცვლილებებით გამოწვეული უარყოფითი პროცესების შერბილების საქმეში, სავსებით პასუხობს საერთაშორისო კონვენციების მოთხოვნილებებს (Cancun, 2010, Paris, 2015).

ჩვენი კვლევების (2009-2022) შედეგად პირველად საქართველოში შემუშავდა მერქნის მარაგიდან ბიომასაში გადასაყვანი „კონვერსიული კოეფიციენტები“ ტყის შემქმნელი ძირითადი სახეობებისათვის, მათ შორის კავკასიური ფიჭვის (*Pinus sylvestris* var. *Hamata*), ხუთივე ხნოვანების ჯგუფისა და ტყის ცალკეული ფრაქციების მიხედვით. ტყეების ინვენტარიზაციის დროს „კონვერსიული კოეფიციენტები“ ს გამოყენებით მარტივადაა შესაძლებელი ტყის ბიომასისა და დეპონირებული ნახშირბადის მარაგების დადგენა. აღნიშნული „კონვერსიული კოეფიციენტები“ ს გამოყენებით განვსაზღვრეთ თუშეთის დაცული ლანდშაფტის ფიჭვის ტყის ფიტოცენოზში ბიომასა და მასში დეპონირებული ნახშირბადის მარაგები.

თუშეთის დაცული ლანდშაფტი მდებარეობს საქართველოს ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში აღმოსავლეთ კავკასიონის ფერდობებზე ზღვის დონიდან 1650-4493 მ სიმაღლეზე. თუშეთის დაცული ლანდშაფტის საერთო ფართობის 2902 ჰექტარი (58%) უნიკალურ ფიჭვნარებს უკავია, მარაგით 392452 კმ<sup>3</sup>, საშ. სიმაღლე 17 მ, საშ. დიამეტრი 31 სმ, მარაგი 1 ჰა-ზე 135.2 კმ<sup>3</sup>, სიხშირე 0,38; ბონიტეტი III .6, საშ. ხნოვანება 90, საშ. შემატება 4360.6 კმ<sup>3</sup> და 1 ჰა-ზე – 1.5 კმ<sup>3</sup>.

თუშეთის დაცული ლანდშაფტის ფიჭვნარების მთავარი სართულის ბიომასის მარაგია 284135.25 ტონა (97.91 ტ/ჰა), დეპონირებულია 144197.85 ტონა (49.69 ტ/ჰა) ნახშირბადი და ატმოსფეროდან აბსორბირებულია 528773.53 ტონა (182.21 ტ/ჰა) CO<sub>2</sub>, ხოლო ატმოსფეროში უკანვე გაედინება 384418.36 ტონა (132.47 ტ/ჰა) O<sub>2</sub>.

ნახშირბადის მარაგის საშუალო წლიური ნამატის მიხედვით განისაზღვრება ტყის ჭრის დროს ამოსაღები ბიომასის ოდენობა და დგინდება წლიურად შთანთქმული ნახშირბადის დიოქსიდი და გამონთავისუფლებული და ატმოსფეროშივე გაფრქვეული ჟანგბადის ოდენობა.

ჰექტარზე ფიჭვნარების მთავარი სართულის ბიომასისა და ნახშირბადის მარაგების საშუალო წლიური ნამატი 1.088 ტ/ჰა/წელი და 0.552 ტ/ჰა/წელია. 90 წლის საშუალო ხნოვანების ფიჭვნარების მიერ ატმოსფეროდან წლიურად ემისირებულია 2.025 CO<sub>2</sub> ტ/ჰა/წელი და ატმოსფეროში უკანვე გაედინება 1.472 ტ/ჰა/წელი ჟანგბადი.

კვლევის შედეგებით განსაზღვრული ფიჭვნარების ნახშირბადის მარაგები და ემისირებული ნახშირორჟანგი შესაძლებლობას იძლევა, თუშეთის დაცულ ტერიტორიაზე დადგინდეს წლის განმავლობაში ატმოსფეროში გაფრქვეული ჟანგბადის ოდენობა. მიღებული შედეგები არ არის დიდი, მაგრამ ის მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს მაღალმთიანი რეგიონის კლიმატის ცვლილების გამოვლინების შერბილების საქმეში.

## Risks of Abandoned Mines and key Approaches to Environmental Management

\*Matiasvili S., \*\*Chanktseliani Z.

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

\*\*Soil Fertility Research Service of LEPL Agricultural Scientific Research Center, Tbilisi, Georgia  
e-mail: matiasvilisophiko@gmail.com

**Keywords:** Abandoned mines; environmental rehabilitation; safety; ecology

Abandoned mines pose significant environmental and public safety challenges, with risks of structural collapse, toxic emissions, water and soil contamination, and ecosystem degradation. This study reviews key management considerations for abandoned mining sites, including safety, environmental rehabilitation practices, and methods to reduce hazardous resource impacts. Safety measures include shaft closures, entrance sealing, and access control to reduce the likelihood of accidents and unauthorized access. Environmental management considerations emphasize the need to treat contaminated water, restore soil and habitats, and safely manage mining waste. The study also examines resource reuse opportunities and technological approaches that ensure sustainable and low-impact mining practices. The presented analysis highlights the importance of an integrated, multidisciplinary approach to the safe and long-term management of abandoned mines, which is critical for ensuring both environmental protection and the well-being of local communities.

The threats posed by abandoned mines require a systematic, integrated and science-based approach to reduce both environmental and social and technical risks. The analysis shows that to ensure safety, it is necessary to stabilize structures, control access and inform the population. At the same time, the treatment of contaminated waters, the restoration of land and ecosystems, as well as the proper management of mining waste, play an important role in solving environmental problems. Technological progress creates the opportunity to extract the remaining resources in old mines with minimal impact, adhering to the principles of sustainable mining practices. Ultimately, the management of abandoned mining areas is not only an environmental issue, but also an economic and social challenge, the solution of which requires the cooperation of state structures, science and local communities. Only a multidisciplinary and coordinated approach will ensure the transformation of abandoned mines into safe, stable, and environmentally sound spaces.

## აჭარის რეგიონის სასმელი წყაროს წყლების მინერალური შედგენილობა

ნაკაშიძე ნ. ა.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საკვანძო სიტყვები. გაჭუჭყიანება, წყლები, მინერალური შედგენილობა

წყალი ორგანიზმისთვის შეუცვლელი საკვებია, საიდანაც ადამიანი ღებულობს სხვადასხვა სასიცოცხლო მნიშვნელობის მინერალურ ნივთიერებებს: ნატრიუმს, კალციუმს, მაგნიუმს, ფოსფორს, სპილენძს, თუთიას და ა.შ.

აჭარის რეგიონი მდიდარია ჰიდროლოგიური რესურსებით. აჭარაში არ არსებობს ისეთი ადგილი სადაც, არ შევხვდებით რამოდენიმე სახის წყაროს და ნაკადულს. ყველა მათგანი მტკნარი და სასმელად ვარგისია.

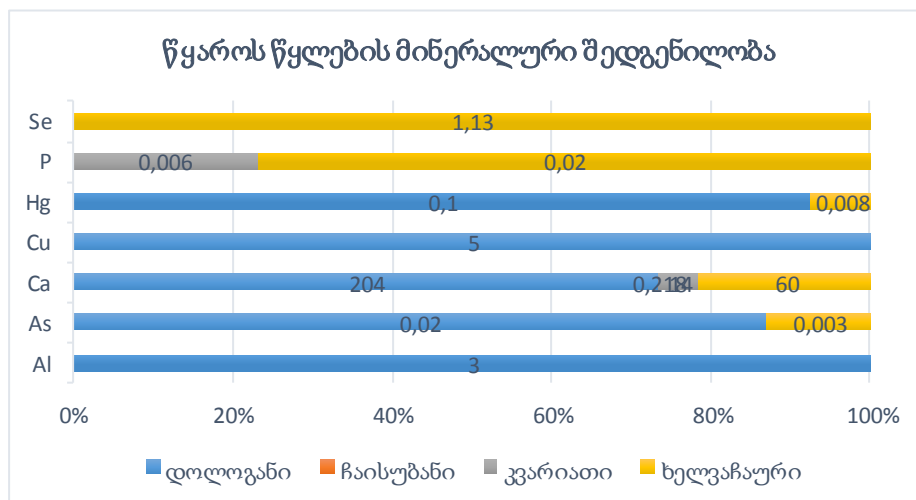
წყლის ნიმუშების მინერალური შედგენილობა განისაზღვრებოდა პლაზმურ ატომურ-ემისიურ სპექტომეტრზე IGPE-9820, რომელიც იძლევა დროის მცირე მონაკვეთში ნიმუშში ერთდროულად განისაზღვროს 28 ელემენტი.

Al, SB, Ba, Pb, B, Ca, Cd, Cr, Co, Fe, Hg, K, Cu, Mg, Li, Mn, Mo, Na, Ni, P, Si, Ti, V, Zn, As, Be, Se, Tl. მეთოდის კორელაციის კოეფიციენტი შედაგენს არანაკლებ 0,99-ს.

წყლის ნიმუშები აღებულ იქნა აჭარის სხვადასხვა სოფლების-დოლოგნის, ჩაისუბნის, კვარიათის, ხელვაჩაურის სასმელად გამოყენებული წყაროს წყლებიდან.

ანალიზის შედეგები მოცემულია გრაფიკ 1-ზე.

გრაფიკი № 1



მიღებული შედეგებიდან დგინდება, რომ საკვლევ ობიექტებში განხილული 28 ქიმიური ელემენტიდან საყურადღებოა ალუმინის, დარიშხანის, კალციუმის, სპილენძის, ვერცხლისწყლის, ფოსფორისა და სელენის შემცველობა. განსაკუთრებით საყურადღებოა მძიმე ლითონების შემცველობა დარიშხანის სოფელ დოლოგნისა და ვერცხლისწყლის სოფელ ხელვაჩაურის წყაროს წყლებში, რომელთა კონცენტრაცია ზ.დ. კონცენტრაციაზე მაღალია. აღნიშნული ტოქსიკანტების შემცველობა ანთროპოგენური ზემოქმედების, მინერალური სასუქების არანორმირებული გამოყენების შედეგია. განხილულ სოფლებში წყაროს წყლები სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან გამოედინებიან. სხვა დანარჩენი ელემენტების შემცველობა ზ.დ. კონცენტრაციაზე დაბალია ან არ მოიპოვება.

## ანტროპოგენური ეკოლოგიური კატასტროფების მიზეზების პრევენცია პროექტირების ეტაპზე

გეონჯიანი ლ.ა.  
*შპს სტემ სისტემები (STEM Systems)*

**საკვანძო სიტყვები:** თვითორგანიზებადი კრიტიკულობა, STEM პროექტირება, ანტროპოგენური კატასტროფების პრევენცია.

სხვადასხვა მასშტაბის ანტროპოგენური კატასტროფის მიზეზების დადგენის პროცედურა, კვლევის შედეგად გამოყოფს პროექტირების სუსტი მხარეების ერთობლიობას განახორციელდეს სრულფასოვანი პროექტი და განსაზღვროს მისი შედეგის ვარგისიანობა და სიცოცხლისუნარიანობა. სისუსტეების კლასიფიცირება-რანჟირება უხეში შეცდომებით იწყება და რთული, კომპლექსური სისტემების შინაგანი თვისებების თავისებურებების გამოვლენით მთავრდება, რომლებიც ვერ გამოვლინდა წინასწარი კვლევის, მაკეტირების, მოდელირების ან გამოცდების სტადიებზე. თვითორგანიზებადი კრიტიკულობა - ერთერთი მათგანია, დამახასიათებელია მრავალი, ერთმანეთთან კავშირში მყოფი ელემენტის შემცველი სისტემებისათვის, არ ექვემდებარება მათემატიკურ მოდელირებას და გარდაუვალ კატასტროფულ მოვლენას შეიცავს. არაერთი ბუნებრივი კატასტროფა, მაგალითად მეწყერი, ზვავი ან მიწისძვრა - თვითორგანიზებადი კრიტიკულობის მოვლენის კანონზომიერებების რეალიზების მაგალითს წარმოადგენს.

შემოთავაზებულია ანტროპოგენური ეკოლოგიური კატასტროფა განხილულ იქნას, როგორ კრიტიკული თვითორგანიზების მოვლენა ინფორმაციულ აბსტრაქტულ სისტემაში, რომელიც წინ უსწრებს გარემოში ან მის პროცესებში ადამიანის ფიზიკური ჩარევის პროცესს და მას ახლავს დასაბუთების, წინასწარი გათვლების, რისკების შეფასების, ტექნიკური დოკუმენტაციის და სხვა მასალის სახით, რომლის საფუძველზე მიიღება გადაწყვეტილება პროექტის რეალიზაციაზე. ნაბისმიერი თანამედროვე პროექტი, მისი აბსტრაქტული სისტემის ფორმით მომზადების სტადიაზე, ყველაზე მსხვილ ელემენტთა მასშტაბში, წარმოადგენს STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) ელემენტების ინტეგრირების მცდელობის შედეგს. ამ ელემენტებს შორის, ამავედროულად მათ ამ დამაკავშირებელ საზღვრებზე, დარგთაშორისო ენების შეუთახმლებლობის გამო, ჩნდება არამკაფიო შეთანხმებათა თვითორგანიზებადი კრიტიკულობის თვისებების მქონე სისტემა. ამ მოვლენის გაჩენის პრევენცია შესაძლებელია ეფექტურად განხორციელდეს, თუ პროექტში ჩართული STEM დარგების წარმომადგენლები საკომუნიკაციო ენას და მიდგომებს შეთანხმებენ პროექტზე მუშაობისათვის „იდეალიზირებული პროექტირების“ მიდგომების კონცეფციაზე დაყრდნობით (Ackoff R.L., Magidson J., Addison H., (2006), Idealized Design: How to dissolve tomorrow's crisis today. Prentice Hall, 285 p.). თითქმის ოცი წელია, რაც ფართოდ დეკლარირებულია, მაგრამ საპროექტო საქმიანობაში და განათლებაში საგრძნობი შედეგების გარეშე ხორციელდება STEM მიდგომის დანერგვა. წარმოდგენილი მიდგომა იძლევა საშუალებას პროექტირების და კატასტროფების პრევენციის საუკეთესო გამოცდილება გააზრებულიქნას სამეცნიერო მიდგომებზე დაყრდნობით.

## აჭარის რეგიონში ხეხილოვანი კულტურების (ვაშლი და მსხალი) გავრცელების მონიტორინგის შედეგები

მესხიძე ა.მ., ქამადაძე დ. გ., ჭალაღიძე რ.ნ.,  
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ფიტოპათოლოგიისა და  
ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტი

**საკვანძო სიტყვა:** ხეხილი, მრავალფეროვნება, მონიტორინგი, კოლექცია.

აჭარის რეგიონი ხასიათდება მრავალფეროვანი რელიეფითა და მიკროკლიმატური პირობებით, რაც ხელსაყრელ გარემოს ქმნის ხეხილოვანი კულტურების მათ შორის ვაშლისა (*Malus domestica* Borkh) და მსხლის (*Pyrus communis* L.) გავრცელებისა და კულტივირებისათვის. ადგილობრივი და შემოტანილი ჯიშების მრავალფეროვნება მნიშვნელოვნად ზრდის რეგიონის აგრო-ბიომრავალფეროვნების ღირებულებას. მიმდინარე მონიტორინგის მიზანი იყო ვაშლისა და მსხლის ჯიშების გავრცელების შეფასება, სანერგე და სამეურნეო პლანტაციების მდგომარეობის ანალიზი, აგრო-ტექნიკური პრაქტიკის შეფასება და ეკოლოგიური ფაქტორების გავლენის დადგენა. მონიტორინგი განხორციელდა 2015-2025 წლებში აჭარის ხუთივე მუნიციპალიტეტში (ქობულეთი, ხელვაჩაური, ქედა, შუახევი და ხულო). საველე სამუშაოები მოიცავდა: პლანტაციებისა და საოჯახო ბაღების შეფასებას ვიზუალური ინსპექტირების გზით; ჯიშობრივი შემადგენლობის იდენტიფიკაციას მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით; მცენარეთა ფიტოსანიტარული მდგომარეობის პრაქტიკულ დიაგნოსტიკას; ადგილობრივი ფერმერების გამოკითხვას აგროტექნიკური პრაქტიკის შეფასების მიზნით; კლიმატური მონაცემების ანალიზს მიკრო რეგიონების მიხედვით.

**მონიტორინგის ძირითადი შედეგები:** დადგინდა, რომ ვაშლისა და მსხლის კულტურა ფართოდ არის გავრცელებული ხუთივე მუნიციპალიტეტში, მრავლადაა ადგილობრივი ჯიშები. პლანტაციების უდიდესი ნაწილში შეინიშნება: არასათანადო გასხვლა და ვარჯის სწორად ფორმირების ნაკლებობა; ნიადაგის გამოფიტვა მინერალური სასუქების არ არსებობის პირობებში; მეწყერის შედეგად დაზიანებული ნაკვეთები, ანთროპოგენური ფაქტორები. მნიშვნელოვანწილად ამცირებს მოსავლიანობასა და ხილის ხარისხს, ასევე, ხელს უწყობს ენდემური ჯიშებისა და ფორმების განადგურებასა და დაკარგვას. დაფიქსირებულია მცენარეთა დაავადებები, დაცვითი პროფილაქტიკური ღონისძიებები უმეტეს შემთხვევაში არ ტარდება, რაც ზრდის ჯიშებისა და ფორმების დაკარგვის რისკს. მაღალი ნალექიანობა და გაზაფხულის ტემპერატურის მკვეთრი მერყეობა მნიშვნელოვნად მოქმედებს ყვავილობის პერიოდზე დამტვერვის პროცესზე. ბოლო წლებში შეინიშნება ვეგეტაციის ადრეული დაწყება და ნაადრევი ყვავილობა საშუალოდ 7-10 დღით, რაც გვიანი გაზაფხულის დაბალი ტემპერატურების უარყოფითი მოქმედების რისკია.

მონიტორინგის შედეგად დადგინდა, რომ აჭარის რეგიონს გააჩნია ვაშლისა და მსხლის მდიდარი გენოფონდი, თუმცა მათი აგრარული პოტენციალი სრულად არ არის გამოყენებული. ძირითადი შემაფერხებელი ფაქტორებია არასათანადო აგროტექნიკა, დაავადებათა ინფექციური ფონის მატება და კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ფენოლოგიური ძვრები.

მონიტორინგთან ერთად ხორციელდებოდა იშვიათი, ენდემური, სამეურნეო თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი ვაშლისა და მსხლის ჯიშების კონსერვაცია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის საკოლექციო ნაკვეთზე.

## კავკასიონის მყინვართა გამოკვლევა

ზაური ყანდაშვილი\*, სესილი მელია\*\*

\*ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი მ.ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

zaurikoyandashvili@gmail.com

Sesili.melia788ens.tsu.edu.ge

საკვანძო სიტყვები: გლაციოლოგია, მყინვარები, კლიმატი

კავკასიონი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მყინვარებით მდიდარ რეგიონს ევრაზიაში და მოიცავს ორ ძირითად სისტემას: დიდ და მცირე კავკასიას, რომლებიც ლიხის ქედით უკავშირდება ერთმანეთს. მყინვარების უმნიშვნელოვანესი ნაწილი განლაგებულია დიდი კავკასიონის ცენტრალურ მონაკვეთში, სადაც მდებარეობს რეგიონში ყველაზე მაღალი მწვერვალი – ელბრუსი (5642 მ).

კავკასიონის მყინვარების გრძელვადიანი დინამიკა ნათლად აჩვენებს, რომ მათი უკუსვლა იწყება მცირე გამყინვარების ეპოქის დასრულების შემდეგ, XIX საუკუნის შუახანებიდან. განსაკუთრებით გამოხატულია უკუსვლის აჩქარება XX–XXI საუკუნეებში, რის შედეგადაც რეგიონში მყინვარების საერთო ფართობი ბოლო რამდენიმე ათწლეულში 30–50%-ით შემცირდა. მცირე ზომის მყინვარები განსაკუთრებით სწრაფად ქრებიან და ზოგი მათგანი რამდენიმე წელიწადში სრულად იკარგება.

მყინვარების უკუსვლა განპირობებულია ჰაერის ტემპერატურის ზრდით, თოვლის რაოდენობის ცვლილებით და აკუმულაციის შემცირებით მაღალ ზონებში. დნობის პროცესს თან ახლავს ზედაპირული ნატანი საფარის ზრდა, რომელიც ბოლო ათწლეულებში მკვეთრად მომატებულია. მაგალითად, ჯანჭუატის მყინვარზე ნატანის საფარი 1968–2010 წლებში 2%-დან 13%-მდე გაიზარდა. ნატანი ხშირად ხელს უშლის მყინვარის სტაბილურობას, აჩქარებს ფრაგმენტაციას და ხელს უწყობს პროგლაციური და კონტაქტური ტბების წარმოქმნას.

მყინვართან დაკავშირებული ტბების რაოდენობის ზრდა წარმოადგენს ახალ გლაციოლოგიურ რისკს. ასეთი ტბების მოულოდნელი დაშლა (GLOF) ან ნატანიანი ღვარცოფების აქტივიზაცია განსაკუთრებით საფრთხილოა ცენტრალურ კავკასიაში. სვანეთში, ჩრდილოეთ ოსეთსა და ყაზბარდო-ბალყარეთში. დნობის ინტენსიფიკაცია ასევე უკავშირდება ლანდშაფტის არასტაბილურობას და მთიან რეგიონებში მატულობს მეწყერული პროცესების რისკი.

კავკასიონზე მყინვარების მონიტორინგი თანამედროვე მეთოდებით მიმდინარეობს: სატელიტური ზომვები (Landsat, Sentinel-2), დრონები, GNSS გაზომვები და მასის ბალანსის გრძელვადიანი დაკვირვებები, რომელთა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ობიექტია ჯანჭუატის მყინვარი. ეს მეთოდები საშუალებას იძლევა დეტალურად შეფასდეს მყინვარების ცვლილებები და დადგინდეს მათი მომავალი.

კლიმატური მოდელების მიხედვით, XXI საუკუნის ბოლოსთვის კავკასიონის მყინვარების მნიშვნელოვანი ნაწილი შესაძლოა 60–80%-ით შემცირდეს, რაც გავლენას მოახდენს მდინარეთა ჩამონადენზე, ჰიდრორესურსებზე, ენერგეტიკაზე და მთიან რეგიონებში მცხოვრები მოსახლეობის უსაფრთხოებაზე. ეს ცვლილებები საჭიროებს მყინვარების მუდმივ მონიტორინგს და ადაპტაციური სტრატეგიების შემუშავებას.

## Georgia's Black Sea coastal zone pollution

**\*Makalatia I., \*Tsivtsivadze N., \*Matiashvili S.**

*\*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia*

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

*irma.makalatia@ens.tsu.edu.ge*

*Nodar.tsivtsivadze@tsu.ge*

*sophiko.matiashvili@tsu.ge*

**Keywords:** Black Sea, Pollution, Security, ecosystem, coastline.

The coastal zone of Georgia is of great strategic importance from a political and economic perspective, as it is a transport corridor and has the potential to increase the construction of strategic facilities.

The density of population settlement has sharply reduced the ecosystem of the Black Sea coast, especially on the Adjara coastline, which is an important component of Georgia's heritage. Human activity exerts great pressure on the living organisms present in it. Artificial regulation of rivers, uncontrolled extraction of resources, their pollution with various wastes and other natural and anthropogenic factors have had a negative impact on the state of the coastal environment of Georgia. The risk of pollution of small rivers has increased, which is caused by the negligence of the population as well as the presence of abandoned chemical plants or oil pollution centers. Today, these rivers flow into the Black Sea and pose a threat to biodiversity. It is necessary to introduce methods for the protection and management of coastal resources and landscapes, monitor polluted areas, which will increase the preservation of the coastline, living organisms, and the health safety of the population and vacationers, which will contribute to the acceleration of the country's sustainable development.

## Threats of drinking watersupplies and recreational water bodies' pollution

Tsivtsivadze N., Makalatia I., Khatiashvili E., Jorbenadze N.

*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia*

*Nodar.tsivtsivadze@tsu.ge*

*irma.makalatia@ens.tsu.edu.ge*

**Keywords:** Pollution, Eutrophication, Security, Bacteria, Environment.

The water, consumed by modern society, contains thousands of different types of pollutants. The body does not care what substances, even in the smallest quantities, get into it with water. All of them together participate in biochemical reactions, distort the latter, fill the cells and intercellular spaces with slags, which over time leads to damage to the genetic apparatus of cells. These pollutants do not appear at the stage of water preparation, that is why today, 1 billion 200 million people around the world suffer from a shortage of safe drinking water. According to data published by the World Health Organization, every year 5 million people, mainly children (more than 50%) die from diseases caused by drinking water.

So, drinking water is understood as water whose consumption that does not cause negative changes in the health of the population. At the international level, attention to this problem is growing year by year. The constitutions of practically all UN member states, including Georgia, provide for the human right to favorable environmental conditions, especially the provision of safe drinking water to the population.

Water consumption is not uniform throughout the day and night, what has settled during the night will be released from our taps in the morning. The more frequent the so-called schedule or irregular supply of water, the dirtier it becomes. Imagine a pipe that is filled with water for 6-12 hours a day, and the rest of the time is empty. Due to the negative pressure in this pipe, a "vacuum cleaner" effect is created, which absorbs everything that comes into its horizon from groundwater or other types of water. Therefore, in addition to pesticides and toxic chemicals, we often get heavy metals, sand, dissolved clay particles, and countless strains of various bacteria from our taps.

Even with the highest quality purification, including biological, all dissolved inorganic and 10% of organic pollutants remain in the purified water. Of course, the use of such water for drinking is practically tantamount to self-sacrifice. Therefore, humanity will have to change its water consumption strategies. Despite the high potential of fresh water supplies in any part of the world it can be reduced due to irrational use of water and its pollution.

It is known that pollution of freshwater bodies (lakes, reservoirs) with natural or anthropogenic loads changes the physical and chemical characteristics of water due to the so-called "eutrophication" (an increase in water temperature and turbidity leads to a deterioration in the color, odor and taste of water). The eutrophication stage is associated with high concentrations of algae biomass or chlorophyll. As a result of these phenomena, floating substances are formed on the water surface, the bottom of the reservoir is covered with uncharacteristic layers of sediment. Increased concentrations of inorganic, organic and toxic substances lead to a decrease in oxygen content. The latter changes the active reaction of the environment, as well as the composition of bacteriological indicators. As a result, bacteria that spread infection are formed. Such reservoirs, not only as a source of drinking water, but also for swimming, irrigation and fishing purposes, become useless, if not dangerous. It is also worth noting that, according to the World Health Organization, 80% of the population's diseases are transmitted primarily through drinking water.

The main goal of the presented report is to ensure sustainable and equitable access to clean, safe water, in particular to meet the basic needs of the most vulnerable groups of the population.

## ქ. თბილისის ზოგიერთ კულტურულ მემკვიდრეობის სამშენებლო ქვაზე ჰიდროქიმიური ზემოქმედების შეფასება (სიონის საკათედრო ტაძრისა და ანჩისხატის ბაზილიკის მაგალითზე)

\* ნუგზარი ბუაჩიძე, \* ნათელა ძეგისაშვილი, \* დარეჯან დულაშვილი, \*\* ვერა მაისურაძე,  
ელენე შაფაქიძე

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტისა  
\*\* ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კავკასიის ა. თვალჭრელიძის  
მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტის

**საკვანძო სიტყვები:** კულტურული მემკვიდრეობა; სამშენებლო მასალა; მასალის დეგრადაცია; გრუნტის წყლები; ატმოსფერული ნალექები.

კვლევა მიზნად ისახავდა ქ. თბილისის ორ უმნიშვნელოვანეს ისტორიული ძეგლის - სიონის საკათედრო ტაძრის (XI ს.) და ანჩისხატის ბაზილიკის (VI ს.) სამშენებლო ქვის ამჟამინდელი მდგომარეობის კომპლექსური შეფასება. განხორციელებულმა ფიზიკურ-მექანიკურმა, მინერალოგიურმა და შედარებითმა ანალიზებმა ნათლად წარმოაჩინა მასალის დეგრადაციის პროგრესული ტენდენციები, რაც მნიშვნელოვან რისკს უქმნის კონსტრუქციულ მდგრადობას.

კვლევამ აჩვენა, რომ სიონის საკათედრო ტაძრის სამშენებლო ქვის ფორიანობა გაიზარდა სტანდარტულ მნიშვნელობასთან შედარებით 12.5%-ით. ფორიანობის ზრდას თან ახლავს წყლის შთანთქმის უნარის ზრდა, რომელიც 5%-მდეა გაზრდილი. აღნიშნულ ცვლილებებს პარალელურად შეინიშნება მექანიკური მახასიათებლების მკვეთრი გაუარესება: სიონის საკათედრო ტაძრის სამშენებლო ქვის სიმტკიცე შემცირდა დაახლოებით 24%-ით, რაც შესაძლოა დაკავშირებული იყოს თიხოვანი მინერალების გაჯერების, კარბონატული კომპონენტების გარდაქმნისა და განმეორებითი ტენიანობა-გამშრალი ციკლების ზეგავლენასთან.

VI საუკუნის ანჩისხატის ბაზილიკის მასალებში ფორიანობის ზრდა შედარებით ზომიერია - 5%, თუმცა მექანიკური მახასიათებლების დაქვეითება კიდევ უფრო ინტენსიურია: სიმტკიცე შემცირებულია 28%-ით. მინერალოგიური ანალიზი ადასტურებს, რომ თიხის ფრაქციების, განსაკუთრებით კი ჰიდროფილური მინერალების არსებობა განაპირობებს მასალის უფრო მაღალი მგრძნობელობას ტენიანობისა და აგრესიული გარემო პირობების მიმართ. კვლევის ფარგლებში შეფასდა როგორც ატმოსფერული ნალექების, ისე გრუნტის წყლების გავლენა. დადგენილია, რომ გრუნტის წყლები გამოირჩევა მეტად აგრესიული ქიმიური ზემოქმედებით. მათი პირდაპირი კონტაქტი და მუდმივი ტენიანობა ქმნის პირობებს, რომლებიც ხელს უწყობს როგორც მარილების კრისტალიზაციის, ისე იონური გაცვლის პროცესებს - შედეგად კი მასალების ზედაპირულ და ღრმა დესტრუქციას.

## სარჩევი – Content

| N  | ავტორები-მოსხენება<br>Autors - Paper                                                                                                                                                                                                        | გვ.<br>pp. |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1  | Garry Gunia - Issues of Environmental Load Assessment in Georgian Cultural Tourism Areas                                                                                                                                                    | 5          |
| 2  | Gunia Garry, Svanidze Zizi - Some results of the assessment of the ecological state of the natural environment in the Kakheti region (Georgia).                                                                                             | 6          |
| 3  | Kavtaradze, G., Lexer M. J., Hochauer, C., Chiburdanidze, K., Basilidze, L. - Climate change mitigation and adaptation potential of the main forest-forming woody plant species in Eastern Georgia                                          | 7          |
| 4  | Markarashvili E.G., Chikvaidze I. Sh, Bazgadze Z.Z, Sidamonidze N.N. - Adhesive cements based on household waste                                                                                                                            | 8          |
| 5  | Tabagari I., Varazi T., Dumbadze N., Kurashvili M., Pruidze M., Khatisashvili G., Karpenko O., Koretska N. - About Two Stage Cleaning Method Against Arsenic Polluted Water                                                                 | 9          |
| 6  | Tabagari I., Varazi T., Dumbadze N., Kurashvili M., Pruidze M., Khatisashvili G., Karpenko O., Koretska N.. - Arthrospira (Spirulina) Platensis as an Effective Tool for Treating Manganese Polluted Water                                  | 10         |
| 7  | ლიანა ქართველიშვილი, ლიკა მეგრელიძე, ავთანდილი ამირანაშვილი, ვიქტორ ჩიხლაძე - კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების განაწილებათა თავისებურებანი კლიმატის ცვლილების ფონზე                                                                       | 11         |
| 8  | ხ. წიკლაური, ს.მეგრელიშვილი, გ.მდინარაძე, ნ. მეკოშვილი, მ.გაფრინდაშვილი - საქართველოში მნიშვნელოვანი ზიანის შედეგად დაზიანებული და დეგრადირებული ბუნებრივი ეკოსისტემების, ნიადაგების და წყლის ობიექტების მიმოხილვა                          | 12         |
| 9  | მელაძე მ.გ.- საქართველოში Actinidia Arguta-ს გავრცელების აგროკლიმატური პირობები კლიმატის ცვლილების კონტექსტში                                                                                                                               | 13         |
| 10 | კორძაბია გ. ი, შენგელია ლ. დ., თვაური გ. ა., გულიაშვილი გ. ნ., ძაძამია მ. შ., არუთინიანი ნ. ე., შენგელია მ. დ. - საქართველოს მცენარეების შესწავლა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში, მრავალწლიანი კვლევების შედეგების პრეზენტაცია    | 14         |
| 11 | ლ.შავლიაშვილი, გ.კუჭავა, ე.შუბლაძე, გ.გაფრინდაშვილი, გ.კორძაბია, ზ.რიკაძე - მდ. ყვირილას წყლის ხარისხის დადგენა ევროკავშირის სტანდარტების შესაბამისად                                                                                       | 15         |
| 12 | ელიზბარ ელიზბარაშვილი, მიხეილ ფიფია, შალვა ელიზბარაშვილი, ავთანდილ ამირანაშვილი, ოთარ ვარაზანაშვილი, ნიკოლოზ სულხანიშვილი - გრიგლური ქარის მახასიათებლების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოში (1961–2022)                                   | 16         |
| 13 | Mariam Tsitsagi, Ana Palavandishvili, Marika Tatishvili - Automated Forest Mapping for Sustainable Ecosystem Use in a Changing Climate: Case of Georgia                                                                                     | 17         |
| 14 | ალავერდაშვილი მ., კერესელიძე დ., ბრეგვაძე გ., ტრაპაიძე გ., ცინცაძე ნ. - ნატანის ჩამონადენის გაანგარიშება მდინარე მტკვარზე ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობასთან დაკავშირებით                                                            | 18         |
| 15 | ალექსანდრე სურმაგა, ნათია გიგაური, ვეფხია კუხალაშვილი, ლიანა ინჭირველი - ქალაქ ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის მიკროაეროზოლებით 16დაბინძურების კვლევა ექსპერიმენტული გაზომვებით და რიცხვითი მოდელირებით 17მაღალი გარჩევადობის ბადის გამოყენებით | 19         |
| 16 | ა. სურმაგა, ვ. კუხალაშვილი, ლ. ინჭირველი, ნ. გიგაური - ქ. ბათუმის ატმოსფეროს PM2.5 და PM 10-ი19თ დაბინძურების შეფასება ოპერატიული და ნატურული დაკვირვების მონაცემების მიხედვით                                                              | 20         |
| 17 | ნანი აფციაური - მიკროკლიმატის სამეცნიერო მნიშვნელობა სოფლის მეურნეობაში                                                                                                                                                                     | 21         |
| 18 | გ.გრებენჭუკი - რადონის გაზომვის მეთოდოლოგიის ზოგიერთი ასპექტები                                                                                                                                                                             | 22         |
| 19 | ბასილაშვილი ც.ზ. - საქართველოს მდინარეთა წყლიანობის მიმდინარე და მოსალოდნელი ცვლილება                                                                                                                                                       | 23         |
| 20 | Kodua M., Starodubtsev V.M., Tebidze M. - Environmental Assessment of River Deltas in the Southeastern Black Sea Coastal Zone                                                                                                               | 24         |
| 21 | ინგა სამხარაძე, მარიკა ტატიშვილი, ნანული ზოტიკიშვილი - კონვექციური პროცესების მეტეოროლოგიური ანალიზი ERA5 რეანალიზაციის მონაცემების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოსთვის                                                                     | 25         |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 22 | <b>Marika Tatishvili, Inga Samkharadze, Khatuna Elbakidze, Ana Palavandishvili, Eka Khutsishvili</b> - Nature Based Solutions in Disaster Risk Reduction and Climate Resilience                                                                                                                                                                              | 26 |
| 23 | <b>ვლადიმერ გვეტაძე, ალექსანდრე ლომიძე</b> - სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა საწვავის ხარჯზე და გარემოს დაბინძურების ხარისხზე                                                                                                                                                                                                                                  | 27 |
| 24 | <b>S. Gorgijanidze, G. Jincharadze, N. Kobakhidze, G. Gachechiladze, G. Pipia</b> - Hydrological natural phenomena caused by exogenous forces in the mountains                                                                                                                                                                                               | 28 |
| 25 | <b>მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ.</b> - შუმანის რეზონანსის გამოყენების პერსპექტივები                                                                                                                                                                                                                                                                             | 29 |
| 26 | <b>კაპანაძე ნაილი</b> - წყლის რესურსების მდგრადი გამოყენება და ინტეგრირებული მართვის პერსპექტივები მდინარე იორის აუზში                                                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| 27 | <b>კაპანაძე ნაილი, ტატიშვილი მარიკა, მკურნალიძე ირინე, ხუციშვილი ეკატერინე</b> - სეტყვიანობის განმაპირობებელი ცირკულაციური პროცესები საქართველოში                                                                                                                                                                                                            | 31 |
| 28 | <b>კაპანაძე ნაილი</b> - ქვემო ქართლის წაყინვების მრავალწლიანი სტატისტიკა და თანამედროვე ტენდენციები                                                                                                                                                                                                                                                          | 32 |
| 29 | <b>ამირანაშვილი ა., ზღიაძე თ., ჩიხლაძე ვ.</b> - ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში დიდ საღრუბლო კამერაში ატმოსფერული პროცესების მოდელირების ექსპერიმენტული სამუშაოების განვითარების პერსპექტივები                                                                                                    | 33 |
| 30 | <b>Beglarashvili N., Elizbarashvili I., Jamrlishvili N., Janelidze I., Megrelidze I., Pipia M., Tavidashvili Kh.</b> - Some Results of Investigation of the Effects of Heavy Precipitation on the Environment in Some Regions of Georgia Using Ground-Level and Sattelite Measurements                                                                       | 34 |
| 31 | <b>Aliyev V., Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V., Davitashvili M., Kartvelishvili L., Matzarakis A., Pipia M., Tatishvili M., Varamashvili N.</b> - Some Study Results of Various Meteorological Parameters Regime and Variability Based on 2005-2024 Year Data and Associated Envirnomnet Risk Factors for Baku (Azerbaijan) and Tbilisi (Georgia) | 35 |
| 32 | <b>აფციაური ზ., ტიგინაშვილი ზ., წერეთელი გ., კახაძე რ., მერაბიშვილი მ., გაგოშიძე გ.</b> - თუშეთის დაცული ლანდშაფტის ფიჭვნარების ბიომასა და ნახშირბადის მარაგები                                                                                                                                                                                              | 36 |
| 33 | <b>Matiashevili S., Chanktseliani Z.</b> - Risks of Abandoned Mines and key Approaches to Environmental Management                                                                                                                                                                                                                                           | 37 |
| 34 | <b>ნაკაშიძე ნ. ა.</b> - აჭარის რეგიონის სასმელი წყაროს წყლების მინერალური შედგენილობა                                                                                                                                                                                                                                                                        | 38 |
| 35 | <b>გეონჯიანი ლ.ა.</b> - ანტროპოგენური ეკოლოგიური კატასტროფების მიზეზების პრევენცია პროექტირების ეტაპზე                                                                                                                                                                                                                                                       | 39 |
| 36 | <b>მესხიძე ა.მ., ქამადაძე დ. გ., ჭაღალიძე რ.ნ.</b> - აჭარის რეგიონში ხეხილოვანი კულტურების (ვაშლი და მსხალი) გავრცელების მონიტორინგის შედეგები                                                                                                                                                                                                               | 40 |
| 37 | <b>ზაური ყანდაშვილი, სესილი მელია.</b> - კავკასიონის მცინვართა გამოკვლევა                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 41 |
| 38 | <b>Makalatia I., Tsivtsivadze N., Matiashevili S</b> - Georgia's Black Sea coastal zone pollution                                                                                                                                                                                                                                                            | 42 |
| 39 | <b>Tsivtsivadze N., Makalatia I., Khatiashevili E., Jorbenadze N.</b> - Threats of drinking watersupplies and recreational water bodies' pollution                                                                                                                                                                                                           | 43 |
| 40 | <b>ნუგზარი ბუაჩიძე, ნათელა ძეგისაშვილი, დარეჯან დუღაშვილი, ვერა მაისურაძე, ელენე შაფაქიძე</b> - ქ. თბილისის ზოგიერთ კულტურულ მემკვიდრეობის სამშენებლო ქვაზე ჰიდროქიმიური ზემოქმედების შეფასება (სიონის საკათედრო ტაძრისა და ანჩისხატის ბაზილიკის მაგალითზე)                                                                                                  | 44 |