



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული

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

135

[Doi.org/10.36073/1512-0902](https://doi.org/10.36073/1512-0902)



ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური
პრობლემები

**PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY
DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE GEORGIAN TECHNICAL
UNIVERSITY**

თბილისი_TBILISI
2024

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული
ტომი # 135

ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური
პრობლემები

SCIENTIFIC REVIEWED PROCEEDINGS
OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
VOL.№ 135

PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

| | | |
|---|--|------|
| © | საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY | 2024 |
|---|--|------|

თბილისი _ TBILISI

2024

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

თ.ცინცაძე (მთ. რედაქტორი)
მთ. რედაქტორის მოადგილეები
გ.მელაძე
ს.გორგიჯანიძე
ე.ელიზბარაშვილი
ლ.ინჭკვირველი
მ.ტატიშვილი

მდივნები

ნ.კაპანაძე
ნ.არუთინიანი

წევრები

გ.ჯაფარიძე
გ.ალექსიძე
აბდ-ალლა გად (საუდის არაბეთი)
ც.ბასილაშვილი
ნ.ბეგლარაშვილი
ნ.ბუაჩიძე
გ.გრიგოლია
გ.გუნია
ხ.ეგამბერდიევი (უზბეკეთი)
ბ.ხოლმატჯანოვი (უზბეკეთი)
ნ.დვალისხვილი
კ.ლაშაური (კანადა)
შუნლინ ლიან (აშშ)
რ.მაჰმუდოვი (აზერბაიჯანი)
მ.მელაძე
ა.პარანინა (რუსეთი)
მ.სალუქვაძე
რ.სამუკაშვილი
ა.სურმავა
მ.ფიფია
სადჰან კუმარ გოშ (ინდოეთი)
ლ.შავლიაშვილი
ლ.შენგელია
ზ.ხვედელიძე

სარედაქციო საბჭო

გ.მელაძე (მთ. რედაქტორის მოადგილე)
ნ.ბეგლარაშვილი
გ.გრიგოლია
ზ.ხვედელიძე

EDITORIAL BOARD

T.Tsintsadze (Editor-in-Chief)
DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF

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

SECRETARIES

N.Kapanadze
N.Arutiniani

MEMBERS

G.Japaridze
G.Aleksidze
Abd-Alla Gad (Saudi Arabia)
Ts.Basilashvili
N.Beglarashvili
N. Buachidze
G.Grigolia
G.Gunia
Kh.Egamberdiev (Uzbekistan)
B.Kholmatjanov (Uzbekistan)
N.Dvalishvili
K.Lashauri (Canada)
Shunlin Liang (USA)
R.Mahmudov (Azerbaijan)
M.Meladze
A.Paranina (Russia)
M.Salukvadze
R.Samukashvili
A.Surmava
M.Pipia
Sadhan Kumar Ghosh (India)
L.Shavliashvili
L.Shengelia
Z.Khvedelidze

EDITORIAL COUNCIL

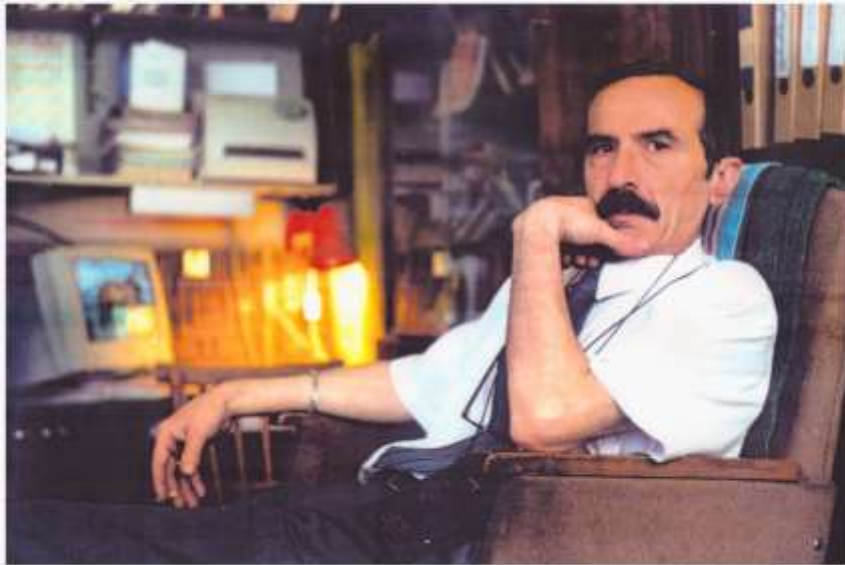
G.Meladze (Deputy Editor-in-Chief)
N.Beglarashvili
G.Grigolia
Z.Khvedelidze

წინამდებარე კრებულში შესულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის 71 მაისის სამეცნიერო სესიაზე მოსმენილი მოხსენებები, მიძღვნილი ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემებისადმი. შესაბამისი სტატიები მოცემულია შემდეგ სამეცნიერო მიმართულებათა მიხედვით: მეტეოროლოგია, კლიმატოლოგია, აგრომეტეოროლოგია, ჰიდროლოგია, კლიმატის ცვლილება, ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.

კრებული განკუთვნილია გეოფიზიკურ, გეოგრაფიულ და ეკოლოგიურ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგში მომუშავე მეცნიერებისა და სპეციალისტებისათვის, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისათვის.

In this issue texts of papers presented at the 71 May scientific session of the Institute of Hydrometeorology are offered, dedicated to the pressing problems of Hydrometeorology and Ecology. Relevant papers are given according to the following scientific directions: Meteorology, Climatology, Agrometeorology, Hydrology, Climate Change, and Environmental Pollution.

The volume is intended for experts working in different branches of geophysical, geographical and ecological sciences, magistrates and doctorates.



კრებული ეძღვნება ცნობილი ქართველი ჰიდროლოგის, საქართველოს საინჟინრო მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის, ღირსების ორდენის კავალერის, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორის თენგიზ ცინცაძის ნათელ ხსოვნას

თენგიზ ცინცაძე (1949-2024)

თენგიზ ცინცაძე დაიბადა 1949 წლის 21 იანვარს ქალაქ ოზურგეთში. 1978 წელს დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფია-გეოლოგიის ფაკულტეტი ხმელეთის ჰიდროლოგიის სპეციალობით. უნივერსიტეტის წარმატებით დამთავრების შემდეგ, ბატონმა თენგიზმა მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ინჟინერ-ჰიდროლოგის თანამდებობაზე. 1982-1987 წწ. იყო საველე ექსპერიმენტული ბაზის უფროსი, 1987 წლიდან - ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილე სამეცნიერო-საწამო დარგში, ხოლო 2008 წლიდან ინსტიტუტის დირექტორია.

საველე ექსპერიმენტული ბაზაზე მუშაობის დროს მან დააგროვა ძალიან საინტერესო ექსპერიმენტული მასალა, რაც საფუძვლად დაუდო საკანდიდატო დისერტაციას, რომელიც წარმატებით დაიცვა 1985 წელს თემაზე - "ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედებით ხელოვნურად მდინარეთა ჩამონადენის გაზრდის ეფექტურობის განსაზღვრის ჰიდროლოგიური მეთოდი". ეს იყო ახალი სიტყვა ნალექების ხელოვნურად რეგულირების დარგში.

ბატონ თენგიზს გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის მონოგრაფიები. მან დიდი წვლილი შეიტანა ინსტიტუტის ნაშრომების თუ შრომათა კრებულების რედაქტირებაში, პუბლიკაციასა და პოპულარიზაციაში. მათ შორისაა ისეთი ფუნდამენტური გამოცემები როგორცაა „საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი“, „თოვლის ზვავების კადასტრი“, „ეკოლოგიური მონიტორინგი“, „საქართველოს ჰავა“, „აგრომეტეოროლოგია“ და სხვა. იგი დიდ დროს უთმობდა ინსტიტუტის საკადრო პოლიტიკას. ხელს უწყობდა ახლგაზრდა მეცნიერთა კვალიფიკაციის ამაღლებასა და დაწინაურებას.

ნაყოფიერი სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობისათვის თენგიზ ცინცაძე დაჯილდოებულია ღირსების ორდენით, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ოქროს მედლითა და სხვა ჯილდოებით.

წავიდა ჩვენგან ცნობილი მეცნიერი, სანიმუშო მოქალაქე, პატიოსანი, ზნემაღალი, წესიერი, ადამიანური თვისებებით გამორჩეული პიროვნება. რა უცნაურია ცხოვრება...დღეიდან იმიერში გადასახლებულად უნდა მოვიხსენიოთ და დავემშვიდობოთ მას. დაე, მსუბუქი ყოფილიყოს ბატონი თენგიზის გულზე დაყრილი მშობლიური მიწა.

სარჩევი - CONTENT

| | |
|--|-----------|
| <p>ბასილაშვილი ც. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა წყალმოვარდნების უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მახასიათებლები Basilashvili Ts. Specifics of the maximum discharges of floods on the rivers of Eastern Georgia.</p> | <p>8</p> |
| <p>გორგიჯანიძე ს., ჯინჭარაძე გ., ჩიტაძე თ., კობახიძე ნ., გრიგოლია გ., კობახიძე თ. მდინარე ყვირილას წყალშემკრები აუზის სტიქიური და ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის გზები Gorgijanidze S., Jincharadze G., Chitadze T., Kobakhidze N., Grigolia G., Kobakhidze T. Ways to solve natural phenomena and ecological problems of Kvirila basin.</p> | <p>13</p> |
| <p>ცინცაძე თ., ბეგალიშვილი ნ., რუხაძე ი, ცინცაძე ნ. ნავთობის ავარიული დაღვრების შედეგად ზღვის დაბინძურების მათემატიკური მოდელირება Tsintsadze T., Begalishvili N., Begalishvili N., Tsintsadze N. Mathematical modeling of marine pollution from accidental oil spills</p> | <p>19</p> |
| <p>კალანდაძე ბ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ. მდინარე ნატანების ქვემო წელის მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგსა და მიწისქვეშა წყლებში ზოგიერთი გამაჟუჟყვიანებელი ნივთიერებების მიგრაცია (დასავლეთ საქართველო) Kalandadze B., Trapaidze V., Bregvadze G. Migration of some polluting substances to the soils and underground waters of territories adjacent to the lower reach of Natanebi River (Western Georgia)</p> | <p>23</p> |
| <p>ალავერდაშვილი მ., ცინცაძე ნ., ხუფენია ნ., კოკაია ნ., კიკნაძე დ. მდინარე მტკვარზე 15 მგვტ დადგმული სიმძლავრის კალაპოტური ტიპის ჰესის („ძეგვი ჰესი“) მშენებლობის პროექტთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გათვლ Alaverdashvili M., Tsintsadze N., Khupenia N., Kokaia N., Kiknadze D. Calculation of the hydrological characteristics related to the structural design of 15 MW installed capacity run-of-river hydroelectric power plant (“Dzegvi HPP”) on the River Mtkvari</p> | <p>26</p> |
| <p>ამირანაშვილი ა., ელიზბარაშვილი ე., ვარაზანაშვილი ო., ფიფია მ. სეტყვიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური ანალიზი წლის თბილ ნახევარში 1941-2021 წლებში საქართველოში 30 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით Amiranashvili A., Beglarashvili N, Elizbarashvili E., Varazanashvili O., Pipia M. Statistical analysis of data from 30 meteorological stations of Georgia on the number of days with hail in the warm half of the year in 1941-2021</p> | <p>32</p> |
| <p>ბეგლარაშვილი ნ., ფიფია მ., ჯამრიშვილი ნ., ამირანაშვილი ა., ელიზბარაშვილი ე., დიასამიძე ც. შემოდგომის პირველი წაყინვის სტატისტიკური ანალიზი საქართველოს ტერიტორიაზე Beglarashvili N., Pipia M., Jamrishvili N., Amiranashvili A., Elizbarashvili E., Diasamidze T. Statistical analysis of the first autumn frost in the territory of Georgia</p> | <p>39</p> |
| <p>მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის ცვლილება: ვაზის ჯიშების აგროკლიმატური ზონირება აღმოსავლეთ საქართველოში (მცხეთა-მთიანეთის მაგალითზე) Meladze G., Meladze M. Climate change: agroclimatic zoning of grape varieties in Eastern Georgia (on the example of Mtskheta-Mtianeti)</p> | <p>44</p> |
| <p>ხვედელიძე ზ., ტატიშვილი მ., სამხარაძე ი., ზოტიკიშვილი ნ. ანთროპოგენური ფაქტორის როლის მოდელური შეფასების მეთოდიკა დედამიწის ზედაპირის მოსილობაზე Khvedelidze Z., Tatishvili M., Samkharadze I., Zotikishvili N. The method of model assessment of the role of anthropogenic factor on the surface area of the earth</p> | <p>50</p> |

| | |
|---|-----------|
| <p>კაპანაძე ნ., ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი., ფალავანდიშვილი ა. კლიმატის ცვლილების გავლენა წყინვის მახასიათებელ პარამეტრებზე სამცხე-ჯავახეთის მხარეში. Kapanadze N., Tatishvili M., Mkurnalidze I., Palavandishvili A. Impact of climate change on the freezing characteristic parameters in the Samtskhe-Javakheti region.</p> | 54 |
| <p>ტატიშვილი მ., კაპანაძე ნ., ფალავანდიშვილი ა., ხუციშვილი ე. სტრუქტურირებული მონაცემები გვალვის შეფასებისთვის საქართველოში Tatishvili M., Kapanadze N., Palavandishvili A., Khutsishvili E. The structured data for drought evaluation in Georgia</p> | 59 |
| <p>შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ., ბერიძე ს. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების დეგრადაციის კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების მონაცემებით Shengelia L., Kordzakhia G., Tvauri G., Guliashvili G., Beridze S. The study of the degradation of the glacial basins of Western Georgia against the background of ongoing climate change using satellite remote sensing data</p> | 64 |
| <p>შავლიაშვილი ლ., კუჭავა გ., შუბლაძე ე., ტაბატაძე მ., ბუაჩიძე ნ. ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენის ფიტორემედიაციული მეთოდის მოსამზადებელი სამუშაოები Shavliashvili L., Kuchava G., Shubladze E., Tabatadze M., Buachidze N. Preparatory works of the phytoremediation method for restoration of arsenic-contaminated soils of Ambrolauri Municipality</p> | 69 |
| <p>ძებისაშვილი ნ., დულაშვილი დ. ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო-სორბენტებით ნაჭური წყლების გასუფთავების შეფასება, თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის მაგალითზე Dzebisashvili N., Dugashvili D. Assessment of Leachate Treatment by Carbon Nano- and Micro - Sorbents on the example of Tbilisi (Norio) Municipal Solid Waste Disposal Site</p> | 75 |
| <p>გიგაური ნ., სურმავა ა., კუხალაშვილი ვ., ინჭკირველი ლ., ბეგლარაშვილი ნ. ქ. ქუთაისის ატმოსფეროში PM_{2.5} და PM₁₀-ის გავრცელების გამოკვლევა ექსპერიმენტული დაკვირვებებით Gigauri N., Surmava A., Kukhalashvili V., Intskirveli L., Beglarashvili N. Investigation of distribution of PM_{2.5} and PM₁₀ in city Kutaisi atmosphere by experimental observations</p> | 82 |
| <p>ბუაჩიძე ნ., ძებისაშვილი ნ., მაისურაძე ვ., შაფაქიძე ე., ნადირაშვილი მ., დულაშვილი დ., ნინოშვილი ლ., ქ. თბილისის სიონისა და ანჩისხატის ტაძრების გარე ზედაპირული მდგრადობის პირველადი შეფასება Buachidze N., Dzebisashvili N., Maisuradze V., Shapakidze E., Nadirashvili M., Dughashvili D. Initial assessment of external surface stability of Tbilisi Sioni and Anchiskhati cathedrals</p> | 88 |
| <p>დულაშვილი დ., ძებისაშვილი ნ., ცქიტიშვილი ზ. საქართველოში სურსათის უვნებლობის მონიტორინგის სისტემის მიმოხილვა რისკის შეფასების/ანალიზის ჭრილში Dughashvili D., Dzebisashvili N., Tskitishvili Z. Review of Food Safety Monitoring System in Georgia in Perspective of Risk Assessment/Analysis</p> | 92 |
| <p>გუნია გ. დედამიწისა და გარემოს შემსწავლელ მეცნიერებათა დარგში ეკოლოგიის საფუძვლების ტერმინების განმარტებითი გლოსარიუმის დამუშავების საკითხებისთვის Gunia G. On the Issues of Developing a Glossary of Basic Ecological Terms in the Field of Earth and Environmental Sciences</p> | 98 |

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-08-12

უკ. 551,482.215.3

**ადმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა წყალმოვარდნების
უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მახასიათებლები
ბასილაშვილი გ.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
jarjino@mail.ru

რეზიუმე

განხილულია ადმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა 27 ჰიდროკვეთზე გავლილი წყალმოვარდნების უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები, რომელთაც ხშირად მოაქვთ დიდი ზიანი მოსახლეობის, გარემოსა და ქვეყნის ეკონომიკისათვის. დაკვირვებათა 70-100 წლიანი რიგების ანალიზით, მიღებულია მათი სტატისტიკური მახასიათებლები, რომლებიც მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს საპროექტო ორგანიზაციებში, მდინარეებზე და მათ სანაპირო ზონებში მდებარე ჰიდროტექნიკურ, სამოქალაქო და სამრეწველო ნაგებობების, გზების, ხიდების, მილსადენებისა და საკომუნიკაციო საშუალებების დაგეგმარებისათვის, რათა არ მოხდეს მათი ნგრევა და მსხვერპლი.

საკვანძო სიტყვები: ზარალი, საპროექტო ნაგებობა, უსაფრთხოება.

შესავალი

საქართველოს მდინარეები ხასიათდებიან შერეული საზრდოობის (წვიმა, თოვლი, მყინვარი) მაღალი წყალმოვარდნებით, რომელთა მაქსიმალური ხარჯების გავლას ხშირად დიდი მატერიალური ზარალი და ზოგჯერ მსხვერპლი მოჰყვება. მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯი არის მთავარი განმსაზღვრელი გარემოს ეკოლოგიური და ეკონომიკური უსაფრთხოებისათვის. ყველა წყალსამეურნეო და სხვა ძირითად ნაგებობათა პროექტების ტექნიკურ- ეკონომიკური მაჩვენებლების დაგეგმარებისათვის აუცილებელია მათი მახასიათებლების საიმედო განსაზღვრა.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს რთული მთიანი რელიეფის პირობებში, ყველა ცალკეული მდინარის აუზი და იქ წარმოქმნილი წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯები ხასიათდებიან გარკვეული თავისებურებებით. ამას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ წყლის ჩამონადენის მრავალფეროვანი მაფორმირებელი ფაქტორები თითოეული მდინარის აუზში, სხვადასხვა ხასიათს ატარებენ როგორც დროში, ისე სივრცეში. ამიტომ მათი წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯები არ არიან იდენტურები და გამოირჩევიან თავიანთი ინდივიდუალურობით.

მდინარეთა წყლის ჩამონადენის ფორმირება რთული დინამური პროცესია და განპირობებულია მრავალი ფაქტორით. ამ მხრივ მეტად კონტრასტული პირობებია დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში, რადგან მათ შორის აღმართულია შავი და კასპიის ზღვის აუზების წყალგამყოფები. დასავლეთში მდინარეები უხვად იკვებებიან შავი ზღვის ნოტიო ჰაერის მასებით, სადაც ისინი კონდენსირდებიან და წარმოქმნიან მაღალ წყალმოვარდნებს წლის თითქმის ყველა დროს.

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა აუზებში კი, ნაკლებად ხდება ნოტიო ჰაერის მასების შემოქმედება, ამიტომ წყალმოვარდნები ფორმირდებიან ძირითადად გაზაფხულის სეზონური წვიმების დროს, როდესაც ხშირად ხდება თანხვედრა მთებში თოვლის საფარის ინტენსიური დნობისა. თუმცა სადღეისოდ კლიმატის მიმდინარე გლობალური დათბობის პირობებში ხდება განსხვავებული სიტუაციები, როდესაც ზაფხულსა და შემოდგომაზეც აღინიშნება კოკისპირული წვიმები და ფორმირდება მაღალი წყალმოვარდნები, რომელთაც მოაქვთ დიდი ზიანი მოსახლეობის, გარემოსა და ქვეყნის ეკონომიკისათვის.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეები, გარდა მდ. თერგისა და კავკასიონის ჩრდილო ფერდობებზე მდებარე სხვა მცირე მდინარეებისა, წარმოადგენენ საქართველოს დედა მდინარის - მტკვრის შენაკადებს. მათი წყლის რესურსები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისათვის, რადგან აქ, შედარებით მშრალი კლიმატის პირობებში, მორწყვის გარეშე შეუძლებელია სოფლის მეურნეობის დარგების განვითარება. ამიტომ აქ მდინარეთა წყალი ფართოდ გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მოსარწყავად, უხვი მოსავლის მიღების მიზნით. მაგრამ, ზოგჯერ მოსავალი ნადგურდება მათზე წყალმოვარდნების ნეგატიური მოქმედებით. ამიტომ აუცილებელია მათი შესწავლა. ამ მიზნით

გამოყენებულ იქნა მდინარეთა აუზებში არსებული ჰიდროლოგიური სადამკვირვებლო ქსელის ადრე ფუნქციონირებადი და ახლა მოქმედი ჰიდროლოგიური საგუშაგოების 2023 წლამდე არსებული მონაცემები [1]. 1980 წლამდე მონაცემები აღებულია [2-5] ცნობარებიდან.

მონაცემთა ერთიანი რიგების შედგენისა და გამოტოვებულ დაკვირვებათა შევსების მიზნით გამოყენებულ იქნა ანალოგ მდინარეთა წყლის ხარჯების მონაცემთა გრაფიკული ინტერპოლაციის მეთოდი.

კორელაციური ანალიზისა და წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების მახასიათებლების განსაზღვრისათვის, გამოყენებულ იქნა ავტორისეული სტატისტიკური ანალიზის კომპიუტერული პროგრამა.

მიღებული შედეგები

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე წყალდიდობა-წყალმოვარდნების გავლისა და მათგან მიყენებული ზარალის შესახებ ინფორმაცია მოცემულია [6, 7] შრომებში, სადაც გამოყენებულია 1990 წლამდე არსებული დაკვირვებათა მასალები და მიღებულია მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების შესაბამისი მახასიათებლები.

სადღესოდ, კლიმატის მიმდინარე გლობალური აქტიური დათბობის პირობებში, აუცილებელია დაზუსტდეს ბუნებაში მიმდინარე მოვლენების მახასიათებლები. მათ შორის, ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორისა, როგორც არის მდინარეთა წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების მახასიათებლები. 1991-2022 წლების ინფორმაციების დამატებით მათი დაზუსტება აუცილებელია წყალსამეურნეო განვითარების სწორად წარმართვისათვის.

ცხრილი 1. აღმოსავლეთ საქართველოს მთავარი მდინარეებისა და მათი აუზების ჰიდროგრაფიული და ჰიდრომეტრიული მახასიათებლები

| № | მდინარე პუნქტი | აუზის ფართი | მდინარის სიგრძე | აუზის სიმაღლე | აუზის ტყიანობა | სათავის სიმაღლე | პუნქტის სიმაღლე | მდინარის ვარდნა | აუზის დახრილობა | მდინარის დახრილობა |
|----|--------------------------|-------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|
| | | F კმ ² | L კმ | H მ | W % | Hs მ | Hp მ | H _Δ მ | S _B ‰ | S _R ‰ |
| 1 | მტკვარი - თბილისი | 21100 | 474 | | | 2720 | 391 | 2329 | | |
| 2 | მტკვარი - ხერთვისი | 4980 | 223 | | | 2720 | 1120 | 1600 | | |
| 3 | მტკვარი - მინაძე | 8010 | 265 | | | 2720 | 944 | 1776 | | |
| 4 | მტკვარი - ბორჯომი | 10500 | 315 | | | 2720 | 781 | 1939 | | |
| 5 | მტკვარი - ძეგვი | 18000 | 444 | | | 2720 | 456 | 2264 | | |
| 6 | ფარავანი - ხერთვისი | 2350 | 73 | 2120 | 0 | 2080 | 1120 | 960 | 91 | 13.8 |
| 7 | ფოცხოვი - სხვილისი | 1730 | 54 | 1870 | 11 | 1231 | 969 | 262 | | 32.2 |
| 8 | ქვაბლიანი - მლაშე | 468 | 19 | 1940 | 38 | 2540 | 1162 | 1378 | 132 | 35.0 |
| 9 | აბასთუმანი - აბასთუმანი | 99 | 10 | 1830 | 32 | 1373 | 1272 | 101 | 360 | 94.0 |
| 10 | ბორჯომულა - ბორჯომი | 165 | 18 | 1810 | 65 | 2400 | 781 | 1619 | 256 | 50.7 |
| 11 | ქცია ხრამი - ედიკილისა | 544 | 51 | 2040 | 0 | 2422 | 1516 | 906 | 135 | 18.9 |
| 12 | დიდი ლიახვი - კეხვი | 924 | 59 | 2100 | 25 | 3032 | 960 | 2072 | 373 | 38.2 |
| 13 | პატარა ლიახვი - ვანათი | 422 | 41 | 1940 | 35 | 2966 | 1015 | 1951 | 373 | 46.2 |
| 14 | ქსანი - კორინთა | 461 | 46 | 1830 | 50 | 2820 | 909 | 1911 | 260 | 45.0 |
| 15 | არაგვი - ჟინვალი | 1900 | 28 | 1890 | 45 | 3126 | 718 | 2408 | 380 | 35.5 |
| 16 | თეთრი არაგვი - ფასანაური | 335 | 41 | 2140 | 22 | 3126 | 1035 | 2091 | 362 | 51.2 |
| 17 | შავი არაგვი - შესართავი | 235 | 29 | 2030 | 27 | 3392 | 1070 | 2322 | 416 | 66.4 |
| 18 | ფშ არაგვი - მალაროსკარი | 736 | 38 | 2060 | 40 | 2731 | 920 | 1811 | 452 | 40.6 |
| 19 | იორი - ლელოვანი | 484 | 43 | 1640 | 59 | 2827 | 1090 | 1731 | 262 | 31.3 |
| 20 | ალაზანი - ბირკიანი | 282 | 9 | 2200 | 42 | 2750 | 758 | 1992 | 469 | 61.7 |
| 21 | ალაზანი - შაქრიანი | 2190 | 72 | 1260 | 61 | 2750 | 340 | 2410 | 270 | 26.2 |
| 22 | ქცია ხრამი - დაგეთხაჩინი | 2150 | 136 | 1720 | 17 | 2422 | 526 | 1896 | 142 | 14.0 |
| 23 | ქცია ხრამი - იმირი | 3840 | 171 | 1510 | 29 | 2422 | 345 | 2077 | 147 | 12.6 |
| 24 | ქცია ხრამი - წითელი ხიდი | 8260 | 196 | 1530 | 33 | 2422 | 265 | 2157 | 179 | 11.3 |
| 25 | ალგეთი - ფარცხისი | 359 | 40 | 1320 | 50 | 1900 | 672 | 1228 | 191 | 23.4 |
| 26 | მაშვერა - დმანისი | 570 | 25 | 1660 | 19 | 1358 | 795 | 623 | 155 | 43.0 |
| 27 | დებედა - სადახლო | 3790 | 150 | 1680 | 18 | 480 | 413 | 67 | 174 | 12.0 |

ამას ადასტურებს ის ფაქტები, რომ კლიმატის ცვლილების გამო, შეიცვალა ნალექთა წლიური მსვლელობის რეჟიმები. მაგალითად, 2008 წელს სეზონური საგაზაფხულო წვიმების გარდა, თბილისში, გარდაბანსა და კახეთის რეგიონებში, შემოდგომაზე (სექტემბერ-ოქტომბერში) დღე-ღამური ნალექების რაოდენობა ზოგან 160-180 მმ-ს აღემატებოდა. მათგან გამოწვეული წყალმოვარდნების შედეგად, რაიონულ ცენტრს მოწყვეტილი იყო 7 სოფელი, დაიტბორა 6 სოფელი, ასობით ჰექტარი ნათესები, 100 სახლი, დაზიანდა 50 და დაინგრა 11 სახლი, განადგურდა ყურძნის მოსავლის 70 %. 2009 წლის 30-31 სექტემბერს კატასტროფულმა წყალმოვარდნამ კი, კახეთის რეგიონს 7-8 მლნ აშშ დოლარის ზარალი მიაყენა [6].

2011 წლის 21 აგვისტოს ქ. ლაგოდეხში მოვიდა 210 მმ ნალექი, რაც 159 %-ით აღემატებოდა მის თვითნორმას (81 მმ), რამაც გამოიწვია ძლიერი წყალმოვარდნები მდინარეებზე. მაგალითად მდ. შრომისხევის ადიდების შედეგად წყალმა მთლიანად წაიღო ნაპირსამაგრი ბეტონის ფილები, გადარეცხა გზა, დაინგრა 40 მეტრიანი კაპიტალური ხიდი, წააქცია სატელეფონო ანძა, დააზიანა საცხოვრებელი კორპუსები, დატბორა ვენახები და ნათესები [7].



სურ. 1. 2011 წლის 21 აგვისტოს წყალმოვარდნის შედეგები მდ. შრომისხევეზე (მ. ძამამიას ფოტო)

მდინარეებზე გავლილი წყალმოვარდნების ყოველწლიური უდიდესი მაქსიმალური წყლის ხარჯების მონაცემთა ბაზის შედგენის მიზნით, შერჩეულ იქნა მრავალწლიანი დაკვირვებათა რიგების მქონე მდინარეთა 27 ჰიდროკვეთი, რომელთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობებს აქვთ სამეურნეო-პრაქტიკული დანიშნულება წყალსამეურნეო ობიექტებისა და ორგანიზაციების მომსახურებისათვის, აგრეთვე მოსახლეობისა და გარემოს უსაფრთხოებისათვის. შესაბამისი ჰიდროლოგიური ცნობარების მონაცემების მიხედვით შედგენილ იქნა ჰიდროკვეთების ჰიდროგრაფიული და ჰიდრომეტრიული მახასიათებლები - ცხრილი 1, რომელთაც აქვთ გარკვეული მნიშვნელობა წყალმოვარდნების ფორმირებისა და განვითარებისათვის.

საქართველოში, მდინარეთა წელიწადის აღრიცხვა 1991 წლამდე ხდებოდა ყოველდღიურად ორჯერადად (8 და 20 სთ) სპეციალური ხელსაწყოებით წყლის ხარჯების (მ³/წმ) გაზომვებით. მას შემდეგ კი ხდება წყლის დონეების გაზომვები, რომელთა მიხედვით ხდება წყლის ხარჯების მიახლოებითი განსაზღვრა. მაგრამ, მაღალი წყალმოვარდნების დროს, მთის მდინარეებზე ძალიან რთულია და ხშირად ვერ ხერხდებოდა წყლის ხარჯის გაზომვა.

დაკვირვებათა გამოტოვებული შემთხვევების დროს, მაქსიმალური წყლის ხარჯების აღდგენა მოხდა ანალოგ მდინარეთა წყლის მაქსიმალურ ხარჯებს შორის გრაფიკული ინტერპოლაციით. გამოკვლეულ იქნა კორელაციური კავშირები საკვლევი ჰიდროკვეთების წყლის მაქსიმალურ ხარჯებს შორის. მაგრამ, მიუხედავად მრავალმხრივი ძიებისა, ზოგ შემთხვევაში ვერ მოხერხდა განსახილველი (N) რიგების გაზრდა. ასე მოხდა მაგალითად მდ. მამავერასა და მდ. დებედაზე.

შედეგად, მიღებულ იქნა მდინარეებზე გავლილი წყალმოვარდნების ყოველწლიური უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიანი ($N = 70 \div 100$) რიგები. მათი სათანადო კომპიუტერული სტატისტიკური ანალიზის შედეგად, დაზუსტდა ყველა შერჩეულ 27 ჰიდროკვეთზე, ყოველწლიური უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური მახასიათებელი პარამეტრები, რომლებიც მოცემულია ცხრილ 3-ში.

ეს პარამეტრებია: მდინარეზე გავლილი წყალმოვარდნების ყველაზე უდიდესი მაქსიმალური ხარჯი, მისი რყევის ამპლიტუდა, მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მნიშვნელობა, მისი ვარიაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტები და აგრეთვე წყალმოვარდნის აქტივობის კოეფიციენტები, რომელიც წარმოადგენს უდიდესი მაქსიმალური ხარჯის შეფარდებას მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიურ ხარჯთან - (Q_{max}/Q_0). ეს კოეფიციენტები მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეზე მომავალში წყალმოვარდნების განვითარების მხრივ.

წყალმოვარდნის აქტივობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე იცვლება 71-დან (მდ. აბასთუმანი - კ. აბასთუმანი), 12-მდე (მდ. მტკვარი - ქ. თბილისი). წყალმოვარდნების განვითარების მაღალი კოეფიციენტებით ($70 \div 40$) ხასიათდებიან ჰიდროკვეთები მდინარეებზე: ბორჯომულა, ქსანი, შავი არაგვი, ფშავის არაგვი, იორი და მაშავერა. ამ მხრივ დაბალი კოეფიციენტებით (11-20) ხასიათდებიან: მდ. მტკვარი, დიდი და პატარა ლიახვი, თეთრი არაგვი, ქობლიანი და დებედა.

ცხრილი 2. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა წყლის საშუალო წლიური (Q_0 , მ³/წმ) და მაქსიმალური ხარჯების (Q_m , მ³/წმ) პარამეტრები დაკვირვებათა (n წლების) სტატისტიკური ანალიზის მიხედვით

| № | მდინარე პუნქტი | წლების რაოდენობა | საშუალო წლიური | უდიდესი | უმცირესი | ამბლიტუდა | საშუალო მაქსიმუმი | ვარიაცია | ასიმეტრია | აქტივობის კოეფიციენტ |
|----|----------------------------|------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------|-----------|----------------------|
| | | n | Q_0 | Q_{max} | Q_{min} | A_Q | Q_m | C_v | C_s | Q_{max}/Q_0 |
| 1 | მტკვარი - თბილისი | 100 | 203 | 2450 | 448 | 2002 | 1123 | 0.39 | 0.72 | 12.1 |
| 2 | მტკვარი - ხერთვისი | 100 | 33.8 | 742 | 96.5 | 646 | 265 | 0.46 | 1.09 | 22.0 |
| 3 | მტკვარი - მინაძე | 100 | 57.6 | 1110 | 123 | 987 | 381 | 0.50 | 1.18 | 19.3 |
| 4 | მტკვარი - ბორჯომი | 100 | 93.4 | 1520 | 227 | 1293 | 557 | 0.43 | 1.15 | 16.3 |
| 5 | მტკვარი - ძეგვი | 100 | 160 | 1910 | 392 | 1518 | 877 | 0.38 | 0.79 | 11.9 |
| 6 | ფარავანი - ხერთვისი | 100 | 18.8 | 437 | 17.8 | 419 | 80.6 | 0.62 | 3.78 | 24.3 |
| 7 | ფოცხოვი - სხვილისი | 100 | 22.1 | 581 | 40 | 541 | 175 | 0.51 | 1.53 | 26.3 |
| 8 | ქვაბლიანი - მლაშე | 100 | 9.70 | 210 | 10 | 200 | 83.8 | 0.51 | 1.04 | 21.6 |
| 9 | აბასთუმანი - აბასთუმანი | 100 | 1.27 | 90 | 1.5 | 88.5 | 12.3 | 0.84 | 4.51 | 70.9 |
| 10 | ბორჯომულა - ბორჯომი | 100 | 2.22 | 99 | 10 | 89.1 | 25.9 | 0.51 | 2.11 | 44.6 |
| 11 | ქცია ხრამი - ედიკილისა | 100 | 8.36 | 131 | 12 | 119 | 62.1 | 0.42 | 1.35 | 15.7 |
| 12 | დიდი ლიახვი - კეხვი | 92 | 27.0 | 330 | 42.2 | 288 | 136 | 0.43 | 1.07 | 12.2 |
| 13 | პატარა ლიახვი - ვანათი | 92 | 8.86 | 191 | 16.1 | 175 | 47.1 | 0.64 | 2.20 | 21.6 |
| 14 | ქსანი - კორინთა | 92 | 6.61 | 262 | 5.0 | 257 | 65.6 | 0.76 | 1.40 | 39.6 |
| 15 | არაგვი - ჟინვალი | 92 | 45.1 | 811 | 30 | 781 | 256 | 0.69 | 1.50 | 18.0 |
| 16 | თეთრი არაგვი - ფასანაური | 92 | 11.6 | 173 | 14.6 | 158 | 61.6 | 0.51 | 1.60 | 14.9 |
| 17 | შავი არაგვი - შესართავი | 92 | 7.76 | 380 | 21.6 | 358 | 54.1 | 0.87 | 4.30 | 49.0 |
| 18 | ფშავის არაგვი - მალაროსკარ | 92 | 19.5 | 750 | 20.0 | 730 | 134 | 0.89 | 2.80 | 38.5 |
| 19 | იორი - ლელოვანი | 92 | 11.3 | 478 | 10.0 | 468 | 162 | 0.66 | 1.10 | 42.3 |
| 20 | ალაზანი - ბირკიანი | 95 | 15.2 | 365 | 25.0 | 340 | 76.2 | 0.67 | 3.23 | 24.0 |
| 21 | ალაზანი - შაქრიანი | 95 | 46.3 | 1160 | 91.5 | 1068 | 295 | 0.52 | 2.55 | 25.0 |
| 22 | ქცია ხრამი - დაგეთხაჩინი | 74 | 17.4 | 427 | 28.0 | 399 | 115 | 0.70 | 1.71 | 24.5 |
| 23 | ქცია ხრამი - იმირი | 74 | 25.4 | 572 | 30.0 | 542 | 157 | 0.68 | 1.57 | 22.5 |
| 24 | ქცია ხრამი - წითელი ხიდი | 74 | 51.4 | 1260 | 62.0 | 1198 | 332 | 0.63 | 1.60 | 24.5 |
| 25 | ალგეთი - ფარცხისი | 74 | 8.76 | 246 | 1.6 | 244 | 48.1 | 0.98 | 1.85 | 28.1 |
| 26 | მაშავერა - დმანისი | 53 | 5.14 | 314 | 12.7 | 301 | 67.4 | 0.86 | 2.74 | 61.0 |
| 27 | დებედა - სადახლო | 53 | 29.3 | 585 | 65.0 | 520 | 241 | 0.51 | 0.69 | 20.0 |

დასკვნა

მიღებულია აღმოსავლეთ საქართველოს მთავარ მდინარეთა 27 ჰიდროკვეთზე მრავალწლიური უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მთავარი მახასიათებელი პარამეტრები, რომელთა გათვალისწინება უნდა მოხდეს მდინარეებზე განლაგებულ ჰიდროტექნიკური ობიექტების, აგრეთვე სანაპირო ზონების მიდამოებში მდებარე ნაგებობების მომსახურებისა და ყველა საპროექტო ნაგებობათა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დაგეგმარებისათვის.

მიღებული მახასიათებლების გათვალისწინება იძლევა გარკვეულ გარანტიას, რომ დაცული იქნება მდინარის სიახლოვეში მდებარე ყველა მნიშვნელოვანი ობიექტები: გზები, ხიდები, ნაგებობები, საცხოვრებელი სახლები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და სხვა, რათა მდინარეზე მაღალი წყალმოვარდნის გავლის დროს არ მოხდეს გაუთვალისწინებელი ზარალი და მსხვერპლი.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Department of Hydrometeorology of National Environmental Agency
2. Fundamental Characteristic of Hydrology. Vol. 9, Issued 1, GIMIZ, 1967, p. 460, Leningrad
3. Fundamental Characteristic of Hydrology. Vol. 9, Issued 1, GIMIZ, 1977, p. 358, Leningrad
4. Fundamental Characteristic of Hydrology. Vol. 9, Issued 1, GIMIZ, 1978, p. 300, Leningrad
5. State Water Cadastre, Vol. VI, Georgian SSR, GIMIZ, 1987, p. 416, Leningrad
6. Basilashvili Ts., Tabatadze J., Janelidze M. Catastrophic Flooding in Eastern Georgia. Collected Papers TSU, Institute of Geography, New Series № 3 (82), Proceedings of International Conference "Environment and Global Warming", Tbilisi, 2011, pp. 241-246.
7. Basilashvili Ts., Salukvadze M., Tsomaia V., Kherkheulidze G. Catastrophic of Flooding, Mudflow and Avalanches in Georgia and their Safety. Georgian Technical University. Tbilisi, 2012, p. 244

UDC: 551.482.215.3

Specifics of the maximum discharges of floods on the rivers of Eastern Georgia. /Basilashvili Ts./ Transactions IHM, GTU, 2024, Vol. 135, 08-12pp. , Georg., Sum. Georg., Eng.

The paper deals with the maximum discharges of the floods passed through the 27 observation points of the rivers of Eastern Georgia, which often inflict damage to the population, the environment and the country's economy. By analyzing 70-100-year series of observations, their statistical features have been obtained, which are relevant for planning organizations in their attempt to plan hydrotechnical, civil and industrial structures, roads, bridges, pipelines and communication facilities located on the rivers and their banks, with a view to preventing their collapse and resulting into people's death.

რაც შეეხება ეკოლოგიურ პრობლემებს, ცნობილია რომ გარემოს დაზიანება სხვადასხვა პრცესებით ხდება. ესენია:

საწარმო-ჩამდინარე წყლები, როგორცაა ქიმიური და ნავთობ-გადამამუშავებელი, ცელულოზა-ქაღალდისა და საფეიქრო, მეტალურგიული და მადანმომპოვებელი.

კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩმდინარე წყლები - მათ შემადგენლობაში შეიძლება იყოს მინერალური და ორგანული წარმოშობის ნივთიერბანი როგორც გახსნილი, ისე გაუხსნელი სახით, მათი თანაფარდობა ასე მერყეობს: მინერალური ნივთიერებები 42%, ორგანული 58%.

სოფლის მეურნეობის წარმოების ინტენსიფიკაციის შედეგი - ამჟამად თან სდევს მინერალური სასუქებისა და ქიმიური საშუალებების გამოყენების ჭარბი ზრდა.

მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის მრავალრიცხოვანი კომპლექსების ჩამდინარე წყლები - წარმოადგენენ წყალის ობიექტების გაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს. ეს კომპლექსები უმეტესად განთავსებულია წყლის ობიექტებთან ახლოს.

რადიოაქტიური ნარჩენებით - ბოლო წლებში მთელ რიგ ქვეყნებში საკამოდ გაიზარდა რაც დიდ საფრთხეს უქმნის წყლის რესურსებს. რადიოაქტიური ნარჩენები შეიძლება სამ ჯგუფად დაიყოს: მყარი აირისებური და თხევადი.

თანამედროვე წყლის ტრანსპორტით დაზინძურება. რთული მცურავი ნაგებობები, მძლავრი ენერგეტიკული დანადგარებითა და სისტემებით, რომელთა ექსპლუატაციას თან სდევს სხვადასხვა სახის გამაბინძურებელი ნარჩენების გამოყოფა.

მჟავური წვიმა - გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან მნიშვნელოვნად გაიზარდა დიდ მანძილზე ჰაერის მასებით გამაბინძურებლების გადატანა, რომლებიც შემდეგ მჟავური წვიმების სახით გამოიყოფა.

ხეტყის დაცურებით დაბუნძრება - ამ დროს წყალში სხდასხვა ზემოქმედებით და დაჯახების გამო მორებს ეცლებათ ქერქი და ატყდებათ ნაფოტები, რომლებიც იძირებიან, ასევე იძირება მორების 10%. ჩადირული მასალა გამოყოფს ფისებს, აგრეთვე იხრწნება მავნე და მთრიმლავი ნივთიერებები, ხდება ჟანგბადს შთანთქვა, შემდეგ გამოყოფენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს და წამლავენ წყალს. ხე-ტყის დაცურებას ძალიან დიდი ზიანი მოაქვს თევზებისათვის. საინტერესოა ის ფაქტიც რომ, ხე-ტყის დაცურების შედეგების გავლენა შეიმჩნევა მისი შეწყვეტის რამდენიმე წლის შემდეგაც კი, სწორედ ამიტომ ცდილობენ შემცირდეს ამ ხერხით ხე-ტყის დაცურება და მდინარეში ჩაყრა. (ვ.ტრაპაიძე. 2012) (ნახ. 2)



ნახ. 2. მდ. ნენსკარს ხეობა, ხეტყის ჭრის შედეგად დაცურებული და ნარჩენი მასალა ჩაყრილი მდინარეში (ს.გორგიჯანიძე)

აქედან გამომდინარე პრობლემა რომელიც საქრთველოს მდინარეებზე ვხვდებით საკამოდ რთულია, როგორც სტიქური მოვლენების თვალსაზრისით ასევე ეკოლოგიური პრობლემების თვალსაზრისით.

ერთერთი ასეთი პრობლემის მაგალითია მდინარე ყვირილას წყალშემკრები აუზის მდინარეები და თავად მდინარე ყვირილაც, რაც გამოწვეულია წლების განმავლობაში მასზე სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით.

საკვლევი ტერიტორია

თავად მდინარე ყვირილა სათავეს იღებს რაჭის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, ერწოს ქვაბულში. იგი გამოედინება ერწოს ტბიდან 1711 მ-ის სიმაღლეზე და ჩაედინება ვარციხის წყალსაცავში. წყალსაცავის მოწყობამდე ყვირილა ერთვოდა მდ. რიონს მარცხენა მხრიდან. მდინარის სიგრძე 140 კმ-ია, საერთო ვარდნა - 1628 მ, საშუალო ქანობი - 11,6 ‰, აუზის ფართობი - 3598 კმ², აუზის საშუალო სიმაღლე 790 მ-ია. მდინარე ყვირილას ერთვის 2906 შენაკადი, ჯამური სიგრძით 5254 კმ. ძირითადი შენაკადებია გვიზა (19 კმ), გედურა (13 კმ), ლაშურა (13 კმ), ჩიხურა (21 კმ), ჯრუჭლა (18 კმ), საძალიხევი (10 კმ), კაცხურა (13 კმ), ძირულა (94 კმ), ჩოლაბური (20 კმ), ლუხუტა (21 კმ), შაბათაღლე (15 კმ), პეშავია (15 კმ), წყალწითელა (49 კმ). წყალშემკრებ აუზში მდინარეთა ქსელის სიხშირის კოეფიციენტი შეადგენს 1,45 კმ/კმ²-ს. აუზის ზედა ნაწილი მდებარეობს რაჭის ქედის სამხრეთ და სურამის ქედის დასავლეთ კალთებზე, შუა წელი - ქართლი-იმერეთის კრისტალურ მასივზე, ხოლო ქვემო დინება კოლხეთის დაბლობზე. აუზის ზედა დინება ხასიათდება ღრმა ხეობებითა და ხრამებით. კრისტალურ მასივზე რელიეფის უფრო რბილი ფორმებია გავრცელებული, ხოლო ქ. ზესტაფონის შემდეგ მდინარე კოლხეთის დაბლობზე გამოდის. მდ. ყვირილას აუზის აგებულია ზედა და შუა იურული კირქვებით, მერგელებით, ქვიშაქვებით, პორფირიტებით და შუა მიოცენური თიხებითა და კონგლომერატებით. უხვადაა ახალი ალუვიური და ალუვიურ-პროლუვიური ნალექებიც. მდ. ყვირილას აუზი განეკუთნება კავკასიონის ოლქის, კოლხეთის ნოტიო სუბტროპიკულ ოლქის ლანდშაფტს. მდ. ყვირილას აუზში გასულ საუკუნეში განთავსებული იყო ჰიდროლოგიური სადგურები სადაც ხდებოდა დაკვირვება მდინარის რეჟიმზე, იზომებოდა წყლის ხარჯები, წყლის დონეები და სხვადასხვა ჰიდროლოგიური მახასიათებლები. ჰიდროლოგიურ სადგურზე ყვირილა - საჩხერე დაკვირვება წარმოებდა 1935, 1937-39, 1967-2021 წლებში (აუზის ფართობი 933 კმ²), დანარჩენ ჰიდროლოგიურ სადგურებზე კი დაკვირვებები შეწყდა 1990 წლის შემდეგ. ატივანარებული ნატანის საშუალო წლიური ხარჯი კოლხეთის დაბლობზე გამოსვლისას მერყეობს 50-60 კგ/წმ ფარგლებში (წლიური რაოდენობა 1,5-2,0 მლნ.ტ.). მყარი ნატანის მაქსიმალური რაოდენობა მოდის გაზაფხულის წყალდიდობის დროს, მინიმუმი - ზაფხულსა და ზამთრის წყალმცირობებისას. მდ. ყვირილა იკვებება თოვლის, გრუნტის და მიწისქვეშა წყლებით. მისი წყლიანობის რეჟიმი ხასიათდება გაზაფხულის წყალდიდობით, რომელსაც ხშირად ემატება წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნები, ზაფხულის არამდგრადი წყალმცირობით და შემოდგომა-ზამთრის წყალმოვარდნებით, ეს გამოწვეულია უხვი ატმოსფერული ნალექებით და ჰაერის ტემპერატურის უეცარი დათბობით. ჩამონადენის შიდაწლიური განაწილებაც თავისთავად საეზონურად არის. საშუალოდ გაზაფხულზე ჩამოედინება წლიური ჩამონადენის 52%, ზაფხულში და შემოდგომაზე - 20%, ზამთარში კი - 28%. სათავეებში პერიოდულად ყინულოვანი წანაპირები აღინიშნება.

უნდა ავღნიშნოთ, რომ მდ. ყვირილა გამოიყენება, როგორც ირიგაციული, ისე ენერგეტიკული დანიშნულებით. მდ. ყვირილა - ქ. ზესტაფონის იდროლოგიური საგუშაგოს მრავალწლიური (1935-1993 წ.წ.) დაკვირვების საფუძველზე (სულ - 59 წელი) 1, 2, 5, 10 და 20%-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური წყლის ხარჯის 100, 50, 20, 10 და 5 წლიანი განმეორებადობის გაანგარიშებული ხარჯების მონაცემები მოცემულია ცხრილ 1-ში: (სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო)

ცხრილი 1. მდ. ყვირილა - ზესტაფონის მაქსიმალური წყლის ხარჯების უზრუნველყოფა და განმეორადობა

| დაკვირვების წლები 1935-1993 წწ | წყალშემკრები აუზის ფართობი - 2490 კმ ² | | | | |
|--|---|------|-----|-----|-----|
| უზრუნველყოფა % | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| განმეორადობა წლებში | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 |
| მაქს. ხარჯის უზრუნველყოფა მ ³ /წმ | 1112 | 1007 | 872 | 766 | 655 |

ფაქტები

სტიქიური მოვლენები რომელიც აქტიურია მდ. ყვირილას აუზში როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ უმეტესად უხვი ატმოსფერული ნალექებით არის გამოწვეული. თუმცა მისი შენაკადის მდ. ხახიეთისწყალზე მომხდარი წყალმოვარდნის პირველი ფაქტორი მიწისძვრა იყო, რის შედეგადაც ჩაიხერგა მდინარე ხახიეთი, ხოლო დაგუბებული მასის გარღვევა უკვე უხვი წვიმებით იყო გამოწვეული, რა დროსაც დაგუბებულმა ტბამ გაარღვია ბუნებრივი კაშხალი და დატბორა ფაქტობრივად მდ. ყვირილას ზემოწელი

სრულიად. (ს. გორგიჯანიძე) დაილუპა 1 ადამიანი. მსგავს მოვლენას ასევე ადგილი ქონდა მდ. ძრულაზე, 1957 წელს, თუმცა აქ წყალმოვარდნას ადგილი არ ქონია რადგან ბუნებრივი კაშხალი ოპერატიულად ბომბებით ააფეთქეს და წყალი არხებით შემდგომ დაცალეს. მდ. ძრულაზე შემდგომში მთელს მის ხეობაში განხორციელდა ექსპედიცია ს.გორგიჯანიძის და ვ. ცომიას მიერ და შესწავლის პროცესში აღმოჩნდა რომ იგივე პროცესს ქონდა ადგილი 1998 წელს მდ. ბაბის ხეობაში, რომელიც მდ. ძრულას შენაკადია, საბედნიეროდ ჩახერგილი ბუნებრივი კაშხალი ისე გარიდვა რომ მის წყალმოვარდნას არანაირი მსხვერპლი არ გამოუწვევია. მხოლოდ დააზიანა ბაბის ხიდი. აღსანიშნავია, რომ მდინარის დონემ მოიმატა მაგრამ კასტროფული წყალმოვარდნა არ მოყოლია. ხოლო მდ. ლუხუტაზე 2001 წელს თვსხმა წვიმების მიერ გამოწვეული სტიქია 100 წლიანი სპორადული ფაქტია. ადგილობრივების გამოკითხვით ესეთი წყალდიდობა იქ არასდროს ყოფილა. ექსპედიციის პერიოდში ავტორის მიერ ს. გორგიჯანიძემ და ვ. ცომიამ, მთლიანად მთლიანად იქნა შესწავლილი მდინარე ლუხუტას ხეობა. სტიქიის შედეგად დაზიანდა და წაიღო პირველი და მორე ობჟის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, დაანგრია სახლები. საბედნიეროდ მსხვერპლი არ მოყოლია. მრავალწლიანი განმეორადობა ახასიათებს მდ. ჩხერიმელას. იგი წყალდიდობების აქტიური ხასიათით გამოირჩეოდა 1957, 1959, 1987, 1994, 1998, 2004, 2019 წლებში, ასევე 2020 მაისი. ხოლო 2023 წლის 30 ივნისს მდ. ვახანისწყალმა ფაქტობრივად სამი სოფელი დატბორა და დააზიანა ინფრასტრუქტურა. ადგილობრივების თქმით განადგურდა სოფლის გზები, მიცირე ხიდები და გადასასვლელები. წყალმა წაიღო სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. (ნახ. 3.4)



ნახ. 3 და 4. მდ. ვახანის წყალმოვარდნის შედეგები (ჯაბა არევაძე)

ამ სტიქიური მოვლენების ფონზე აუცილებელია აღინიშნოს ეკოლოგიური პრობლემები, რომელიც საქართველოს მდინარეებს შორის მდ. ყვირილასათვის არის ყველაზე მეტად აქტიური. მდინარეში ყოველწლიურად მანგანიუმის გარკვეული რაოდენობა ირეცხება. ეს ის ნარჩენია რომელიც თავისდა უნებურად აბინძურებს გარემოს. უნდა აღინიშნოს რომ 2016 წლის პუბლიკაციებიდან გამომდინარე მდ. ყვირილაში მანგანიუმის კონცენტრაცია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას ჭიათურის ზემოთ 4-ჯერ, ჭიათურის ქვემოთ 2,1-ჯერ, ზესტაფონის ზემოთ 2-ჯერ და ჭიათურის ავტომატურ სადგურზე 1,8-ჯერ აღემატებოდა. (<https://www.interpressnews.ge>) აქ უნდა ითქვას რომ 2023 წელს, მარტში „ჯორჯიან მანგანეზმა“ დაიწყო ჭიათურაში მასშტაბური ეკოლოგიური პროექტი. რაც იმას გულიხმობს, რომ მდინარე ყვირილა ათწლეულების განმავლობაში დაღეპილი შლამისგან იწმინდება. პროექტის პირველი ეტაპის ფარგლებში, მდინარის კალაპოტიდან დაახლოებით 60 000 მ³ შლამია ამოღებული, რომელიც სპეციალურ, დაცულ ტერიტორიაზე დასაწყობდა. აღნიშნულ ტერიტორიაზე მდინარიდან ამოღებული შლამები პროექტის დასრულებამდე, შესაბამისი წესის დაცვით შეინახება. სამომავლოდ კი მისი გამოყენება რეკურტივირებულ ტერიტორიებზე, ნიადაგის გასამდიდრებლად იქნება შესაძლებელი. სამუშაოების მიმდინარეობისას კალაპოტიდან ამოღებული შლამების გადაზიდვასთან დაკავშირებული დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, უწყვეტ რეჟიმში მუშაობდა ჭიათურა სერვისის დასუფთავების სამსახური. მდინარის შლამებისაგან გაწმენდის პროექტი მაღალკვალიფიციურმა, უცხოელმა სპეციალისტებმა შეიმუშავეს. სამუშაოების მეორე, ფინალური ეტაპი ზაფხულში დაიწყო. პროექტი სახელმწიფოს სპეციალური მმართველის, ნიკოლოზ ჩიქოვანის გადაწყვეტილებით, ჯორჯიან მანგანეზის გარემოს დაცვის პოლიტიკის ფარგლებში განხორციელდა. (<https://www.gm.ge>) ეს მნიშვნელოვანი წინსვლაა ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის და იმ ეკოლოგიური პრინციპების გამყარებისათვის, რომელიც ჩენი ქვეყნის მდგრადობას წარმოაჩენს მსოფლიოში. თავად მდ. ყვირილა კი ფაქტობრივად ახალ ძალას შეიძენს მისი სიცოცხლის უნარიანობისათვის. პირველ რიგში კი შემცირდება მისი დაბინძურების მასშტაბები.

საინტერესო ფაქტია 2023 წლის წყალდიდობა, რომელიც ადგილობრივების თქმით, სოფელი აჯამეთის ტერიტორიაზე (ქ. ზესტაფონის მუნიციპალიტეტი) ხშირია იქ არსებული სამშენებლო დანიშნულების კარიერის გამო. კარიერი მუშაობს ქვიშა, ხრეში, ქვების, სუფთა სილისა და სხვა სამშენებლო რესურსების ამოღების მიზნით. სავარაუდოა რომ ნატანი მასალის ატიური ამოღება იწვევს წყლის დონის მომატებას, თავსხმა წვიბის დროს რადგან მას უმცირდება შეწონილი მასისი გადაგილება, რაც მიდნარეს ერთგვარ „თავისუფლებას“ აძლევს რათა წყლის ნაკადმა მოიგვას მთელი პერიმეტრი, რაც ფოტოებზეც ნათლად ჩანს. (ნახ. 5 და 6). მიდნარეს წყალდიდობის ინტენსივობა ახასიათებს ამ მონაკვეთში დეკემბერ-იანვარში, როცა ფაქტობრივად მის მთელ სიგრძეზე აუზისთვის წყალდიდობის პერიოდი გაზაფხულია.



ნახ. 5 და 6. მდ. ყვირილა სოფ. აჯამეთთან (თ.კობახიძე)

აქედან გამომდინარე სავარაუდოა, რომ სწორედ მცირე საწარმო უქმნის პრობლემას მიდნარეს, რადგან ეროზის ფონი მთელს სანაპირო ზოლზე კარგად ჩანს. თავისთავად ტერიტორიის დიდი ნაწილი მოლამულია და ეკოლოგიურად დაზინძრებული. ესეთი პროცესები კი საფრთეს უქმნის ადგილობრივ მოსახლეობას.

დასკვნა

ყოველივე აქედან გამომდინარე საჭიროა და აუცილებელია ესეთი ფაქტები მუდამ იყოს დაფიქსირებული და შეწავლილი. აუცილებელია აგრეთვე მონიტორინგი და სახელმწიფო სტურქურების ჩართულობა, ადგილობრივი მოსახლეობის ამ კუთხით განათლება, რათა სწორად მართონ როგორც სტიქია და მისგან გამოწვეული შედეგები, ასევე მიზნობრივად და რაციონალურად აითვისონ ადგილობრივი გარემო. რაც თავისთავად ხელს შეუწყოს აცილებული იქნეს მოსალოდნელი სტიქიური და ეკოლოგიური კატასტროფები.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. The Geography of Risks of Breakthrough of Glacial Lakes and Valleys. S. Gorgijanidze, G. Jincharadze, M. Silagadze, I. Tchintcharauli. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127
2. Water resources. learning course. V. Trapaidze. P. 133. 2012
3. "Geography of Georgia" - Georgian Academy of Sciences. V. Institute of Geography named after Bagration. P. 270-277. 2000
4. Geography of Floods Caused by River Faults in Imereti Region and Ways to Avoid Them./Gorgijanidze S./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2020 - vol.129 - pp.15-20. Georg.;
5. Clogging Floods and Flows on Georgia's territory and Recommendations to Avoid Natural Hazards. V. Tsomaia, G. Achechiladze, T. Tsincadze, M. FxakaZe. Transactions of the Institute of Hydrometeorology. 2009.
6. <https://www.interpressnews.ge/ka/article/409023-angarishis-tanaxmad-qvirila-mashavera-da-kazretula-ekologiurad-dabinzurebuli-mdinareebia/>
7. <https://www.gm.ge/%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94-%E1%83%A7%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%90-%E1%83%90%E1%83%97%E1%83%AC%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%A3%E1%83%9A-2/>

UDC: 551.482.215.3

Ways to solve natural phenomena and ecological problems of Kvirila basin. S. Gorgijanidze, G. Jincharadze, T. Chitadze, N. Kobakhidze, G. Grigolia, T. Kobakhidze. Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.13-18. -Georg., Summ. Georg., Eng. The article presents the events and facts of natural events, floods and landslides of the rivers of the Kvirila river basin. Mechanisms of their formation and provoking effects are also discussed. Ecological problems, which are typical for this basin, are also discussed. It is significant that the river is actually described in detail. Screaming Valley. Those significant polluting sources, which have the most negative impact on this river valley, are singled out. All this creates a problem for the local population as well as the state itself, because the enterprises there pollute the environment. The preventions that were carried out in 2023 in the case of sludge cleaning are also mentioned, which will significantly improve the environment of the municipality.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-19-22

უკ.541.126.13; 551.510.42

**ნავთობის ავარიული დაღვრების შედეგად ზღვის დაბინძურების მათემატიკური მოდელირება
ცინცაძე თ., ბეგალიშვილი ნ., რუხაძე ი, ცინცაძე ნ.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
tengo_hydro@live.ru

რეზიუმე

ნაშრომი მოცემულია მდ.რიონში, თბილისი-ფოთის სარკინიგზო მონაკვეთზე, ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვისას შესაძლო ავარიული და კატასტროფული სიტუაციებით გამოწვეული დაღვრის შედეგად შავი ზღვის დაბინძურების გარემოზე მავნე ეკოლოგიური ზემოქმედების მათემატიკური მოდელირება.

საკვანძო სიტყვები: შავი ზღვა, დაბინძურება.

XX საუკუნის ბოლო პერიოდში დაიწყო საქართველოს ტერიტორიის გავლით, კასპიის ზღვის წიაღისეული საწვავის ენერგომატარებელთა ტრანსპორტირების ინტენსიური სამუშაოები. განახლდა ნავთობის მილსადენები, გაძლიერდა რკინიგზით ნავთობის გადაზიდვა შავი ზღვის სანაპირომდე, დაიგეგმა ამ სამუშაოთა გაფართოების პერსპექტივები. საქმიანობის მოცულობის მკვეთრმა ზრდამ მოითხოვა შავი ზღვის სანაპიროზე ბათუმისა და ფოთის პორტების პარალელურად ახალი ტერმინალების შექმნის აუცილებლობა. ამასთან დაკავშირებით აიგო სუფსის და ფოთის ჩრდილოეთით – ყულევის ტერმინალები ნახ. 1. ამგვარი გააქტიურება უდავოდ დადებით როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკაში.

მაგრამ ბუნებრივია წარმოიშობა გარკვეული უარყოფითი ელემენტებიც, რომელთაგან ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესად შეიძლება ჩაითვალოს ბუნებრივ გარემოზე ანთროპოგენული დატვირთვის გაზრდა. აღნიშნულ პრობლემას უკვე მიემდგვნა რიგი პროექტებისა, რომლებშიც დეტალურადაა განხილული ნავთობპროდუქტების საქართველოს ტერიტორიაზე ტრანსპორტირებით გამოწვეული შესაძლო და მოსალოდნელი უარყოფითი შედეგები.

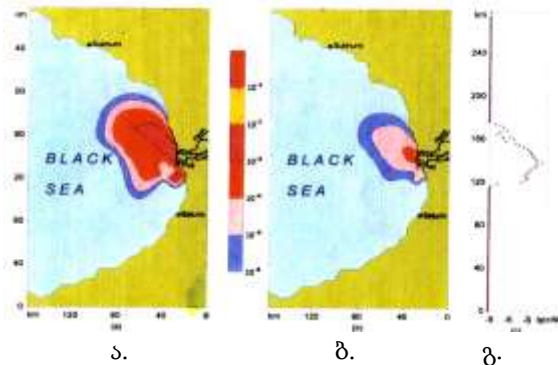
ინსტიტუტი აქტიურად მონაწილეობს საქართველოს ტერიტორიაზე ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური და სხვა პრობლემების გადაჭრის სამუშაოებში. 2000 წელს ინსტიტუტში დამუშავდა კომპანია “Caspian Trans-Co”-ს მიერ ყაზახეთის „თენგიზის“ ნავთობის სარკინიგზო გადაზიდვისას საქართველოს ტერიტორიაზე გარემოსადმი მიყენებული ზარალის შეფასებისადმი მიმდგნილი პროექტი. მასში დეტალურად იქნა განხილული სარკინიგზო დერეფნის ბუნებრივი პირობები, შეფასებული იქნა სამუშაო რეჟიმში და შესაძლო ავარიული სიტუაციებისას გარემოზე მოსალოდნელი ზემოქმედება თანმდევი სოციალურ-ეკონომიკური შედეგებით. აღნიშნული სამუშაოს შესრულების მაღალმა მეცნიერულმა დონემ განაპირობა ის ფაქტი, რომ 2000 წლის დამლევს კომპანია “ზენიტ-გამამ”, რომელიც აწარმოებდა ყულევის ტერმინალის მშენებლობასთან დაკავშირებულ ეკოლოგიურ გამოკვლევებს, დაავალა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს ტერმინალის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული ნავთობპროდუქტების შესაძლო ავარიული დაღვრების ეკოლოგიური ზემოქმედების მათემატიკური მოდელირების სამუშაოები. ინსტიტუტში შექმნილი ჯგუფის მიერ ეს დავალება შესრულებულ იქნა 2001 წელს, კვლევის შედეგები აისახა მონოგრაფიაში “ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისა და შენახვისას შესაძლო ავარიული სიტუაციების მათემატიკური მოდელირება (ყულევის ტერმინალის მაგალითზე, 2009 წ.) [1].

ზღვაში ნავთობით დაბინძურების მათემატიკურ მოდელს საფუძვლად უდევს მინარევის ადვექციური გადატანისა და ტურბულენტური დიფუზიის არასტაციონალური განტოლება ავარიული ჩაღვრის სცენარების მიხედვით, როცა 200 ტ ნავთობი ან ნავთობპროდუქტი მდინარე რიონის დინებით არის გატანილი ზღვის აკვატორიაში ითვალისწინებენ მინარევის კომპონენტის (ნავთობის) ზღვაში ჩაღვრას ზამთრის (იანვარი) და ზაფხულის (ივლისი) თვეებში.

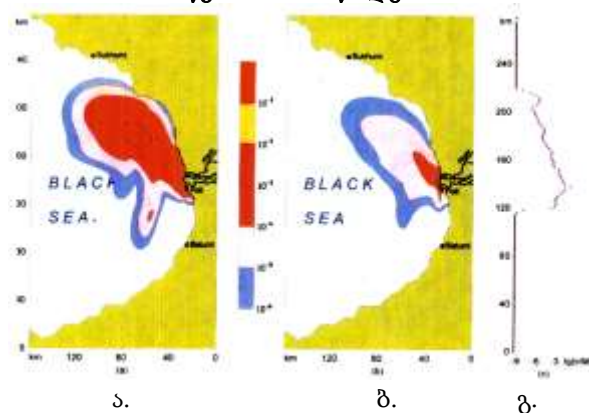


ნახ. 1. ყულევის ტერმინალი

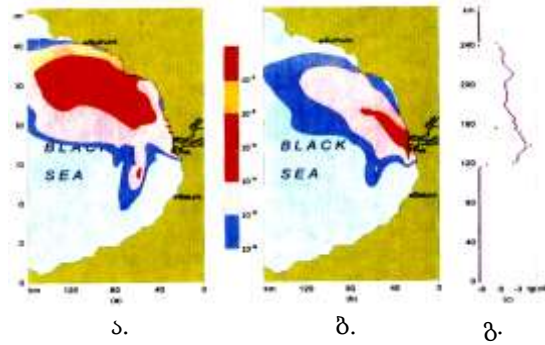
ზღვაში ნავთობით დაბინძურების მათემატიკური მოდელირების შედეგები მოცემულია ნახაზებზე 2-7 (მდინარეში ავარიული დაღვრის შედეგად ნავთობის გატანა ზღვაში). თვითეულ შემთხვევაში



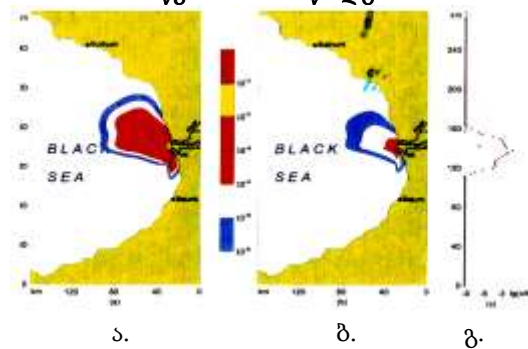
ნახ.2. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 24 საათის შემდეგ (იანვარი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში



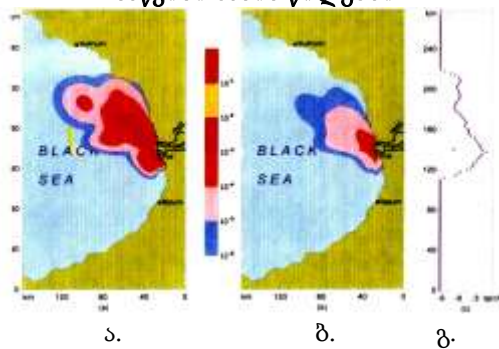
ნახ.3. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 48 საათის შემდეგ (იანვარი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში



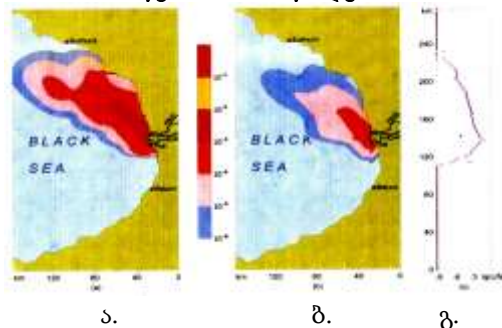
ნახ.4. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 72 საათის შემდეგ (იანვარი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში



ნახ.5. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 24 საათის შემდეგ (ივლისი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში



ნახ.6. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 48 საათის შემდეგ (ივლისი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში



ნახ.7. ავარიული დაღვრისას მდ.რიონის მიერ გამოტანილი ნავთობის გავრცელება ზღვის ზედაპირზე (ა), დალექვა ფსკერზე (ბ) და გამოტანა ნაპირზე (გ) 72 საათის შემდეგ (ივლისი), მნიშვნელობები მოცემულია საწყისი მასის წილებში

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-23-25
უკ.541.126.13

Migration of some polluting substances to the soils and underground waters of territories adjacent to the lower reach of Natanebi River (Western Georgia)

Kalandadze B.,* Trapaidze V., Bregvadze G.***

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
Georgian Technical University Institute of Hydrometeorology
besik.kalandadze@tsu.ge

Annotation

In order to determinate migration of some polluting substances to the soils and underground waters of the territory adjacent to Natanebi River, located in the Black Sea coastal area of the western Georgia, there has been studied soil and ground water pollution with different metals in the Tsvermaghala-Natanebi agrogenic region of the Black Sea coastal territory of Georgia. As a result of research, it has been established that the ground waters hold prominent place in heavy metals migration and are in direct relation with relief slope and underground water movement.

Key words: heavy metals, migration, ground waters

Introduction

The Black Sea coastal territory of Georgia is especially valuable due to its natural conditions and from economic viewpoint. That is why an assessment of its ecological state is so relevant. Among multiplicity of environmental pollution factors, heavy metal pollution of soils and natural waters is of particular importance. Therefore, a study of migration of heavy metal total and moving forms is of great importance.

Microelements and heavy metals are represented in different quantities in the natural waters. Their penetration depends on natural or anthropogenic factors. Chemical exhaustion of rocks and soil formation are among the basic natural processes, under influence of which microelements hit the water. Both of these processes are substantially controlled by biological and microbiological factors. Anthropogenic focuses of microelements' accumulation in water are as follows: mineral resource survey and extraction, agriculture, industrial and communal (domestic) sewage waters. Water pollution with microelements is a very important factor, since it has a strong effect on total geochemical turnover of chemical elements and on geo-ecological state of the environment.

Rapid urbanization and motor highway construction have led to increase of surfaces impervious to water, while climate changes have stipulated high intensity of precipitations, as a result of which both increased peaks of hydrography and growing concentration of typical pollutants are in evidence. Atmospheric precipitations and motor car emission should be mentioned among polluting factors in the area under study, as well.

Research object and methodology

The area under study included the Black Sea coastal territories, in particular, the zones with 20-70 m altitudes above sea level, northerly adjacent to Natanebi River. There are represented the subtropical podzolic, sod-podzolic and alluvial soil types of the southern part of Kolkheti lowland (Guria-Achara) and silt-boggy soils (glei soils) prevail here. Fertile alluvial soils are present here in the form of a narrow band along the Natanebi River, as well. Black earth (humus)-containing soils are in moderate quantity here, as well as a content of hygroscopic waters. The specific weight is within the range of 1.24-1.41. Hydrolytic nitrogen content is registered in average or small quantities. Soils here are rich in phosphorus and poor in exchange potassium. Radionuclide pollution is frequently observed, as well. Silt-podzolic soils are peculiar for the elevated part of Kolkheti lowland. In Grigoleti, Maltakva and northwards peaty boggy soils are found. Northward and southward to Supsa delta, in narrow band along the coast there are represented cespitose-sandy soils. Alluvial soils prevail at the river-bed terraces. All the above-mentioned soils are saturated with water or water-logged at the even lands.

The area under study belongs to the Black Sea humid subtropical climatic region of the western Georgia, which is characterized by moist climate, warm and snowless winter and hot summer. The average years-long temperature of January is 5-6°C, air temperature maximum is very high, 40-41°C and is mainly registered in July, while average temperatures are high in August.

Multiyear total amount of atmospheric precipitations varies from 2000 mm to 2500 mm. According to seasons the most abundant precipitations fall on autumn, while the least abundant – on spring. Daily precipitation maximums vary from 227 mm (Ureki) to 260 mm (Supsa). The seasonal nature of winds is clearly expressed here. The summer wind regime, when winds come from the Sea, starts in April and lasts until October. In case of winter wind regime wind blows from the land from November to March.

According to the pattern of hydrogeological zoning of the territory of Georgia, the mentioned area enters the western part of Kolkheti artesian basin. It is characterized by aquiferous stratum of alluvial precipitations of flood-plain and above flood-plain terraces. It is extended over Choloki, Natanebi and Sepa rivers valleys and water-bearing deposits are represented by boulder-pebble stone, gravel, sands, clays, and interlayers of sandy and loamy soils. Water-bearing deposits thickness (depth) is up to 30 meters and it is nonpressure. Seasonal amplitude reaches 3.0 meters, horizon waters are connected with surface waters. These waters are fresh, hydrocarbonate, magnesium-calcium, somewhere sodium-calcium, with 0.1-0.5 g/l mineralization. Horizon is featured by high water content, especially in the Natanebi river valley. Horizon is nourished at the expense of atmospheric precipitations, as well as surface waters and unloading of water-containing complexes available under horizon. These waters are used for drinking. The ground-water table (aquifer) is located at 0.5-2.0 meters depth from the Earth ground. High level of ground waters is observed in lacustrine and boggy deposits, which are developed in the central and western parts of the Kolkheti lowland. Ground waters of this aquiferous stratum are characterized by water table insignificant inclination westward (0.005-0.007), which is one of the reasons of water-logging at these territories.

In order to determine heavy metal migration to the underground waters of the area under study, complete soil cuttings have been made at several territories of Tsvermaghala-Natanebi agrogenic region and analysis of soil and ground waters of adjacent territories has been conducted.

Main works have been executed close to no.4, 5, 6, 7 cuts.

Cut P4, located at 70 m above sea level, cut depth 3 m, red soil is moderately polluted with lead, nickel concentration is low, while copper concentration is increased.

Cut P5, located at 60 m above sea level, cut depth 3 m, includes red soils, which are moderately polluted with cobalt, nickel and copper.

Cut P6, 35 m above sea level, cut depth 3 m, is represented by sod-podzolic and virgin soils, cobalt and nickel concentrations are average here, while copper concentration is increased.

Cut P7, 20 m above sea level, cut depth 3 m, is represented by sod-podzolic soils, zinc concentration is average, nickel and copper concentrations are increased.

Based on our research goal, we have determined Pb, Zn, Co, and Ni concentrations in the collected samples (see Table no. 1). As is seen from the obtained data, heavy metals number is insignificant, though is obviously featured by growing trend in the direction of relief slope. For instance, in Cut no. 4 (red soils) lead concentration is 0.001 mg/l (MPC – 0.01 mg/l), but when going downhill (to the Sea) in the direction of relief slope, the same lead content in Cut no. 5 has increased up to 0.007 mg/l, then has reached 0.008 mg/l in Cut no. 6 (sod-podzolic soils) and 0.009 mg/l in Cut no. 7 (sod-podzolic soils). Almost all soil cuts are characterized by slight but nevertheless increased concentration.

Table 1. Heavy metal concentrations in soil cuts

| MPC | <i>Pb</i> | <i>Zn</i> | <i>Co</i> | <i>Ni</i> | <i>Cu</i> |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cut | 0.01 mg/l | 3 mg/l | 0.1 mg/l | 0.05 mg/l | 2 mg/l |
| P4 | 0.001 | 0.010 | 0.02 | 0.009 | 0.100 |
| P5 | 0.007 | 0.050 | 0.07 | 0.010 | 0.500 |
| P6 | 0.007 | 0.180 | 0.08 | 0.020 | 0.800 |
| P7 | 0.090 | 1.000 | 0.09 | 0.040 | 1.000 |

Conclusion

Some polygons are located in such places, where there are no agricultural lands and such concentration of heavy metals should not take place. It is a testament to the fact that there are active heavy metal migration processes in the direction of relief slope. Toxic chemical elements first of all hit the soil surface from the environment, and further as a result of erosion, leaching out and penetration into deep soil layers the processes of their geochemical accumulation and migration take place. Due to this fact the soils of territories adjacent to Black Sea under current conditions may transform into a powerful source of ground waters, rivers and even Black Sea pollution.

Heavy metals experience migration to the ground waters in the direction of the relief slope that is why special attention has to be paid to further investigations in this region in order to get a complete retrospective picture and get rid of soil and ground water pollution, since the ground waters are directly connected with the Black Sea water area.

Thus, the very interesting outcome has been obtained resulting from our research, in particular, ground water of Tsvermaghala-Natanebi agrogenic region play an essential role in heavy metals migration towards the relief slope.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. G. Grigolia, D. Kereselidze, V. Trapaidze, G. Bregvadze, N. Tsintsadze, O. Shvelidze. Statistical evaluation of hydro meteorological parameters of flooding zones of riv. Natanebi on the background of global warming, Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology at the GTU, 2011, Vol. 116, p. 34-36.
2. B. Zautashvili, B. Mkhaidze, Hydrogeology of Georgia, GTU, 2011.
3. Narimanidze, E., Wichmann, L., Felix-Henningsen, P., Steffens, D., Schubert, S., Urushadze, T., Mishveladze, B. and Kalandadze, B.: Bergbaubedingte Schwermetallbelastungen von Böden und Nutzpflanzen in einem Bewässerungsgebiet südlich von Tiflis/Georgien – Ausmaß und ökologische Bedeutung. Abschlußbericht für den Projektzeitraum 2000 – 2003, Giessen, Discussion paper No. 21, Center for International Environment and Development Research, 2003
4. Felix-Henningsen P., Urushadze T. F., Narimannidze E. I., Wichmann L., Steffens D., Kalandadze B.: Heavy metal pollution of soils and food crops due to mining wastes in an irrigation district south of Tbilisi, eastern Georgia. Annales Agrar. Sci. 5(3),11–27., 2007
5. Metodicheskie rekomndacii po gigienicheskomu obosnovaniu P.D.K. khimicheskikh veshectv v pochve, izd. Vtoroe, M., 1982
6. Metodi opredelenia mikroelementov v pochvakh, rasteiakh I vodakh, pod redakcii I.G.Vajenina, M., Kolos, 1987

უაკ 541.126.13

მდინარე ნატანების ქვემო წელის მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგსა და მიწისქვეშა წყლებში ზოგიერთი გამაჟუჟყიანებელი ნივთიერებების მიგრაცია (დასავლეთ საქართველო)/ზ.კალანდაძე/ვ.ტრაპაიძე/გ.ბრეგვაძე/სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2024 - ტ.135. -გვ.23-25. - ინგლ.; რეზ.: ინგლ., ქართ., რუს. დასავლეთ საქართველოს შავიზღვისპირა არეალში, მდინარე ნატანების მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგსა და მიწისქვეშა წყლებში ზოგიერთი გამაჟუჟყიანებელი ნივთიერებების მიგრაციის განსაზღვრისათვის საქართველოს შავიზღვისპირა ტერიტორიის წვერმაღალა-ნატანების აგროგენურ რაიონში შესწავლილია ნიადაგისა და გრუნტის წყლების გაჟუჟყიანება სხვადასხვა მეტალებით, კვლევის შედეგად დადგინდა რომ გრუნტის წყლებს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ მძიმე მეტალების მიგრაციაში და პირდაპირპროპორციულ კავშირშია რელიეფის დახრილობასთან და მიწისქვეშა წყლების გადადგილებასთან.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-26-31

უკ. 551.482.215.3

მდინარე მტკვარზე 15 მგვტ დადგმული სიმძლავრის კალაპოტური ტიპის ჰესის („მეგვი ჰესი“) მშენებლობის პროექტთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გათვალისწინებით

ალავერდაშვილი მ., ცინცაძე ნ., ხუფენია ნ., კოკაია ნ., კიკნაძე დ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი,

საქართველო. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ელ-ფოსტა merab.alaverdashvili@tsu.ge

რეზიუმე

მდინარე მტკვარზე, „მეგვი ჰესის“ მშენებლობის პროექტთან დაკავშირებით, გაანგარიშებულ იქნა მდინარე მტკვარის სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯები თავისი განმეორებადობის პერიოდებით, რის მიხედვითაც 1968 წელს ჩამოყალიბებული ყველაზე მაქსიმალური ხარჯი, 3/ს ძეგვთან, 2170 მ³/წმ შეესაბამება თითქმის 1%-იან უზრუნველყოფას, ანუ 100 წელიწადში ერთხელ შემთხვევას, საშუალო მრავალწლიური მაქსიმალური ხარჯი 927 მ³/წმ კი შეესაბამება თითქმის 40%-იან ანუ 2-3 წელიწადში ერთხელ.

ჩატარებული კვლევის საშუალებით, დადგინდა საკვლევი ტერიტორიისათვის მდინარე მტკვარის შემდეგი პარამეტრები: 1. წყალდიდობის დაწყების საშუალო თარიღი - 24 მარტი; 2. წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯის პიკის საშუალო თარიღი - 28 აპრილი; 3. წყალდიდობის დამთავრების საშუალო თარიღი - 5 ივლისი, რომელთა საშუალებით წარმოდგენა გვექნება მდინარე მტკვარის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შიდაწლიურ პერიოდში მოსალოდნელ დონეთა ცვალებადობაზე.

საკვანძო სიტყვები: კატასტროფული წყალმოვარდნა, პოტენციური სიმძლავრე, წყალსატევი

შესავალი

საქართველოს ტერიტორიაზე დათვლილია 26 ათას მდინარეზე მეტი, აქედან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 300-მდე მდინარე, პოტენციური სიმძლავრით 15 ათასი მეგავატი, საშუალო წლიური ენერჯის გამომუშავებით - 50 მლრდ. კვტ. სთ, საერთო შეფასებით ამ პოტენციალის მხოლოდ 8-10%-ია ათვისებული.

მსოფლიოში გამწვავებული ენერჯო კრიზისისა და გლობალური დათბობის პირობებში, დღითიდღე იზრდება ამ ეროვნული სიმდიდრის - განახლებადი ენერჯის აქტუალობა. ამ პრობლემების გადაწყვეტის ფარგლებში ჩვენ რესპუბლიკაში 2000 წლის შემდეგ დაფუძნდა რამოდენიმე ენერგეტიკული კომპანია, რომლებმაც შემოიკრიბეს დარგის წამყვანი სპეციალისტები, რომელთაც გააჩნიათ მდიდარი გამოცდილება სამდინარო ნაგებობებისა და ჰიდროელექტროსადგურების ჰიდროტექნიკური მშენებლობის კვლევისა და პროექტირების საქმეში. ერთ-ერთ ასეთ მსხვილ კომპანიას წარმოადგენს შ.პ.ს „ჯეო ფაუერი“, რომელიც ახორციელებს „მეგვი ჰესის“ პროექტს, რომლის ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთება მომზადებულია შპს „გროს ენერჯი ჯგუფი“-ის მიერ, ხოლო გზშ-ის ანგარიში შპს „გამა კოლსალტინგის“ მიერ.

„მეგვი ჰესი“-ს მოწყობა დაგეგმილია მდინარე მტკვარზე მცხეთის მუნიციპალიტეტში, სოფ. მეგვის მიმდებარე ტერიტორიაზე, რომლის კომუნიკაციები განთავსდება მდინარის მონაკვეთის 460.0 - მ.ზ.დ - 448.0 მ.ზ.დ მონაკვეთებს შორის. ჰესი წარმოადგენს კალაპოტური ტიპის სათავე ნაგებობას დასაშლელი გრავიტაციული კაშხლით. ჰესის შენობის სავარაუდო გაბარიტული ზომებია გეგმაში დაახლოებით 94.5x33.8 მ, ხოლო სიმაღლე - 16,7 მ., მისი დადგმული სიმძლავრე იქნება დაახლოებით N = 15 მგვტ, საშუალო წლიური გამომუშავება დაახლოებით იქნება W = 92,9 მლნ. კვტ.სთ., ჰესის გამომუშავებული წყლის ჩაშვება მოხდება მდ. მტკვარში დაახლოებით 448.00 მ-ის ნიშნულზე.

სათავე ნაგებობაზე ფორმირდება წყალსაცავი სიგრძით 2500 მ, საშუალო სიგანით 214 მ და სარკის ფართობით 0,406 კმ², რომლის საშუალებით უზრუნველყოფილ იქნება წყალმიმღებ ნაგებობამდე ნატანის სრულად დალექვა. პროექტის მიხედვით წყლის მაქსიმალური დონის შემთხვევაში შეტბორვა მოხდება მდინარე მტკვარის დაახლოებით 4,26 კმ-იან მონაკვეთზე.

ძირითადი ნაწილი

1.1. მდინარე მტკვარის და განსახილველი მონაკვეთის (სოფ. ძეგვი) მოკლე ჰიდროგრაფიული დახასიათება

მოგვხსენებათ, რომ, ნებისმიერი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის, ამ შემთხვევაში ჰესის მშენებლობის დროს, მოცემული სამშენებლო ობიექტისათვის მთავარ წინაპირობას წარმოადგენს ადგილის გეოლოგიური შესწავლილობის და მოცემული მდინარის აუზის ჰიდროლოგიური რეჟიმის გათვალისწინება. ამიტომ, საჭიროდ ჩავთვალეთ, ჰიდროლოგიური თვალსაზრისით მოკლედ წარმოგვედგინა მოცემულ კვეთში (სოფ. ძეგვი) მდინარე მტკვარის ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება და მოგვხსენებინა იმ ზოგიერთი ჰიდროლოგიური პარამეტრების გათვლა, რომელთა ცოდნაც აუცილებელია ჰესის შემდგომ სამუშაოთა მიმდინარეობისათვის.

მდინარე მტკვარი სამხრეთ კავკასიის უდიდესი მდინარეა, სათავეს იღებს თურქეთში მთა ყიზილ-გაიდიკის ჩრდილოეთ ფერდობზე არსებული წყაროებიდან ზღვის დონიდან 2720 მეტრის სიმაღლეზე, ერთვის კასპიის ზღვას აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე.

მდინარის სიგრძე 1364 კმ-ს, წყალმემკრები აუზის ფართობი კი 188000 კმ²-ს შეადგენს. მდინარის ზედა წელის 185 კმ.(5040 კმ² აუზის ფართობი) თურქეთის ტერიტორიაზეა. საქართველოს ტერიტორიაზე მდინარის სიგრძე 394 კმ-ია. სახელმწიფო საზღვრიდან ქ.მინგეჩაურამდე 513კმ 42615 კმ² ფართობით აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე. ამ მონაკვეთზე მდინარის ჰიდროგრაფიული ქსელი შედგება 12211 მდინარისაგან, რომელთა ჯამური სიგრძე 35465 კმ-ს შეადგენს.

მდინარე მტკვარის აუზს ასიმეტრიული ფორმა გააჩნია და საქართველოს ტერიტორიაზე მოიცავს მთავარი კავკასიონის ქედს, სამხრეთით - ჯავახეთის მთიანეთს და მთათაშორის ტექტონიკურ დაბლობს. აუზის ყველაზე დაბალ ნაწილს მთათაშორისი დაბლობი წარმოადგენს, რომელსაც ქართლის დაბლობი ეწოდება.

აუზის ზემო ნაწილის გეოლოგია წარმოდგენილია ვულკანური წარმოშობის ქანებით. მთისწინეთის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებენ პალეოზოური, იურული და ცარცული ასაკის ქვიშა-ქვები და ეოცენური თიხები. ქართლის ველის გეოლოგია ძველი და თანამედროვე ალუვიური ნალექებით არის წარმოდგენილი. დაბლობზე, მდინარის გასწვრივ გავრცელებულია ყავისფერი და შავმიწა ნიადაგები.

აუზის მცენარეული საფარი 2500 მეტრზე ზემოთ წარმოდგენილია ალპური მცენარეულობით, რომლის ქვემოთ გავრცელებულია სუბალპური მცენარეულობის ფართო ზოლი. მთისწინეთში გავრცელებულია შერეული ტყე, სადაც ჭარბობს ფოთლოვანი ჯიშები. ქართლის დაბლობი ძირითადად ათვისებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურებით.

კლიმატის მაფორმირებელი ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია ჰაერის ტემპერატურა, რომლის ტერიტორიალური განაწილება განპირობებულია რელიეფის თავისებურებით და ადგილის ჰიფსომეტრიული განვითარებით.

საპროექტო უზნის სიახლოვეს არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების მრავალწლიური დაკვირვებების მონაცემების მიხედვით ჰაერის საშუალო ტემპერატურები მეტეო სადგურ კარსანისა და მუხრანის მონაცემებით ტოლია 10.8⁰-ის, ხოლო ექსტრემალური ტემპერატურების, შესაბამისად, მაქსიმალურის 41⁰ და მინიმალურის -23 და -29⁰.

საპროექტო რაიონის ოროგრაფიული პირობები და მნიშვნელოვანი დაშორება შავი ზღვიდან, განაპირობებენ შედარებით ნაკლები ნალექების მოსვლას. დაკვირვებულ მასალების მიხედვით, მეტეო სადგურების - კარსანის, ძეგვის და მცხეთის მონაცემების მიხედვით, ნალექების საშუალო მრავალწლიური ჯამური მონაცემები შესაბამისად ტოლია 813. 575 და 636 მმ-ის.

წარმოდგენილ პროექტში ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს მდინარის წყლიანობა. მდინარე მტკვარის ჩამონადენის ფორმირება შერეულია. მასში მონაწილეობას ღებულობენ თოვლის, წვიმის, გრუნტისა და მყინვარების წყლები, რომელთა როლი წლიურ ჩამონადენში საშუალოდ შესაბამისად ტოლია 36.0%, 24.5%, 38.0% და 1.5%. ყველაზე უხვწყლიანი პერიოდია გაზაფხული - ჩამონადენის 50-60%-ია, ზაფხულის ჩამონადენი შეადგენს 20-30%-ს, ზამთრის - 10-14%. გაზაფხულის წყალდიდობა იწყება მარტის ბოლოდან, მაქსიმუმს აღწევს ძირითადად აპრილის ბოლოს და მაისის დასაწყისში, ხოლო მისი აწევა ზოგჯერ გრძელდება ივნისამდე. წყალდიდობის დაწევა მიმდინარეობს ივლისის შუა რიცხვებამდე, ზოგჯერ გადადის აგვისტოშიც, რომლის ბოლო ფაზა ირღვევა ზაფხულის თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით (06.08.1967, Q_{მაქს.}=572მ³/წმ), რაც იწვევს ზაფხულის წყალმცირობის არამდგრადობას. სექტემბერ-ოქტომბერში დაიკვირვება წყლის დონის აწევა, ზოგჯერ ძლიერი (22.10.1983, Q_{მაქს.}=461მ³/წმ), რაც დაკავშირებულია აუზში მოსულ წვიმებთან. ზამთრის წყალმცირობა გამოირჩევა ჩამონადენის ყველა დამახასიათებელი პარამეტრების შეფარდებითი სტაბილურობით - ხარჯებისა და დონეების მცირე და

მდორე ვარდნით წყალდიდობის დაწყებამდე. ამ პერიოდში დაიკვირვება ხარჯებისა და დონეების მინიმალური სიდიდეები. მაგრამ, ეს შედარებითი სტაბილურობა იშვიათად ირღვევა. ამის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს 2023 წლის დეკემბერში ერთ კვირიანი და 2024 წლის 3-15 თებერვლის უჩვეულოდ განვითარებული წყალდიდობები (3/ს თბილისი) შესაბამისად $Q_{მაქს.}=405$ და 415 მ³/წმ. ხარჯებით, რომელიც გამოიწვია უეცარი დათბობის შედეგად თოვლის დნობამ, რაც მიმდინარე გლობალური დათბობის შედეგის მაგალითს წარმოადგენს.

მდინარე მტკვრის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი ქ. თბილისთან 85 წლიანი რიგის მიხედვით (1938-2022წ.წ.) 200 მ³/წმ-მდეა, რაც უდრის ჩამონადენის მოდულის 9.4 ლწმ/კმ² მნიშვნელობას. ხოლო ჩვენი განსახილველი უბნისათვის (3/ს ძეგვი) საშუალო მრავალწლიური ხარჯი ტოლია 167.3 მ³/წმ-ის, რაც უდრის ჩამონადენის მოდულის 9.3 ლწმ/კმ². მდინარის ხარჯების სიდიდეებთან დაკავშირებული დონეების აწევა დამოკიდებულია მდინარის უბნების და კვეთების მორფომეტრიაზე. ძეგვის ქვემოთ, ქ. მცხეთის ხიდთან, სადაც მდინარე მტკვარი მიედინება მცხეთის კლდეთაშორის ვიწრობაში, დონეების ამპლიტუდა 6 მეტრამდეა, ხოლო თბილისისათვის 5.5 მ-მდე. აღნიშნულის მაგალითია 1968 წლის 19 აპრილის მაქსიმალური ხარჯი და შესაბამისი დონე, რომელიც გამოიწვია ძლიერ წყალდიდობაზე დართულმა თავსხმა წვიმებმა, რომელმაც კატასტროფული ხასიათი მიიღო და ძეგვთან ჩამოყალიბდა 2170 მ³/წმ, ხოლო თბილისთან 2450 მ³/წმ (მრავალწლიური პერიოდისათვის ყველაზე მაქსიმალური ხარჯი) მაქსიმალური ხარჯი, რომლის დროსაც წყლის დონემ წყალმცირობის დონესთან შედარებით 5-6 მეტრით აიწია.

ყინულოვანი მოვლენები მდინარეზე არამდგრადია. ყველა ყინულოვანი მოვლენის დღეთა რიცხვი ახალდაბასთან აღწევს 84 დღეს, ხოლო ქვემოთ 63 დღეს არ აღემატება. ჩვენს განსახილველ მონაკვეთში საშუალოდ შეადგენს 8-14 დღეს. განსახილველ უბანზე ყველაზე დიდი პერიოდის ყინულოვანი მოვლენით ცნობილია 1972 წლის მთლიანად იანვარი და თებერვლის ნახევარზე მეტი, როდესაც მდინარე მტკვარი და არაგვი მცხეთის უბანზე გაიყინა ჯერ კიდევ 1971 წლის 29 დეკემბერს (მ.ალავერდაშვილის ინფორმაციით), იანვრის მინიმალურმა ტემპერატურამ მცხეთაში შეადგინა -23.0° (24.01-27.01), შესაბამისად წყალსაცავზე განვითარდა 30 სმ-მდე სისქის ყინული (მ.ალავერდაშვილი) და ყინულოვანი მოვლენა გაგრძელდა 50 დღემდე (აღნიშნული -23.0° ყველაზე მინიმალურია დაკვირვების მრავალწლიური მონაცემებიდან).

მდინარე მტკვარი ფართოდ გამოიყენება ირიგაციული, ენერგეტიკული და სამრეწველო წყალმომარაგების მიზნებისათვის. ენერგეტიკული თვალსაზრისით პირველად გამოყენებულ იქნა ზემო ავჭალის ჰიდროელექტროსადგურის სახით, რომლის პირველი ეტაპი განხორციელდა 1922-27 წლებში, რომლის სადერევაციო არხის სათავე-ნაგებობა მოწყობილია ჩვენი განსახილველი სოფ. ძეგვიდან 11.5 კმ-ში. სადერევაციო არხის სათავე-ნაგებობამ შექმნა დღე-ღამური სარეგულაციო წყალსაცავი, რომლის მოცულობა 3 მლნ. მ³-ს შეადგენდა, რომელსაც 1938 წელს შეემატა მეორე რიგის მშენებლობის ორი მძლავრი აგრეგატი და მისი მთლიანი სიმძლავრე 36800 კვტ-ს შეადგენდა (36 მგვტ.), ოგი თავისი სიმძლავრით იმ დროისათვის ამიერკავკასიაში პირველი იყო, ხოლო ყოფილ საბჭოთა კავშირში მეორე, ვოლხოვჰესის შემდეგ. წყალსაცავის სრული დატვირთვით მუშაობის პერიოდი გაანგარიშებული იყო 50 წლისათვის. წყალსაცავის რკინა-ბეტონის კონსტრუქციის კაშხლის საშუალებით, მაქსიმალური შეტბორვისას, მდინარის წყლის დონემ ნორმალური დონიდან 14.8 მეტრ სიმაღლეზე აიწია, რის შედეგადაც შეტბორვა მდინარე მტკვარზე ვრცელდება 5 კმ-ზე, ხოლო არაგვზე 2 კმ-ზე.

მართალია, მდ. არაგვის შესამჩნევად მოსიღვა მდ.მტკვარის შესართავთან დაიწყო გასული საუკუნის 70-იან წლებში, უფრო ფართოდ 80-იანი წლებში და შემდგომში კი წყალსაცავის ფართობის 2/3 ნაწილი სრულად, მაგრამ მდინარე მტკვარი თავისი წყლიანობის, სიმძლავრისა და კაშხლის გამრეცხი წყალსაშვი ფარების საშუალებით წყალსაცავის ფუნქციონირებისათვის ინარჩუნებს თავის მოცულობის გარკვეულ ნაწილს (გამომუშავება 15 მგვტ-მდე)

1.2. კვლევის ობიექტი (სოფ. ძეგვი) და მეთოდოლოგია

„ძეგვი ჰესი“-ს მოწყობა დაგეგმილია მდინარე მტკვარზე მცხეთის მუნიციპალიტეტში, სოფ. ძეგვის მიმდებარე ტერიტორიაზე, რომლის კომუნიკაციები განთავსდება მდინარის მონაკვეთის 460.0 - მ.ზ.დ - 448.0 მ.ზ.დ მონაკვეთებს შორის. ჰესი წარმოადგენს კალაპოტური ტიპის სათავე ნაგებობას დასაშლელი გრავიტაციული კაშხლით. ჰესის შენობის სავარაუდო გაბარიტული ზომებია გეგმაში დაახლოებით 94.5×33.8 მ, ხოლო სიმაღლე - 16,7 მ., მისი დადგმული სიმძლავრე იქნება დაახლოებით $N = 15$ მგვტ, საშუალო წლიური გამომუშავება დაახლოებით იქნება $W = 92,9$ მლნ. კვტ.სთ. ჰესის გამომუშავებული წყლის ჩაშვება მოხდება მდ. მტკვარში დაახლოებით 448.00 მ-ის ნიშნულზე.

სათავე ნაგებობაზე ფორმირდება წყალსაცავი სიგრძით 2500 მ, საშუალო სიგანით 214 მ და სარკის ფართობით 0,406 კმ², რომლის საშუალებით უზრუნველყოფილ იქნება წყალმიღებ ნაგებობამდე ნატანის

სრულად დალექვა პროექტის მიხედვით, წყლის მაქსიმალური დონის დროს, შეტბორვა მოხდება მდინარე მტკვარის დაახლოებით 4,26 კმ-იან მონაკვეთზე.

განსახილველი უბანი მდებარეობს მდინარე არაგვის შესართავიდან (443 მ) ზემოთ 10.5 კმ-ში, ზაჰესის ჰიდროსადგურის შეტბორვის ზონის ზემოთ. მოცემულ კვეთამდე მდინარე ნაწილობრივ მეანდრირებულია, ჰესის მშენებლობის საპროექტო კვეთში აკეთებს ე.წ. მუხლს, შემდეგ 9,2 კმ-ის მანძილზე ისევ საკმაოდ მეანდრირებულია და მიედინება უკვე მცხეთის ვიწრობაში, რომლის სიგანე ნორმალური შეტბორვისას 80,2 მეტრია.

მოცემული უბნის დონეებზე მხოლოდ წყალდიდობისა და დიდი წყალმოვარდნების დროს მცირედად ახდენს გავლენას ზაჰესი, რომელიც დაბალწნევიანი დერივაციული ტიპის ჰესია, იგი დღეღამური რეგულირების ბეტონის კამხალია, რომელსაც 2 ფსკერული 3 მეტრი სიგანის ფარი აქვს, რომლის მთლიანი გაშვებისას ხდება წყლის ფსკერული სიჩქარის საგრძნობი გაზრდა, რის საშუალებითაც ხდება დალექილი ნატანი მასალის გადმორეცხვა ქვედა ბიეფში, ჰესის მაქსიმალური მუშა ხარჯია 234 მ³/წმ.

განხილული ჰესის რეგულირების საშუალებით ხდება მცხეთის მიდამოებში წყალსაცავის წყლის დონეებისა და შესაბამისად ხარჯების რეგულირება. წინასწარ პროგნოზირებული წყალმოვარდნის ან დიდი წყალდიდობის შემთხვევაში ხდება ჰესის ფარების გაღება, რის საშუალებითაც ხდება როგორც კალაპოტის გაწმენდა დალექილი მყარი ნატანისაგან, ასევე მიღებული წყლის მაქსიმალური პიკის უგულველყოფა მოცემული ჰესის პროექტის შესრულების შემდეგ, მცხეთის წყალსაცავის რეგულირებას დახმარებას გაუწევს ძეგვი ჰესის წყალსაცავის მიერ წყლის დონეთა რეგულირება, ასევე გარკვეული რაოდენობით შემცირდება ქვემო წყალსაცავში ნატანის ჩამონადენი.

1.3. წყლის მაქსიმალური ხარჯები

მოგხსენებათ, რომ ნებისმიერი ჰესის მშენებლობისას განსაკუთრებით საყურადღებოა მდინარის ჰიდროლოგიური პარამეტრები, რომელთა შორის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მდინარის წყალდიდობისა და წყალმოვარდნების შედეგად ჩამოყალიბებულ მაქსიმალურ ხარჯებს, წყალდიდობის ხანგრძლიობის პერიოდებს, რომელთა გათვლები ჩვენს მიერ შესრულებულია შემდეგი სახით :

მდინარე მტკვრის მაქსიმალური ხარჯების დასადგენად საპროექტო კვეთში გამოყენებულ იქნა ჰ/ს ძეგვის მონაცემები, რომელიც მოიცავს ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა 56 წლიან პერიოდს, რომლის ბოლო 8 წელი (1986-93) დაგრძელებულ იქნა ჰ/ს გრაკალის მონაცემებით. აღნიშნულ პერიოდში მდინარის მაქსიმალური ხარჯები მოცემულ კვეთში (ძეგვი) მერყეობენ 392 მ³/წმ-დან (1948, 1986 წ.) 2170 მ³/წმ-მდე (1968 წ.).

ჰიდროლოგიური საგუშაგო მტკვარი (ძეგვი) მაქსიმალური ხარჯების 56 წლიანი ვარიაციული რიგი დამუშავებულ იქნა სტატისტიკურად სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების ორდინატების მეშვეობით. დამუშავების შედეგად მიღებულია განაწილების მრუდის შემდეგი პარამეტრები:

$$\text{მაქსიმალური ხარჯის საშუალო მრავალწლიური სიდიდე } Q_0 = \frac{\sum Q_i}{n} = \frac{51825}{56} = 925 \text{ მ}^3/\text{წმ}; \text{ ვარიაციის}$$

$$\text{კოეფიციენტი- } C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}} = 0.40; \text{ ასიმეტრიის კოეფიციენტი- } C_s = 1.24 \text{ ანუ } C_s = 3.10 C_v;$$

$$\text{დადგენილია ასევე საშუალო კვადრატული გადახრა, რაც ტოლია } \sigma = C_v \cdot Q_0 = 370.$$

განაწილების მრუდის მიღებული პარამეტრებისა და სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების ორდინატების მეშვეობით გაანგარიშებულია მდინარე მტკვრის სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯები.

ქვემოთ, ცხრილი 1-ის სახით, მოცემულია მდინარე მტკვარის საპროექტო კვეთის, მაქსიმალური ხარჯების სხვადასხვა უზრუნველყოფის სიდიდეები.

ცხრილი 1

| კვეთი | F კმ ² | \bar{Q} მ ³ /წმ | C _v | C _s | σ | K | უზრუნველყოფა, P % | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------|----------------|-----|---|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | | | | | | | 0.01 | 0.1 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 95 |
| სამპარამეტრიანი გამა-განაწილება | | | | | | | | | | | | | | | |
| ჰ/ს ძეგვი | 18000 | 925 | 0.40 | 1.24 | 370 | - | 3408 | 2808 | 2100 | 1619 | 1406 | 1191 | 1053 | 951 | 859 |

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 1968 წელს ჩამოყალიბებული ყველაზე მაქსიმალური ხარჯი 3/ს ძეგვთან 2170 მ³/წმ შეესაბამება თითქმის 1%-იან უზრუნველყოფას, ანუ 100 წელიწადში ერთხელ შემთხვევას, საშუალო მრავალწლიური მაქსიმალური ხარჯი 927 მ³/წმ კი შეესაბამება თითქმის 40%-იანს ანუ 2-3 წელიწადში ერთხელ.

1.4. მდინარე მტკვარზე (სოფ.ძეგვი) წყალდიდობის დაწყების, მაქსიმალური ხარჯისა და წყალდიდობის დამთავრების თარიღების დადგენა

მდინარეზე რაიმე ჰიდროტექნიკური ნაგებობის (ჰესების, გვირაბების, ხიდების, ნაპირსამაგრების რაბების), რაიმე მშენებლობის დაპროექტების, გემთსავლისათვის საჭირო წყლის დონის, სასოფლო სამეურნეო საჭიროებისა და სხვა სახის მიზნებისათვის, აუცილებელია ვიცოდეთ მდინარის წყლიანობის რეჟიმი, რომელიც შეისწავლება მასზე დაკვირვებული მასალების საშუალებით. ამ მხრივ, საინტერესოა ის მაქსიმალური ან მინიმალური დონეები, რომელიც ყალიბდება მდინარეზე.

ჩვენს შემთხვევაში, საპროექტო კვეთში, აუცილებელია იმ მაქსიმალური დონეების ან შესაბამისად წყლის ხარჯების ცოდნა, რომლის გათვალისწინება აუცილებელია შენობისა და ადამიანთა უსაფრთხოებისათვის, ამიტომ, ისეთ დიდ მდინარეებზე, როგორცაა მტკვარი, აუცილებლად ჩავთვალეთ დაკვირვებათა მრავალწლიურ მონაცემებზე დაყრდნობით (56 წ.) განისაზღვროს წყლიანობის რეჟიმის სამი ძირითადი ფაზა: 1. გაზაფხულის წყალდიდობის დაწყების, 2. წყალდიდობის ან წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯების და 3. წყალდიდობის დამთავრების თარიღები. დაკვირვების 56 წლიანი მონაცემებიდან მოხდა აღნიშნული დამახასიათებელი წყლის ხარჯებისა და შესაბამისი თარიღების ამოკრეფა, შემდეგ, მათი შემდგომი დამუშავებით დადგინდა შემდეგი: 1. გაზაფხულის წყალდიდობის დაწყების თარიღი მდინარე მტკვრისათვის საპროექტო უბანზე საშუალოდ 24 მარტი; 2. წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯისათვის 28 აპრილი და 3. წყალდიდობის დამთავრების კი 5 ივლისია. თუმცა, როგორც ზემოთა აღვნიშნეთ, მდ. მტკვარს ახასიათებს გადახრებიც. მაგალითად, წლის მაქსიმალური ხარჯი 572 მ³/წმ ჩამოყალიბდა 1967 წლის 6 აგვისტოს. ამრიგად, მოცემულ კვლევებზე დაყრდნობით, ჩვენს საპროექტო უბანზე ნაგებობის აშენების შემდეგ, მიახლოებით გვეცოდინება მდინარის წყლიანობის აღნიშნული დამახასიათებელი თარიღები.

დასკვნა

1. მოცემულ საკვლევ ტერიტორიაზე, „ძეგვი ჰესის“ მშენებლობის დაპროექტების მიზნით, გაკეთდა მდინარე მტკვარის (3/ს ძეგვი) მაქსიმალური ხარჯების 56 წლიანი ვარიაციული რიგის დამუშავება სტატისტიკურად სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების ორდინატების მეშვეობით, რომლის შედეგად მიღებულ პარამეტრებზე დაყრდნობით გაანგარიშებული იქნა მდინარე მტკვარის სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯები თავისი განმეორებადობის პერიოდებით, რის მიხედვითაც 1968 წელს ჩამოყალიბებული ყველაზე მაქსიმალური ხარჯი, 3/ს ძეგვთან, 2170 მ³/წმ შეესაბამება თითქმის 1%-იან უზრუნველყოფას, ანუ 100 წელიწადში ერთხელ შემთხვევას, საშუალო მრავალწლიური მაქსიმალური ხარჯი 927 მ³/წმ კი შეესაბამება თითქმის 40%-იანს ანუ 2-3 წელიწადში ერთხელ.

2. ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის საშუალებით, დადგინდა საკვლევ ტერიტორიისათვის მდინარე მტკვარის შემდეგი პარამეტრები: 1. წყალდიდობის დაწყების საშუალო თარიღი - 24 მარტი; 2. წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯის პიკის საშუალო თარიღი - 28 აპრილი; 3. წყალდიდობის დამთავრების საშუალო თარიღი - 5 ივლისი, რომელთა საშუალებით წარმოდგენა გვექნება მდინარე მტკვარის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შიდაწლიურ პერიოდში მოსალოდნელ დონეთა ცვალებადობაზე.

ლიტერატურა-REFERENCES

1. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 9, вып. 1, Западное Закавказье (под ред. Г. Н. Хмаладзе) – Л., Гидрометеоиздат, 1969.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 9, вып. 1, Западное Закавказье (под ред. В. Ш. Цома) – Л., Гидрометеоиздат, 1974.
3. Каталог по максимальному дождевому стоку рек СССР – Л., Гидрометеоиздат, 1972.
4. Технические указания по расчёту максимального стока рек в условиях кавказа (Г. Д. Ростомов), Тбилиси, ЗаКНИИ Госкомгидромета СССР, 1980.
5. СНИП 2.01.14-83. Определение расчётных гидрологических характеристик. Госстрой СССР, М., 1985.

6. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, часть 1. Реки и каналы, том VI, ГССР, ВНИИГМИ, 1938-1986.
7. გარემოს ეროვნული სააგენტოს საფონდო მასალები.
8. მ. ალავერდაშვილი, გ. ბრეგვაძე. ჰიდრომეტრია, თბილისი, თსუ, 2014

UDC: 551.482.215.3

Calculation of the hydrological characteristics related to the structural design of 15 MW installed capacity run-of-river hydroelectric power plant (“Dzegvi HPP”) on the River Mtkvari/Alaverdashvili M., Tsintsadze N., Khupenia N., Kokaia N., Kiknadze D./Transactions IHM, GTU, 2024, Vol. 135, pp. 26-31, Georg., Sum. Georg., Eng. In connection with the construction project of the “Dzegvi HPP” on the Mtkvari river, the maximum duty of water of various provisions of the Mtkvari river was calculated with its recurrence periods, according to which the maximum duty of water established in 1968 at the Dzegvi HPP, 2170 m³/s, corresponds to almost 1% provision, i.e. a case once in 100 years, the average multi-year maximum duty of water of 927 m³/s corresponds to almost 40%, i.e. once in 2-3 years.

Through the conducted research, the following parameters of the Mtkvari River were determined for the study area: 1. The average date of the beginning of the freshet - March 24; 2. The average date of the peak of the maximum freshet discharge - April 28; 3. The average date of the end of the freshet - July 5, by means of which we will have an idea of the expected variation of levels of the hydrological regime of the Mtkvari River in the intra-annual period

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-32-38

უაგ. 551.506.3

**სეტყვიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური ანალიზი წლის თბილ ნახევარში
1941-2021 წლებში საქართველოში 30 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით
ა.ამირანაშვილი¹, ე.ელიზბარაშვილი², ო.ვარაზანაშვილი¹, მ.ფიფია^{1,2}**

¹ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის
ინსტიტუტი

²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი;
avtandilamiranashvili@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია საქართველოს 30 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის ზოგიერთი შედეგი 1941-2021 წლებში წლის თბილ ნახევარში სეტყვიან დღეთა რიცხვის შესახებ. კერძოდ, მიღებულია შემდეგი შედეგები: მოყვანილია მონაცემები სეტყვიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობების შესახებ 1941-2021 წლებში, 1941-1980 (პირველი პერიოდი) და 1981-2021 (მეორე პერიოდი); შესწავლილი იქნა კორელაციები საკვლევ პარამეტრებს შორის დროის აღნიშნულ პერიოდებში; დადგინდა, რომ მეორე პერიოდში, პირველთან შედარებით, 21 სადგურზე შეინიშნება სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის შემცირება, 8 სადგურზე ეს რიცხვი არ იცვლება და მხოლოდ ერთ სადგურზე შეინიშნება სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის მატება; შესწავლილი იქნა სეტყვიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური რიცხვის დამოკიდებულება ადგილის სიმაღლესთან მიმართებაში 1500 მ-ზე ნაკლებ სიმაღლეზე მდებარე 24 მეტეოსადგურისთვის საკვლევ პერიოდის განმავლობაში; დადგინდა, რომ მეორე პერიოდში, პირველთან შედარებით, სუსტდება სეტყვიან დღეთა რიცხვისა და ადგილის სიმაღლეს შორის კორელაციის სიახლოვე.

საკვანძო სიტყვები: სეტყვა, მეტეოროლოგიური მოვლენები, კლიმატი.

შესავალი

სეტყვის პროცესები მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ხდება. ყოველწლიურად სეტყვის შედეგად სოფლის მეურნეობის პროდუქტების მთლიანი დანაკარგი მოსავლის 4-დან 18%-მდე მერყეობს (11 მილიარდ აშშ დოლარზე მეტი [<https://www.meteorf.ru/activity/activ/antigrad/obs-info/>]). საქართველო მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე სეტყვის მიმართ მოწყვლადი ქვეყანაა. ამიტომ, როგორც წინა წლებში, ასევე ბოლო პერიოდში მრავალი ნაშრომი მიეძღვნა ჩვენს ქვეყანაში სეტყვის პრობლემას, რომელიც მოიცავს კვლევების ფართო სპექტრს - სეტყვის კლიმატოლოგიიდან [1-9] სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების მეთოდების შემუშავებამდე [10], რისთვისაც ხდება სარადარო მონაცემების გამოყენება სეტყვის გავრცელების სიმულაციისთვის, რომელიც ეფუძნება სეტყვის მარცვლების საშუალო მაქსიმალურ ზომებს კახეთის ტერიტორიაზე (საქართველო) [11,12], ასევე, ცალკეულ დღეებში სეტყვის ზარალის შეფასებას საქართველოსა და აზერბაიჯანში სეტყვის ღრუბლების გადაადგილების ტრაექტორიით [13].

2022-2023 წლებში სამუშაოები ჩატარდა საქართველოში არსებული ხუთი ტიპის სტიქიური უბედურებების (მეწყერები, ღვარცოფები, ქარიშხლის ქარი, წყალდიდობა და სეტყვა) სისტემატიზებული კატალოგის მომზადებასა და შექმნაზე. ასევე, ამ კატალოგის მონაცემების ინტერპრეტაციის საშუალებებზე [14-18].

კერძოდ, ამ კატალოგის მონაცემების გამოყენებით ჩატარდა სამუშაოები 2006-2021 წლებში საქართველოში სეტყვიან დღეების რაოდენობის სტატისტიკური ანალიზისთვის [19], თბილისში სეტყვიანი დღეების გრძელვადიანი ცვალებადობის შესახებ (1891-2021) [20] და ამ ცვალებადობის პროგნოზირება 2085 წლამდე [21], აგრეთვე, სეტყვისგან მიყენებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზიანის ანალიზი ქვემო ქართლში (საქართველო) [22].

ეს კვლევა წარმოადგენს სამუშაოს შედეგების დახვეწას [19] უფრო ვრცელი დროის მასივის მონაცემებზე დაყრდნობით. ქვემოთ მოცემულია მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები წლის თბილ ნახევარში (აპრილი-ოქტომბერი) სეტყვიან დღეთა რიცხვის შესახებ საქართველოს 30 მეტეოროლოგიური სადგურისთვის 1941 წლიდან 2021 წლამდე პერიოდში.

პირითადი ნაწილი

კვლევის ადგილი, ობიექტი და მეთოდოლოგია

საკვლევ ტერიტორიას წარმოადგენს საქართველო. კვლევის ობიექტია სეტყვიან დღეთა რიცხვი წლის თბილ ნახევარში (აპრილი-ოქტომბერი). კვლევის პერიოდია 1941-2021 წლები.

ჩვენ გამოვიყენეთ მონაცემები კატალოგიდან [16], რომელიც შეიცავს საქართველოს გარემოს დაცვის ეროვნული სააგენტოს მასალებს საქართველოს 30 დასახლებულ პუნქტში სეტყვიან დღეთა რიცხვის შესახებ (სურ. 1). პუნქტების სიმაღლე ზღვის დონიდან მერყეობს 3 მ-დან (ფოთი) 2470 მ-მდე (მთა-საბუეთი). შემოთავაზებულ ნაშრომში მონაცემთა ანალიზი ხორციელდება მათემატიკური სტატისტიკის სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით [23].



სურ. 1. საქართველოს ტერიტორიაზე 30 მეტეოროლოგიური სადგურის განლაგება.

ქვემოთ გამოყენებული იქნება შემდეგი აღნიშვნები: საშ – საშუალო მნიშვნელობა; მაქს – მაქსიმალური მნიშვნელობა; მინ – მინიმალური მნიშვნელობა; სტ გად – სტანდარტული გადახრა; სტ ცდ – სტანდარტული შეცდომა; α – ნიშნადობის დონე. ორ საშუალო მნიშვნელობას შორის სხვაობის ნიშნადობის დონე განისაზღვრა სტიუდენტის t-კრიტერიუმის გამოყენებით. წლის თბილ ნახევარში სეტყვიან დღეთა რიცხვი - სდრ. სეტყვიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური რიცხვი განიხილება სამ პერიოდზე: 1941-2021 წლები (კვლევის პერიოდი), 1941-1980 წლები (პირველი პერიოდი) და 1981-2021 წლებში (მეორე პერიოდი). შესაბამისად: N , N_1 და N_2 - საშუალო დღეთა რიცხვი, ხოლო N_{s1} და N_{s2} - სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი. H არის სადგურების სიმაღლე ზღვის დონიდან. R - წრფივი კორელაციის კოეფიციენტი; კორელაციის ხარისხი განისაზღვრა [23] შესაბამისად: ძალიან მაღალი კორელაცია ($0.9 \leq R \leq 1.0$); მაღალი კორელაცია ($0.7 \leq R < 0.9$); ზომიერი კორელაცია ($0.5 \leq R < 0.7$); დაბალი კორელაცია ($0.3 \leq R < 0.5$); უმნიშვნელო კორელაცია ($0 \leq R < 0.3$).

შედეგები და განსჯა

შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში. 1-3 და ნახ. 2.3.

ცხრილში 1 წარმოდგენილია სეტყვიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები საქართველოს 30 დასახლებულ პუნქტში 1941 წლიდან 2021 წლამდე. მოყვანილია უწყვეტი რიგის მქონე სადგურები.

ცხრილი 1. საქართველოს 30 მეტეოროლოგიურ სადგურზე სეტყვიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები 1941-2021 წლებში.

| სადგური | მაქს | საშ | სტ გად | სტ ცდ | სადგური | მაქს | საშ | სტ გად | სტ ცდ |
|------------|------|-----|--------|-------|-------------|------|-----|--------|-------|
| ახალქალაქი | 16 | 3.8 | 3.0 | 0.37 | ლაგოდეხი | 9 | 1.0 | 1.7 | 0.18 |
| ახალციხე | 8 | 2.7 | 2.2 | 0.28 | მარნეული | 4 | 0.5 | 1.0 | 0.11 |
| ამბროლაური | 5 | 0.8 | 1.1 | 0.13 | მთა-საბუეთი | 6 | 1.0 | 1.3 | 0.14 |
| ბახმარო | 13 | 2.4 | 2.7 | 0.30 | ფასანაური | 7 | 1.2 | 1.5 | 0.17 |
| ბაკურიანი | 13 | 4.0 | 3.2 | 0.36 | ფოთი | 2 | 0.3 | 0.5 | 0.07 |
| ბოლნისი | 6 | 1.4 | 1.4 | 0.15 | საგარეჯო | 5 | 1.8 | 1.5 | 0.18 |

| | | | | | | | | | |
|---------|---|-----|-----|------|--------------|----|------|-----|------|
| ბორჯომი | 7 | 2.1 | 1.6 | 0.17 | საირმე | 8 | 1.4 | 1.9 | 0.24 |
| ჩაქვი | 6 | 0.3 | 0.8 | 0.09 | სენაკი | 1 | 0.05 | 0.2 | 0.02 |
| გორი | 7 | 1.5 | 1.3 | 0.14 | შოვი | 6 | 1.6 | 1.7 | 0.19 |
| ქედა | 8 | 0.5 | 1.5 | 0.19 | სტეფანწმინდა | 5 | 0.6 | 1.1 | 0.12 |
| ხაშური | 9 | 0.9 | 1.3 | 0.15 | თბილისი | 4 | 1.2 | 1.1 | 0.13 |
| ხულო | 6 | 1.0 | 1.3 | 0.15 | თელავი | 8 | 1.6 | 1.8 | 0.20 |
| კოჯორი | 7 | 1.9 | 1.9 | 0.23 | თიანეთი | 7 | 2.1 | 1.8 | 0.20 |
| ქუთაისი | 2 | 0.2 | 0.4 | 0.05 | წალკა | 11 | 3.1 | 2.4 | 0.27 |
| ყვარელი | 8 | 1.2 | 1.5 | 0.16 | ზუგდიდი | 3 | 0.4 | 0.7 | 0.07 |

კერძოდ, როგორც ამ ცხრილი 1-დან ირკვევა, სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი მერყეობს 1-დან (სენაკი) 16-მდე (ახალქალაქი), ხოლო საშუალო - 0,05-დან (სენაკი) 4,0-მდე (ბაკურიანი).

ცხრილ 2-ში მოცემულია სეტყვიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური რიცხვის განზოგადებული სტატისტიკური მახასიათებლები საქართველოს 30 მეტეოროლოგიურ სადგურზე 1941-2021, 1941-1980 და 1981-2021 წლებში.

ცხრილი 2. საქართველოს 1941-2021 (N), 1941-1980 ((N₁ და N₁₁)) და 1981-2021 წლებში (N₂ და N₂₂) სეტყვიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური რიცხვის განზოგადებული სტატისტიკური მახასიათებლები საქართველოს 30 მეტეოროლოგიურ სადგურზე.

| ცვლადი | N | N | N ₂ | N ₁₁ | N ₂₂ |
|--|------|------|----------------|-----------------|-----------------|
| მაქს | 4.0 | 6.2 | 2.3 | 16 | 9 |
| მინ | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 1 | 1 |
| საშუალო | 1.4 | 1.9 | 0.9 | 7.1 | 5.2 |
| სტ გად | 1.0 | 1.4 | 0.6 | 3.4 | 2.6 |
| სტ ცდ | 0.19 | 0.27 | 0.12 | 0.64 | 0.48 |
| კორელაციური მატრიცა (R _{0.05} = 0.36, α = 0.05) | | | | | |
| N | 1 | 0.98 | 0.87 | 0.79 | 0.41 |
| N ₁ | 0.98 | 1 | 0.77 | 0.76 | 0.33 |
| N ₂ | 0.87 | 0.77 | 1 | 0.74 | 0.61 |
| N ₁₁ | 0.79 | 0.76 | 0.74 | 1 | 0.70 |
| N ₂₂ | 0.41 | 0.33 | 0.61 | 0.70 | 1 |

კერძოდ, ცხრილი 2-ის ანალიზი აჩვენებს, რომ დროის მეორე მონაკვეთში, პირველთან შედარებით, შემცირდა შემდეგი პარამეტრები: მაქსიმალური საშუალო სდრ - 6.2-დან 2.3-მდე, საშუალო მეტეოროლოგიურ სადგურზე სდრ - დან. 1.9-დან 0.9-მდე, სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი - 16-დან 9-მდე, საშუალო მაქსიმალური მეტეოროლოგიურ სადგურზე სდრ - 7.1-დან 5.2-მდე. წრფივი კორელაციის კოეფიციენტი მერყეობს 0,98-დან (წყვილი N - N₁, ძალიან მაღალი კორელაცია) 0,33-მდე (წყვილი N₁ - N₂₂, დაბალი კორელაცია).

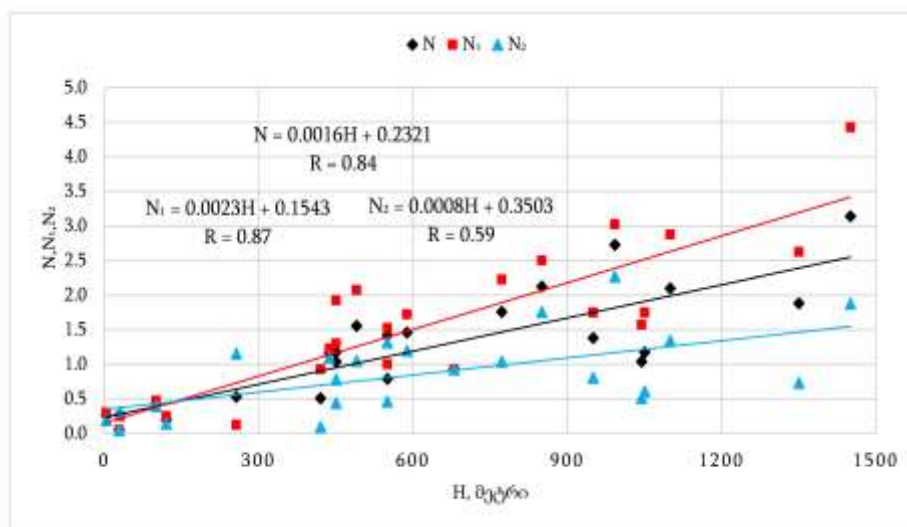
ცხრილ 3-ში მოცემულია მონაცემები სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის შორის სხვაობის შესახებ 1981-2021 და 1941-1980 წლებში საქართველოს 30 მეტეოროლოგიურ სადგურიდან თითოეულში.

ცხრილი 3. განსხვავება სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვს შორის 1981-2021 წლებში (N_2) და 1941-1980 წლებში (N_1). საქართველოში 30 მეტეოროლოგიურ სადგურზე.

| სადგური | $N_2 - N_1$ | $\alpha \leq 0.15$ | სადგური | $N_2 - N_1$ | $\alpha \leq 0.15$ | სადგური | $N_2 - N_1$ | $\alpha \leq 0.15$ |
|------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|
| ახალქალაქი | -2.6 | ნეგ | ხაშური | 0.0 | არა | საგარეჯო | -1.2 | ნეგ |
| ახალციხე | -0.8 | ნეგ | ხულო | -1.1 | ნეგ | საირმე | -0.9 | ნეგ |
| ამბროლაური | -0.5 | ნეგ | კოჯორი | -1.9 | ნეგ | სენაკი | 0.0 | არა |
| ბახმარო | -2.3 | ნეგ | ქუთაისი | -0.1 | არა | შოვი | -1.5 | ნეგ |
| ბაკურიანი | -4.3 | ნეგ | ყვარელი | -1.5 | ნეგ | სტეფანწმინდა | -0.7 | ნეგ |
| ბოლნისი | -0.6 | ნეგ | ლაგოდეხი | -0.5 | ნეგ | თბილისი | -0.1 | არა |
| ბორჯომი | -0.7 | ნეგ | მარნეული | -0.8 | ნეგ | თელავი | -1.0 | ნეგ |
| ჩაქვი | 0.1 | არა | მთა-საბუეთი | -1.3 | ნეგ | თიანეთი | -1.5 | ნეგ |
| გორი | -0.5 | ნეგ | ფასანაური | -1.1 | ნეგ | წალკა | -2.5 | ნეგ |
| ქედა | 1.0 | პოზ | ფოთი | -0.1 | არა | ზუგდიდი | -0.1 | არა |

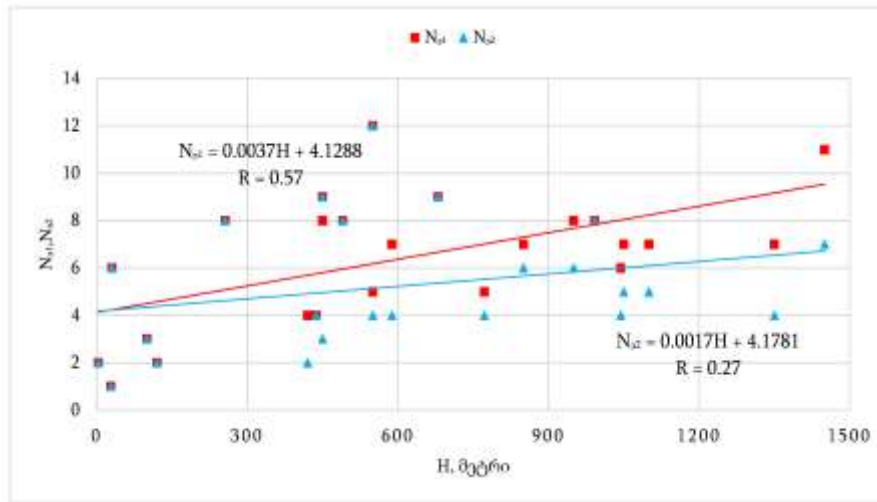
როგორც ცხრილი 2.-დან ირკვევა, რომ დროის მეორე მონაკვეთში პირველთან შედარებით, ნიშნადობის დონით $\alpha \leq 0.15$, სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის შემცირება შეინიშნება 22 სადგურზე. (ახალქალაქი, ახალციხე, ამბროლაური, ბახმარო, ბაკურიანი, ბოლნისი, ბორჯომი, გორი, ხულო, კოჯორი, ყვარელი, ლაგოდეხი, მარნეული, მთა-საბუეთი, ფასანაური, საგარეჯო, საირმე, შოვი, სტეფანწმინდა, თელავი, თიანეთი, წალკა), არ შეცვლილა – 7 სადგურზე (ჩაქვი, ხაშური, ქუთაისი, ფოთი, სენაკი, თბილისი, ზუგდიდი), ხოლო ზრდა მხოლოდ ერთ სადგურზეა (ქედა). აღსანიშნავია, რომ სამუშაოს მიხედვით [19], 2006-2021 წლებში. 1941-1990 წლებთან შედარებით სეტყვიან დღეთა რიცხვი 18 სადგურზე შემცირდა, 10 სადგურზე ცვლილება არ შეინიშნებოდა, ხოლო მატება დაფიქსირდა იმავე ქედის სადგურზე.

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია საქართველოში სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის განაწილება სიმაღლის მიხედვით 1941-2021, 1941-1980 და 1981-2021 წლებში 24 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით, რომლებიც განლაგებულია ზღვის დონიდან 1500 მ-ზე ნაკლებ სიმაღლეზე (სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ყველაზე დიდი ფართობები). ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვის გავრცელება სიმაღლის მიხედვით საქართველოში 1941-1980 და 1981-2021 წლებში იგივე 24 მეტეოროლოგიური სადგურის მიხედვით.



ნახ. 2. სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის დამოკიდებულება საქართველოში 1941-2021(N), 1941-1980 (N_1) და 1981-2021 წლებში (N_2) ზღვის დონიდან (H) 1500 მ-ზე ნაკლებ სიმაღლეზე მდებარე 24 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით ($R_{\text{ათ}} = 0.40$, $\alpha = 0.05$).

როგორც ნახ. 3 და 4-დან ჩანს, საერთო ჯამში, კორელაცია სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვსა და ადგილის სიმაღლეს შორის უფრო მაღალია, ვიდრე იგივე კავშირი სეტყვიან დღეთა მაქსიმალურ რიცხვისა. ამასთან აღსანიშნავია, რომ დროის მეორე პერიოდში, პირველთან შედარებით, საკვლევ პარამეტრებს შორის კორელაცია სუსტდება. ამრიგად, N_{1} -სა და H -ს შორის კორელაციის კოეფიციენტი (ნახ. 2) არის 0,87 (მაღალი კორელაცია), ხოლო N_{2} -სა და H -ს შორის – 0,59 (ზომიერი კორელაცია).



ნახ. 3. სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვის დამოკიდებულება ადგილის სიმაღლესთან H საქართველოში 1941-1980 წლებში (N_{1}) და 1981-2021 წლებში (N_{2}) 24 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით, რომლებიც მდებარეობს ზღვის დონიდან 1500 მ-ზე ნაკლებ სიმაღლეზე ($R_{\text{აბ}} = 0.40$, $\alpha = 0.05$)

კორელაციის კოეფიციენტი N_{1} -სა და H -ს (ნახ. 3) შორის არის 0,57 (მაღალი კორელაცია), ხოლო N_{2} -სა და H -ს შორის – 0,27 (უმნიშვნელო კორელაცია).

მადლობები

ავტორები მადლიერნი არიან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის, საგრანტო პროექტი № FR-21-1808, რომლის ფარგლებშიც შესრულდა წარმოდგენილი ნაშრომი.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutaladze N. Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia. Monograph, Publishing House “UNIVERSAL”, ISBN: 978-9941-33-465-8, Tbilisi 2023, 406 p., <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>
2. Amiranashvili A.G., Nodia A.G., Toronjadze A.F., Khurodze T.V. Some Statistical Characteristics of the Number of Days with Hail into the Warm Half-Year in Georgia in 1941-1990. Trans. of Institute of Geophysics of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-1135, v. 58, 2004, pp. 133-141, (in Russian).
3. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Khurodze T. Statistical Characteristics of the Number of Days with Hail Per Annum in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, ISSN 1512-0902, vol. 115, Tb., 2008, pp. 427 – 433, (in Russian).
4. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, hazards and multiple risk assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>
5. Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Varazanashvili O., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili Sh., Pipia M. Hailstorms in the Territory of Georgia. European Geographical Studies, Vol. 2, No. 2, 2014. Tbilisi, pp. 55-69, (in Russian).
6. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 65, Tb., 2015, pp. 77 – 100, (in Russian).

7. Tatishvili M.R., Kartvelishvili L.G., Mkurnalidze I.P. Thunderstorm and Hail Processes over Georgian Territory. Against Global Climate Change Background. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Iss. B, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol. 19B, Tb., 2016, pp. 111-119.
8. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Jamrshvili N.K., Khurodze T.V., Pipia M.G., Tavidashvili Kh. Z. Comparative Analysis of the Distribution of Number of Days with Hail Per Annum on the Territory of Kakheti According to the Data of the Meteorological Stations and State Insurance Service of Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, v.20A, 2017, Tbilisi, pp.44 -56.
9. Janelidze I., Pipia M. Hail Storms in Georgia in 2016-2018. Int. Sc. Conf. "Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation". Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 144 -146.
10. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. Int. Sc. Conf. "Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation". Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 216-222.
11. Amiranashvili A., Bolashvili N., Gulashvili Z., Jamrshvili N., Suknidze N., Tavidashvili Kh. Distribution of Hail by Mean Max Size on the Territories of Municipalities of the Kakheti Region of Georgia. International Scientific Conference „Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation“. Proceedings, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021. Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, 2021, pp. 84 - 87.
12. Amiranashvili A.G., Bolashvili N.R., Gulashvili Z.M., Jamrshvili N.K., Suknidze N.E., Tavidashvili Kh.Z. Modeling the Distribution of Hailstones by Mean Max Sizes on the Territory of Kakheti (Georgia) using Data of the Freezing Level in the Atmosphere and Radar Measurements. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(1), 2021, pp. 25-36. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420212881>
13. Pipia M., Amiranashvili A., Beglarashvili N., Elizbarashvili E., Varazanashvili O. Analysis and Damage Assessment of Hail Processes in Georgia and Azerbaijan Using Radar Data (On the Example of May 28 and July 13, 2019). Reliability: Theory & Applications, ISSN: 1932-2321, vol. 18, iss. SI 5 (75), pp. 267-274, DOI: 10.24412/1932-2321-2023-575-267-274, <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-and-damage-assessment-of-hail-processes-in-georgia-and-azerbaijan-using-radar-data-on-the-example-of-may-28-and-july-13>
14. Varazanashvili O.Sh., Gaprindashvili G.M., Elizbarashvili E.Sh., Basilashvili Ts.Z., Amiranashvili A.G. Principles of Natural Hazards Catalogs Compiling and Magnitude Classification. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 25(1), 2022, pp. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224794>
15. Gaprindashvili G., Varazanashvili O., Elizbarashvili E., Basilashvili Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. GeNHs: the First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia. EGU General Assembly 2023, EGU23-1614, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-1614>; <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU23/EGU23-1614.html>
16. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Basilashvili Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. The First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia (GeNHs). Catalog, 2023, 270 p. <http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/10369>; DOI: 10.13140/RG.2.2.12474.57286
17. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Basilashvili Ts., Fuchs S. New Parametric Catalogs of Natural Hazard Events for Georgia. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXXVI, 2023, pp. 168-177, (in Georgian), http://dSPACE.gela.org.ge/bitstream/123456789/10483/1/12_Tr_IG%2876%29_2023.pdf
18. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Basilashvili Ts., Fuchs S. New Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia (GeNHs): Catalogs Compiling Principles and Results. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 185-187, (in Georgian). http://109.205.44.60/bitstream/123456789/10431/1/44_IG_90.pdf
19. Amiranashvili A., Basilashvili Ts., Elizbarashvili E., Gaprindashvili G., Varazanashvili O. Statistical Analysis of the Number of Days with Hail in Georgia According to Meteorological Stations Data in 2006-2021. Int. Conf. of Young Scientists "Modern Problems of Earth Sciences". Proceedings, ISBN 978-9941-36-044-2, Publish House of

- Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, November 21-22, 2022, pp. 164-168. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10249>
20. Amiranashvili A., Elizbarashvili E., Varazanashvili O., Pipia M. Statistical Analysis of the Number of Days with Hail During the warm Season in Tbilisi in 1891-2021. Transactions IHM, GTU, ISSN: 1512-0902ISSN: 1512-0902, vol.133, 2023, pp.74-77, (in Georgian), doi.org/10.36073/1512-0902-2023-133-74-77; <http://openlibrary.ge/bitstream/123456789/10340/1/133-14.pdf>
21. Amiranashvili A., Elizbarashvili E., Pipia M., Varazanashvili O. Expected Changes of the Number of Days with Hail in Tbilisi to 2085. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 138-142. <http://www.openlibrary.ge/handle/123456789/10420>
22. Amiranashvili A., Bolashvili N., Elizbarashvili E., Liparteliani G., Suknidze N., Tsirgvava G., Varazanashvili O. Statistical Analysis of the Number of Days with Hail and Damage to Agricultural Crops from it in Kvemo Kartli (Georgia). Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 133-137. http://www.openlibrary.ge/bitstream/123456789/10419/1/33_IG_90.pdf
23. Hinkle D. E., Wiersma W., Jurs S. G. Applied Statistics for the Behavioral Sciences. Boston, MA, Houghton Mifflin Company, ISBN: 0618124055; 9780618124053, 2003, 756 p.

UDC: 551.506.3

Statistical analysis of data from 30 meteorological stations of Georgia on the number of days with hail in the warm half of the year in 1941-2021 / Amiranashvili A., Beglarashvili N, Elizbarashvili E., Varazanashvili O., Pipia M. / Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.32-38. - Georg., Summ. Georg., Eng. The paper presents some results of a statistical analysis of data from 30 meteorological stations of Georgia on the number of days with hail in the warm half of the year in 1941-2021. In particular, the following results were obtained: data on the average and maximum values of the number of days with hail in 1941-2021, 1941-1980 are provided. (first time period) and 1981-2021. (second time period); correlations between the studied parameters for the specified time periods were studied; It was found that in the second period of time, compared to the first, at 21 stations there is a decrease in the average number of days with hail, at 8 stations this number does not change, and only at one station there is an increase in the average number of days with hail; the dependence of the average and maximum number of days with hail on the terrain height was studied for 24 meteorological stations located at a level of less than 1500 m for the specified time periods; it was found that in the second period of time, compared to the first, the tightness of the correlation between the number of days with hail and the altitude of the area weakens.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-39-43

უაგ. 551.59

**შემოდგომის პირველი წაყინვის სტატისტიკური ანალიზი
საქართველოს ტერიტორიაზე
ნ.ბეგლარაშვილი¹, მ.ფიფია^{1,2}, ნ.ჯამრიშვილი², ა.ამირანაშვილი²,
ე.ელიზბარაშვილი¹, ც.დიასამიძე¹**

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი;
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის
ინსტიტუტი
beglarashvilinani@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია შემოდგომის პირველი წაყინვების სტატისტიკური მონაცემები, რომელიც მოიცავს 2007-2022 წლებს. დამუშავებულია საქართველოს ტერიტორიაზე განაწილებული 25 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები წაყინვების შესახებ. საკვლევი 16 წლიანი პერიოდისთვის დადგენილია ყველაზე ადრე და ყველაზე გვიან დაფიქსირებული შემოდგომის პირველი წაყინვები.

საკვანძო სიტყვები: წაყინვა, კლიმატი, მეტეოროლოგიური მოვლენები.

შესავალი

სოფლის მეურნეობაში წაყინვების რისკი მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. უარყოფითი ტემპერატურები აფერხებს სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობას და სოფლის მეურნეობის კულტურების ხარისხისა და მოსავლიანობის შემცირებასთან მივყავართ.

სოფლის მეურნეობაზე ზეგავლენის მომხდენ ამინდის ფაქტორებს შორის, მინიმალური ტემპერატურა არის ერთ-ერთი ყველაზე მეტად ცვალებადი ადგილის ცვალებადობისას, მეზობლად მდებარე მინდვრებსა და ხეხილის ბაღებს შეიძლება ქონდეთ უყინვო პერიოდის სხვადასხვა ხანგრძლივობები. რისკის შემცირება შესაძლებელია მიწის ფრთხილი მენეჯმენტისა და პროგნოზებზე ეფექტური რეაგირების გზით. გვიანი გაზაფხულისა და ადრეული შემოდგომის წაყინვებს როგორც წესი, თან ახლავს ისეთი მინიმალური ტემპერატურები, რომელიც ნულზე ოდნავ დაბალია. სწორედ ასეთი სიტუაციებისას პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარება შეიძლება იყოს ყველაზე მეტად ეფექტური.

წაყინვის არეალი ვრცელდება რამოდენიმე ასეულიდან, რამოდენიმე ათასეულ კვადრატულ კილომეტრ ფართობზე. ამავე დროს უფრო ხშირია ლოკალური წაყინვები, რომელთა არეალიც რამოდენიმე ათეული კვადრატული კილომეტრით შემოიზღვრება. ასეთი პროცესების განვითარებას ექვემდებარება ჩაკეტილი ქვაბულები და მდინარეთა ფართო ველები.

ძირითადი ნაწილი

წაყინვების კლიმატური თავისებურებების ანალიზი, მათი დროში და სივრცეში განაწილების ცოდნა აუცილებელია სოფლის მეურნეობის გაძლიერებისთვის. წაყინვების განმეორებადობა, ხანგრძლივობა, ინტენსივობა, შემოდგომის პირველი და გაზაფხულის ბოლო წაყინვების დადგომის, უყინვო პერიოდის და სხვა მახასიათებლების ცოდნა მოგვხმარება მიწის უფრო რაციონალურად გამოყენებაში, წაყინვებისაგან მცენარეების დაცვის ეფექტური ღონისძიებების შერჩევაში და მოსავლის დანაკარგების შემცირებაში.

საადრეო, იგივე საშემოდგომო წაყინვებისგან დაზიანება ხდება მამინ, როდესაც მცენარეები ყინვის დადგომამდე ვერ ასწრებენ სრული მოსვენების პერიოდში გადასვლას. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია შემოდგომის პირველი წაყინვის პერიოდები საქართველოს ტერიტორიისთვის[1-8].

როგორც წესი, წაყინვების ქვეშ იგულისხმება გაზაფხულზე ან შემოდგომაზე, როდესაც ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურა დადებითია, ტემპერატურის ხანმოკლე დაცემა 0°C-ზე დაბლა მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით.

ტექნიკური კულტურების წაყინვისაგან დაცვის ზომებმა შეიძლება აამაღლოს მათი მოსავლიანობა და უფრო მეტიც, ექსტრემალურ მეტეოროლოგიურ პირობებში განადგურებისაგან იხსნას მოსავალი. აქედან გამომდინარე გვიანი გაზაფხულისა და ადრეული შემოდგომის წაყინვების გენეზისის ხანგრძლივობისა და ინტენსივობის შესწავლა მიზნად ისახავს ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემების გადაჭრას, როგორცაა დაბალი ტემპერატურების მიმართ გამძლე ახალი ტექნიკური კულტურების გამოყვანა, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის მათი გავრცელების არეალს. ცირკულაციური და რადიაციული ფაქტორების გავლენისწინება,

თესვის და მორწყვის ვადების კორექტირება ხელს შეუწყობს კონკრეტული ნაკვეთების უფრო რაციონალურად გამოყენებას, მაღალი მოსავლის მიღებას და აღებას [9].

თავისი წარმოშობის მიხედვით წაყინვები იყოფა ადვექციურ, რადიაციულ და ადვექციურ-რადიაციულ ტიპებად. იმის მიხედვით თუ როგორია სინოპტიკური პროცესების თავისებურება, წაყინვების განსხვავებული ტიპები სხვადასხვა ალბათობით ფიქსირდება სეზონების მიხედვით.

რადიაციული ტიპის წაყინვები დაიკვირვება მოწმენდილი ცის პირობებში, უქარო ამინდის შემთხვევაში, მზის ამოსვლის წინ. წაყინვების დანარჩენი შემთხვევები მივაკუთვნებულა ე.წ. შერეულ ანუ ადვექციურ-რადიაციულ ტიპს. ასეთი წაყინვები ხშირად გვხვდება გვიან გაზაფხულზე და ადრე შემოდგომაზე, ხოლო მთებში - ზაფხულშიც კი - თუმცა იშვიათია წაყინვებთან შედარებით მთელი ვეგეტაციის განმავლობაში, რაც კარგად არის შესწავლილი როგორც საქართველოსთვის, ისე მთლიანად კავკასიისთვის [10-11]. კოლხეთის დაბლობის ბევრ რაიონში, შიდა ქართლში და დიდი კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში ჭარბობს ზომიერი ინტენსივობის ყინვები, როდესაც ყინვების დროს მინიმალური ტემპერატურა -4°C -მდე ეცემა. ასეთ ვითარებაში ზიანდება საშუალო ყინვაგამძლეობის მქონე მცენარეები. აღმოსავლეთ საქართველოს ვრცელ ტერიტორიებზე, განსაკუთრებით შიდა ქართლის რეგიონში და კოლხეთის დაბლობის შიდა ზონებში ხშირია ძლიერი ინტენსივობის წაყინვები (მინიმალური ტემპერატურა -4°C -დან -8°C -მდე), რომელიც სერიოზულ ზიანს აყენებს ტერიტორიის დიდ ნაწილს. გურიის, აჭარის და აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთ მთიან ზონაში ჰაერის ტემპერატურა -8°C -მდე და ქვემოთ ეცემა. ასეთი წაყინვა არის ძალიან ძლიერი ინტენსივობის წაყინვა, რომელიც აზიანებს თუნდაც ულტრაყინვაგამძლე მცენარეებს და მარცვლეულებს, როგორცაა ქერი და სხვა კულტურები [12-22].

შედარებისათვის მოგვყავს ამ ტიპის წაყინვების ალბათობა მთელი საქართველოსათვის: ადვექციური-43%; რადიაციული-31% და ადვექციურ-რადიაციული-26%.

იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს ადვექციური ტიპის წაყინვებს ტემპერატურის მკვეთრი დაცემით, ძლიერი ქარით დიდ ფართობზე და რამდენიმე დღის ინტერვალით წაყინვებისაგან მცენარეთა დაცვა ძალიან რთული იქნება.

რაც შეეხება სასურველი შედეგის მიღწევას წაყინვებთან ბრძოლისას, ეს შეიძლება მოხერხდეს რამდენიმე მეთოდით.

პირველი, ყველაზე იაფი და ხელმისაწვდომი, როდესაც გამოყენებულია ხეხილის ყინვაგამძლე ჯიშები ან ბოსტნეულის თესვის ოპტიმალური ვადები.

მეორე, როდესაც ვცდილობთ შევამციროთ მიწისპირა ფენის გადაციება, ვსარგებლობთ ხელოვნური დაწვიმების, ზედაპირის გაფხვიერების ან ხელოვნური საფარის გამოყენებით.

მესამე, მცენარეთა დაცვის ინდივიდუალური ზომები, მათი დაფარვა უქსოვადი ქსოვილით, მიწის მიყრა და სხვა.

მეოთხე, როდესაც ვცდილობთ თუნდაც დროის მცირე მონაკვეთში შევიტანოთ სითბოს დამატებითი წყარო, ჩალის ან ფიჩხის დაწვა და ა.შ.

მეხუთე, იშვიათ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს რადი-აციული ტიპის წაყინვებს ჰაერის მიწისპირა ფენის აღრევას, ვერტმფრენის ან თვითმფრინავის პროპელერის დახმარებით [9].

უახლოეს პერიოდში, საყოველთაოდ აღიარებული კლიმატის დათბობის პირობებში, იმედი უნდა ვიქონიოთ წაყინვების რიცხვის, ხანგრძლივობის, ინტენსივობის შემცირებისა, რაც გააადვილებს მათ წინააღმდეგ ბრძოლას.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

კვლების ობიექტია საქართველოს ტერიტორია. დამუშავდა გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ მოწოდებული 25 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები წაყინვის შესახებ, რომელიც მოიცავს 2007 - 2022 წლების პერიოდს.

კვლევაში გამოყენებული იქნა საქართველოს პირობებისთვის ფართოდ აპრობირებული მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდები.

ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა

მონაცემების დამუშავების შედეგად ჩვენს მიერ შედგენილ იქნა ცხრილი (ცხრილი 1.), რომელიც გვიჩვენებს შემოდგომის პირველი წაყინვების სტატისტიკურ მდგომარეობას 2007-2022 წლების პერიოდში 25 მეტეოსადგურის მიხედვით საქართველოს ტერიტორიაზე. ცხრილში მოყვანილია შემოდგომის პირველი წაყინვების ყველაზე ადრე და ყველაზე გვიან დაფიქსირებული მონაცემები.

ცხრილი 1. შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე ადრე და ყველაზე გვიან საქართველოს ტერიტორიაზე (2007-2022).

| შემოდგომის პირველი წაყინვა (2007-2022) | | |
|--|---|--|
| რაიონი | შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე ადრე | შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე გვიან |
| ამბროლაური | 20.10.2014 | 22.12.2022 |
| ახალქალაქი | 22.08.2009 | 18.10.2007 |
| ახალციხე | 09.08.2007 | 13.11.2012 |
| ბაკურიანი | 10.09.2022 | 13.11.2012 |
| ბოლნისი | 05.11.2014 | 14.12.2018 |
| ბორჯომი | 09.10.2013 | 24.11.2009 |
| გორი | 23.09.2019 | 25.11.2012 |
| დედოფლისწყარო | 26.10.2016 | 15.12.2012 |
| ზესტაფონი | 15.11.2011 | 26.01.2010 |
| ზუგდიდი | 15.11.2011 | 21.01.2021 |
| თბილისი | 05.11.2014 | 29.12.2018 |
| თელავი | 04.11.2014 | 15.12.2012; 15.12.2018 |
| თიანეთი | 01.10.2013 | 17.11.2012 |
| ლაგოდეხი | 03.11.2016 | 30.12.2018 |
| მთა-საბურეთი | 06.10.2013 | 24.11.2012 |
| საგარეჯო | 04.11.2014 | 26.12.2010 |
| საჩხერე | 03.11.2017 | 21.12.2010 |
| ფასანაური | 05.10.2011 | 22.11.2009 |
| ფოთი | 26.11.2016 | 27.01.2010 |
| ქედა | 20.10.2011 | 09.01.2015 |
| ქობულეთი | 15.11.2011 | 22.01.2021 |
| ქუთაისი | 26.11.2016 | 06.03.2013 |
| შოვი | 26.09.2021 | 17.11.2012 |
| წალკა | 08.09.2011 | 24.10.2020 |
| ხულო | 01.09.2020 | 11.12.2008 |

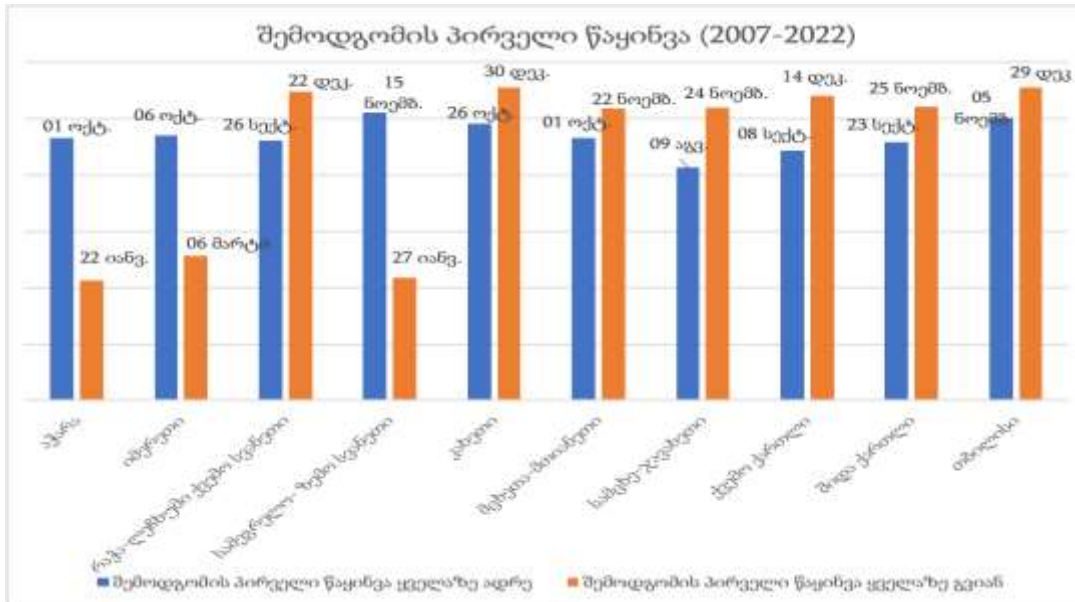
ცხრილი 1.-დან ირკვევა, რომ შემოდგომის პირველი წაყინვა საკვლევი პერიოდის განმავლობაში ყველაზე ადრე ფიქსირდება ახალციხის რაიონში (09 აგვისტო 2007 წელი), ხოლო ყველაზე გვიან შემოდგომის პირველი წაყინვა გადადის შემდეგ წელში (ფოთი 2010 წლის 27 იანვარი), გამონაკლისია შემოდგომის პირველი წაყინვისთვის შემთხვევა ქუთაისში (06 მარტი 2013 წელი), რომელიც დაფიქსირდა გაზაფხულის დასაწყისში. შემოდგომის პირველი წაყინვის განაწილება საქართველოს რეგიონების მიხედვით ნაჩვენებია ცხრილ 2.-ში.

ცხრილი 2. შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე ადრე და ყველაზე გვიან საქართველოს რეგიონების მიხედვით (2007-2022)

| რეგიონები | შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე ადრე | შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე გვიან |
|----------------------------|---|--|
| აჭარა | 01.09.2020(ხულო) | 22.01.2021(ქობულეთი) |
| იმერეთი | 06.10.2013(მთა-საბურეთი) | 06.03.2013(ქუთაისი) |
| რაჭა-ლეჩხუმი ქვემო სვანეთი | 26.09.2021(შოვი) | 22.12.22(ამბროლაური) |
| სამეგრელო- ზემო სვანეთი | 15.11.2011(ზუგდიდი) | 27.01.2010(ფოთი) |
| კახეთი | 26.10.2016(დედოფლისწყარო) | 30.12.2018(ლაგოდეხი) |
| მცხეთა-მთიანეთი | 01.10.2013(თიანეთი) | 22.11.2009(ფასანაური) |
| სამცხე-ჯავახეთი | 09.08.2007(ახალციხე) | 24.11.2009(ბორჯომი) |
| ქვემო ქართლი | 08.09.2011(წალკა) | 14.12.2018(ბოლნისი) |
| შიდა ქართლი | 23.09.2019(გორი) | 25.11.2012(გორი) |
| თბილისი | 05.11.14 | 29.12.18 |

ცხრილი 2. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შემოდგომის პირველი წაყინვის მაჩვენებლებით გამორჩეულია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი სადაც შემოდგომის პირველი წაყინვა საკვლევი პერიოდის განმავლობაში ყველაზე ადრე ფიქსირდება და მერყეობს 09 აგვისტოდან(ახალციხე) - 24 ნოემბრამდე(ბორჯომი). ასევე, გამორჩეულია სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონი, აქ შემოდგომის პირველი წაყინვა ყველაზე ადრე ფიქსირდება 15 ნოემბერს და მერყეობს 27 იანვრამდე. ხოლო, თბილისში შემოდგომის პირველი წაყინვა მერყეობს 05 ნოემბრიდან 29 დეკემბრის ჩათვლით.

ცხრილ 2.-ზე დაყრდნობით შედგენილ იქნა შესაბამისი ჰისტოგრამა, რომელიც ნათლად გვიჩვენებს შემოდგომის პირველი წაყინვის განაწილებას რეგიონების მიხედვით საკვლევი პერიოდისთვის(ნახ. 1)



ნახ. 1. შემოდგომის პირველი წაყინვის განაწილება რეგიონების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიაზე(2007-2022)

დასკვნა

ჩატარებული კვლევებისა და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემოდგომის პირველი წაყინვა დასავლეთ საქართველოში მერყეობს სექტემბრის დასაწყისიდან (01 სექტემბრი - ხულო) ძირითადად იანვრის ბოლომდე (27 იანვარი - ფოთი). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საკვლევი 16 წლიანი პერიოდისთვის გამონაკლისი იყო შემოდგომის პირველი წაყინვის შემთხვევა 06 მარტს (ქუთაისი - 0⁰). ხოლო, რაც შეეხება აღმოსავლეთ საქართველოს შემოდგომის პირველი წაყინვები მერყეობს - 09 აგვისტოდან(ახალციხე) 30 დეკემბრის(ლაგოდეხი) ჩათვლით.

კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ბონდის მხარდაჭერით“ [გრანტის ნომერი: FR-22-2882].

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Vachnadze J.Diasamidze Ts.Samukashvili R. Chavchanidze Z./LIGHT FROSTS AT THE KOLKHETI LOWLAND AND SHORT ANALYSIS OF SYNOPTIC PROCESSES CAUSING/Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. 2015. vol.121. pp. 48-52.
2. Mkurnalidze I., Kapanadze N./Methods for protecting vineyards and orchards from early frosts/Transactions IHM, GTU. 2023. vol.133. pp124-128.
3. Kapanadze N., Tatishvili M., Mkurnalidze I., Palavandishvili A./ANOMALIES OF FROST CHARACTERISTIC PARAMETERS IN THE TERRITORY OF EASTERN GEORGIA IN THE BACKGROUND OF CURRENT CLIMATE CHANGE/International Scientific Conference "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes", Proceedings, 2023, p. 175-180.
4. Meladze Maia, "Agrometeorology and Agroclimatology", Publishing House "UNIVERSAL" 2024.

5. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutladze N. Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia. Monograph, Publishing House "UNIVERSAL", ISBN: 978-9941-33-465-8, Tbilisi 2023, 406 p., <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>
6. Elizbarashvili E. Sh., Varazanashvili O. Sh., Elizbarashvili M. E., Tsereteli N. S. Light Frosts in the Freeze-free Period in Georgia. Russian Meteorology and Hydrology, ISSN 1068-3739, 2011, Vol. 36, No. 6, pp. 399–402.
7. Sukhishvili E. V. Light Frosts. Climate and Its Resources in Georgia. Trudy ZakNII, No. 44 (50) (1971) [Trans. Transcaucasian Res. Inst., No. 44 (50) (1971)].
8. Tsutskiridze Ya. A. The Light Frosts. in Hazardous Hydrometeorological Phenomena in the Caucasus (Gidrometeoizdat, Leningrad, 1983) [in Russian].
9. Climate of Georgia7. Kakheti, Edited by E.Elizbarashvili, R.Samukashvili, J.Vachnadze. Transactions of the Institute of Hydrometeorology, vol. #128, 2020, p.133-140.
10. Elizbarashvili E. Sh., Varazanashvili O Sh., Elizbarashvili M. E., Tsereteli N. S. „Light frosts in the freeze- free period in Georgia“. J. Russ Meteorol Hydrol, 2011. 36(6), p.399–402.
11. Otar Varazanashvili, NinoTsereteli, AvtandilAmiranashvili, Emil Tsereteli, Elizbar Elizbarashvili, Jemal Dolidze, Lado Qaldani, Manana Saluqvadze, Shota Adamia, Nika Arevadze, Aleksandre Gventcadze. „ Vulnerability, hazards and multiple risk assessment for Georgia“. DOI 10.1007/s11069-012-0374-3. Natural Hazards - Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, volume 52, 2012, springer)
12. Xiao L, Liu L, Asseng S, Xia Y, Tang L, Liu B, Cao W, Zhu Y. Estimating spring frost and its impact on yield across winter wheat in China. Agric For Meteorol. 2018;260-261:154–164.
13. Whaley JM, Kirby EJ, Spink JH, Foulkes MJ, Sparkes DL. Frost damage to winter wheat in the UK: The effect of plant population density. Eur J Agron. 2004;21(1):105–115.
14. Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., and Peter, C. (2003). Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe. Theoretical and Applied Climatology, 74(1-2):41–51.
15. Pavel Zahradníček, Rudolf Brázdil, Jan Řehoř, · Miroslav Trnka, · Lenka Bartošová, Jaroslav Rožnovský. Past and present risk of pring frosts for fruit trees in the Czech Republic.Theoretical and Applied Climatology (2024) 155:965–984, <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04671-2>
16. Graczyk D, Szwed M (2020) Changes in the occurrence of late spring frost in Poland. Agronomy 10:1835. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111835>
17. Hájková L, Možný M, Oušková V, Bartošová L, Dížková P, Žalud Z (2023) Increasing risk of spring frost occurrence during the cherry tree flowering in times of climate change. Water 15:497. <https://doi.org/10.3390/w15030497>
18. Lakatos L, Fieszl C, Sun Z, Zhang J, Szabó Z, Soltész M, Nyéki J (2016) Temporal changes of the frequency of spring frost damages in the main fruit growing regions in Western Hungary and in East Hungary. Int J Horticult Sci 18:81–87. <https://doi.org/10.31421/IJHS/18/2/1038>
19. Lamichhane JR (2021) Rising risks of late-spring frosts in a changing climate. Nat Clim Chang 11:554–555. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01090-x>
20. Lhotka O, Brönnimann S (2020) Possible increase of vegetation exposure to spring frost under climate change in Switzerland. Atmosphere 11:391. <https://doi.org/10.3390/atmos11040391>
21. Liu Q, Piao S, Janssens IA, Fu Y, Peng S, Lian X, Ciais P, Myneni RB, Peñuelas J, Wang T (2018) Extension of the growing season increases vegetation exposure to frost. Nat Commun 9:426. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02690-y>
22. Ma Q, Huang JG, Hanninen H, Berninger F (2019) Divergent trends in the risk of spring frost damage to trees in Europe with recent warming. Glob Chang Biol 25:351–360. <https://doi.org/10.1111/gcb.14479>

UDC: 551.59

Statistical analysis of the first autumn frost in the territory of Georgia/Nazibrola Beglarashvili, Mikheil Pipia, Nino Jamrishvili, Avtandil Amiranashvili, Elizbar Elizbarashvili, Tsitsino Diasamidze./ Transactions IHM, GTU. -2024. - vol.135. -pp.39-43. - Georg., Summ. Georg., Eng. Statistics of the first autumn frosts for 2007-2022 are discussed. Data from 25 meteorological stations on frosts located in Georgia were processed. Over the research period (16 years), the earliest and latest first autumn frosts were determined.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-44-49
UDC:551.583

**Climate change: agroclimatic zoning of grape varieties in Eastern Georgia
(on the example of Mtskheta-Mtianeti)**

G.Meladze, M.Meladze

Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University

m.meladze@gtu.ge

Abstract. The spatial distribution of vine varieties on the territory of Georgia has certain peculiarities, taking into account the modern climate change. The tendency of changing of the sums of active temperatures (10°C) and precipitations (mm), as well as of hydrothermal coefficients (HTC) in Mtskheta-Mtianeti region of Eastern Georgia have been established, according to analysis and processing of multi-year (1948-2017) data of meteorological observations. On the background of climate change the possible future rise of temperature by 2°C (2030-2050) presumably causes the increase of the sum of active temperatures (>10°C) by 440° - 480°C in Mtskheta-Mtianeti region. According to above mentioned the agro-climatic zones of distribution varieties of grape, situated 200-300 m higher of the existing zones, have been selected. On the basis of results analysis it was concluded that the climate change cannot have any negative influence on the agro-climatic zones of viticulture, if the real temperature does not prevail the established temperature limit.

Key words: climate change, active temperature, vegetation period, sum of precipitations, agro-climatic zone

Introduction. The effect of climate change on the environment is wide and significantly influences the historically evolved ecological equilibrium and the Earths' atmosphere macroclimate totally. Climate change became evident in Georgia as well, especially - in the east Georgia, here the tendency of temperature increase (0.4°-0.5°C) compared to the west Georgia (0.2°C) is clear. The fact is based on the statistical analysis of multi-year meteorological observations. In case the process of global warming prolongs, the further increase of temperature is possible and in three-four decades it will reach 2°C and more [1]. That is why the preliminary forecasting of the influence of temperature change on the economy, especially on its agrarian section is important. The increase of temperature by 3-4°C and more may have a negative effect on plants, especially growing at lowlands, at 300-600m above sea level; because the heat accumulation here will be significantly high. The vulnerable fields of agriculture, among them the viticulture will be endangered [2, 3].

According on all above mentioned it is significant to select the vine varieties which will be cultivated under the changing climate conditions. It must be taken into account that each phenological phase of vine development needs a particular sum of active temperatures. According to this sum the number of days, necessary for each phase, may change. The climate change may affect the total number of the days as well as vine phenology, grape yield and its quality, wine style, varietal assortment, it may change the limits of vine migration, and cause activation of new diseases; i.e. the effect of climate change for different varieties of grape vine and regions will be diverse.

Materials and Methods. The meteorological and agro-meteorological data base of the institute of hydrometeorology of the Georgian Technical University were used for agro-climatic investigations, as well as the multiyear (1948-2017) basic and recent data of the Georgian Environmental Agency during the vegetation period (the sums of the means of the air daily temperatures and precipitations). The data of long-term (70-year) meteorological observations have been processed and analyzed by the method of mathematical statistics.

The changing of air temperature above and below 10°C in agro-climatic zones was calculated by means of corresponding equations:

$$y = -2.4x + 79 \text{ (in spring)}$$

$$y = 3.2x - 33 \text{ (in autumn)}$$

y - is the date of air temperature change above and below 10°C in spring and autumn;

x - is the sum of mean temperatures of two months in spring and autumn (in spring period - February and March, or March and April; in autumn - September and October, or October and November); the mean temperature of the first month must be less than 10°C, and that of the second month - more than 10°C [4, 5].

The data of the future scenario (temperature increase by 2°C for the period of 2020-2050) which were received according to the regional climate model RegCM-4 and by the A1 scenario of social-economic development have been processed. This model was approved and used in the third Georgian national message of the climate change frame convention [6, 7].

The forecasting sums of active temperatures (>10°C, in case of increase by 2°C), for distinguishing the agro-climatic zones of grape vine distribution, were calculated by our equation:

$$n=0.036h+38 \text{ (for the calculation of date of the temperature above } 10^{\circ}\text{C),}$$

$$T=-44.254n-0.150h+6742 \text{ (for the calculation of sums of active temperatures } (>10^{\circ}\text{C))}$$

n - is the date of the establishment of the mean daily temperature of air above 10°C; i.e. the number of days beginning from the 1st of February till the date of temperature establishment at 10°C;

h - height above sea level (m);

T - sum of active ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) temperatures.

Results and discussion. Experimental region of Mtskheta-Mtianeti is situated at 500-2000 m above sea level. Its landscape conditions are quite complex. The northern part of the region (Kazbegi region and part of Dusheti region) is situated on the south slope of the Central Caucasus. From the west it is surrounded with Shida Kartli region, from the north - by the North Caucasus, from the east - with the regions of Kakheti and Kvemo Kartli.

The agriculture of the given region is significant from the economical point of view. In spite of a complex mountain landscape and accordingly different type climatic conditions, development of high yield and quality viticulture is possible here [8, 9]. Further development of viticulture in the region is necessary from the economical point of view, as it ensures the rise of social and economical level of the population. This from its side demands the scientifically proved evaluation of agro-climatic conditions and their effective management, based on the principles of sustainable development.

The data of 70 years meteorological observations (1948-2017) of the National Agency of Environment have been processed and the agro-climatic indices for the worm period by districts and meteorological stations have been calculated, for the evaluation of agro-climatic resources of Mtskheta-Mtianeti region (Table 1).

Table 1 The agro-climatic characteristics of dry subtropical, mountain and high-mountain zones of Mtskheta-Mtianeti (1948-2017)

| Region/ zone | Meteorological station, above sea level (m) | Change of the temperature > 10°C | Change of the temperature < 10°C | Duration of the vegetation (days) | The sum of active temperatures (>10°C) | The sum of precipitations (mm), IV- X | HTC (IV-X) | The sum of active temperatures (>10°C) VI-VIII | The sum of precipitations (mm), VI- VIII | HTC (VI-VIII) |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|---|------------|--|--|---------------|
| Mtskheta- Mtianeti, dry subtropical | Mtskheta, 460 | 8.IV | 26.X | 201 | 3542 | 403 | 1.1 | 1980 | 178 | 0.9 |
| Mountain | Dusheti, 922 | 18.IV | 20.X | 185 | 3095 | 509 | 1.6 | 1792 | 214 | 1.2 |
| High-mountain | Kazbegi, 1744 | 21.V | 22.IX | 124 | 1628 | 476 | 3.0 | 1288 | 356 | 2.7 |

The sum of active temperatures (>10°C), precipitations (mm) and hydrothermal coefficient (HTC) during the vegetation period (IV-X) has been analyzed, processed and calculated according to the meteorological observations of Mtskheta-Mtianeti dry subtropical, mountain and high-mountain zones. Their dynamics was described by trends. The dry subtropical zone of Mtskheta municipality, which comprised our experimental territory, is presented as an example (Fig. 1).

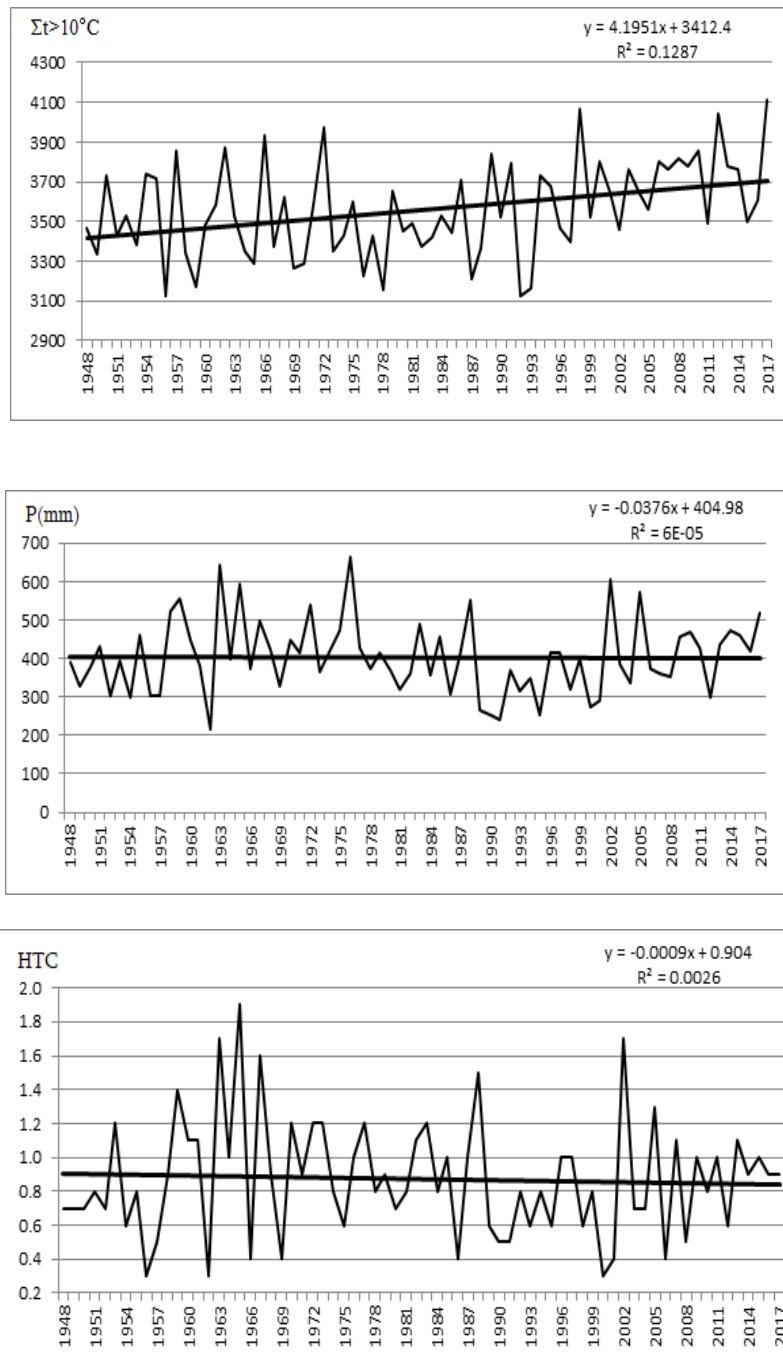


Fig. 1 The dynamics of sums of active temperatures (>10°C), precipitations (mm) and hydrothermal coefficient (Mtskheta)

The tendency of increase of the sum of active temperatures and decrease of atmospheric precipitations and hydrothermal coefficient was revealed according to trends. By the agro-climatic characteristics, calculated from trends equation, increase of the sum of active temperatures in dry subtropical zone in 1948-2017 was 289°C, in mountain and high-mountain zones - 216°C and 286°C respectively. The sum of atmospheric precipitations in dry subtropical zone decreased by 3mm, while in mountain and high-mountain zones - by 19 and 113mm respectively.

It must be mentioned that there is not any scientifically approved experience on the changing of agro-climatic indices of vine development and productivity on the given region under the climate changing conditions [10]. Accordingly the agro-climatic characteristics of Mtskheta-Mtianeti dry subtropical, mountain and high-mountain zones following the future scenario (2020-2049), in case of air temperature increase by 2°C, are presented (Table 2).

Table 2 The agro-climatic characteristics of Mtskheta-Mtianeti region on the background of global warming (increase of temperature by 2°C)

| Zones of Mtskheta-Mtianeti region | Meteo-station, height a.s.l. (m) | Date of the change of air temperature >10°C | Date of the change of air temperature <10°C | Duration of the vegetation period (days) | The sum of active temperatures (>10°C) |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|--|--|
| Dry subtropical | Mtskheta, 460 | 31.III | 7.XI | 221 | 3986 |
| Mountain | Dusheti, 922 | 9.IV | 31.X | 205 | 3581 |
| High-mountain | Kazbegi, 1744 | 12.V | 1.X | 142 | 2088 |

From tables (1, 2) is clear that increase of the air active temperature above 10°C in dry subtropical zone of Mtskheta-Mtianeti happens in 8.IV (basic), and decrease of the temperature below 10°C - in 26.X (Table 1). Predictable by the scenario increase of temperature by 2°C will change the date of 10°C limit prevailing and it will happen in 31.III; the fall of the temperature below the same limit comes in 7.XI (Table 2). Evidently, increase of the temperature by 2°C in spring will cause its rise above 10°C 8 days earlier, and in autumn decrease of the temperature below 10°C will happen 12 days later, compared to the basic date. Accordingly, the vegetation period in the given zone becomes longer by 20 days (from 201 days period to 221 days). In case of prolongation of the vegetation period (by 20 days) of the studied zone, according to the future scenario (2020-2049), the increase of the sum of active temperatures (>10°C) will make 444°C. This amount of temperatures sum will be favorable for normal growth and development and fruit ripening of experimental varieties of grape vine, under the normal humidity of soil.

In the mountain zone of Mtskheta-Mtianeti region the increase of air active temperature above 10°C in spring is observed on April 18 (basic date) (Table 1), while the rise of temperature by 2°C will change the date to 9.IV (Table 2). In autumn the decrease of temperature below 10°C stops on 20.X (basic), while temperature increase by 2°C will cause this event on 31.X. Thus, the mentioned events in spring will take place 9 days later (basic) and will finish 11 days earlier in autumn. Accordingly, in the mountain zone of the region the vegetation period will be prolonged by 20 days (from 185 to 205 days). Following the future scenario (rise by 2°C) the increase of sum of the active temperatures will make 486°C.

The global warming influences the agro-climatic characteristics of the high-mountain zone. The increase of air active temperature above 10°C in spring is observed on 21.IV, while in autumn the decrease of the temperature below 10°C happens on 22.IX (Table 1). Predictable by the scenario the increase of temperature by 2°C in spring will cause the rise of temperature above 10°C on 12.V, and in autumn - its decrease below 10°C on 1.X (Table 2). According to Tables (1, 2) following the scenario the temperature rise above 10°C in spring will began 9 days earlier, and its decrease below 10°C - 9 days later. Thus, the vegetation period in the high-mountain zone will change significantly and will be prolonged by 18 days (from 124 to 142 days). The sum of the active temperatures is also raised and reaches 460°C.

If the tendency of enhancement of the active temperatures sum continues in future, the sum of temperatures in dry subtropical zone 4-5 decades later may reach 3900-4000°C or more; in mountain zone - 3400-2500°C and more; and in high-mountain zone - 1900-2000°C and more.

According to above mentioned the tendency of precipitations decrease in the given zones is observed. Therefore, additional water supply will be necessary in dry sub-tropical zone during the active vegetation period (VI-VIII). For the cultivation of corresponding varieties of grape vine by the altitudinal gradient in Mtskheta-Mtianeti region three agro-climatic zones has been distinguished [11, 12].

I - zone comprises the dry subtropical territory, at 600 m above sea level. The sum of active temperatures above 10°C makes 3651°C (basic) here, while according to the future scenario (2020-2049), in case of temperature rise by 2°C it will become 4211°C. Under this conditions cultivation of medium and early ripening varieties of grape is possible. The given zone is less provided for atmospheric precipitations during the active vegetation period (VI-VIII). That is why additional supplying with water is necessary for effective development of the mentioned varieties.

II - zone distributes till 1000 m above sea level. The sum of active temperatures (>10°C) makes 2917°C (basic), while in case of temperature rise by 2°C it will become 3362°C. Given temperatures are favorable for the distribution

and industry of varieties with middle (at 1300-1400 m) and late (at 1100-1200 m) ripening periods. The sum of the atmospheric precipitations in the period of active vegetation (VI-VIII) makes 180 mm, which is not enough for the normal development and productivity. Therefore, supply of the root system with water is necessary (soil watering and cultivation).

III - zone comprises mountain territories and expands from 1000 m till 1500m above sea level. The average sum of active temperatures ($>10^{\circ}\text{C}$) is 2184°C , while in case of temperature rise by 2°C , according to the future scenario, it will become 2512°C . By these temperature characteristics cultivation of grape varieties is possible till 1300-1400 m. The sum of atmospheric precipitations in the period of active vegetation is 215 mm, which is satisfactory for vine development and productivity.

Conclusion. The agro-climatic conditions characteristic for Mtskheta-Mtianeti region of east Georgia are responsible for the distribution of various vine varieties here. Maximally effective application of the potential of micro-zones of vine distribution, for the purpose of their further widening, is of great importance; because the possibilities for cultivation of new vineyards is much higher, than it is really presented. The agro-climatic zones of grape vine distribution, distinguished by the agro-climatic characteristics make possible to produce different quality and purpose wines in future.

According to the future scenario (2020-2049), in case of temperature rise by 2°C in the agro-climatic zones of grape vine distribution the increase of sums of active temperatures ($>10^{\circ}\text{C}$) and prolongation of the vegetation periods will not have any negative effect on the normal growth and development of the vine; as well as on the full maturity of fruits, under the suitable humidity of soil. The raised temperatures (if it does not prevail the level predicted by scenario), will be especially positive for those zones, where the temperature supply is limited. Corresponding translocation of the varieties is needed to avoid the negative influence of temperature increase on the development and productivity of grape vine under the conditions of climate change; otherwise long term changes in temperature regimen will be negatively reflected on the yield.

References

1. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of global warming on the near surface air temperature field in Georgia. Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, 2012, 6, №3, pp. 55-60
2. Meladze G., Meladze M. Estimation of agroclimatic potential of Mtsheta-Mtianeti region. Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, 2013, v. 119, pp. 87-90
3. Meladze G., Meladze M. Perspective vine propagation zones in Georgia considering expected global climate change. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 2005, v. 172, №2, pp. 304-305
4. Meladze G., Meladze M., Elizbarashvili N., Meladze G. Global Warming: changes of agroclimatic zones in humid subtropical, mountainous and high mountainous regions of Georgia. International Journal of Current Research, India, 2016, v.8(7), pp. 35403-35409
5. Meladze G., Meladze M. Climate Change: Agroclimatic Challenges and Prospects in Easter Georgia. Tbilisi, Publ. house „Universal”, 2020, Tbilisi, 200 p.
6. The Third National Communication Climate Change of Georgia, UNDP. 2015, 288 p.
7. Meladze M., Meladze G. Distribution of Grapevine Culture and Global Warming in Georgia. International conference workbook of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia, 2017, pp. 172-178
8. Meladze G., Meladze M. Agroclimatic Resources of Eastern Regions of Georgia. publ. „Universal”, Tbilisi, 2010, 293p.
9. Gogitidze V., Meladze G., Meladze M. Kolkheti - unique agroclimatic zone of wine growing and winemaking. V. Bagrationi Institute of Geography, TSU, 2014, v. 6(85), pp.146-152
10. Gogitidze V., Meladze M. Agroclimatic potential of wine growing and winemaking of Shida Kartli. Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, 2014, v. 120, 36-40
11. Meladze G., Meladze M. Distribution of different varieties of vine with account of global warming on the territory of Georgia. Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, 2013, v.7, №1, pp. 105-108
12. Meladze M., Mamasakhlishashvili L., Ujmajuridze L., Migliaro D., Domanda C., Rustioni L. Neglected cultivars for the Mtskheta-Mtianeti region (East Georgia): ampelography, phenology, and agro-climatology. Journal of Grapevine Research - Vitis, vol. 62, №2, 2023, pp.75-84

უაკ:551.583

კლიმატის ცვლილება: ვაზის ჯიშების აგროკლიმატური ზონირება აღმოსავლეთ საქართველოში (მცხეთა-მთიანეთის მაგალითზე /მელაძე გ., მელაძე მ./ სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული-2024.- ტ.135.-გვ.44-49. -ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ. საქართველოს ტერიტორიაზე ვაზის ჯიშების სივრცობრივ განაწილებას კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გათვალისწინებით გარკვეული თავისებურება გააჩნია. მრავალწლიური (1948-2017) მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების საფუძველზე, აღმოსავლეთ საქართველოს მცხეთა-მთიანეთის რეგიონისათვის, გამოთვლილია და დადგენილია აქტიურ ტემპერატურათა (10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰიდროთერმული კოეფიციენტების (ჰთკ) მატება/კლების ტენდენციები. კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით, მომავლის სცენარის მიხედვით (2030-2050 წწ), ტემპერატურის 2°C -ით მატებისას დადგენილია, რომ აქტიური ტემპერატურის ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$) მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში იზრდება $440-480^{\circ}\text{C}$ -ით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გამოყოფილია ვაზის ჯიშების გავრცელების აგროკლიმატური ზონები, რომლებიც 200-300 მეტრით მაღლაა არსებულ ზონებთან შედარებით. ჩატარებული კვლევების ანალიზიდან ირკვევა, კლიმატის ცვლილება ნეგატიურ გავლენას ვერ მოახდენს მევენახეობის აგროკლიმატურ ზონებზე, თუ იგი აღნიშნულ სცენარში გათვალისწინებულ ტემპერატურას არ გადააჭარბებს.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-50-53

უკ. 551.513.511.509

ანთროპოგენური ფაქტორის როლის მოდელური შეფასების მეთოდიკა დედამიწის ზედაპირის მოსილობაზე

ზ.ხვედელიძე, მ.ტატიშვილი, ი.სამხარაძე, ნ.ზოტიკიშვილი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

zurab.khvedelidze@tsu.ge

შესავალი. დედამიწაზე მრავლად არსებობს ისეთი მიკრო რეგიონები, რომლებშიც განვითარებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების დინამიკის შესწავლა აქტუალურია და დიდი პრაქტიკული ღირებულება აქვს. ცივილიზებული ცხოვრების განვითარებისას ადამიანი ნებისთნეულად უნებლიეთ, თანამედროვე მეთოდებით და ტემპით უარყოფით გავლენას ახდენს ეკოლოგიურ პროცესებზე. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ლოკალურ ოროგრაფიულ ტერიტორიაზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგების ანალიზი. ასეთ რეგიონებს მიეკუთვნება სხვადასხვა ქვაბურები, სატრანსპორტო გზები, ღია კარიერული სამუშაო უბნები, ჰესების მშენებლობის ტერიტორია. მითითებულ მიდამოებში ლოკალური მოვლენების შესწავლისათვის სასურველია შემუშავებული იქნას შესაბამისი საანგარიშო მეთოდიკა, რომელიც მათემატიკური მოდელირებით დაასაბუთებს ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგებს [1,2,3].

თეორია. სტატიაში დასმული პრობლემის გადასაწყვეტად გთავაზობთ ერთერთ მოდელურ მიდგომას ე. წ. წრფივი ანალოგიის მეთოდს. ამ მეთოდის გამოყენებისათვის აუცილებელია რაც შეიძლება დიდი დროით, მეტეოროლოგიური ელემენტების უწყვეტი დაკვირვებების მოპოვება ლოკალურ რელიეფზე რაიმე სახის ზემოქმედებამდე და ზემოქმედების შემდეგ (მინიმუმში 15 წელი ანთროპოგენურ ჩარევამდე და ჩარევის შემდეგ), მათი დამუშავება და ანალიზი. ცხადია, ეს ანთროპოგენური ჩარევა გავლენას მოახდენს ადგილობრივ კლიმატზე. ლოკალური ეფექტები შედარებით სწრაფად აისახება კლიმატის ცვლილებაზე და მიმდინარე ამინდზე, ამიტომ ამ პრობლემის შეფასება და შესწავლა ძალზე საჭიროა და მუდამ აქტუალურია. მეთოდიკა გამოიყენება ლოკალურ რეგიონის კლიმატურ თავისებურებებზე სხვადასხვა სახის ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგების შეფასების მიზნით. იგი იძლევა მომავალში პროგნოზირების საშუალებასაც. ოროგრაფიული პარამეტრების შეფასებისათვის ცენტრალური პუნქტის (სადგურის) ოთხივე მიმართულებით (აღმოსავლეთ, დასავლეთი, ჩრდილოთ, სამხრეთი) უნდა მოიძებნოს მეტეოსადგურები, განისაზღვროს მათი სიმაღლეები და მათ შორის მანძილები.

შერჩეულ სადგურებზე ატმოსფერული წნევის მაქსიმალური მნიშვნელობით უნდა გამოითვალოს მოცემული რეგიონისთვის რელიეფის მახასიათებელი პარამეტრები:

$$a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}, \quad b = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial y} \quad (1)$$

სადაც $\eta = \frac{p_z}{p_0}$ არის დროზე დამოუკიდებელი რელიეფის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრი, p_z – წნევის მნიშვნელობა მთის წვერზე; p_0 – სტანდარტული წნევა ზღვის დონეზე. ქარის ვერტიკალური სიჩქარე კი განისაზღვრება ოროგრაფიული იაკობიანით [1,6]:

$$W_h = \frac{1}{0.71\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} b - \frac{\partial p}{\partial y} a \right) H$$

a, b, W_h სიდიდეების განსაზღვრა კონკრეტული ლოკალური რეგიონისათვის წარმოადგენს კვლევის ერთერთ ძირითად მიზანს.

რელიეფის ამსახველი პარამეტრების გამოსათვლელად გვეცოდინება რა შერჩეულ რეგიონზე ოთხივე მიმართულებით მითითებულ მეტეოსადგურებს შორის მანძილი და წნევის მნიშვნელობები, გამოვთვლით პარამეტრების სიდიდეებს. საანგარიშო ფორმულებს აქვთ სახე:

$$a = 2,3 \left[\frac{\lg P(B)_z}{\Delta x} - \frac{\lg P(A)_z}{\Delta x} \right]$$
$$W_h = \frac{1}{0.71\rho} \left[\frac{P_z(A) - P_z(B)}{\Delta x} \cdot a - \frac{P_z(C) - P_z(D)}{\Delta y} \cdot b \right] H,$$

სადაც $l = 1,4 \frac{10^{-4}}{\text{მმ}}; \rho = 1,3 \text{ კგ/მ}^3$,

სადგურების განლაგების სქემა ასეთია:

A(აღმ) ← Δx → B(დას), C(ჩრ) ↑ Δy ↓ D(სამხ); H=1000მ (მინიმუმი).

კლიმატის ცვლილების თვალსაზრისით აუცილებელია გაანალიზებულ იქნას შერჩეულ რეგიონზე მეტეოროლოგიური პროცესების თავისებურებანი და ოროგრაფიის სახე ცვლილების შემდეგ. გამოსაკვლევი როგორ შეიცვლება კლიმატური პირობები შერჩეული რეგიონისთვის. ეს ცვლილება პირველ რიგში თავს იჩენს ჰაერის ნაკადის ტურბულენტურ ბუნებაზე, მის ცირკულაციურ რეჟიმზე, ალბედოზე, დედამიწის ზედაპირის გამოსხივებაზე და აქედან გამომდინარე გარემოს გაჭუჭყიანების ხარისხზე. გარემოზე ზემოქმედების დადებითი ან უარყოფითი შედეგები გამოვლინდება ათეული წლის შემდეგ, თუმცა ყოველდღიურ ამინდზეც მოახდენს თავისებურ გავლენას. ამასთან კონკრეტული შემთხვევისათვის მეტად აქტუალურია ერთი გარემოება - ეს ეხება დედამიწის მიკრო ტერიტორიის ზედაპირის რელიეფის შეცვლას, რომელიც ძირითადად დაკავშირებულია წიაღისეული პროდუქციის მოპოვებასთან და სხვადასხვა სახის მშენებლობასთან. ისმის კითხვა რამდენად მოქმედებს რელიეფის ასეთი მნიშვნელოვანი შეცვლა ადგილის კლიმატზე. ამ კითხვაზე პასუხისთვის პირველ რიგში აუცილებელია განსახილველ რეგიონზე მოპოვებული იქნას ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტების მონაცემები. შემდეგ საჭიროა განხორციელდეს უმარტივესი მიდგომა ე. წ. წრფივი ანალოგიის-რეგრესიის მეთოდის გამოყენებით. მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: მოპოვებული მასალა დროის მიხედვით უნდა დაიყოს მინიმუმ ათწლიან პერიოდებად (უკიდურეს შემთხვევაში ხუთწლიან პერიოდებად). დროის თითოეულ პერიოდში შეფასდება ყველა ძირითადი ელემენტის საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები. განისაზღვრება თითოეული ელემენტის სხვადასხვა მახასიათებელ სიდიდეებს შორის წრფივი კავშირი. მათემატიკურად შეფასდება სათანადო ანალოგიის კოეფიციენტი და დადგინდება ელემენტის ცვლილების ხასიათი. ასეთი მიდგომა შეიძლება გამოისახოს მარტივი დამოკიდებულებით:

$$f_{ათწ. შემოქმედება} = f_{ათწ. შემოქმედება} + \Delta f \quad (2)$$

Δf-ის შეფასებისათვის (f ნებისმიერი კლიმატური მახასიათებელია) აუცილებელია მოპოვებული იქნას რაც შეიძლება ხანგრძლივი პერიოდისათვის ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტების შესაბამისი საშუალო მნიშვნელობები. მაგ. ავიღოთ დროის პერიოდი 1980 წლიდან დღემდე. დროის აღნიშნული შუალედი უნდა დაიყოს ათწლიან შუალედებად (უკიდურეს შემთხვევაში ხუთწლიანად). თითოეული პერიოდისათვის Δt- დროში უნდა განისაზღვროს სხვადასხვა გრადაციებით აბს. მაქსიმალური, აბს. მინიმალური და საშუალო სიდიდეები. ეს გამოთვლები უნდა ჩატარდეს ორჯერ, რელიეფის შეცვლამდე და რელიეფის ფორმის შეცვლის შემდეგი პერიოდისათვის. უნდა დაიწეროს არანაკლებ სამუცნობიანი წრფივი განტოლებათა სისტემა, ცალკეული სამი დროითი პერიოდისათვის მოცემული ელემენტის საშუალო, მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებისათვის: მაგ. დროის პირველი ათწლეულისათვის გვექნება $\Delta f^1 = a_1 f_{საშ}^1 + b_1 f_{საქ}^1 + c_1 f_{საბ}^1$ ანალიგიურად დავეწეროთ შერჩეული მეორე პერიოდისათვის $\Delta f^2 = a_1 f_{საშ}^2 + b_1 f_{საქ}^2 + c_1 f_{საბ}^2$ (3) და მესამესთვის $\Delta f^3 = a_1 f_{საშ}^3 + b_1 f_{საქ}^3 + c_1 f_{საბ}^3$.

ამრიგად, მივიღეთ სისტემა სამი განტოლების სამი უცნობით a_1, b_1, c_1 ,

$$\begin{aligned} \Delta f^1 &= a_1 f_{საშ}^1 + b_1 f_{საქ}^1 + c_1 f_{საბ}^1 \\ \Delta f^2 &= a_1 f_{საშ}^2 + b_1 f_{საქ}^2 + c_1 f_{საბ}^2 \\ \Delta f^3 &= a_1 f_{საშ}^3 + b_1 f_{საქ}^3 + c_1 f_{საბ}^3 \end{aligned} \quad (3)$$

(3) განტოლებათა სისტემა ამოიხსნება ცნობილი მეთოდებით, მაგ. კრამერის ფორმულით [4], ასეთივე მეთოდით გავაგრძელებთ გამოთვლებს დროის შემდეგი სამი ქვეპერიოდისთვის. ამასთან იგულისხმება რომ ყოველ 10 წელიწადში მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვლილება ერთი ბუნებისაა. ფიზიკური მოსაზრებების საფუძველზე, მარცხენა მხარეში სამივე სიდიდე (მითითებულ დროითი შუალედისათვის) დაკვირვებული ექსტრემალური მონაცემებით განისაზღვრება. პირველ მიახლოებით აიღება ექსტრემალური მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკული.

მაგ. ტემპერატურისათვის:

$$aT_{max} + bT_{min} + cT_{cr} = \Delta T \quad (4)$$

$$aT_{max} + bT_{min} + cT_{cr} = \Delta T \quad (ბ) \quad (4)$$

$$aT_{max} + bT_{min} + cT_{cr} = \Delta T \quad (გ)$$

ამ განტოლებების მარჯვენა მხარეს დროის პირველი ათწლეულისათვის სიდიდეები განისაზღვრება ექსტრემალური მნიშვნელობის საშუალო არითმეტიკულით $\Delta T(\lambda) = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$. ანალოგიურად განისაზღვრება მეტ. სიდიდეები ყველა ათწლეულისათვის. თითოეული ოცდაათწლიანი პერიოდისათვის (ან თხუთმეტწლიანი) მივიღებთ a, b, c კოეფიციენტების მნიშვნელობებს. განვსაზღვრავთ თითოეული მათგანის მრავალწლიან საშუალოს და შევავსებთ ცვლილების ტენდენციას. ანთროპოგენური ზემოქმედების შეწყვეტის დროიდან ამ ე.წ. წონითი (რეგრესიის) კოეფიციენტების გათვლილი მნიშვნელობების მიხედვით შეფასდება ლოკალურ რეგიონზე ზემოქმედების შედეგების ბუნება, ჩატარდება სათანადო ანალიზი, გაცივმა შესაბამისი რეკომენდაცია და მოხდება მომავალი კლიმატის პროგნოზული გათვლები [5,6,7].

გვეცოდინება რა Δf სიდიდე შეიძლება განხორციელდეს პროგნოზული მიდგომა

$$f_{პროგ} = f_{ზემოქმედება} \pm \Delta f_{პროგ} \quad (5)$$

სასურველია შევადაროთ ერთმანეთს ხუთწლიანი, ათწლიანი და თხუთმეტწლიანი შედეგები იმის გათვალისწინებით, რომ a, b, c სიდიდეები ამ პერიოდში ინარჩუნებენ ერთნაირ მნიშვნელობებს. ითვლება რომ მეტეოროლოგიური ველების ცვლილების ხასიათი ყველა ათწლეულში (ხუთ წლეულში) ერთნაირია ე. ი. a, b, c უცვლელია. კოეფიციენტების მნიშვნელობები ხანგრძლივი პერიოდების პროცესებთან არის დაკავშირებული (ასტრონომიული, გეოლოგიური) და საანგარიშო დროის განმავლობაში მყისიერი, ძლიერი მოვლენების არარსებობასთან (მეწყერები, მდინარეთა კალაპოტების შეცვლა). მოყვანილი თეორია სიახლეა და სასურველია მისი ოპერატიულ პრაქტიკაში დანერგვა. უახლოვეს მომავალში სასურველია მომზადდეს მოყვანილი საანგარიშო მეთოდის პროგრამული (კომპიუტერული) ვარიანტი. მიეცეს მას პრაქტიკული გამოყენებისათვის მარტივი სახე, ნებისმიერ დაინტერესებულ პირისა თუ დაწესებულებისათვის.

დასკვნა.

ნაშრომში მოყვანილია დეტალური მეთოდისა თუ როგორ უნდა შეფასდეს ლოკალური რელიეფის ტერიტორიაზე ხანგრძლივი დროით ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენა კლიმატის ცვლილებაზე. ასევე გადმოცემულია ოროგრაფიული პარამეტრების განსაზღვრის საანგარიშო ფორმულები. ასეთი მიდგომა ახალი და ორიგინალურია. იგი იძლევა საშუალებას შეფასდეს რეგიონის ოროგრაფიული მახასიათებლები და კლიმატური თავისებურებების ცვლილება რელიეფზე სხვადასხვა სახის ხელოვნური ზემოქმედების შემდეგ. მეთოდის შინაარსი მარტივია და ადვილად გამოსაყენებელი. საანგარიშო მეთოდისა სასურველია დაინერგოს სათანადო კვლევითი ინსტიტუტების პრაქტიკაში.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Khvedelidze Z. (2018) „Dynamics of regional microcirculation atmospheric processes on the mountain territory”. Publishing House of Hydrometeorological Institute of Technical University of Georgia, monograph . Tbilisi. P.p.105
2. Khvedelidze Z, Zotikishvili N., (2021) "Study of the dynamics of the turbulent flow of air in the ground layer of the atmosphere during the change of microrelief".. Georgian electronic scientific journal "Physic" (<http://gesj.org.ge/physic/>; No1(25). P.p. 42–51.
3. Khvedelidze Z. (2021) "Short scientific reference". Publishing House of Hydrometeorological Institute of Technical University of Georgia, Tbilisi. 2021. p. 90 .
4. N. Kakhniashvili (1982) "Algebra" Publishing House of Tbilisi State University. Tbilisi. P.p.303.
5. Giorgi Meladze, Maia Meladze (2020) „CLIMATE CHANGE: AGROCLIMATIC CHALLENGES AND PROSPECTS IN EASTERN GEORGIA” Institute of Hydrometeorology. P.p.199.
6. Khvedelidze, Z., Tatishvili, M., Samkharadze, I., Zotikishvili, N. Nebieridze N. (2023) „Study of Terrain Influential Parameters on the Dynamics of Local Atmospheric Processes “. International Scientific Conference "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Tbilisi, p.p. 113-116.

7. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutaladze N. (2023) „WEATHER, CLIMATE AND THEIR CHANGEREULARITIES FORTHE CONDITIONS OF GEORGIA”. Publishing House “UNIVERSAL”, Tbilisi, p.p. 405

UDC: 551.513.511.509

The method of model assessment of the role of anthropogenic factor on the surface area of the earth /Zurab Khvedelidze, Marika Tatishvili, Inga Samkharadze, Nanuli Zotikishvili/ Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. - pp.50-53. - Georg., Summ. Georg., Eng. It is especially important to assess the climate change in the area of the local relief in the long-term anthropogenic impact. Such artificial intervention is carried out on various types of (automobile or railway) truss and power plant construction, as well as on open pit works. Clearly, this anthropogenic intervention will affect the local climate and ultimately manifest itself in microclimate and weather changes. The micro-orographic influence has a relatively quick impact on climate change, so the assessment of this problem is very practical, necessary and relevant.

Key words: anthropogenic, climate, orography, model parameters.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-54-58

უკ. 551.583

კლიმატის ცვლილების გავლენა წყინვის მახასიათებელ პარამეტრებზე სამცხე-ჯავახეთის მხარეში.

ნ.კაპანაძე, მ.ტატიშვილი, ი.მკურნალიძე, ა.ფალავანდიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
knaili1990@gmail.com; n.kapamadze@gtu.ge

რეზიუმე

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების 2007-2022 წწ. მონაცემების მიხედვით შესწავლილია სხვადასხვა სიმძლავრის წყინვების ინტენსივობის განაწილება. დადგენილია საკვლევ პერიოდში გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წყინვის დადგომის თარიღების ნაადრევი, საშუალო და ნაგვიანები მნიშვნელობები, გამოვლენილია 2007-2022 წწ. პერიოდში 1951-1965 წწ. პერიოდთან შედარებით წყინვის საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლება გაზაფხულის ბოლო წყინვისთვის 1-14 დღით უფრო წინ, ხოლო შემოდგომის პირველი წყინვისთვის 7-10 დღით უფრო გვიან, რამაც გაზარდა უყინვო პერიოდებისა და, შესაბამისად, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობები 11-21 დღით, რაც 10-17 %-ს შეესაბამება. გამონაკლისს წარმოადგენს ახალციხე, სადაც დაიკვირვება უყინვო პერიოდების შემცირება 15 (9%) დღით. გამოვლენილია კლიმატის ცვლილების ფონზე უყინვო პერიოდების ზრდის ტენდენცია და ამ პერიოდების არქტიკულ ოსციაციაზე დამოკიდებულება.

საკვანძო სიტყვები: წყინვა, უყინვო პერიოდი, წყინვის ინტენსივობა, არქტიკული ოსციაცია.

შესავალი

სამცხე - ჯავახეთი საქართველოს სამხრეთით მდებარეობს და მკვეთრად გამოხატულ აგრარულ რეგიონს მიეკუთვნება. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნახევარზე მეტს სამოვრები და სახნავი მიწები წარმოადგენს. დანარჩენი ფართი განაწილებულია სათიბი და დაუმუშავებელი მიწების კატეგორიასა და მრავალწლიან ნარგავებს შორის. მიუხედავად იმისა, რომ რეგიონის პროდუქტიულობის საშუალო მაჩვენებლები ქვეყნის საშუალო მაჩვენებლებზე მაღალია როგორც მემცენარეობაში, ასევე მეცხოველეობაში, არსებული პოტენციალის მხოლოდ მესამედია გამოყენებული [1], თუმცა სამცხე-ჯავახეთს, თავისი პოტენციალით, შეუძლია დიდი როლი შეასრულოს საქართველოს ეკონომიკაში.

ცნობილია, რომ ამ მხარისათვის დამახასიათებელი ტრადიციული ძველი დარგები - მეხორბლეობა და მევენახეობა საბჭოთა პერიოდში მთლიანად მოისპო და რეგიონის მთავარ მიმართულებად ძირითადად, მეხილეობასთან ერთად დღემდე ბოსტნეულისა და კარტოფილის წარმოება დარჩა.

მიუხედავად იმისა, რომ რეგიონში ხელსაყრელი კლიმატი და ნაყოფიერი ნიადაგებია, ასევე ხელმისაწვდომია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და სახელმწიფო პოლიტიკის მიერ სოფლის მეურნეობაც პრიორიტეტად არის აღიარებული, სხვა სუსტ მხარეებთან ერთად (სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაბალი მოსავლიანობა, სოფლის მეურნეობის და გადამამუშავებელი ობიექტების ნაკლებობა, წარმოებული პროდუქციისათვის გასაღების ბაზრების დეფიციტი, საირიგაციო ინფრასტრუქტურის ცუდი მდგომარეობა, წარმოებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების არასაკმარისი ხარისხით გამოყენება და სხვ.), რეგიონის სოფლის მეურნეობის წარმატებით განვითარების ერთ-ერთ ძირითად გამოწვევად მოკლე ვეგეტაციური პერიოდი ითვლება. გასული საუკუნის 70-იანი წლების მასალებზე დაყრდნობით ჩატარებული კვლევების შედეგების მიხედვით, ადრეული მოყინვის შემთხვევები რეგიონში ქვეყნის საშუალო მაჩვენებელს მნიშვნელოვნად აღემატება, რაც რეგიონის დამახასიათებელი კულტურების მაღალი და გარანტირებული მოსავლის მიღების ერთ-ერთ ხელისშემშლელ პირობად შეიძლება ჩაითვალოს.

ჩვენს მიზანს შეადგენს გავარკვიოთ, რა მდგომარეობაა ამჟამად საკვლევ რეგიონში. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე შეიცვალა თუ არა წყინვის მახასიათებელი პარამეტრები და თუ შეიცვალა როგორია ამ ცვლილების რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

ჩვენს მიერ დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად შევეცადეთ, გარემოს ეროვნული სააგენტოდან, სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის (ახალციხე, ახალქალაქი, ბაკურიანი, ბორჯომი) მიღებული 2007-2022 წწ. მონაცემების მიხედვით, შეგვესწავლა გვიანი გაზაფხულისა

და ადრეული შემოდგომის წაყინვების ინტენსივობა, შეგვეფასებინა კლიმატის ცვლილების გავლენა გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვების დადგომის თარიღებსა და უყინვო პერიოდების, როგორც კლიმატის ცვლილების ტემპერატურული მახასიათებლის, საშუალო, უმცირეს და უდიდეს მნიშვნელობებზე 2007-2022 წწ. და 1951-1965 წწ. პერიოდების შესაბამისი მონაცემების შედარების გზით [2,3]. ასევე გვინდოდა შეგვეფასებინა, რამდენად განსაზღვრავს გლობალური კლიმატი ჩვენი საკვლევი რეგიონის კლიმატს, არქტიკული ოსცილაციის (AO) ინდექსების ამსახველი გრაფიკის (ე.წ. შაბლონის), დადებითი და უარყოფითი გადახრების შედარებით სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის უყინვო პერიოდების, როგორც კლიმატის ცვლილების ტემპერატურული მაჩვენებლის ამსახველ გრაფიკის მსვლელობასთან.

ძირითადი ნაწილი, კვლევის შედეგები და განხილვა.

ცხრ.1-ში მოცემულია წაყინვის ინტენსივობის ცვლილება სამცხე - ჯავახეთის რეგიონში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების 2007-2022 წწ. მონაცემების მიხედვით. როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკვლევ პერიოდში 122 წაყინვიანი დღე დაფიქსირდა, რომლის 69%-ს (84 დღე) შეადგენს სუსტი ინტენსივობის წაყინვები, 26%-ს (32 დღე) ზომიერი. საშუალო და ძლიერი ინტენსივობის წაყინვები დაიკვირვება მხოლოდ 3% (4) და 2% (2) შემთხვევაში შესაბამისად.

ცხრილი 1. წაყინვების ინტენსივობის განაწილება სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიაზე 2007-2022 წწ. პერიოდში

| ინტენსი- ვობა | გრადა- ცია °C | ახალციხე | | ახალქალაქი | | ბაკურიანი | | ბორჯომი | |
|------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | შემოდგ. I წაყინვა დღე (%) | გაზაფხ. ბოლო წაყინვა დღე (%) | შემოდგ. I წაყინვა დღე (%) | გაზაფხ. ბოლო წაყინვა დღე (%) | შემოდგ. I წაყინვა დღე (%) | გაზაფხ. ბოლო წაყინვა დღე (%) | შემოდგ. I წაყინვა დღე (%) | გაზაფხ. ბოლო წაყინვა დღე (%) |
| სუსტი | 0.1-(-1.0) | 11(13) | 12(14) | 9(11) | 8(10) | 11(13) | 12(14) | 9(11) | 12(14) |
| ზომიერი | -1.1-(-3.0) | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 7 | 2 |
| საშუალო | -3.1-(-4.0) | | | 2 | 1 | | | | 1 |
| ძლიერი | -4.1-(-8.1) | | 1 | | | | | | 1 |

იმავე ცხრილიდან ჩანს, რომ სუსტი ინტენსივობის წაყინვების ცვლილება ყველა სადგურისათვის თითქმის ერთნაირია და შემოდგომის პირველი წაყინვებისთვის წაყინვიან დღეთა განმეორადობა 9(11%) - დან (13%) -მდე იცვლება, ხოლო გაზაფხულის ბოლო წაყინვებისთვის ეს ცვლილება 8(10%) - 12(14%) -ს შეადგენს. შედარებით მცირეა (32 დღე) ზომიერი ინტენსივობის წაყინვების შემთხვევათა რიცხვი. რაც შეეხება საშუალო ინტენსივობის წაყინვებს, სამცხე-ჯავახეთის საკვლევ მეტეოსადგურებზე მხოლოდ ახალქალაქსა (3 შემთხვევა) და ბორჯომში (1 შემთხვევა) დაფიქსირდა. ძლიერი წაყინვების თითო შემთხვევა აღინიშნა ახალციხესა (-5.7 °C) და ბორჯომში (-4.7°C).

ცხრ. 2-ში მოცემულია სამცხე-ჯავახეთის ზოგიერთი მეტეოროლოგიური სადგურისთვის გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღების ნაადრევი, საშუალო და ნაგვიანები მნიშვნელობები 2007-2022 წწ. პერიოდში.

ცხრილი 2. გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვის მნიშვნელობები სამცხე-ჯავახეთის მეტეოროლოგიურ სადგურებისათვის 2007-2022 წწ. პერიოდში

| სადგური | H ზ.დ. (მ) | გაზაფხულის ბოლო წაყინვის დადგომის თარიღი | | | | | შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღი | | | | |
|------------|------------------|---|------|-------|-------------|------|--|------|-------|-------------|------|
| | | ადრე- ული | წელი | საშ. | გვი- ანი | წელი | ადრე- ული | წელი | საშ. | გვი- ანი | წელი |
| ახალციხე | 982 | 10 IV | 2014 | 30 IV | 27 V | 2022 | 9 VIII | 2007 | 12X | 7 XI | 2018 |
| ახალქალაქი | 1716 | 26 IV | 2018 | 21 V | 21 VI | 2013 | 22 VIII | 2009 | 25 IX | 18 X | 2007 |
| ბაკურიანი | 1665 | 11 IV | 2014 | 10 V | 31 V | 2008 | 10 IX | 2022 | 4 X | 13 XI | 2012 |
| ბორჯომი | 794 | 28 III | 2008 | 16 IV | 27 IV | 2020 | 9 X | 2013 | 3 XI | 24 XI | 2009 |

კლიმატის ცვლილების გავლენის შეფასების მიზნით 2007-2022 წწ. პერიოდის წაყინვების საშუალო მნიშვნელობების შედარებამ 1951-1965 წწ. პერიოდების შესაბამის მნიშვნელობებთან, აღმოსავლეთ

საქართველოსთვის ჩატარებული მსგავსი კვლევების ანალოგიურად [4] გვიჩვენა, რომ გაზაფხულის საშუალო წაყინვებმა წინ გადაინაცვლა, ხოლო შემოდგომის ბოლო წაყინვების საშუალო - უფრო გვიან (ცხრილი 3). ეს გადანაცვლება შეადგენს 1, 14 და 8 დღეს შესაბამისად ახალქალაქის, ბაკურიანისა და ბორჯომისათვის გაზაფხულზე, ხოლო 9, 7 და 10 დღეს იმავე სადგურებისთვის შემოდგომაზე. გამონაკლისს წარმოადგენს ახალციხის მეტეოროლოგიური სადგური, სადაც საწინააღმდეგო სურათი დაფიქსირდა. კერძოდ, გაზაფხულზე წაყინვების საშუალო მნიშვნელობამ 7 დღით დააგვიანა, ხოლო შემოდგომაზე - 8 დღით ადრე აღინიშნა.

ცხრილი 3. გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღების შედარება პირველ (1951-1965 წწ.) და მეორე (2007-2022 წწ.) პერიოდებს შორის

| სადგური | გაზაფხულის ბოლო წაყინვის დადგომის თარიღის საშუალო მნიშვნელობა | | | შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღის საშუალო მნიშვნელობა | | |
|------------|---|----------------------------|------|--|----------------------------|------|
| | 1951-1965 წწ. (I პერიოდი) | 2007-2022 წწ. (II პერიოდი) | II-I | 1951-1965 წწ. (I პერიოდი) | 2007-2022 წწ. (II პერიოდი) | II-I |
| ახალციხე | 23 IV | 30 IV | 7 | 20 X | 12X | -8 |
| ახალქალაქი | 22 V | 21 V | -1 | 16 IX | 25 IX | 9 |
| ბაკურიანი | 24 V | 10 V | -14 | 27 IX | 4 X | 7 |
| ბორჯომი | 24 IV | 16 IV | -8 | 23 X | 3 XI | 10 |

წაყინვის საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლებამ გაზარდა უყინვო პერიოდების და შესაბამისად, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა ახალქალაქში, ბაკურიანსა და ბორჯომში, ხოლო ახალციხეში - შემცირდა, რაც დადასტურდა ცხრ. 4-ში მოცემული 1951-1965 წწ. და 2007-2022 წწ. უყინვო პერიოდების საშუალო, უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობების შედარებით.

ცხრილი 4. უყინვო პერიოდების საშუალო, უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობების შედარება პირველ (1951-1965 წწ.) და მეორე (2007-2022 წწ.) პერიოდებს შორის

| სადგური | უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის საშუალო მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%) | | | უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის უმცირესი მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%) | | | უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის უდიდესი მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%) | | |
|------------|---|-----|----------|--|-----|-----------|---|-----|----------|
| | I | II | II-I | I | II | II-I | I | II | II-I |
| ახალციხე | 179 | 164 | -15 (-9) | 154 | 95 | -59 (-62) | 214 | 202 | -12(-6) |
| ახალქალაქი | 116 | 127 | 11 (10) | 93 | 76 | -17 (-18) | 153 | 166 | 13 (9) |
| ბაკურიანი | 125 | 146 | 21 (17) | 108 | 105 | -3 (-3) | 178 | 164 | -14 (-9) |
| ბორჯომი | 181 | 200 | 19 (11) | 149 | 167 | 18 (12) | 219 | 225 | 6 (3) |

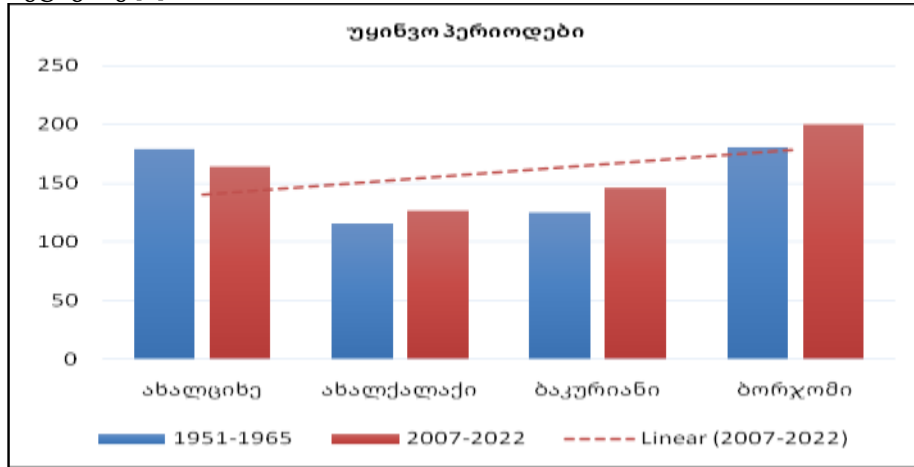
ცხრ. 4 -დან ჩანს, რომ 2007-2022 წწ პერიოდში, განვილი პერიოდთან შედარებით ახალციხის გარდა ყველა მეტეოსადგურზე უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობის საშუალო მნიშვნელობები 11-21 დღით გაიზარდა, რაც 10-17 %-ს შეესაბამება. ახალციხის მეტეოროლოგიურ სადგურზე კი 15 დღით (9%) შემცირდა. ახალციხეში უყინვო პერიოდის შემცირების ფაქტი შეიძლება აიხსნას მისი გეოგრაფიული მდებარეობითა და რელიეფის ფორმით (მდებარეობს ტექტონიკურ ეროზიულ მთათაშორის ქვაბულში), სადაც შემოდგომის პირველი წაყინვა აგვისტო - სექტემბერში, ხოლო გაზაფხულის ბოლო წაყინვა, ხშირ შემთხვევაში, მაისის თვეში ფიქსირდება.

უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობის ექსტრემალური მნიშვნელობების შედარებისას რაიმე კანონზომიერება არ გამოვლენილა. მხოლოდ ბორჯომში ჰქონდა ადგილი უყინვო პერიოდის როგორც უმცირესი, ისე უდიდესი მნიშვნელობების გაზრდას 18 (12 %) და 6 (3 %) დღით შესაბამისად.

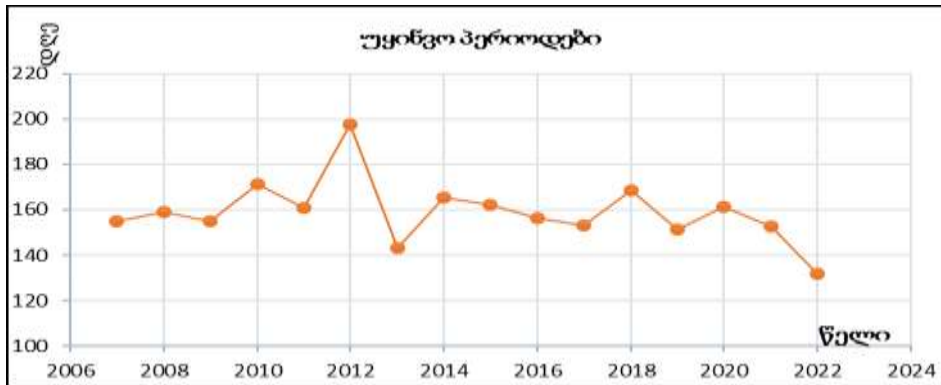
ზემოთ აღნიშნულის საილუსტრაციოდ ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია 2007-2022 წწ. და 1951-1965 წწ. უყინვო პერიოდების საშუალო მნიშვნელობების განაწილება საკვლევი მეტეოროლოგიური სადგურების მიხედვით, საიდანაც აშკარად ჩანს ცხრ. 4-ის მიხედვით ჩატარებული ანალიზის შედეგები. კერძოდ, მეორე პერიოდში, წინა პერიოდთან შედარებით დაიკვირვება უყინვო პერიოდების ზრდის ტენდენცია.

რადგან წაყინვები ძირითადად უღრუბლო წყნარ ამინდში ვლინდება და განსაკუთრებით შესამჩნევია მშრალი განედებიდან არქტიკული ჰაერის მასების შემოჭრის დროს, მსგავსად აღმოსავლეთ საქართველოში

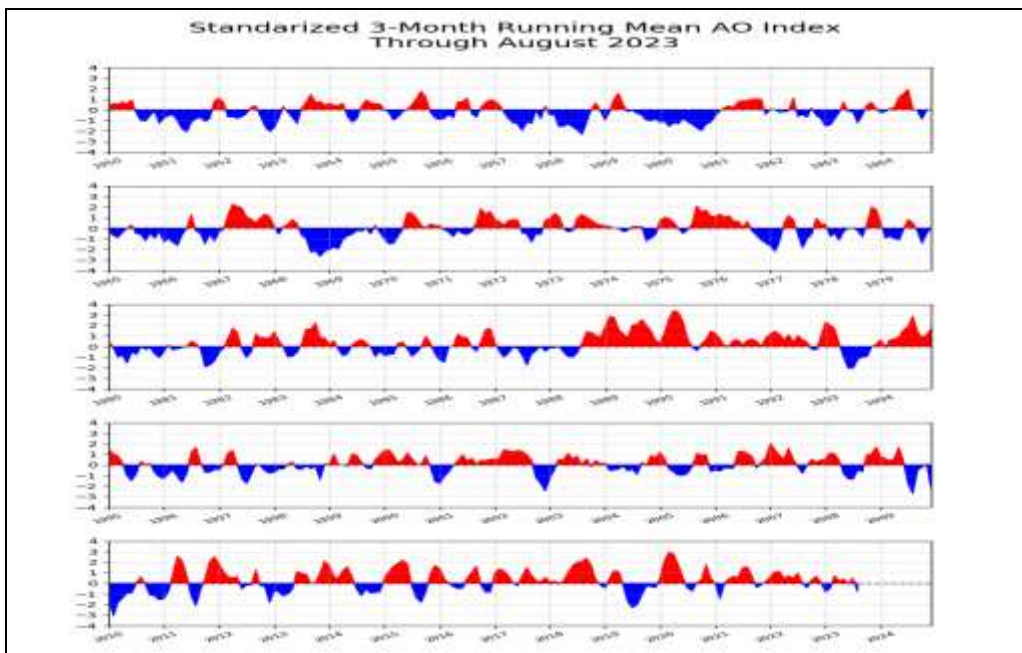
წყინვებზე ჩატარებული კვლევებისა [4], სამცხე ჯავახეთის უყინვო პერიოდები შევადარეთ არქტიკული კლიმატის მნიშვნელოვან მაჩვენებელს-არქტიკულ ოსცილაციას, როგორც შაბლონს (ნახ. 2 და ნახ. 3), რომელიც თავისი დადებითი და უარყოფითი ფაზებით განსაზღვრავს ატმოსფერული ცირკულაციის მდგომარეობას არქტიკაზე [5].



ნახ. 1. უყინვო პერიოდების ცვლილება (2007-2022 წწ.) და (1951-1965 წწ.) პერიოდებს შორის



ნახ. 2. უყინვო პერიოდების ცვლილება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში (2007-2022 წწ.).



ნახ. 3. არქტიკული ოსცილაციის ინდექსების განაწილება [5].

ნახ.2 და ნახ. 3-ის შედარება გვჩვენებს, რომ უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობა სამცხე - ჯავახეთში თითქმის პროპორციულად მიჰყვება არქტიკული ოსცილაციის დადებით და უარყოფითი ფაზებს. კერძოდ, ყოველ დადებით ფაზას შედარებით ხანგრძლივი უყინვო პერიოდი შეესაბამება (ნახ. 2). გამონაკლისს წარმოადგენს 2010 წელი, სადაც AO-ს უარყოფით ფაზის შემთხვევაში სამცხე-ჯავახეთის შედარებით ხანგრძლივი პერიოდი დაფიქსირდა. მიუხედავად ამისა, მაინც შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოს კლიმატს გარკვეულწილად გლობალური კლიმატი განსაზღვრავს.

დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგების გაანალიზების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილება გარკვეულ გავლენას ახდენს წყინვის მახასიათებელ პარამეტრებზე. ეს გავლენა გამოიხატება წყინვების დადგომის თარიღების საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლებითა და უყინვო პერიოდების, ან რაც იგივეა, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობის გაზრდით 11-21 დღით, რაც სამცხე-ჯავახეთის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი და გარანტირებული მოსავლის მიღების საფუძველზე, სოფლის მეურნეობის წარმატებით განვითარებაზე მეტყველებს.

მიღებული შედეგი დადებითად აისახება მცირე და საშუალო ფერმერებზე და, განსაკუთრებით, კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრის (REC) მუშაობაზე, რომლის მეშვეობითაც გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამა (UNEP) 2023 წლის მაისიდან ახორციელებს სამცხე-ჯავახეთში, საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ ინიცირებულ და გლობალური გარემოსდაცვითი ფონდის (GEF) მიერ დაფინანსებულ პროექტს [6]. ამ პროექტის მიზანია გადაშენების პირას მისული ადგილობრივი ახორციელებული ჯიშების მოძიება, მესხური ვაზის და მესხური ხორბლის ჯიშების შენარჩუნება, აღდგენა და ისტორიულ სამშობლოში დაბრუნება, რაც ამ რეგიონში, როგორც მევენახეობა-მეღვინეობის ისტორიულად მნიშვნელოვანი მიმართულების გაცოცხლებასა და აღორძინებას, ისე სამცხე-ჯავახეთის ტურისტული პოტენციალის გაზრდას შეუწყობს ხელს.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. www.gov.ge. Samtskhe-Javakheti Region Development Strategy for 2014-2021.
2. Handbook on the climate of the USSR, vol. 14, part I. Air temperature. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1971.
3. Handbook on the climate of the USSR, vol. 14, part II. Air and soil temperature. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1967.
4. Anomalies of frost characteristic parameters in the territory of Eastern Georgia in the background of current climate change /Naili Kapanadze, Marika Tatishvili, Irine Mkurnalidze, Ana Palavandishvili/ International Scientific Conference "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes", Tbilisi, Georgia, November 16-17, 2023, pp.175-180.
5. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.shtml.
6. <https://www.businessinsider.ge/ka/samtskhe-javakhetshi-meskhuri-vazis-terasebze-gashenebis-protsesi-itsqeba>

UDC: 551.583

Impact of climate change on the freezing characteristic parameters in the Samtskhe-Javakheti region. Naili Kapanadze, Marika Tatishvili, Irine Mkurnalidze, Ana Palavandishvili/. Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. pp. 54-58- Georg, Summ. Georg., Eng. According to the 2007-2022 weather stations data in the Samtskhe-Javakheti region, the intensity distribution of frosts of different power has been studied. The early, average and late values of the dates of the last spring and the first autumn frost in the research period have been established. In 2007-2022 period compared to the 1951-1965 one, the shift in the average values of freezing has been revealed for the last spring frosts 1-14 days earlier, and for the first autumn frosts 7-10 days later, which increased the duration of frost-free periods and, accordingly, the duration of the vegetation period by 11- 21 days, which corresponds to 10-17%. An exception is Akhaltsikhe, where the reduction of frost-free periods by 15 (9%) days will be observed. The trend of increasing frost-free periods and the dependence of these periods on the Arctic Oscillation has been revealed.

The structured data for drought evaluation in Georgia
M.Tatishvili, N.Kapanadze, A.Palavandishvili, E.Khutsishvili

Institute of Hydrometeorology of Georgian Tehnical University

m.tatishvili@gtu.ge; marika.tatishvili@yahoo.com

Abstract

The statistical analysis of the total monthly precipitation data of satellite and 50 stations located on the territory of Georgia in 2000-2020 period is presented in the paper. All data have been subjected to QC and the following statistical parameters were calculated: Pearson correlation, mean deviation, and absolute deviation, both for the entire period and for months. The programs R and R-instat are used to calculate and visualize these parameters. The satellite data are removed from the CHIRPS database and the precipitation monthly sums are removed from the CLIDATA database of the National Environment Agency. The stations where more than 50% of data were missing were rejected. In general, the spatial-temporal distribution of precipitation is heterogeneous. The correlation coefficient is in good agreement for all cases, and the absolute deviation shows data scattering, which should be related to the complex relief of Georgia, as well as the heterogeneity of data series. The results are presented in tables and graphs. Such analysis allows developing a Combined Drought Index (CDI) and corresponding drought hazard 5km resolution map. The study is important for climate change assessment, hydrometeorological disaster early warning system, as the territory of Georgia is under the risk of these events.

Keywords—Satellite data, statistical analysis, drought index. early warning system

Introduction

Drought is a frequent phenomenon in Georgia. Its frequency in some areas exceeded 40% in the 80-ies of the last century by certain early estimates. As a result of frequent droughts accompanying the global warming in past decades transformation of many types of natural landscapes has been observed. The desertification probability of steppe and semi-desert landscape of eastern Georgia by the end of the twentieth century has reached 25-30%. According to official figures, by the result of intense droughts area of over than 200 000 ha is strongly affected for present. Property damage caused by drought is very significant [4].

The main meteorological factors for drought formation are dry weather, high temperature and lack of soil producing moisture. The average time of rainless period with precipitation less than 5 mm most important for agriculture is not more than 10-15 days. Besides, the mean rainfall is not more than 200-300 mm during vegetation period on the lowlands. Nevertheless, producing moisture supply is 50-200 mm per one meter of soil that corresponds to the zone of capillary agro-hydrological humidification and full spring rainfall penetration. At the same time active air temperatures sum exceeds 4000° over 10° times, and the mean duration of continuous high temperatures more than 30° is longer than 4 hours.

In the territory of Georgia there are three kinds of drought areas distinguished according to intensity: areas of very severe, severe and moderate droughts. In the super severe drought area that covers a large territory of eastern Georgia as well as a part of western Georgia, the drought may create a critical situation - complete destruction of crops and pastures, extreme fire risk, critical state in water supply.

In the severe drought area that covers a significant territory of western Georgia and mountainous regions, during droughts in these areas loss of crops and pastures, very high fire risk and lack of water are observed.

Drought genesis in Georgia is depending on cyclonic and anticyclone motions. In first case rainy days are frequent and in second dry periods, with high temperature and low humidity of different durations have been taken place. If air masses directed from Arctic are dry and cold. They spread over long territories and stable anticyclone system is established on east-south parts of Europe. During such situation dry period happens in Georgia. If air masses are invading from east high temperature and low humidity dry weather is standing. Such periods are more brutal and dangerous [1].

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

Based on historical records Georgian territory is under drought 60% repeatability. The most drought regions are Kvemo Kartli, Shiraki and Eldari lowlands and other low parts of eastern parts of Georgia. Those regions are characterized by productive humidity shortage in soils. Two types of productive humidity stocks are common for those places: capillary moisturizing and complete spring wetting. In the first case the productive humidity stock in 1m. soil layer composes 100-200mm, and in other- 50-150mm, while in western Georgia the humidity stock doesn't exceed 400mm. Except natural factors (windy erosion and precipitation decreasing) the anthropogenic loading has significant effect on desertification process too. Namely: unmanaged use of soil, forest and water resources, soil salting.

According to the selected criteria for territory zoning in vegetation period that precipitation small amount equal or less than to 150mm, 3 zone are allocated: I – moisture saturated zone covers whole western Georgia and Highlands of eastern Georgia, upper and middle parts of Alazani river; II –sufficiently humid zone spreads over Shida Kartli valley, western regions of Kartli and adjacent territories of Algeti and Mashavera rivers and lower part of Khvirila river, III-low humidity zone covers Gardabani, Eldari, Shiraki step valleys and Akhaltsikhe Cavern [2].

21-30 dry periods are characterizing for Georgia. In Gardabani step valley such dry periods are expected 3times per year, 60 day dry period repeatability is 3% per year and 40-60 day-7%, in Black Sea regions per 10 year. 11-20 dry periods are expected 5-6 times per year in Shida and Kveda Kartli valley and 4 times in Kakheti. In Caucasus Mountains drought isn't dangerous as soil moisture content is sufficient.

Dry periods in arid eastern Georgia last for 80-100 days and ever longer. The maximal dry day duration was recorded on November 1917 and lasted till October 1918, 1986 year was distinguished by dry condition, and also dry weather lasted from May, 2000 till September in whole Georgia.

In Shiraki 150mm or less precipitation repeatability is 19%, in Gardabani-44%, in Akhaltsikhe-40%. This is caused especially by deforestation and forest cutting.

Currently due to negative anthropogenic loading (intense grazing, plowing, sowing, incorrect irrigation, etc) level significantly exceeds selfhealing capabilities of Gareja-Iori region nature, causing its degradation. Desertification process is strengthened [3]

The intention of the presented article is to analyze the collected data for environmental monitoring, for this reason the statistical analysis of precipitation monthly sum of 50 stations located on the territory of Georgia and CHIRPS satellite data for the2000-2020 year period has been conducted.

Station data was recovered from the CLIDATA database of the National Environmental Agency (NEA), which has been operating since 2014. Stations were selected based on data continuity and accuracy. After data validation on the stations where data interruption has been detected or measuring sensor transmitted incorrect information due to its malfunction were removed and not analyzed. On the 21 station the observer monitor data and except human factor the unreliability of the data is minimal, and the rest ones was operated by rain gauge produced by VAISALA [4], which by its design does not measure residual precipitation. The VAISALA weather gauges represents a new generation of weighing precipitation gauges. They represent mechanics, the latest high-accuracy load cell technology and advanced measurement control algorithms to ensure high performance, both in liquid and solid precipitation and in all weather conditions [4].

As for satellite data: CHIRPS [5] and IMERG [6] satellite monthly sum for 2000-2020 years were selected for monitoring, Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) [7] is a 35+ year quasi-global rainfall data set. Spanning 50 ° S-50 ° N (and all longitudes) and ranging from 1981 to near-present, CHIRPS incorporates our in-house climatology, CHPclim, 0.05 ° resolution satellite imagery, and in-situ station data to create gridded rainfall time series for trend analysis and seasonal drought monitoring.

METHOD

The Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) algorithm combines information from the GPM satellite constellation to estimate precipitation over the majority of the Earth's surface. This algorithm is particularly valuable over the majority of the Earth's surface that lacks precipitation-measuring instruments on the ground. Satellite data retrieved at the corresponding point in the coordinates of the NEA stations.

After data receiving we conduct inventory, which means its visualization, in order to better estimate the transmitting break, for all this we use the program R-studio and R-Instat, the latter is developed [4].

The standardized indices SPI and SPEI classify the precipitation and water balance anomalies with respect to the long term records. The index values directly indicate how frequent the current situation is expected to occur at the location and season of interest given the long term observations [4]. The SPI (standardized precipitation index)

Table 1. Statistical parameters of selected 25 stations

| Station | correlation | Mean absolute error | Standard deviation | Correlation SPI3month_CHIRPS | Correlation IMERG SPI_3month | Correlation SPI3 month_CHIRPS check |
|----------------|-------------|---------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Akhalqalaki | 0.66759 | 28.7 | 26.84318 | 0.416248 | 0.291970887 | 0.443102744 |
| Akhalsikhe | 0.460294 | 38.1 | 33.55621 | 0.352573 | 0.484119499 | 0.352572913 |
| Batumi Airport | 0.58213 | 83.2 | 112.5929 | 0.448736 | 0.340454562 | 0.448736396 |
| Borjomi | 0.641079 | 24.1 | 25.26509 | 0.244318 | 0.310999227 | 0.244318316 |
| Chokhatauri | 0.578691 | 46.6 | 66.39357 | -0.07615 | 0.165519382 | -0.076151789 |
| Gori | 0.600696 | 18.8 | 23.40047 | 0.374053 | 0.424890006 | 0.374053213 |
| Khashuri | 0.602859 | 20.7 | 25.35372 | 0.384062 | 0.356057737 | 0.384061993 |
| Mta-Sabueti | 0.331451 | 41.3 | 51.98547 | 0.300716 | 0.31919611 | 0.300716118 |
| Mukhrani | 0.670568 | 22.5 | 24.8989 | 0.235464 | -0.102300227 | 0.235464432 |
| Pasanauri | 0.633913 | 33.4 | 42.5678 | 0.290633 | 0.309023193 | 0.290632874 |
| Poti | 0.456032 | 72.8 | 111.9462 | 0.344086 | 0.375124979 | 0.344085861 |
| Qobuleti | 0.623388 | 77.5 | 102.4052 | 0.286832 | 0.363684022 | 0.286831685 |
| Qutaisi | 0.66483 | 35.2 | 45.62226 | 0.483474 | 0.201479561 | 0.483474128 |
| Sachkhere | 0.592227 | 26.6 | 34.78904 | 0.27458 | 0.441969055 | 0.27458026 |
| Sagarejo | 0.619239 | 27.7 | 37.34099 | 0.076687 | 0.233896552 | 0.076687323 |
| Senaki | 0.647958 | 47.3 | 60.19786 | 0.747709 | 0.544157721 | 0.747709077 |
| Shovi | 0.717298 | 30.0 | 36.37001 | 0.440142 | 0.34740251 | 0.440141859 |
| Tbilisi | 0.678032 | 21.1 | 28.35372 | 0.208955 | 0.236983184 | 0.208954519 |
| Telavi | 0.693299 | 26.0 | 35.45118 | 0.271435 | 0.362963042 | 0.271434581 |
| Tianeti | 0.588555 | 22.0 | 31.88968 | 0.191648 | 0.321092386 | 0.191647776 |
| Tsalka | 0.504015 | 32.4 | 39.38712 | 0.285891 | 0.353743633 | 0.285890812 |
| Zugdidi | 0.603897 | 51.9 | 62.13524 | 0.477354 | 0.417972195 | 0.477354223 |

The three month SPI-3 is calculated for data validation for both station and satellite values [7]. The SPI (standardized precipitation index) classifies the precipitation sums on a particular date with respect to the sums of the same month in all years of the measurement record. For this purpose, the precipitation sums of the whole record within one month around the respective date are transformed into a standard normal distribution around zero. The SPI is these transformed precipitation sums [8,9,10]. The SPI value directly indicates the frequency of the observed precipitation amount in the corresponding month as estimated from the whole observation record. Correlation analysis of these two data was conducted, the results obtained are lower than the original correlation, the reasons for this may be the following: satellite error, (the satellite perceives precipitation also solid precipitation), data break at the station, in this case the minimum correlation value falls down to -0.08 and the maximum increases up to 0.75 unit, of course, this index was recalculated for other periods, one month, too and the correlation value did not change, also another R-studio software was used to make sure the result reliability. In this case the correlation values did not change as well (CHIRPS satellite data were used, the 8th month of 2007 year data are missing for all stations; There are no 2010 and 2011 data at all).

Discussion

In the case of IMERG satellite data, the inventory showed that all 50 stations missed first 5-month data in 2000 and June, July in 2004. In general, judging by the fact that CHIRPS have a better Pearson correlation than IMERG, of course in comparison, even in this case we have extracted short period observation or had data breaks. The highest correlation value is recorded at the station Batumi 0.67, and the lowest - 0.01 Mta-Sabueti. Correlations between IMERG and SPI_3 stations give better results. The smallest value of CHIRPS correlation is fixed at station Mukhrani -0.10, and the largest at 0.54- station Senaki.

Based on the SPI correlations of CIRPS and IMERG satellite data, we can say that although the CHIRPS satellite data break was larger than the IMERG, the Pearson correlation index with the station data is higher than IMERG, based on which we can conclude that the CHIRPS satellite data is more valid and subject to further use.

This method is important to make CDI (combined drought index) and 5km resolution monthly drought maps which allow monitoring drought hazard full territory of Georgia. Considering the abovesaid, it is quite important to

conduct the similar analysis in order to better understand how the Earth climate is changing, what impact this change will have on people, agriculture crops and the environment.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. G.I. Chirakadze. Drought, dry period over Caucasus. Hydro.Met.Izdat. Leningrad. 1980
2. L. Papinashvili. Drought in Georgia. Transactions of the Institute of Hydrometeorology. v. 107. pp. 28-33. 2002. Tbilisi, Georgia
3. Z. Janelidze. On some reasons of desertification and climate aridization of Iori valley. Transactions of the Institute of Hydrometeorology. v 115. pp.51-56.2008. Tbilisi, Georgia
4. Marika Tatishvili, Ana Palavandishvili, Mariam Tsitsagi, Nikoloz Suknidze The Big data for drought monitoring in Georgia Springer Nature ISBN978-3-031-45600-8 Chances and Challenges of Digital Management. ISPC 2022. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45601-5_13
5. <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>
6. <https://gpm.nasa.gov/data/imerp>
7. Copernicus European Drought Observatory (EDO): <https://edo.jrc.ec.europa.eu/>
8. Marika R. Tatishvili, 1Ana M. Palavandishvili, 2Mariam B. Tsitsagi, 2Nikoloz E. Suknidze The Use of Structured Data for Drought Evaluation in Georgia Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 25(1), 2022, pp.45-51 e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127 <https://openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/4806/4980>
9. Tatishvili M., Palavandishvili A., Tsitsagi M., Gulashvili Z., Suknidze N. DROUGHT EVALUATION BASED ON SPEI, SPI INDICES FOR GEORGIAN TERRITORY International Conference of Young Scientists "Modern Problems of Earth Sciences" Proceedings, ISBN 978-9941-36-044-2, Tbilisi, Georgia, November 21-22, 2022, pp.119-121
10. Mariam Tsitsagi, Zaza Gulashvili, Nana Bolashvili, Marika Tatishvili, Nikoloz Suknidze RELATIONSHIP BETWEEN NORMALISED DIFFERENCE VEGETATION INDEX, PRECIPITATION AND DROUGHT INDICES (CASE OF KAKHETI, GEORGIA) **Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM; Sofia**, Vol. 22, Iss. 4.1, (2022). DOI:10.5593/sgem2022/4.1/s19.46

უაკ 551.576

სტრუქტურირებული მონაცემები გვალვის შეფასებისთვის საქართველოში/მ.ტატიშვილი, ნ.კაპანაძე, ა.ფალავანდიშვილი, ე.ხუციშვილი/სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული-2024-ტ.135.-გვ.59-63-ინგლ. რეზ.:ქართ., ინგლ. ნაშრომში წარმოდგენილია 2000-2020 წლებში საქართველოს ტერიტორიაზე მდებარე თანამგზავრისა და 50 სადგურის ნალექების ჯამური ყოველთვიური მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი. ყველა მონაცემი დაექვემდებარა QC-ს და გამოითვლება შემდეგი სტატისტიკური პარამეტრები: პირსონის კორელაცია, საშუალო გადახრა და აბსოლუტური გადახრა, როგორც მთელი პერიოდისთვის, ასევე თვეების განმავლობაში. პროგრამები R და R-instat გამოიყენება ამ პარამეტრების გამოსათვლელად და ვიზუალიზაციისთვის. სატელიტური მონაცემები ამოღებულია CHIRPS მონაცემთა ბაზიდან და ნალექების ყოველთვიური თანხები ამოღებულია გარემოს ეროვნული სააგენტოს CLIDATA მონაცემთა ბაზიდან. სადგურები, სადაც მონაცემების 50%-ზე მეტი აკლია, უარყოფილი იქნა. ზოგადად, ნალექების სივრცით-დროითი განაწილება არაერთგვაროვანია. კორელაციის კოეფიციენტი კარგად შეესაბამება ყველა შემთხვევისთვის, ხოლო აბსოლუტური გადახრა აჩვენებს მონაცემთა გაფანტვას, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს როგორც საქართველოს კომპლექსურ რელიეფთან, ასევე მონაცემთა სერიების ჰეტეროგენურობასთან. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებითა და გრაფიკებით. ასეთი ანალიზი საშუალებას იძლევა შემუშავდეს გვალვის კომბინირებული ინდექსი (CDI) და გვალვის საშიშროების შესაბამისი 5კმ რეზოლუციის რუკა. კვლევა მნიშვნელოვანია კლიმატის ცვლილების შეფასებისთვის, ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების ადრეული გაფრთხილების სისტემისთვის, რადგან საქართველოს ტერიტორია ამ მოვლენების რისკის ქვეშ იმყოფება.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-64-68

უკ. 551.50.501.7

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების დეგრადაციის კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების მონაცემებით
ლ. შენგელია*, გ. კორმახია*, გ. თვაური, გ. გულიაშვილი***, ს. ბერიძე*****

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო, larisa.shengelia@gmail.com,

** ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო.

*** გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო, ქ. თბილისი, საქართველო.

რეზიუმე

ნაშრომის მიზანია დასავლეთ საქართველოს მცინვარებზე კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენის დეტალური კვლევა. დასავლეთ საქართველოს მცინვარების დეგრადაცია თვალსაჩინოდ ვლინდება მცინვარული აუზების მახასიათებლების ცვლილებებში, რაც რეგიონული კლიმატის ცვლილების ეფექტური მაჩვენებელია. წარმოდგენილია ყოფილი საბჭოთა კავშირის კატალოგით აღრიცხული დასავლეთ საქართველოს 409 მცინვარის დეგრადაციის კომპლექსური კვლევის შედეგები. მცინვარების კლასიფიკაციის გათვალისწინებით. შესწავლილია დასავლეთ საქართველოს მცინვარების ფართობებისა და რაოდენობის განაწილება.

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება, კლიმატის ცვლილება, მცინვარები

შესავალი

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მცინვარებზე ზემოქმედების შესასწავლად აუცილებელია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) გამოყენება, რადგან ეს ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა მცინვარების მდგომარეობა შესწავლილი იყოს დიდ ფართობებზე საჭირო გარჩევადობითა და სიზუსტით, შეზღუდული მატერიალური რესურსებისა და დროის პირობებში. მიღებული შედეგების ხარისხის კონტროლისათვის კომპლექსურად გამოიყენება კატალოგის ისტორიული მონაცემები, არსებული სავსე მასალა და საექსპერტო ცოდნა. ჩატარებულმა კვლევებმა დაადასტურა, რომ მცინვარების მაღალი გარჩევადობის თდზ-ის საფუძველზე მცინვარების შესწავლა ეფექტურია, რადგან მსოფლიო საუკეთესო პრაქტიკები [1, 2] გამოყენებულია საქართველოში შემუშავებულ მეთოდებთან ერთად [3-5].

ძირითადი ნაწილი

კვლევის არეალი. კვლევის მეთოდოლოგია

მცინვარები საქართველოში განლაგებულია კავკასიონის ქედზე (სამხრეთი ნაწილი) და კონცენტრირებულია 12 მცინვარულ აუზში: 6 დასავლეთ საქართველოში (ბზიფი, კელასური, კოდორი, ენგური, ხობისწყალი, რიონი) და 6 – აღმოსავლეთ საქართველოში (ლიახვი, არაგვი, თერგი, ასა [არხოტისწყალი], არღუნი, პირიქითი ალაზანი). საქართველოს მცინვარული აუზების დეგრადაციის დინამიკის შესწავლა ჩატარებულია ცალ-ცალკე დასავლეთისა და აღმოსავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზებისათვის ამ რეგიონების კლიმატის კარდინალური განსხვავების გამო.

წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების დეგრადაციის კომპლექსური კვლევის შედეგები.

დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების საწყისი მონაცემები ხელმისაწვდომია ყოფილი საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგიდან (შემდგომში „კატალოგი“) [6], სადაც განხილულია საქართველოს ყველა მცინვარი და მათი ძირითადი მახასიათებლები. მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრების გამოყენებით დასავლეთ საქართველოს მცინვარები შესწავლილია სამ სადამკვირვებლო ვადაზე: 2010 წ. (პირობითად „თდზ 1“), 2015 წ. (პირობითად „თდზ 2“), და 2020 წ. (პირობითად „თდზ 3“). 2010 წ. მცინვართა მონაცემების განსაზღვრა ჩატარდა თანამგზავრ LANDSAT-ის (გარჩევადობა 30 მ), ხოლო 2020 წ. მონაცემები განსაზღვრა უფრო მაღალი გარჩევადობის (გარჩევადობა 1-1.5 მ) კომერციული თანამგზავრის SPOT 6-ის მონაცემებით. 2015 წლის მონაცემები განსაზღვრული იყო ავტორთა ადრინდელი სამუშაოების საფუძველზე. ამ მონაცემების გამოყენება საშუალებას იძლევა დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების დეგრადაცია დეტალიზირებულად, დინამიკაში იყოს შეფასებული.

მცინვარების მახასიათებლების დასადგენად საჭიროა მათი კონტურების დადგენა. მცინვარების კონტურების გავლება ხორციელდება მანუალური დიგიტალიზაციით, საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით. შესასწავლი მცინვარების იდენტიფიკაციისათვის და კონტურების დასაზუსტებლად გამოყენებულია თანამგზავრ ASTER-ის რელიეფის ციფრული მოდელი (Digital Elevation Model /DEM/) და გასული საუკუნის 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები (1:50000), რომლებიც თავის დროზე კატალოგის შექმნისას გამოიყენებოდა. რელიეფის ციფრული მოდელის საშუალებით განხორციელდა მცინვარების 3D ვიზუალიზაცია და რელიეფის ანალიზი მცინვარების გეოგრაფიული მიზმის მიზნით, ანუ დაზუსტდა მცინვარების მდებარეობა მდინარეთა აუზების მიხედვით. კონტურების გავლება განხორციელდა თანამგზავრული სურათისა და რელიეფის ციფრული მოდელის საფუძველზე შექმნილი სიმადლის იზოხაზების ზედდებით. 3D გამოსახულების გამოყენებით მაღალი სიზუსტით განისაზღვრა წყალგამყოფები, რაც საექსპერტო ცოდნაზე დაყრდნობით გადამწყვეტია მცინვარების კონტურების ზუსტი დადგენისათვის.

თდზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მცინვარების კონტურებისა და გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახული მცინვარების კონტურებთან შედარებამ ცხადყო, რომ დაახლოებით ბოლო 60 წლის განმავლობაში საქართველოს მცინვარების ფართობი შემცირდა. კატალოგში მოყვანილი ცალკეული მცინვარისათვის ფართობის მონაცემი უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თდზ-ით განსაზღვრული, რაც შეცდომაა, რადგან ეს იმაზე მეტყველებს, რომ თითქოს მცინვარების ფართობი ამჟამად, 60-იან წლებთან შედარებით გაიზარდა. იმ დროინდელ ტოპოგრაფიულ რუკებზე (1:50000) მოყვანილი მცინვარების კონტურების შესწავლის საფუძველზე ჩატარდა კატალოგის არასანდო მონაცემების კორექტირება ანუ იმ მცინვართა ფართობის შესახებ მონაცემების შესწორება, რომლებიც უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე თდზ-ით მიღებული მონაცემები.

მცინვარები კლასიფიცირებულია მათი ფართობის მიხედვით, კერძოდ: მცირე (ფართობი 0.1-დან 0.5 კმ²-მდე), საშუალო (ფართობი 0.5-დან 2.0 კმ²-მდე) და დიდი ზომის (ფართობი 2.0 კმ² და მეტი) მცინვარები [7]. სხვადასხვა ვადაზე, დანაწევრებისა და დნობის შედეგად მცინვარები შეიძლება ერთი კლასიდან მეორეში გადავიდნენ, მხოლოდ კლასიფიკაციით დიდიდან უფრო მცირეში.

მონაცემები და შედეგები.

მცინვარული აუზების დეგრადაციის დასადგენად ჩატარებულია მცინვარული აუზების ფართობის (რეპრეზენტატული სიდიდე) და მცინვარების რაოდენობის (არარეპრეზენტატული მახასიათებელი) ცვლილების რიცხვითი ანალიზი. მცინვარულ აუზებში მცინვარების რაოდენობის ცვლილება არარეპრეზენტატულია, რადგან მცინვარების დეგრადაციის დროს მცინვარების რაოდენობის ცვლილება არ არის ზემოქმედების პროპორციული ანუ დიდი და საშუალო მცინვარების დეგრადაციის დროს შეიძლება წარმოიშვას რამდენიმე პატარა მცინვარი. ამდენად, მცინვარული აუზის ფართობის ცვლილება ამ აუზის დეგრადაციის მკაცრი ფიზიკური მახასიათებელია, ხოლო მცინვარების რაოდენობის ცვლილება ამ პროცესის ირიბ, დამხმარე მახასიათებლად შეიძლება იყოს გამოყენებული.

ცხრილ 1-ში წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მცინვარების ფართობების და რაოდენობის განაწილება მცინვარულ აუზებში ზომების, კატალოგის და თდზ-ის მონაცემების მიხედვით.

როგორც აღვნიშნეთ დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით სულ აღრიცხულია 409 მცინვარი, რომელთა ჯამური ფართობია 465,7 კვ.კმ. 2010 წელს ამ მცინვარების ფართობი გახდა 384,4 კვ.კმ, 2015 წელს – 318,7 კვ.კმ, ხოლო 2020 წელს – 274,9 კვ.კმ. რაც იმას ნიშნავს, რომ მცინვარების საერთო ფართობი 60 წლის განმავლობაში შემცირდა 81.3 კვ.კმ-ით ანუ 17.5 %-ით, კიდევ 5 წლის შემდეგ შემცირდა კიდევ 17.1 %-ით, ხოლო კიდევ 5 წლის შემდეგ შემცირდა 47.5-ით ანუ 13.7 %-ით. ჯამური ფართობი (კატალოგით) 465.7 კვ.კმ. 2020 წლისათვის გახდა 274.9. კვ.კმ-ით ანუ შემცირდა 190.8 კვ.კმ.-ით (41.0 %-ით).

რაც შეეხება მცინვარების რაოდენობას იყო 409, ხოლო 2020 წ. – 375, ანუ შემცირდა 8.3 %-ით. აღსანიშნავია, რომ 2010 წელს მცინვარების რაოდენობა 409-დან იზრდება 510-მდე (19 %). ეს მატება ხდება მცირე მცინვარების რაოდენობის ზრდის გამო, რაც უკავშირდება დიდი და საშუალო მცინვარების დანაწევრებას. ხოლო 2010 წლიდან შემდეგ ვადებზე იკლებს და როგორც აღვნიშნეთ, 2020 წლისათვის სულ დარჩენილია სხვადასხვა ზომის 375 მცინვარი.

ცხრილი 1. დასავლეთ საქართველოს მცინვარების ფართობების და რაოდენობის განაწილება მცინვარულ აუზებში ზომების, კატალოგის და თდზ-ის მონაცემების მიხედვით

| დასავლეთ საქართველო | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| მცინვარული აუზები | | მცინვარების ფართობები | | | | | მცინვარების რაოდენობა | | | |
| № | სახელწ. და მცინვ. № | ზომა | კატ. | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 | კატ. | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 |
| 1 | ბზიფი 1-13 | მცირე | 2,3 | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 8 | 12 | 9 | 9 |
| | | საშ. | 5,7 | 2,3 | 0,8 | 0,8 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| | | დიდი | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | სულ | 8,0 | 4,7 | 3,1 | 2,7 | 13 | 15 | 10 | 10 |
| 2 | კელასური 14-16 | მცირე | 0,4 | 0,1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | | საშ. | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | დიდი | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | სულ | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | კოდორი 17-136 | მცირე | 20,7 | 23,4 | 19,8 | 17,2 | 82 | 125 | 106 | 96 |
| | | საშ. | 34,5 | 20,4 | 18,0 | 12,5 | 35 | 23 | 18 | 13 |
| | | დიდი | 9,1 | 6,2 | 3,9 | 3,6 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| | | სულ | 64,3 | 50,0 | 41,7 | 33,3 | 120 | 150 | 125 | 110 |
| 4 | ენგური 137-332 | მცირე | 27,9 | 33,3 | 26,5 | 22,1 | 102 | 169 | 150 | 122 |
| | | საშ. | 80,1 | 59,4 | 43,8 | 39,7 | 70 | 57 | 44 | 38 |
| | | დიდი | 213,3 | 178,7 | 157,0 | 135,2 | 24 | 25 | 23 | 19 |
| | | სულ | 321,3 | 271,4 | 227,3 | 197,0 | 196 | 251 | 217 | 179 |
| 5 | ხობისწყ. 333-334 | მცირე | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | | საშ. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | დიდი | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | სულ | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 6 | რიონი 335-409 | მცირე | 7,8 | 13,7 | 11,8 | 9,6 | 36 | 66 | 56 | 53 |
| | | საშ. | 27,9 | 14,5 | 13,3 | 11,4 | 29 | 15 | 14 | 13 |
| | | დიდი | 35 | 29,0 | 20,7 | 20,2 | 10 | 9 | 8 | 8 |
| | | სულ | 70,7 | 57,2 | 45,8 | 41,2 | 75 | 90 | 78 | 74 |
| 7 | სულ | | 465,7 | 384,4 | 318,7 | 274,9 | 409 | 510 | 432 | 375 |

ლოგიკურია განვიხილოთ ფართობების კლასიფიკაციის მიხედვით მცინვარების ფართობის და რაოდენობის განაწილება ანუ როგორ იცვლებიან ვადების მიხედვით მცირე (ცხრილი 2), საშუალო (ცხრილი 3) და დიდი მცინვარები (ცხრილი 4).

ცხრილი 2. დასავლეთ საქართველოს მცირე მცინვარების ფართობების და რაოდენობის განაწილება მცინვარულ აუზებში კატალოგის და თდზ-ის მონაცემების მიხედვით

| დასავლეთ საქართველო | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| მცინვარული აუზები | | მცინვარების ფართობები | | | | მცინვარების რაოდენობა | | | |
| № | სახელწ. და მცინვ. № | კატ. | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 | კატ. | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 |
| 1 | ბზიფი, 1-13 | 2,3 | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 8 | 12 | 9 | 9 |
| 2 | კელასური, 14-16 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | კოდორი, 17-136 | 20,7 | 23,4 | 19,8 | 17,2 | 82 | 125 | 106 | 96 |
| 4 | ენგური, 137-332 | 27,9 | 33,3 | 26,5 | 22,1 | 102 | 169 | 150 | 122 |
| 5 | ხობისწყალი, 333-334 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 6 | რიონი 335-409 | 7,8 | 13,7 | 11,8 | 9,6 | 36 | 66 | 56 | 53 |
| 7 | სულ | 59,3 | 73,1 | 60,5 | 50,9 | 232 | 375 | 322 | 281 |

მადლიერება.

კვლევა ჩატარდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პროექტის FR-21-1995 „საქართველოს მყინვარების დეგრადაციის კვლევა ბოლო ათწლეულებში და საქართველოს მყინვარების ელექტრონული ატლასის შექმნა“ მხარდაჭერით.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Petri Pellikka, W. Gareth Rees - Remote Sensing of Glaciers Techniques for Topographic, Spatial and Thematic Mapping of Glaciers 2010, 330 p.
2. Xiaofei Wang, Yue Huang, Tie Liu, Weibing Du. Impacts of climate change on glacial retreat during 1990-2021 in the Chinese Altay Mountains. CATENA Volume 228, July 2023, article id 107156, pp. 1-15.
3. Kordzakhia G. I., Shengelia L. D., Tvaauri G. A., Dzadzamia M. Sh. The climate change impact on the glaciers of Georgia. In Journal-World Science, vol. 1, № 4(44), Warsaw, Poland, 2019, pp. 29-34.
4. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvaauri. Impact of Climate Change on Glaciers of the Inguri River Basin (Georgia). Proceeding of WRFER International Conference. Barcelona, Spain, 23 September 2023, WRFER International Conference. Barcelona, Spain, 2023, pp. 1-4.
5. George Kordzakhia. Fourth National Communication of Georgia, Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 4.4 Glaciers, Tbilisi, 2021, pp. 241-250. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4%20Final%20Report%20-%20English%202020%2030.03_0.pdf
6. Katalog lednikov USSR, 1975. V. 9, vip. 3, ch. 1; vip. 1, ch. 2-6, L: Gidrometeoizdat, 1975, p.86 (in Russian).
7. R. Gobejishvili, V. Kotlyakov, Glaciology (Glaciers), 2006, p. 292 (in Georgian).

UDC: 551.50.501.7

The study of the degradation of the glacial basins of Western Georgia against the background of ongoing climate change using satellite remote sensing data /L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvaauri, G. Guliashvili, S. Beridze/ Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.64-68. - Georg., Summ. Georg., Eng. The aim of the work is a detailed study of the impact of current climate change on the glaciers of Western Georgia. The degradation of glaciers in Western Georgia is evident in changes in the characteristics of glacial basins, which is an effective indicator of regional climate change. The work presents the results of a complex study of the degradation of 409 glaciers of Western Georgia recorded in the catalogue of the former Soviet Union. Taking into account the classification of glaciers, the distribution of the areas and number of glaciers in Western Georgia has been studied.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-69-74

უკ 002.637; 631.4

ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენის ფიტორემედიაციული მეთოდის მოსამზადებელი სამუშაოები

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

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

თბილისი, საქართველო

shavliashvililali09@gmail.com; gkuchava08@gmail.com; ekaterineshubladze7@gmail.com;

Dr.m.Tabatadze@gmail.com; emc.buachidze@yahoo.com

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის № FR-21-427 ხელშეწყობით

აბსტრაქტი. რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონში, მრავალი წლის მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი პრეპარატების წარმოება, რომლებიც ნეგატიურ როლს თამაშობენ გარემოს დაბინძურების პროცესებში და შესაბამისად დიდ რისკ ფაქტორს წარმოადგენენ რეგიონის ეკოსისტემებისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობასთან მიმართებაში. განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს – მიმდებარე ლითონების შემცველობის მომატება გარემოს ობიექტებში (ბუნებრივი წყლები, ნიადაგები).

ჩატარებული სამუშაოებით გამოვლინდა რეგიონის სხვადასხვა ადგილებში აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში დარიშხანის სხვადასხვა კონცენტრაციები, რის საფუძველზეც შეიქმნა დარიშხანით დაბინძურების რუკა GIS სისტემაში. გამოვლინდა დარიშხანით დაბინძურების მოწყვლადი წერტილები. სწორედ ამ მოწყვლადი წერტილების მიხედვით შევარჩიეთ ფიტორემედიაციის ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის ადგილები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები.

საკვანძო სიტყვები: დაბინძურება, დარიშხანი, ნიადაგი, ფიტორემედიაცია, აბარი და ლიხეთი.

შესავალი

გარემოს დაბინძურება უაღრესად აქტუალური, გლობალური და არასასურველი პრობლემაა. მოსახლეობისა და კვების პროდუქტებზე მოთხოვნილების ზრდამ, მსოფლიოს გლობალურმა განვითარებამ, სასარგებლო წიაღისეულის მაქსიმალურმა ათვისებამ და ადამიანის მხრიდან გარემოზე დაუნდობელმა მოპყრობამ წარმოშვა უამრავი ეკოლოგიური პრობლემა მრავალ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც.

ნიადაგი რთული შედგენილობის ჰეტეროგენული სისტემაა და აერთიანებს ნიადაგის მკვრივ, თხევად, აიროვან და ცოცხალ ნაწილაკებს, რომელიც ძალზე მგრძობიარეა ეგზოგენური ნივთიერებების მიმართ. მისი თავისებურებაა აგრეთვე ტექნოგენური ნივთიერებების კონცენტრირება და ფიქსაცია. ზოგ შემთხვევაში ისინი გარემოში ტრანსფორმირდებიან კიდევ უფრო ძლიერ ტოქსინებად. ნორმირებული ნივთიერებების გავლენით იცვლება ნიადაგის ბუნება, მისი ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, დეგრადირდება მიკროფლორა და ნელდება მცენარის განვითარება. ამრიგად, ნიადაგის დაბინძურებისას რამდენიმე მნიშვნელოვანი კომპონენტი და მრავალსაუკუნოვანი ნიადაგური ბალანსი ირღვევა, რაც მკვეთრად აუარესებს მის ნორმალურ ფუნქციონირებას, და მის აღდგენას საკმაოდ დიდი დრო ესაჭიროება [1,2].

საკვლევი ზონა და მეთოდები

საქართველოში სამთო-მომპოვებელი საწარმოების მიერ დაბინძურების კარგი მაგალითია რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონი, სადაც ათეული წლების მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი პრეპარატების წარმოება.

დღეისათვის დარიშხანის წარმოება არ ხდება, მაგრამ პრობლემას წარმოადგენს დარიშხანშემცველი ნარჩენები და ყოფილი ქარხნების მიმდებარე ტერიტორიები, სახნავ-სათესი ნიადაგები. დღემდე სოფლებში ურავი და ცანა სამთოქიმიური ქარხნის ტერიტორიაზე ინახება საბჭოთა პერიოდიდან შემორჩენილი დარიშხანის წარმოების შედეგად დარჩენილი ტოქსიკური ნარჩენების დიდი პარტიები [3], რომელიც არ იყო უსაფრთხოდ განთავსებული და ქმნიდა ეკოლოგიური კატასტროფის მაღალ რისკს [4].

2022-2023 წლებში ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში ჩატარდა საველე სამუშაოები: მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება 0-5 და 5-20 სმ სიღრმეზე დაბინძურებული წერტილებისათვის [5]. ნიადაგის

ნიმუშების აღება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება წარმოებდა შესაბამისი საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდებით. ლაბორატორიაში ჩატარებული სამუშაოს კვლევა წარმოებდა ISO და US EPA სტანდარტული მეთოდებით. ანალიზები განხორციელდა სამეცნიერო-კვლევითა ფორმა „გამას“ საგამოცდო ლაბორატორიაში შემდეგი ტექნიკური და ინსტრუმენტული უზრუნველყოფით:

1. ატომურ-ადსორბციული სპექტრომეტრი;
2. ნიადაგის დამშლელი - Milestone – Start D Microwave system;
3. pH მეტრი - Milwaukee-Mi 150.

შედეგები და ანალიზი

ჩატარებული სამუშაოებით გამოვლინდა რეგიონის სხვადასხვა ადგილებში აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში დარიშხანის სხვადასხვა კონცენტრაციები, რის საფუძველზეც შეიქმნა დარიშხანით დაბინძურების რუკა GIS სისტემაში. გამოვლინდა დარიშხანით დაბინძურების მოწყვლადი წერტილები. სწორედ ამ მოწყვლადი წერტილების მიხედვით ავირჩიეთ ფიტორემედიაციის ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის ადგილები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთი.

ფიტორემედიაციის ჩატარების ადგილებში მოხდა ნიადაგის დამუშავება: დაბარვა, ორგანული სასუქის შეტანა, დაფარვა, გაფხვიერება და ნიადაგის მომზადება დასათესად. გამოყოფილი იყო 3 მ² ფართობი მცენარეებისათვის. კულტურების დათესვამდე მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება დარიშხანის განსაზღვრისათვის.

მოხდა ნიადაგის ნიმუშები აღება ფიტორემედიაციამდე (სოფ. აბარი და ლიხეთი) სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან - 0-5, 5-20 სმ სიღრმეზე დარიშხანის განსაზღვრის მიზნით [6].

ასევე მოხდა სოფ. აბარში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 სმ სიღრმეზე ფიტორემედიაციამდე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. აბარის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 27.5-დან 36.0 მგ/კგ-მდე. 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 32.5 მგ/კგ (ცხრ.1). სოფ. აბარში, აღებული იყო კონვერტული წესით ერთი შერეული ნიმუში 0-20 სმ სიღრმეზე, სადაც სოფ.აბარის ნიადაგის შერეულ ნიმუშში დარიშხანის კონცენტრაცია შეადგენს 34.0 მგ/კგ (ცხრ.1, ნახ.1). სოფ. ლიხეთში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 სმ სიღრმეზე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. ლიხეთის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 16.0-დან 22.0 მგ/კგ-მდე. 0-40 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 19.0 მგ/კგ (ცხრ. 1). ასევე სოფ. ლიხეთში, აღებული იყო კონვერტული წესით ერთი შერეული ნიმუში 0-20 სმ სიღრმეზე, სადაც დარიშხანის საშუალო კონცენტრაცია შეადგენს 26.0 მგ/კგ. ორივე ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა 0-10 სმ სიღრმეზე უფრო მაღალია ქვედა ფენებთან შედარებით.

ნიადაგის ჭრილში აღებულ ნიმუშებში განისაზღვრება დარიშხანის მიგრაცია ნიადაგის სიღრმეში და დარიშხანის საშუალო შემცველობა ფიტორემედიაციამდე ე.ი. კულტურების დათესვამდე, ხოლო კონვერტული წესით აღებულ ნიმუშებში, ნიადაგის ზედა 0-20 სმ ფენაში - დარიშხანის საშუალო შემცველობა (ცხრ. 1).

ფიტორემედიაციის ტექნოლოგიის დანერგვისათვის შერჩეული მცენარეების (ჯიჯლაყა, მხესუმზირა, ნაცარქათამა) [7-9] თესლის დამუშავება ლაბორატორიაში მოხდა ბიოაქტივატორ ბიორაგით მათი სტიმულაციისა და მცენარის მწვანე მასის გაზრდის მიზნით, რომლის საავტორო უფლებები ეკუთვნის ქართველ მეცნიერს, პროფ. რამაზ გახოკიძეს [10]. მცენარის მოცულობის გაზრდა ხშირ შემთხვევაში იწვევს ნიადაგიდან დამაბინძურებელი აგენტების დიდი რაოდენობით აკუმულაციას მცენარეულ უჯრედებში, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიებისთვის, როგორც სამეცნიერო და ინოვაციური, ასევე ეკონომიური, ეკოლოგიური და სოციალური თვალსაზრისით.

სათესლე მასალის შესამოწმებლად თესლი ჩაყარეთ სუფრის მარილის 3-5%-იან ხსნარში 5-6 წუთით, დავეთხეთ მხოლოდ ხსნარში ჩადირული თესლები, რომელიც უნდა გაირეცხოს და გაშრეს; ამის შემდეგ თესლებს ვათავსებთ "ბიორაგის" ხსნარში, რომელიც განვაზავეთ ეტიკეტზე მითითებული მოცულობის სუფთა წყალში (1 ლიტრ წყალში გავხსენით 20 მლ ბიორაგის ხსნარი), რომელშიც მოვათავსეთ სათესლე თესლი მითითებული დროის განმავლობაში. ბიოენერგოაქტივატორის ხსნარის დამზადება შეიძლება სათესლე მასალის დამუშავებამდე 1-2 დღით ადრე. ხსნარიდან ამოღებულ თესლს რამდენიმე საათის განმავლობაში ვაშრობთ 25-30 °C -ზე და ვთესავთ 3-5 დღის განმავლობაში [10].

მოხდა მცენარეების (ჯიჯლაყა, ნაცარქათამა, მხესუმზირა) დათესვა ფიტორემედიაციის შესწავლის მიზნით. ექსპერიმენტი ჩატარდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის 2 სხვადასხვა ადგილზე.

ავისტოსა და ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარსა და ლიხეთში მოხდა მცენარეთა აღება ნედლ მდგომარეობაში. მოხდა ფესვებისგან ნიადაგის მოცილება და მათი გარეცხვა. გაზომილი იყო მცენარეები სიგრძეში. განცალკევებული იყო აღებული მცენარეების ფესვები, ღერო, ფოთლები და ყვავილები, რომლებიც მოთავსდა სათანადო პაკეტებში ეტიკეტებით და გადატანილი იყო ლაბორატორიაში გასაშრობად და შემდეგ დასამუშავებლად. მოხდა მათი გამოშრობა - ოთახის ტემპერატურაზე (25 °C-ზე). გამოშრობის შემდეგ მოხდა მცენარეების დამუშავება „Microwave Digestion“ დამშლელის საშუალებით და განისაზღვრა დარიშხანის საერთო ფორმა.

ფიტორემედიაციის ადგილებიდან კვლავ მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება 0-60 სმ სიღრმეზე სოფ. აბარში და 0-40 სმ სიღრმეზე სოფ. ლიხეთში და განისაზღვრა დარიშხანის საერთო ფორმა. შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 2 -ში და ნახ. 3,4. სოფ. აბარის ნიადაგის 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის საშუალო შემცველობა ოქტომბრის თვეში კიდევ უფრო შემცირებულია.

აღნიშნული მონაცემები საჭიროა ფიტორემედიაციის შემდგომი კვლევებისათვის.

დასკვნა

1. ფიტორემედიაციისათვის შევარჩიეთ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთი;
2. ფიტორემედიაციის ჩატარების ადგილებში მოხდა ნიადაგის დამუშავება: დაბარვა, ორგანული სასუქის შეტანა, დაფარვა, გაფხვიერება და ნიადაგის მომზადება დასათესად;
3. ფიტორემედიაციის ტექნოლოგიის დანერგვისათვის შერჩეული მცენარეების (ჯიჯლაყა, მხესუმხირა, ნაცარქათამა) თესლის დამუშავება ლაბორატორიაში მოხდა ბიოაქტივატორ ბიორაგში მათი სტიმულაციისა და მცენარის მწვანე მასის გაზრდის მიზნით;
4. სოფ. აბარში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 სმ სიღრმეზე ფიტორემედიაციამდე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. აბარის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 27.5 -დან 36.0 მგ/კგ-მდე. 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 32.5 მგ/კგ.
5. სოფ. ლიხეთში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 სმ სიღრმეზე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. ლიხეთის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 16.0-დან 22.0 მგ/კგ-მდე. 0-40 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 19.0 მგ/კგ;
6. ორივე ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა 0-10 სმ სიღრმეზე უფრო მაღალია ქვედა ფენებთან შედარებით.
7. ავისტოსა და ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარსა და ლიხეთში მოხდა მცენარეთა აღება ნედლ მდგომარეობაში. მოხდა ფესვებისგან ნიადაგის მოცილება და გარეცხვა. გაზომილი იყო მცენარეები სიგრძეში. განცალკევებული იყო აღებული მცენარეების ფესვები, ღერო, ფოთლები და ყვავილები (ან ნაყოფი), რომლებიც მოთავსდა სათანადო პაკეტებში ეტიკეტებით და გადატანილი იყო ლაბორატორიაში გასაშრობად და შემდეგ დასამუშავებლად.
8. ავისტოს თვეში მოსავლის აღების შემდეგ კვლავ მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება ნიადაგის ჭრილში 0-60 სმ სიღრმეზე სოფ. აბარში და 0-40 სმ სიღრმეზე სოფ. ლიხეთში, მათში დარიშხანის საერთო ფორმის განსაზღვრის მიზნით. დარიშხანის საშუალო შემცველობა სოფ. აბარში 0-60 სმ-ზე შეადგენს 23,7, ხოლო სოფ. ლიხეთში 0-40 სმ-ზე - 14,7 მგ/კგ.
9. ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარის ნიადაგის 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის საშუალო შემცველობა კიდევ უფრო შემცირებულია და შეადგენს 22,4 მგ/კგ.

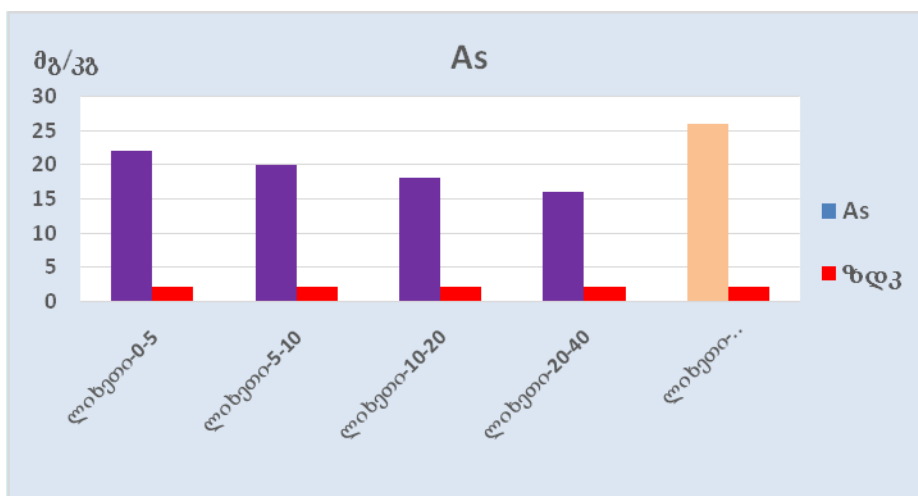
ცხრილი 1. სოფ. აბარისა და სოფ. ლიხეთის ნიადაგების ჭრილში დარიშხანის შემცველობა ფიტორემედიაციამდე, მაისი, 2023

| N | სინჯის ადგილის აღიწერა | As, მგ/კგ |
|---|----------------------------|-----------|
| 1 | აბარი-5-10 სმ | 36.0 |
| 2 | აბარი-10-20 სმ | 34.0 |
| 3 | აბარი-20-40 სმ | 32.5 |
| 4 | აბარი-40-60 სმ | 27.5 |
| | საშუალო 5-60 სმ | 32.5 |
| 5 | აბარი-კონვერტული (0-20 სმ) | 34.0 |
| 6 | ლიხეთი-0-5 სმ | 22.0 |

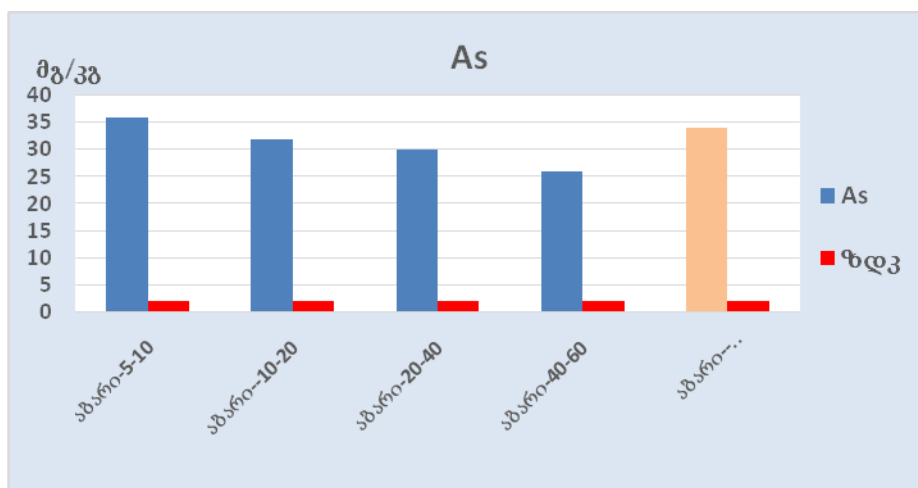
| | | |
|----|-----------------------------|------|
| 7 | ლიხეთი-5-10 სმ | 20.0 |
| 8 | ლიხეთი-10-20 სმ | 18.0 |
| 9 | ლიხეთი-20-40 სმ | 16.0 |
| | საშუალო 0-40 სმ | 19.0 |
| 10 | ლიხეთი-კონვერტული (0-20 სმ) | 26.0 |

ცხრილი 2. სოფ. აბარსა და ლიხეთის ნიადაგებში დარიშხანის შემცველობა ფიტორემედიაციის შემდეგ, აგვისტო, 2023

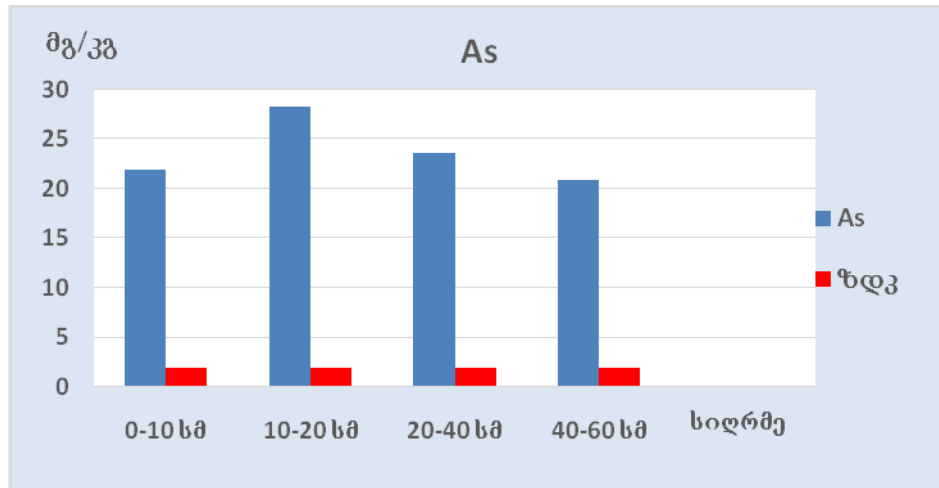
| N | სინჯის ადების ადგილი | As, მგ/კგ | სინჯის ადების ადგილი | As, მგ/კგ |
|---|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| 1 | აბარი-0-10 სმ | 22.0 | ლიხეთი-0-10 სმ | 18.0 |
| 2 | აბარი-10-20 სმ | 28.3 | ლიხეთი-10-20 სმ | 14.0 |
| 3 | აბარი -20-40 სმ | 23.6 | ლიხეთი-20-40 სმ | 12.1 |
| 4 | აბარი -40-60 სმ | 20.9 | | |
| 5 | საშუალო (0-60 სმ) | 23.7 | საშუალო (0-40 სმ) | 14.7 |



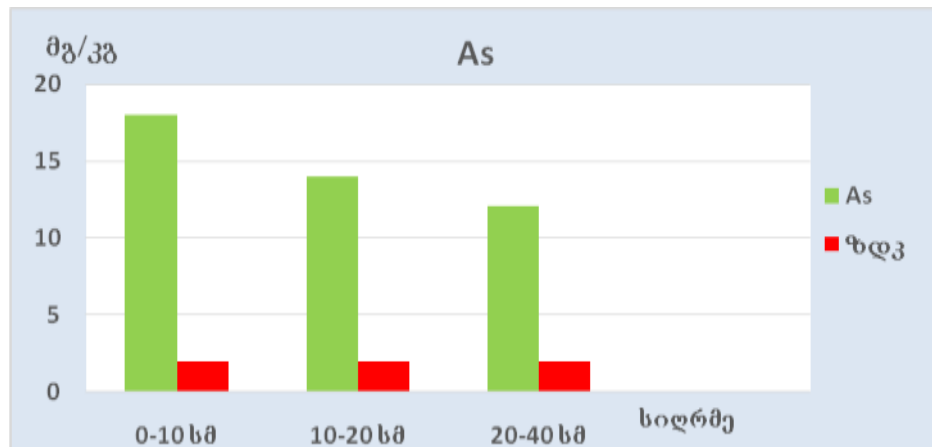
ნახაზი 1. სოფ. ლიხეთის ნიადაგების კრილში დარიშხანის შემცველობა



ნახაზი 2. სოფ. აბარის ნიადაგების კრილში დარიშხანის შემცველობა



ნახაზი 3. სოფ. აზარის ნიადაგის კრილში დარიშხანის შემცველობა აგვისტო, 2023



ნახაზი 4. სოფ. ლიხეთის ნიადაგის კრილში დარიშხანის შემცველობა აგვისტო, 2023

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Yu. N. Vodyanitsky - Pollution of Soils with Metals and Metalloids - MSU, Moscow, 2017 (in Russian).
2. Elina Bakradze, Yuri Vodyanitskii, Tengiz Urushadze, Zaur Chankseliani, Marine Arabidze - "About rationing of the heavy metals in soils of Georgia" - Annals of Agrarian Science (2018) 1-6 pg.
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151218871830016>
4. G.Alexidze, R.Lolishvili - Basic Aspects of Georgia's Environmental Pollution - Materials of International Scientific Conference "Modern Technologies of Eco-friendly Products for Sustainable Development of Agriculture", Tbilisi, pp. 33-45, 2016.
5. L.Shavliashvili, M.Arabidze, E.Bakradze, G.Kuchava, G.Kordzakhia - Contamination of soils by arsenic in Ambrolauri municipality and its impact on the health of the population - European Geographical Studies, 7(1): p.48-56. DOI: 10.13187/egs. 2020.
6. Order of the Minister of Labor, Health and Social Affairs of Georgia on the approval of the norms of the quality of the environment N 297 / N, 16 August. Tbilisi, 2001.
7. Фомин Г.С. Фомин А.Г. - Почва, контроль качества и экологические безопасности по международным стандартам. - Москва ВНИИ стандарт, 300 ст, 2001.
8. Fitz, W. J. and W.W. Wenzel. 2002. Arsenic transformation in the soil rhizosphere-plant system, fundamental and potential application of phytoremediation. *Biotechnology*, 99: 259-78.
9. Avkopashvili, G., Gongadze, A., Gakhokidze, R., Avkopashvili - Phytoremediation of Contaminated Soils, Contaminated with Heavy Metals from Gold Mine in Georgia - International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations. Proceedings. Pages-154157. Tbilisi, Georgia. 2015.

10. Effectiveness of *Amaranthus gangeticus* in Arsenic Extraction from Soil F. B. Nasir, S. Islam*, G. M. Munna, S. Ray, R. Awal - JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH, s. 8 (1), p.71-79, 2016.
11. R.Gakhokidze - Effects of Bioenergoactivators on Productivity of Plants - Chemistry of Advance Compounds and Materials. New York, Nova Science Publ. Inc., pp. 269-275, 2008.

UDC: 002.637; 631.4

Preparatory works of the phytoremediation method for restoration of arsenic-contaminated soils of Ambrolauri Municipality /L. Shavliashvili, G. Kuchava, E. Shubladze, M. Tabatadze, N. Buachidze / Transactions IHM, GTU. - 2024. -vol.135. -pp.69-74 - Georg., Summ. Georg., Eng. For many years, arsenic ore mining, processing and production of arsenic-containing preparations were carried out in Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti region of Georgia, which play a negative role in the processes of environmental pollution. Accordingly, they represent a big risk factor in relation to the health of the region's population and ecosystems. Increased content of heavy metals in environmental objects (natural waters, soils) are particularly dangerous. The conducted studies revealed different concentrations of arsenic in soil samples taken in different places of the region, on the basis of which a map of arsenic contamination was created in the GIS system. As a result, the vulnerable points of arsenic contamination were identified. According to these vulnerable points, we selected the places for the introduction of the new phytoremediation technology in Ambrolauri municipality, in particular, in the villages of Abari and Likheti agricultural fields.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-75-81

უკ 54.055, 54.064, 67.08, 504.4.054

ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო-სორბენტებით ნაჟური წყლების გასუფთავების შეფასება, თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის მაგალითზე
ნათელა ძევისაშვილი, დარეჯან დულაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი
n.dvalishvili@gtu.ge

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-21-12546]

რეზიუმე

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო-მასალის/სორბენტის გამოყენებით თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების გასუფთავების ოპტიმალური პირობების შერჩევა. ამ მიზნით პირველ ეტაპზე 2022 წლის აპრილიდან 2024 წლის მარტამდე განხორციელდა ნაჟური წყლების ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა, რის საფუძველზე მოხდა ზოგიერთი დამაბინძურებლის იდენტიფიკაცია. კვლევის მეორე ეტაპი მოიცავდა ნაჟური წყლების სხვადასხვა ზომისა და ტიპის ნახშირბადოვანი სორბენტებით განსხვავებულ პირობებში დამუშავებას. კვლევის ფარგლებში შერჩეული ნანო-ზომის სორბენტის გამოყენება სტატიკურ პირობებში არ არის ეფექტიანი, ორგანულ ნაერთებთან ტერინგირების (შეფისვის) გამო. ნაჟური წყლების სტატიკურ პირობებში ნახშირბადოვანი მიკრო-სორბენტებით (ორი ტიპის: პოლიმერული და ცელულოზაშემცველი ნარჩენებიდან მიღებული) დამუშავებამ აჩვენა, რომ გამოყენებული ორივე ტიპის მიკრო-სორბენტებს ყველაზე მაღალი სელექტიურობა აქვთ შესწავლილ მძიმე მეტალებისა (Cd Cr, Pb და Hg: 60-99%) და არაფეკალური წარმოშობის მიკრობიოლოგიურ ინდიკატორების (98-99%) მიმართ. ამასთან დინამიკური პირობებში ნანო- და მიკრო-სორბენტის ერთობლივმა გამოყენებამ აჩვენა ოპტიმალური შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: ნაგავსაყრელი, ნაჟური წყლები, ნახშირბადოვანი მასალა, ნანო-სორბენტი, მიკრო-სორბენტი, გასუფთავება.

შესავალი

ნარჩენების სწორი და ეფექტიანი მართვა მთელი მსოფლიოსთვის გამოწვევაა და ამ მხრივ, არც საქართველოა გამონაკლისი. დღეისათვის მსოფლიოში მოსახლეობის რაოდენობის, მათი შემოსავლების და შესაბამისად, ამა თუ იმ პროდუქტზე მოთხოვნის ზრდასთან ერთად, იზრდება ნარჩენების რაოდენობაც. მოთხოვნილების ზრდა კი საჭიროებს სულ უფრო და უფრო მეტ რესურსს, რომლის რაოდენობაც დედამიწაზე შეზღუდულია. შესაბამისად, ძალიან მნიშვნელოვანია ნარჩენების რეციკლირება და რეციკლირების შედეგად აღდგენილი რესურსების წარმოების და მოხმარების პროცესში ჩაბრუნება [1,2,3] ამჟამად, ჩვენი ქვეყნის მასშტაბით წარმოქმნილი მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ძირითადი ნაწილი თავსდება ე.წ. ღია ნაგავსაყრელებზე (90%). საქართველოში ყველაზე დიდი ოფიციალური ნაგავსაყრელი ემსახურება ქ. თბილისს, რომელიც მდებარეობს ქ. თბილისის სამხრეთ აღმოსავლეთით, სოფ. დიდი ლილოს მიმდებარედ (ქ. თბილისიდან 30 კმ-ში). პოლიგონზე ნაჟური წყლების გაწმენდისათვის მოწყობილია უკუოსმოსის დანადგარი, რომლის წარმადობა შეადგენს 12 მ³/დღ-ში, რაც თავისთავად არასაკმარისია (2018 წელს მოწყობიდან მაქსიმუმ 1 წლის შემდეგ განოვიდა მწყობრიდან) და გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს აღნიშნული პრობლემის მოგვარება, რადგან ნაჟური წყლის გასუფთავება ვერ ხდება საკანონმდებლო ნორმების (საკანალიზაციო ქსელში ჩაშვებისათვის განკუთვნილი) შესაბამისად. მუნიციპალურ საკანალიზაციო ქსელში გაუწმენდავი ნაჟური წყლების გაშვების თავიდან აცილების მიზნით ნაჟური წყლები ტუმბო დანადგარების საშუალებით გადაიტუმბება მუშა უჯრედის ზედაპირზე, ანუ ხდება ნაჟური წყლის ცირკულირება: სალექარები-ნაგავსაყრელის სხეული. აღნიშნული აქტივობა ატენიანებს ნარჩენებს და შესაბამისად, იწვევს ბიოდეგრადაციის პროცესის გააქტიურებას, და აგრეთვე, მნიშვნელოვნად იზრდება ნაჟური წყლების დაბინძურების ხარისხი. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გარდა, არსებობს გარემოს დაბინძურების მაღალი რისკი, რაც უპირატესად დაკავშირებულია ნაჟური წყლების ზალპური ჩაშვების მაღალ ალბათობასთან, კერძოდ: უხვი ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში დიდი ალბათობით

მოხდება რეზერვუარების (სალექარების) გადავსება და დაბინძურებული წყლის ავარიული ჩაშვება საერთო კოლექტორში.

მსოფლიოში არსებული გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ უკუოსმოსის მეთოდოლოგიით ნაჟური წყლის გაწმენდა საკმაოდ ეფექტურია, თუმცა აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება უმჯობესია კომპლექსური მიდგომით, რომელიც გულისხმობს როგორც ქიმიური, ბიოლოგიური, ისე სორბციული პროცესების გამოყენებას. არსებული გამწმენდი ტექნოლოგიები საკმაოდ ძვირადღირებულია, როგორც რთული კონსრუქციისა და სახარჯი მასალების კუთხით, ისე ნედლეულის მაღალი ფასითა და წარმოების დიდი ენერგო-დანახარჯებით.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ისეთი მეთოდოლოგიის შემუშავება, რომელიც ორიენტირებულია ღია ტიპის ნაგავსაყრელებზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების კომპლექსურ, ხელმისაწვდომ და ეფექტურ ალტერნატიულ გაწმენდაზე საკანონმდებლო რეგულაციებისა და ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად, არამარტო შესწავლილი, არამედ მსგავსი ტიპის ნაგავსაყრელებისთვისაც. შემოთავაზებული კვლევის მთავარი ამოცანაა - ნაგავსაყრელზე არსებული სალექარების (ნაჟური წყლების ავზი/რეზერვუარი) ნაჟური წყლების სორბენტებით დამუშავება, და უკუოსმოსის არიდებით ნაგავსაყრელის სხეულიდან გამოსული ნაჟური წყლის გასუფთავების და სახელმწიფო რეგულაციების შესაბამისად გასუფთავებული წყლის მუნიციპალურ არინების სისტემაში ჩაშვების შესაძლებლობების დადგენა. ჩვენი კვლევის ორიენტირებულია ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების დაცვასა და განვითარებაზე, რაც გულისხმობს ისეთი რთული საკითხების გადაჭრას, როგორცაა, ერთის მხრივ ნარჩენების გადამუშავება (ნარჩენებისგან სორბენტის მიღება) და, მეორეს მხრივ, ძალზე დაბინძურებული წყლების უსაფრთხო და ხელმისაწვდომი გაწმენდის გზების შემუშავება საერთაშორისო და ეროვნული გარემოდაცვითი რეგულაციების გათვალისწინებით.

ძირითადი ნაწილი

ნაჟური წყალი - წარმოიქმნება როგორც მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მაღალი ტენიანობის შედეგად, ისე ღია ნაგავსაყრელის „სხეულში“ წყლის შეღწევის (ატმოსფერული ნალექები) და ნივთიერებების „დაგროვების“ შედეგად.

როგორც აღინიშნა საქართველოში ყველაზე დიდი ოფიციალური ნაგავსაყრელი ემსახურება ქ. თბილისს [4,5,6,7]. პოლიგონის ტერიტორიის მთლიანი ფართობი შეადგენს 84 ჰა-ს (ნახ.1) და მისი ძირითადი ობიექტებია (ნახ.1):

- უჯრედები, სადაც ხდება ნარჩენების განთავსება (ფსკერი დაფარულია ჰიდროიზოლაციით - 2 მმ-იანი Geo-Membrane და მოწყობილია სადრენაჟო არხები);
- ფილტრატის რეზერვუარი და მისი გამწმენდი ნაგებობა (არ ფუნქციონირებს);
- დასაყოვნებელი, მოწყობილი გუბურები ნაჟური წყლებისთვის - ღია ავზები/რეზერვუარები 2მმ-ანი GeoMembrane-ით დაფარული ფსკერით.

ეტაპობრივად მოწყობილი უჯრედების (დღეისათვის ნაგავსაყრელზე მოწყობილია 4 უჯრედი) ფუნქციონირება დაიწყო 2010 წლის აპრილიდან. უჯრედების ტერიტორიაზე დაყრილი ნაგავი 0.5 მეტრიანი სისქის ფენით ბულდოზერისა და ჩამტვირთველის საშუალებით იშლება და იტკეპნება სპეციალური კომპაქტორებით. მუშაობის პროცესში მოქმედი უჯრედი ტენიანდება სალექარში/ღია ავზში შეგროვილი ნაჟური წყლით (ნარჩენების საყარ უჯრედებში მოწყობილია ნაჟური წყლის შეგროვების სისტემა და კოლექტორული ქსელი, რომელთა მეშვეობით წყლები ჩაედინება დასაყოვნებელი გუბურებში/ავზში, სადაც თავმოყრილი წყლის ნაწილი ცირკულირდება უჯრედებში სპეციალური ტუმბოების დახმარებით). დატკეპნილი ნარჩენების სიმაღლის 2 მეტრამდე მიაღწევს, ნაგვის ფენა იფარება 30-50 სანტიმეტრი სისქის მქონე დატკეპნილი მაიზოლირებელი ადგილობრივი თიხოვანი გრუნტის ფენით. ნაგვისა და მიწის 2.5-მდე მეტრი სისქის ფენაზე ასეთივე სისტემით მოწყობილი შემდეგი ფენა ემატება.

გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისა და სკოპინგის ანგარიშების [7] შესაბამისად უჯრედების დახურვისას თვითოეული უჯრედი იფარება სპეციალური გეომემბრანის (2 მმ-იანი GeoMembrane) შემცველი მაიზოლირებელი საფარით და ხდება ზედაპირის რეკულტივაცია, თუმცა დღეის მდგომარეობით ახალი უჯრედების მოწყობის შეფერხების გამო, ხდება 2010 წლიდან 2019 წლამდე მოწყობილი ოთხივე უჯრედის გაფართოება, რის შედეგად უჯრედზე ნარჩენების განთავსების რაოდენობრივი, ტექნიკური და ეკოლოგიური ნორმები დარღვეულია. დამატებით, აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ნარჩენების ღვინის შედეგად წარმოქმნილი ნაგავსაყრელი აირის შეკრება ხდება გაბიონისებური შახტების მეშვეობით

(თითოეულ უჯრედზე დამონტაჟებულია ნაგავსაყრელი გაზის ექსტრაქციის 100-მდე ჭა), რომელთა მოწყობა ხდება უჯრედის მოწყობისთანავე, და რომელთა ძირითადი ფუნქციაა - მეთანის აალების თავიდან აცილება (ნაგავსაყრელი გაზის (CH_4 : 45-60%, CO_2 : 35-50% და სხვა მიკრომინარევი, მათ შორის CO , NO_x , SO_2 , H_2S , H_2 , H_2O , O_2) - უტილიზაცია/გამოყენება არ ხდება და ნაგავსაყრელი გაზი, ყველანაირი დამუშავების გარეშე, ემიტირდება პირდაპირ ატმოსფერულ ჰაერში [8].



ნახ. 1. ნორიოს ნაგავსაყრელი (Google Earth, 2024) - 1. ნაჟური წყლების 4 ავზი/ღია რეზერვუარი, 2. ადმინისტრაციული შენობა; 3. ნაჟური წყლის გასუფთავების სისტემა - უკუოსმოსი (არ ფუნქციონირებს) 4. უჯრედები.

როგორც უკვე აღინიშნა, ნაჟური წყლების გაწმენდისათვის 2018 წელს მოეწყო უკუოსმოსის დანადგარი. არსებული უკუოსმოსის დანადგარის წარმადობა არასაკმარისი აღმოჩნდა, რის გამოც ექსპლუატაციაში გაშვებიდან წელიწადზე ნაკლებში გამოვიდა მწყობრიდან და ამ დრომდე არ ფუნქციონირებს. შესაბამისად, გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს აღნიშნული პრობლემის მოგვარება, რადგან ნაჟური წყლის გასუფთავება ვერ ხდება საკანალიზაციო ქსელში ჩაშვებისათვის განკუთვნილი ჩამდინარე წყლების საკანონმდებლო ნორმების შესაბამისად [9]. ვინაიდან ნაჟურ წყლების ცირკულირებით ხდება ნაგავსაყრელის სხეულის მრავალჯერადი დატენიანება, შედეგად ნაჟური წყლები უფრო და უფრო მდიდრდება დამაბინძურებელი კომპონენტებით, ამასთან წყლები ცირკულირებს სრულად ჩაკეტილ სისტემაში: ნაგავსაყრელის სხეული - ღია რეზერვუარი/ავზი, შესაბამისად უხვი ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში არსებობს რეზერვუარების (საღებარების) გადავსებისა და დაბინძურებული წყლის საერთო კოლექტორში ავარიული ჩაშვების რისკი, რომელიც თავის მხრივ ჩაედინება მდ. ნორიხევის მარჯვენა სანაპიროზე არსებულ ბუნებრივ ხევში, ხოლო შემდეგ მდ. ნორიხევისა და ლოჭინში, საბოლოოდ კი ხვდება ტრანსსასაზღვრო მდ. მტკვარში.

საერთაშორისო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ უკუოსმოსის მეთოდოლოგიით ნაჟური წყლის გაწმენდა საკმაოდ ეფექტანია, თუმცა აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება უმჯობესია კომპლექსური მიდგომით, რომელიც გულისხმობს როგორც ქიმიური, ბიოლოგიური ისე სორბციული პროცესების გამოყენებას. არსებული გამწმენდი ტექნოლოგიები საკმაოდ ძვირადღირებულია, როგორც რთული კონსტრუქციისა და სახარჯი მასალების კუთხით, ისე ნედლეულის მაღალი ფასითა და წარმოების დიდი ენერგო-დანახარჯებით. სხვადასხვა ფილტრების, სორბენტებისა თუ რეაქტივების გამოყენება დიდი მოცულობის წყლის გასაწმენდად, რეგენერაციის გარეშე, ეკონომიური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით მიზანშეწონილი არ არის. ამიტომ, დღეისათვის, მრავალი კვლევა მიმდინარეობს იაფი ნახშირბადშემცველი სორბენტების ძიების მიმართულებით [9-17].

ჩვენი კვლევა მოიცავს თსუ-ს რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში შემუშავებული ტექნოლოგიის საფუძველზე მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (ცელულოზაშემცველი და პოლიმერული) თერმოქიმიური გზით მიღებული [18, 19, 20] და მექანიკურად დამუშავებული (ნანო- და მიკრო- ზომამდე დამუშავება) ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო- სორბენტებით ნაჟური წყლების გასუფთავების შეფასებას, თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონზე

ეკოლოგიური საფრთხის შემცირების მიზნით, რომელიც ორიენტირებულია ღია ტიპის ნაგავსაყრელებზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების კომპლექსურ, ხელმისაწვდომ და ეფექტიან გაწმენდაზე საკანონმდებლო რეგულაციებისა და ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად წყლის რესურსებისა და ნარჩენების სწორი და უსაფრთხო მართვისათვის.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

მიმდინარე კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების რეზერვუარებიდან აღებული საანალიზო წყლები.

კვლევის პირველ ეტაპზე 2022 წლის აპრილიდან 2024 წლის მარტის ჩათვლით დაიგეგმა და განხორციელდა ყოველთვიური ექსპედიციები თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე და განხორციელდა მოწყობილი რეზერვუარების ნაჟური წყლებში სავსე პირობებში, პორტატიული წყლის ანალიზატორის „Consort 6010“ გამოყენებით (ნახ.2), ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების - $t^{\circ}C$, pH, Conductivity, TDS გაზომვა; ასევე ნაჟური წყლების სინჯების აღება და მათში ზოგიერთი ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლის განსაზღვრა, რომელიც ნორმირებულია წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლებისათვის [9]. კერძოდ, საანალიზო ნაჟური წყლების სინჯებში განისაზღვრა: სიმღვრივე; pH; ელ.გამტარობა; TSS (შეწონილი ნაწილაკები); ჟანგდაბის ქიმიური მოხმარება (ჟქმ); ჟანგდაბის ბიოქიმიური მოხმარება (ჟბმ); ამონიუმი; ფენოლი; ცხიმები; ქრომი; თუთია; კადმიუმი; ტყვია; ვერცხლისწყალი; Total coliforms; E.coli.

კვლევის მეორე ეტაპი მოიცავდა თსუ-ს რ. აგლამის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში შემუშავებული ტექნოლოგიის საფუძველზე მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (ცელულოზაშემცველი და პოლიმერული) თერმოქიმიური გზით მიღებული და ნანო- და მიკრო-ნახშირბადოვანი სორბენტებით ნაჟური წყლების დამუშავება სტატიკურ პირობებში: 1-4 გ სორბენტი (კაკლის ნაჭუჭისა და პოლიპროპილენის ნარჩენებისაგან მიღებული მიკრო- 40-1200 მკმ ზომის და კაკლის ნაჭუჭისაგან მიღებული ნანო- 40-100 ნმ ზომის ნახშირბადოვანი მასალა), 100 მლ საკვლევი წყალი, დაყოვნება: 1 სთ, 24 სთ და 72 სთ. დამუშავებულ წყლებში საკვლევი ნორმირებული ნივთიერებების კვლევა, რომლებმაც აჩვენა ზდრ-ზე მაღალი შემცველობები საწყის საანალიზო წყლებში.



(ა)



(ბ)

ნახ. 2. ნორიოს ნაგავსაყრელი: ა. სავსე სამუშაოები; ბ. ნაჟური წყლების ღია ავზი/რეზერვუარი (მარჯვენა ავზში - ფსკერის საწმენდი სამუშაოები)

საანალიზო წყლების (ნაჟური წყალი - ნანო- და მიკრო- ნახშირბადოვანი სორბენტით დამუშავებამდე და დამუშავების შემდეგ) ანალიზი ჩატარდა შემდეგი მეთოდების გამოყენებით:

- ფიზ-ქიმიური პარამეტრები - პოტენციომეტრული მეთოდით;
- ბიოგენები, ზოგიერთი ორგანული ნაერთი, ჟბმ და ჟქმ - სპექტრომეტრული (კიუვეტ ტესტების გამოყენებით) და ცხიმები - გრავიმეტრული მეთოდებით;
- მძიმე ლითონები - MP-AES/ ICP-OES -ბის გამოყენებით;
- მიკრობიოლოგიური პარამეტრები - მეტად ალბათური რიცხვის მეთოდით, მიკრობიოლოგიური ანალიზის სისტემა - IDEXX-ის გამოყენებით.

ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა

თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების სველე და ლაბორატორიული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ძირითადად ნაჟური წყლებში ზდრ-ს აღმატება მიკრობიოლოგიური, ორგანული, ბიოგენური და მიკროელემენტური (მძიმე ლითონები) დამაბინძურებლები, კერძოდ, ზდრ-ს ნორმებს საშუალოდ აღმატება: ფენოლი - 8-ჯერ, ჟბმ₅ - 19-ჯერ, ჟქმ - 20-ჯერ, NH₄⁺ - 24-ჯერ, Cr_{ჯგა} - 2-ჯერ, Pb - 2-ჯერ, Hg - 1,3-ჯერ, Total coliforms - 20-ჯერ (ცხრ.1).

ცხრილი 1. თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლებში ზოგიერთი ნორმირებული ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებლის შემცველობა (2022-2024 წწ) და ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმები (ზდრ) [9]

| მაჩვენებელი | განზომილება | შედეგი | ზდრ | მაჩვენებელი | განზომილება | შედეგი | ზდრ |
|------------------|-------------|--------|---------|------------------------------|-------------|--------|------|
| t | °C | 29 | <40 | NH ₄ ⁺ | მგ/ლ | 482 | 20 |
| pH | - | 7.7 | 6.0-9.5 | Cr _{ჯგა} | მგ/ლ | 1.98 | 1 |
| TSS | მგ/ლ | 180 | 300 | Cd | მგ/ლ | 0.97 | 1 |
| ფენოლი | მგ/ლ | 1.9 | 0,25 | Pb | მგ/ლ | 2.05 | 1 |
| ცხიმები | მგ/ლ | <5 | 25 | Hg | მგ/ლ | 0.67 | 0.5 |
| ჟბმ ₅ | მგO/ლ | 5 680 | 300 | Total coliforms | MPN/100მლ | 99 800 | 5000 |
| ჟქმ | მგO/ლ | 11 800 | 600 | E.coli | MPN/100მლ | 100 | - |

სტატისტიკურ პირობებში (1-4 გ სორბენტი, 100 მლ საკვლევი წყალი, დაყოვნება სხვადასხვა დროის მანძილზე: 1 სთ. 24 სთ. 72 სთ) განხორციელდა საკვლევი (საწყისი ნაჟური) წყლების დამუშავება კაკლის ნაჭუჭისაგან და პოლიპროპილენის ნარჩენებისაგან მიღებული მიკრო- (40-1200 მკმ) და კაკლის ნაჭუჭისაგან მიღებული ნანო- (40-100 ნმ) ნახშირბადოვანი სორბენტებით (ცხრ. 2). მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად, სტატისტიკურ პირობებში ორივე ტიპის მიკრო-სორბენტის შემთხვევაში, სორბციის ოპტიმალური ხარისხი მიღწეულ იქნა 24 საათში 4% სორბენტის გამოყენებით (ცხრ.2). აღსანიშნავია, რომ სტატისტიკურ პირობებში, 72 საათის შემდეგ, ხდება კომპონენტების უმნიშვნელო დესორბცია (1-2%). ამასთან, კაკლის ნაჭუჭისაგან მიღებული ნანო-სორბენტით, სტატისტიკურ პირობებში საკვლევი ნაჟური წყლის დამუშავებისას წარმოიქმნება ტერინგირებული (შეფისული) ხსნარი, რაც შეიძლება აიხსნას რთული ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნებით, ნანო-ზომის ნახშირბადსა და ნაჟურ წყლებში არსებულ ორგანულ ნაერთებს შორის (მ.შ., როგორც ფიზიკური ძალების ისე პოლიმერიზაციისა და კომლექსების წარმოქმნის შედეგად).

ცხრილი 2. თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების ზოგიერთი, ნორმირებული ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებლის სორბციის ხარისხი - ცელულოზაშემცველი ნარჩენებისაგან (1) და პოლიმერის ნარჩენებისაგან (2) მიღებულ ნახშირბადოვან მასალებზე (4%-ანი ხსნარი, სტატისტიკური პირობები, საშუალო 2022-2024 წწ)

| მაჩვენებელი | საწყისი ნაჟური წყლები | დამუშავებული ნაჟური წყლები (1) | დამუშავებული ნაჟური წყლები (2) | სორბციის ხარისხი (1), % | სორბციის ხარისხი (2), % |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ფენოლი | 1,90 | 0,76 | 1,13 | 60 | 40 |
| ჟბმ ₅ | 5 680,01 | 2 675,28 | 2 993,36 | 53 | 47 |
| ჟქმ | 11 800,00 | 4 271,60 | 4 932,40 | 64 | 58 |
| NH ₄ ⁺ | 482,00 | 139,78 | 193,28 | 71 | 60 |
| Cr _{ჯგა} | 1,98 | 0,02 | 0,02 | 99 | 99 |
| Pb | 2,05 | 0,41 | 0,82 | 80 | 60 |
| Hg | 0,67 | 0,01 | 0,01 | 99 | 98 |
| Total coliforms | 99 800,00 | 820,00 | 910,00 | 99 | 99 |

დასკვნა

განხორციელებული კვლევა გვიჩვენებს, რომ ჩვენს მიერ სტატისტიკურ პირობებში საანალიზო ნაჟური წყლებში 40-1200 მკმ ზომის ორივე ტიპის (კაკლის ნაჭუჭისაგან და პოლიპროპილენის ნარჩენებისგან მიღებული) მიკრო-სორბენტს (4%) ყველაზე მაღალი სელექტიურობა აქვს შესწავლილ მძიმე მეტალებისა

(Cd Cr, Pb და Hg: 60-99%) და არაფეკალური წარმოშობის მიკრობიოლოგიური ინდიკატორების, კერძოდ Total coliforms (98-99%) მიმართ. ამასთან, მნიშვნელოვანია ორგანული და ბიოგენური დამაბინძურებლების წვლილი, რომელთა შემცველობა საკვლევ წყლებში საგრძნობლად მცირდება (40-75%) ორივე ტიპის ნახშირბადოვანი მიკრო-სორბენტის გამოყენებით, თუმცა მათი შემცველობა დამუშავების შემდეგ რჩება ჭარბი და აღემატება „წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლის ჩაშვების ზღვრულად დასაშვები ნორმების (ზდჩ) შესახებ“ ტექნიკური რეგლამენტის მოთხოვნებს. აღნიშნული პრობლემა შესაძლებელია მოგვარდეს დამუშავებული და გაფილტრული (სადაც ყველა მინარევის კონცენტრაცია სორბენტით თავდაპირველი დამუშავების შედეგად საგრძნობლად შემცირებულია) წყლის შესაბამისი რაოდენობა ახალი სორბენტის ხელახალი დამუშავებით. მნიშვნელოვანია, პრაქტიკაში მეთოდის დანერგვის მიზნით სორბენტის პროცესის შესწავლა დინამიკურ პირობებში. ამ მიმართულებით უკვე ჩატარებული პირველადი კვლევების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ დინამიკური პირობებში ცელულოზაშემცველი ნარჩენებისაგან მიღებული ნახშირბადოვანი ნანო-სორბენტისა და მიკრო-სორბენტის ერთობლივი გამოყენების შემთხვევაში, მიიღწევა თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების გასუფთავების ოპტიმალური შედეგები.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. <https://eu4georgia.eu/ka/wastemanagement/> ნარჩენების მართვა მწარმოებლის გაფართოებული ვალდებულება – ბიზნესის ზრუნვა გარემოზე
2. <https://matsne.gov.ge/en/document/view/2676416?publication=10> , ნარჩენების მართვის კოდექსი
3. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/20> ნარჩენების მართვის 2016-2030 წლების ეროვნული სტრატეგიისა და 2016-2020 წლების ეროვნული სამოქმედო გეგმა
4. Dvalishvili N. (Nowadays N. Dzebisashvili), Impact of incineration of municipal solid waste on climate change in Georgia, 5th World Convention on Recycling and Waste Management, 2017, <https://www.longdom.org/proceedings/impact-of-incineration-of-municipal-solid-waste-on-climate-change-in-georgia-38662.html>;
5. Dvalishvili N.L. (Nowadays N. Dzebisashvili), Tabatadze M.S. (2019) The Influence of Municipal Solid Waste of Georgia on Climate Changes. In: Ghosh S. (eds) Waste Management and Resource Efficiency. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7290-1_16 ;
6. N.L.Dvalishvili (Nowadays N. Dzebisashvili), Establishment of Energy Potential of Norio Landfill of Municipal Solid Waste of Tbilisi, Procedia Environmental Sciences, Volume 35, 2016, Pages 377-380, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616301062>;
7. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/11403> გარდაბნის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე მდებარე, თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ექსპლუატაციის პირობების შეცვლა, სკოპინგის ანგარიში
8. ნ. ნასყიდაშვილი, ნ. ვაშაყმაძე, ს. მამულია, ს. მდივანი „ნორიოს მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის დახურული სექტორიდან გამოყოფილი აირების რაოდენობრივი შეფასება“ „საქართველოს ქიმიურ ჟურნალში, ტომი 14, №1, 2014;
9. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №431, 2018 წ. „წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლის ჩაშვებისა და მიღების პირობებისა და დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ნორმების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“
10. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2188404?publication=0>
11. https://anrweb.vt.gov/PubDocs/DEC/SolidWaste/OL510/OL510%202019.10.15%20Conceptual_Leachate_Treatment_Scoping_Study.pdf
12. <http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/1167-1-031.pdf>
13. <https://thescipub.com/pdf/ajassp.2009.672.684.pdf>
14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-1685-z>
15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720323809>
16. https://www.researchgate.net/publication/248157402_Treatment_of_landfill_leachate_by_reverse_osmosis
17. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3682-2_10
18. <http://www.jeeng.net/Quality-of-Leachate-from-Landfill-with-Reverse-Osmosis-Concentrate-Recirculation,111711,0,2.html>

19. “პლასტმასებისა და ცელულოზის შემცველი ნარჩენებიდან სორბენტების მიღების ხერხი”, საქმის ნომერი:15030/1, განაცხადის ნომერი:AP 2019 15030, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, გამოგონება, 2021, www.sakpatenti.gov.ge;
20. საგრანტო პროექტი PHDF-21-268 „მყარი ორგანული პოლიმერული ნარჩენებისაგან ალტერნატიული სორბენტების მიღების უნარჩენო პროცესის შემუშავება ქვეყანაში ცირკულარული ეკონომიკის განვითარების მიზნით, გრანტის მიმღები: ნათელა ძევისაშვილი;
21. N. Dzebisashvili, G. Tatishvili, D. Dughashvili, „TREATMENT OF THE LEACHATE BY THE CARBON MATERIAL OBTAINED FROM POLYMER FRACTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE“ CHEMICAL PROBLEMS 2024, #1 (22), ISSN 2221-8688 33, <https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/12/33-44.pdf>

UDC: 54.055, 54.064, 67.08, 504.4.054

Assessment of Leachate Treatment by Carbon Nano- and Micro - Sorbents on the example of Tbilisi (Norio) Municipal Solid Waste Disposal Site/Natela Dzebisashvili, Darejan Tugashvili/Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.75-81. - Georg., Summ. Georg., Eng. The aim of our research was to select optimal conditions of treatment of leachate generated at the Tbilisi (Norio) municipal solid waste disposal site, using carbon nano- and micro-material/sorbent. For this purpose, on the first stage, from April 2022 to March 2024, a physical-chemical and microbiological study of leachate was carried out, based on which, some pollutants were identified. The second stage of the research included the treatment of leachate samples with carbon sorbents of different sizes and types, under different conditions. The use of the selected nano-size sorbent under static condition is ineffective due to the formation of a tarred solution by organic compounds. Leachate treatment under static condition with carbon micro-sorbents (two types: obtained from polymer and cellulose-containing waste) showed that used both types of micro-sorbents have the greatest selectivity to heavy metals (Cd, Cr, Pb and Hg: 60-99%) and non-fecal origin microbiological indicators (98-99%). In addition, under dynamic condition, using of combination of nano- and micro-sorbents showed optimal results.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-82-87

უკ 504.5.054.

ქ. ქუთაისის ატმოსფეროში PM_{2.5} და PM₁₀-ის გავრცელების გამოკვლევა ექსპერიმენტული დაკვირვებებით

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

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**ვ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ.ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი
natiagigauri18@yahoo.com

რეზიუმე

გამოკვლეულია საქართველოს ერთ-ერთი ადმინისტრაციული, სამედიცინო-გამაჯანსაღებელი და კულტურულ-ტურისტული ცენტრის ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის PM_{2.5} და PM₁₀-ით დაბინძურება. კვლევისათვის გამოყენებულია ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მონიტორინგის ფარგლებში ჩატარებული ოპერატიული დაკვირვებებისა და სპეციალური ექსპერიმენტული გაზომვებით მიღებული მონაცემები. განსაზღვრულია მიკროაეროზოლების კონცენტრაციათა ცვლილების წლიური, თვიური და დღიური მნიშვნელობების მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო არეალი, ასევე მათი სივრცული განაწილება ქალაქისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე. დადგენილია, რომ დღის განმავლობაში PM-ნაწილაკების კონცენტრაცია თითქმის ყოველთვის ხასიათდება მატების ტენდენციით და თავის მაქსიმუმს აღწევს 20 საათის შემდგომ. ექსპერიმენტული გაზომვების შედეგად გამოვლენილია მიკროაეროზოლების მაქსიმალური და მინიმალური კონცენტრაციების მნიშვნელობები, კონცენტრაციების ცვლილების დიაპაზონები და ატმოსფერული ჰაერის შედარებით ძლიერი და სუსტი დაბინძურების არეები.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერო, დაბინძურება, მონიტორინგი, PM-ნაწილაკები,

შესავალი

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება მთელი მსოფლიოს და მათ შორის, ჩვენი ქვეყნის ერთ-ერთი მთავარი გარემოსდაცვითი გამოწვევაა, რადგან ამ გარემოში ცხოვრობს ადამიანი და განუწყვეტლივ განიცდის ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედებას. ატმოსფეროს დამაბინძურებლებიდან განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს მიკრო აეროზოლები PM_{2.5} და PM₁₀, ისინი ატმოსფეროში ხვდებიან ბუნებრივი და ანთროპოგენული პროცესების შედეგად. ეს ნაწილაკები შეიცავს მიკროსკოპულ მყარ ნივთიერებებს ან თხევად წვეთებს, რომლებიც იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება მათი ინჰალაცია მოხდეს და ჯანმრთელობის სერიოზული პრობლემები გამოიწვიოს. PM_{2.5} და PM₁₀ - მყარი და თხევადი ნაწილაკებია, რომელთა ზომები 1-დან 10 მკმ-ს შორის მერყეობს. ისინი შედგებიან: ბიოლოგიური დამაბინძურებლების, ჭვარტლის, ასფალტის, საბურავების, მინერალური მარილების, მჟავების და სხვა მყარი თუ თხევადი უმცირესი ნაწილაკებისაგან. განსაზღვრულია მათი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები: PM_{2.5}-თვის - 10 მკგ/მ³ (საშუალო დღიური) და 25 მკგ/მ³ (მაქსიმალური ერთჯერადი); PM₁₀-თვის: 20 მკგ/მ³ (საშუალო დღიური) და 50 მკგ/მ³ (მაქსიმალური ერთჯერადი).

ყველაზე დიდ საფრთხეს უქმნის ჯანმრთელობას PM_{2.5} და PM₁₀ ნაწილაკები, რომლებიც იწვევენ ადამიანთა ჯანმრთელობის გაუარესებას, ხშირად ლეტალური შედეგით. კერძოდ, ყოველწლიურად ატმოსფეროს მიკრო ნაწილაკებით დაბინძურების შედეგად იღუპება მილიონობით ადამიანი [1]. ამ ნაწილაკების მოქმედებას უკავშირებს ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია გულ-სისხძარღვთა (3%) და კიბოთი (5%) დაავადებების შემთხვევებს [1]. ამასთან, დიდი ალბათობით მტვრის მიკრო ნაწილაკებზე ადსორბირებული ვირუსები მარტივად ვრცელდება ატმოსფეროში.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

კვლევის ობიექტად არჩეულია ქ. ქუთაისი. მართალია, ქ. ქუთაისი, საქართველოს ერთ-ერთი ადმინისტრაციული და ტურისტული ცენტრი, არ მიეკუთვნება მსოფლიოს 500 ყველაზე მეტად დაბინძურებულ ქალაქების რიცხვს, მაგრამ, როგორც ამას ჰაერის მონიტორინგის მონაცემები აჩვენებენ, მის ცალკეულ უბნებში ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება ხშირად აღემატება დასაშვებ დონეს. ამიტომ ქ.ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის PM_{2.5} და PM₁₀-ით დაბინძურების შესწავლა, მეტად აქტუალურ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს.

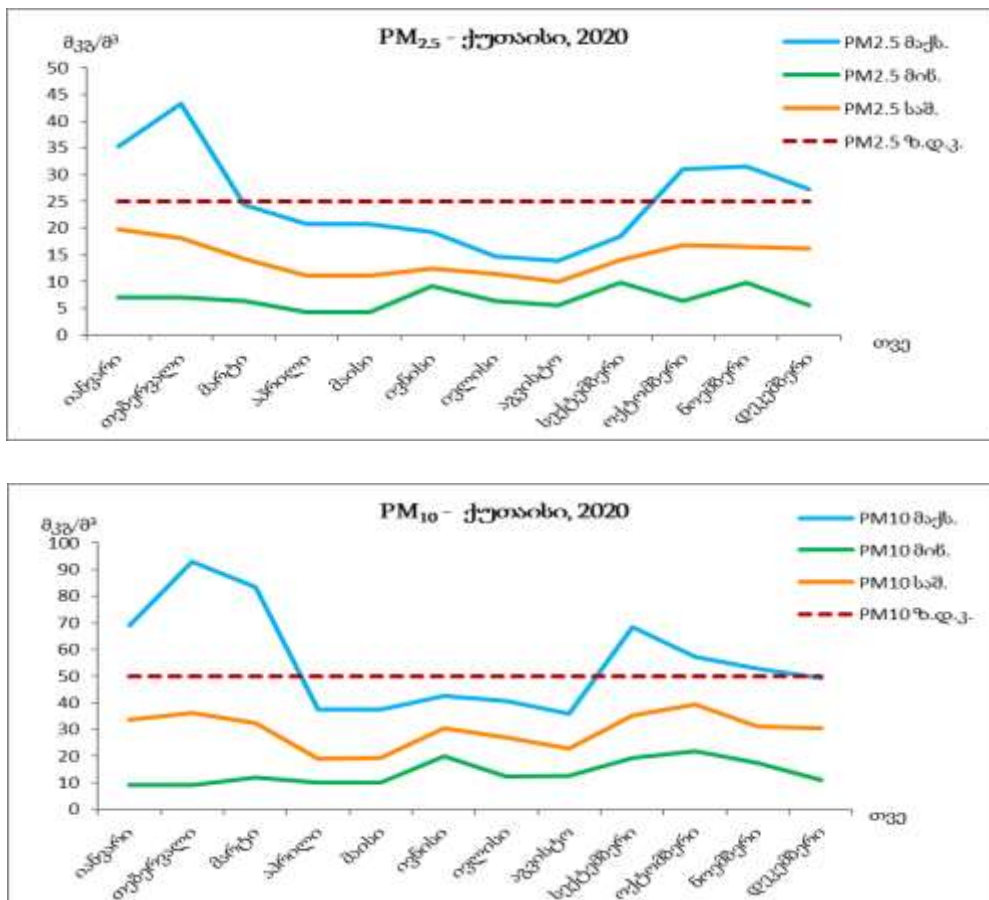
ქ. ქუთაისში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის გაზომვები წარმოებს მხოლოდ ერთ ავტომატურ მონიტორინგის ფონური სადგურის ამონაცემები მიღებულია ქალაქის ერთ-ერთ მეტად მეტად ინტენსიური

საავტომობილო მოძრაობის პუნქტში - ი. ასათიანის ქ. No.98. და 7 ყოველკვარტალური ინდიკატორული გაზომვების საშუალებით. მიმდინარე მონიტორინგის შედეგებზე დაყრდნობით კი შეუძლებელია ქალაქის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სრული სურათის დანახვა, ამიტომ ჩვენ ქალაქის ატმოსფეროს ხარისხის შეფასებისათვის გამოვიყენეთ ავტომატური სადგურის დაკვირვების 2-წლიანი (2020-2021 წწ.) მონაცემები. ანალოგიური სამუშაო ჩატარებულია ქ.თბილისისთვის [3].

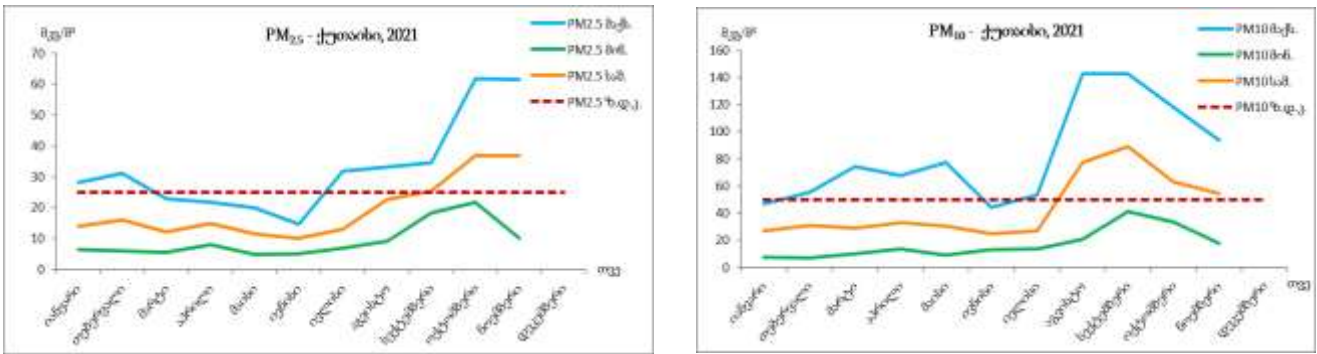
ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა

ნახ.1-ზე წარმოდგენილია PM_{2.5} და P M₁₀-ის 2020 წლის ყოველთვიური აბსოლუტური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მონაცემები. როგორც ნახაზებიდან ჩანს, ნაწილაკების მაქსიმალური კონცენტრაციები ზღვ-ს მნიშვნელობებს აჭარბებს ან ტოლია ყველა პერიოდში. უნდა აღინიშნოს, რომ PM_{2.5} ყოველთვის ნაკლებია PM₁₀-ის კონცენტრაციებზე, თუმცა მათი მსვლელობა ერთნაირი ხასიათისაა. ყურადღებას იქცევს კონცენტრაციების ვარდნა, რომელიც ჩანს მარტისა და აპრილის თვეებს შორის. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ 2020 წლის აპრილის თვეში საქართველოს მასშტაბით გამოცხადდა საგანგებო მდგომარეობა და აიკრძალა ავტოტრანსპორტის მოძრაობა. განვიხილოთ თვის ჭრილში ეს პერიოდები.

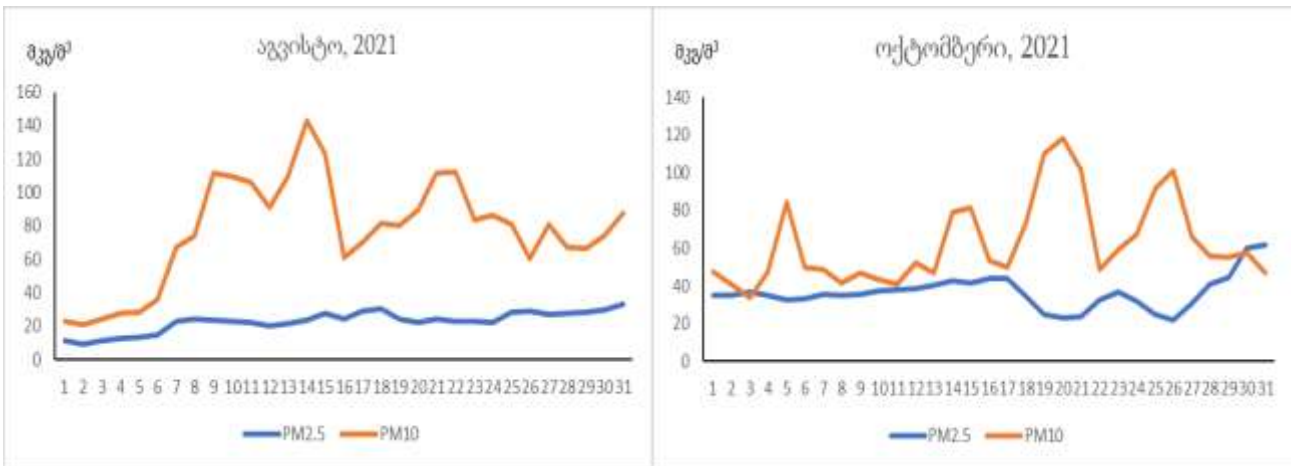
ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის შესაფასებლად გამოყენებულია გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემები [2]. ჩვენს მიერ შექმნილი ბაზა მოიცავს 2020-2022 წლების წლიურ, თვიურ და დღიურ კონცენტრაციათა მსვლელობის გრაფიკებს. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია 2020 წლის განმავლობაში PM_{2.5} და PM₁₀-ის ყოველთვიური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციების ცვლილების გრაფიკები. შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ ქუთაისის ატმოსფერულ ჰაერში PM_{2.5}-ის კონცენტრაციები, როგორც წესი, ნაკლებია PM₁₀-ის კონცენტრაციებზე, მათი ცვლილების მრუდის ხასიათი კი ერთნაირია. PM₁₀-ის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები ზამთრის პერიოდში აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (ზღვ), მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები კი ყოველ თვე ნაკლებია ზღვ-ზე (ზღვ PM_{2.5}= 25 მკგ/მ³, ზღვ PM₁₀= 50 მკგ/მ³).



ნახ. 1. PM_{2.5} და PM₁₀-ის მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები, 2020 წელი



ნახ. 5. PM_{2.5} და PM₁₀-ის მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები, 2021 წელი



ნახ. 6. PM_{2.5} და PM₁₀-ის ყოველდღიური მსვლელობა, 2021 წლის აგვისტოსა და ოქტომბერში

ექსპერიმენტული ნატურული გაზომვებით შესწავლილია ქ. ქუთაისისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ატმოსფერულ ჰაერში PM_{2.5} და PM₁₀ კონცენტრაციები. გაზომვები ჩატარებულია პორტატული გამზომი მოწყობილობით Aeroqual Series 500. მიღებული მონაცემებით აგებულია მიკროაეროზოლების ზედაპირული განაწილების სურათი, დადგენილია შედარებით მაღალი და დაბალი კონცენტრაციების ზონები.

დიაგრამიდან ჩანს, რომ PM_{2.5} და PM₁₀-ის კონცენტრაციათა მნიშვნელობები დაკვირვების პუნქტებში არ არის პროპორციულ დამოკიდებულებაში. გაზაფხულზე და ზაფხულში PM₁₀-ის კონცენტრაციები იცვლება 8,4 -132,5 მკგ/მ³, PM_{2.5}-ის კი - 4,6-25,1 მკგ/მ³ ინტერვალის ფარგლებში.

PM₁₀-ის ექსტრემალურად მაღალი კონცენტრაცია (>2,6ზდკ; ზდკ=50 მკგ/მ³) გაზომილია ავტომშენებლის ქუჩის მიმდებარე ტერიტორიაზე. მაღალი კონცენტრაციები (>ზდკ) დაკვირვებულია ქალაქის ცენტრში (მწვანე ბაზარი, რუსთაველის ხიდი), თაბუკაშვილის ქუჩის შუა ნაწილში, ქუთაისის გარსემოვლის გზასა და თაბუკაშვილის ქუჩის გადაკვეთასთან. მაღალი კონცენტრაციების არსებობა ძირითადად დაკავშირებულია ქუჩის სარემონტო სამუშაოებთან, საწარმოო საქმიანობასთან, ინტენსიურ სატრანსპორტო მოძრაობასთან.

UDC: 504.5.054

Investigation of distribution of PM2.5 and PM10 in city Kutaisi atmosphere by experimental observations/N.Gigauri, A. Surmava, V. Kukhalashvili, L. Intskirveli, N. Beglarashvili / Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.82-87. - Georg., Summ. Georg., Eng. One of the administrative, medical-rehabilitation and cultural-tourist centers of Georgia St. Air pollution of Kutaisi with PM2.5 and PM10. The data obtained from operational observations and special experimental measurements conducted within the framework of atmospheric air pollution monitoring are used for the research. The maximum, minimum and average area of the annual, monthly and daily changes in the concentration of microaerosols, as well as their spatial distribution in the city and its surrounding area, have been determined. It is determined that the concentration of PM particles during the day is almost always characterized by an increasing trend and reaches its maximum after 20 hours. As a result of experimental measurements, the values of maximum and minimum concentrations of microaerosols, ranges of concentration changes and areas of relatively strong and weak pollution of atmospheric air have been revealed.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-88-91

უდგ: 549.02, 904; 691.2; 72.023

ქ. თბილისის სიონისა და ანჩისხატის ტაძრების გარე ზედაპირული მდგრადობის პირველადი შეფასება
ნ.ბუაჩიძე, ნ.ძეგისაშვილი, ვ.მაისურაძე, ე.შაფაქიძე, მ.ნადირაშვილი, დ.დულაშვილი, ლ.წინწინაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ა.თვალჭრელიძის სახ. მინერალური
ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტი

emc.buachidze@yahoo.com

*კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით
[გრანტის ნომერი FR-23-8279]*

რეზიუმე

ქ. თბილისის ყველაზე ხანდაზმული კულტურული ძეგლების - სიონისა და ანჩისხატის მაგალითზე (ქ. თბილისი), ვიზუალური დათვალიერებისა, მორფოლოგიური და მიკროსტრუქტურული ანალიზების საფუძველზე, მოხდა ამ ძეგლების მდგრადობისა და სიმტკიცის პირველადი შეფასება. ამისათვის ტაძრის გარე კედლებიდან აღებულ სამშენებლო მასალების საანალიზო ნიმუშებში გაზომილ იქნა მათი ფორიანობა, წყალშთანთქმის უნარი, ჭეშმარიტი და მოცულობითი სიმკვრივეები. მიღებული შედეგების მიხედვით შეფასდა ქ. თბილისის უძველესი ტაძრების დღევანდელი მდგომარეობა.

საკვანძო სიტყვები: ანჩისხატი, თბილისის სიონი, სამშენებლო მასალები, ფიზიკურ-მექანიკური ანალიზი

შესავალი

საქართველო, ისე როგორც ევროპის ძირითადი ქვეყნები გამორჩეულია თავისი ისტორიულ-კულტურული და არქიტექტურული მემკვიდრეობით. ისინი გამოირჩევიან მრავალფეროვნებით, წარმოადგენენ ერისა და ქვეყნის კულტურული მემკვიდრეობის ნაწილს (არქეოლოგია, არქიტექტურა, სახვითი ხელოვნება და ა.შ.), რომელთაც გააჩნიათ განსაკუთრებული ისტორიული შემეცნებითი ან მხატვრული ღირებულებები, ამასთან კულტურული მემკვიდრეობა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან რესურსს ქვეყნის სოციალური და ეკონომიური წინსვლის პროცესებში და აქედან გამომდინარე ის ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესების ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა (ამის მაგალითია, კულტურული ტურიზმი, რომელიც ქმნის სამუშაო ადგილებს, აუმჯობესებს ადგილობრივ ინფრასტრუქტურას და შესაბამისად მოსახლეობის ცხოვრების პირობებს) [1,2].

საუკუნეზე მეტია, რაც კულტურული ძეგლები დიდი საფრთხის წინაშე დგანან, არა მხოლოდ ბუნებრივი პროცესებიდან გამომდინარე, არამედ სოციალური და ეკონომიური ცვლილებების გამოც, როგორცაა - კლიმატის ცვლილება, ინდუსტრიული და ურბანული განვითარება, მზარდი, უკონტროლო ტურიზმი და სხვა. კლიმატის ცვლილებითა და ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული მეტეოროლოგიური პარამეტრებისა და გარემო ფაქტორების ცვალებადობა დროთა განმავლობაში იწვევს შენობის შემადგენელი მასალების დაზიანებას (მათ შორის დაჟანგვას) და შესაბამისად მათ სახესხვაობასა და ნგრევასაც კი.

მიუხედავად შექმნილი საკანონმდებლო ბაზისა და საერთაშორისო დაფინანსებით შესრულებული ცალკეული პროექტებისა [3] (აღსანიშნავია, რომ ძირითადი აქცენტი გაკეთებული იყო იუნესკოს სიაში შესულ ძეგლებზე), რჩება მრავალი სხვა უნიკალური, ეროვნული, მრავალსაუკუნოვანი ისტორიული ძეგლი, რომლიც ეტაპობრივად განიცდის დეგრადირებას. ამასთან ცალკეული, სავალალო მდგომარეობაში მყოფი ძეგლები „რესტავრირებულ“ იქნა სპონტანურად, არათავსებადი და შეუქცევადი მასალების აქტიური გამოყენებით, რამაც მნიშვნელოვნად შეცვალა და ბევრ შემთხვევაში გააუარესა ან/და შელახა არქიტექტურული მემკვიდრეობის ავთენტურობა და მთლიანობა [3-9].

ძირითადი ნაწილი

დროის გავლენა განსაკუთრებით ეკლესია-მონასტრებზე აისახა. ამას მოწმობს სახემეცვლილი და დანგრეული ტაძრების სიმრავლე. ტაძრისთვის ფუნქცია რომ მოეშალათ, საბჭოთა პერიოდში მას სხვადასხვა დანიშნულებისთვის იყენებდნენ. XIX საუკუნის დამდეგს თბილისში ბევრი ეკლესია იყო. 30-იანი წლების ერთ-ერთი საბუთის მიხედვით "უპირველესი ტფილისისა შინა არს დიდი ეკლესია გუმბათიანი სიონად წოდებული, ყვითლის ქვით-კირით და ყვითლის ქვით ნაშენი". უმთავრესი იყო ასევე ანჩისხატის ტაძარი [11].

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ზემოხსენებული ორი მნიშვნელოვანი ისტორიული ძეგლის დღევანდელი ვიზუალური მდგომარეობის შეფასების შედეგად გამოვლინდა მათი დღევანდელი კვლევის აუცილებლობა. აქედან გამომდინარე ჩვენი კვლევის მიზანია, ქ.თბილისის ყველაზე ხანდაზმული ანჩისხატისა და სიონის ტაძრების გარე ზედაპირული მდგრადობის პირველადი შეფასება შემდგომი სიღრმისეული კვლევის ჩატარებისათვის, რომელიც გულისხმობს ისტორიულ-არქიტექტორული მემკვიდრეობის გრძელვადიანი დაცვის შენარჩუნების მექანიზმების მეთოდოლოგიის შემუშავებას კლიმატის ცვლილების პირობებში.

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

- ანჩისხატი (ინგლ. Anchiskhati Basilica) – ანჩისხატის ღვთისმშობლის ტაძრადმიყვანების ეკლესია, მარიამწმინდა ეკლესია, ზარის ეკლესია – დაბაზული ტიპის სამნავიანი ქრისტიანული ტაძარი [12] (ნახ. 1,2). ანჩისხატის ტაძარი, რომელიც მე-VI საუკუნით თარიღდება საკმაოდ დიდი ისტორიით შემოიფარგლება. იგი იმდენივე წელს ითვლის, რამდენსაც თბილისი. თუმცა მისი სახე თავდაპირველი სახისგან ბევრად განსხვავდება [ანჩისხატის ეკლესიის არქიტექტურა. მისი აგების ისტორია და დღევანდელი იერ-სახე. Ella Saakian, Tbilisi State Academy of Arts, 2017].
- თბილისის სიონი (ინგლ. Sioni Cathedral of the Dormition) – ყოვლადწმიდა ღვთისმშობლის მიძინების სახელობის (სიონის) საკათედრო ტაძარი, ქართული ხუროთმოძღვრების ძეგლი, მდებარეობს თბილისში მტკვრის მარჯვენა დაბალ ნაპირზე, ზემო კალაში, სიონის ქუჩაზე (ნახ. 1,3). კომპლექსში შემავალი ნაგებობებია: საკათედრო ტაძარი, გალავანი, ორი სამრეკლო. გადმოცემით სიონი ერთ-ერთი იმ ტაძართაგან იყო, რომელიც მეფე ვახტანგ გორგასალმა ააგო თბილისში მე-V საუკუნის მეორე ნახევარში [13]. ყოვლადწმიდა ღვთისმშობლის მიძინების სახელობის (სიონის) საკათედრო ტაძრის მშენებლობა მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე მე-VI საუკუნეში ქართლის ერისმთავრის გუარამ კურაპალატის დროს დაიწყო და VI ს-ის 20-იან წლებში ადარნასეს ერისმთავრობისას დასრულდა [14].



ნახ.1 ქ. თბილისის უძველესი კულტურულ-არქიტექტორული ძეგლები:
1.ანჩისხატი; 2.სიონი (წყარო:Google Map)



ნახ.2 ანჩისხატის ტაძრის გარე კედლები
(თებერვალი, 2024)



ნახ.3 თბილისის სიონის ტაძრის გარე კედლები
(თებერვალი, 2024)

ჩვენი პირველადი კვლევის ობიექტებია - თბილისის ამ უძველესი ტაძრების გარე ზედაპირული ბუნებრივი წარმოშობის სამშენებლო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური ი თვისებების შეფასება.

სიონის ტაძარი აგებულია ალგეთის თლილი ქვით. კედლების მნიშვნელოვანი ნაწილი. მოყვითალო-ქვიშისფერი ტუფის ფილების საფასადო პერანგი მეტწილად XIX საუკუნისაა, თუმცა შემორჩა უფრო ძველი მოპირკეთების ნაშთებიც, კერძოდ, ჩრდილოეთი ფასადის ზედა ნაწილში, სადაც არის 1710 წლის წარწერა [13].

ანჩისხატი - თბილისში შემორჩენილი ყველაზე ძველი საეკლესიო ნაგებობა, აშენებულია ტუფის თლილი ქვით (თავდაპირველი ფენა), ხოლო კედლების ზედა ნაწილები და ყველა შიგნითა სვეტი აგურისაა (XVII საუკუნის რესტავრაცია) [12]. ტაძრის შიდა და გარე კედლები ამოყვანილია მოყვითალო ტუფის კვადრატული ფილებით. [5-7].

ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა

წარმოდგენილი ტაძრების გარე ზედაპირის მდგრადობის შეფასების თვალსაზრისით, მათი ზედაპირიდან აღებული ორ-ორი ტიპის ბუნებრივი სამშენებლო მასალების საანალიზო ნიმუშები (აგურის გარდა). ბუნებრივი სამშენებლო მასალის პირველადი შესწავლისას განხორციელდა ნიმუშების ფიზიკურ-მექანიკური კვლევა. ამ მიზნით, პირველ რიგში, გამოკვლევა გამოყენებული სამშენებლო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევა, როგორცაა: სიმკვრივე, ფორიანობა, მექანიკური სიმტკიცე და მედეგობა აგრესიული გარემოს (ატმოსფერული მოვლენების: წვიმა, ყინვა, მზე, ქარი) მიმართ, და რაც საბოლოოდ განსაზღვრავს ნაგებობის ხანმედეგობას. სიმკვრივე, არის მასალის ერთეული მოცულობის წონა. საშუალო სიმკვრივე, ანუ მოცულობითი სიმკვრივე, არის მასალის ერთეული მოცულობის წონა ბუნებრივ მდგომარეობაში, ანუ ფორების ჩათვლით. ჭეშმარიტი სიმკვრივე, ანუ კუთრი წონა, რის მასალის ერთეული მოცულობის წონა ფორების გამოკლებით. ჭეშმარიტი სიმკვრივე ყოველთვის მეტია საშუალო სიმკვრივეზე, ვინაიდან ფორები ჰაერით არის შევსებული და ის უფრო მსუბუქია, ვიდრე მყარი მასალა. ჭეშმარიტი სიმკვრივე და საშუალო სიმკვრივე განისაზღვრება ექსპერიმენტულად (გოსტი 8269.0-97. ღორღი და ხრეში მკვრივი სამთო ქანებისგან და საწარმოო ნარჩენებისგან სამშენებლო სამუშაოებისთვის. ფიზიკურ-მექანიკური გამოცდის მეთოდები). ფორიანობა იანგარიშება ფორმულით: $V_{ფორ} = (1 - \frac{\rho_f}{\rho}) 100, \%$

სადაც, ρ_K არის მოცულობითი სიმკვრივე (გ/სმ³), ρ - ჭეშმარიტი სიმკვრივე (გ/სმ³).

წყალშთანთქმა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია სამშენებლო მასალის და, შესაბამისად, ნაგებობის ხანმედეგობის დასადგენად. წყალშთანთქმას განსაზღვრავს მასალის ფორიანობა. წყალი არწვეს მასალის ფორებში, იქ ილექება, შემდეგ იყინება, რაც იწვევს მოცულობაში ზრდას და სტრუქტურის შესუსტებას, დაშლას. ან, თუ წყალი აგრესიულია (მჟავას ან ტუტეს შეიცავს) - შესაძლოა გამოიწვიოს მასალის კოროზია. რაც საბოლოოდ ნაგებობის ხანმედეგობაზე უარყოფითად მოქმედებს. არსებოს ღია და დახურული ფორიანობა. დახურულ ფორებში წყალი ვერ აღწევს. წყალშთანთქმას განაპირობებს ღია ფორიანობა. რაც უფრო მცირეა წყალშთანთქმა, მით მეტია სამშენებლო მასალის და ნაგებობის ხანმედეგობა [8-10]. ჩატარებული ფიზიკურ-მექანიკური კვლევები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრ.1 თბილისის სიონისა და ანჩისხატის ტაძრების ბუნებრივი სამშენებლო მასალის ფიზიკურ-მექანიკური ანალიზი (თებერვალი - მარტი, 2024)

| # | ნიმუშის დასახელება | | მოცულობითი სიმკვრივე, გ/სმ ³ | ჭეშმარიტი სიმკვრივე, გ/სმ ³ | წყალ-შთანთქმა, % | ფორიანობა, % |
|-----------|-----------------------------|-----------|---|--|------------------|--------------|
| სიონი | | | | | | |
| 1 | მოყვითალო სამშენებლო მასალა | თუფი | 2.33 | 2.62 | 5.52 | 12.41 |
| 2 | რუხი სამშენებლო მასალა | თლილი ქვა | 2.35 | 2.76 | 2.20 | 14.86 |
| ანჩისხატი | | | | | | |
| 3 | მოყვითალო სამშენებლო მასალა | თუფი | 2.13 | 2.55 | 9.79 | 16.5 |
| 4 | რუხი სამშენებლო მასალა | თლილი ქვა | 2.16 | 2.54 | 10.99 | 15.0 |

დასკვნა

სიონის ტაძრის რუხი მასალის (რომელიც არის განლაგებული ტაძრის ქვედა ნაწილში) ფორიანობა აჭარბებს მოყვითალო მასალის (რომლითაც მოპირკეთებულია ტაძრის გარე კედელი) ფორიანობას, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ სიონის ტაძრის ქვედა ნაწილის სიმტკიცე მცირედ მაგრამ მაინც სუსტია ტაძრის ზედა ნაწილის სიმტკიცეებზე, ხოლო რაც შეეხება ანჩისხატის სამშენებლო მასალების ანალიზის შედეგებს, ისინი საგრძნობლად განსხვავდებიან სიონის ტაძრის ანალიზის შედეგებისაგან, მაგალითად ანჩისხატის საკვლევი ნიმუშების ფორიანობა საგრძნობლად მაღალია (15.0-16.5%) სიონის ორივე ნიმუშის ფორიანობის სიდიდესთან შედარებით და ასევე მაღალი აღმოჩნდა მათი წყალშთანთქმის უნარიც (9,79-10,99%), ამ შემთხვევაში ფორიანობის მაღალმა მაჩვენებელმა გამოიწვია წყალშთანთქმის უნარის მატება.

პირველადი ფიზიკურ-მექანიკური ანალიზის შედეგებისა და ვიზუალური დათვალიერების მიხედვით, ანჩისხატის ტაძრის მდგომარეობა შედარებით უფრო ნაკლებად დამაკმაყოფილებელია ვიდრე სიონისა და შესაბამისად ის მეტ ყურადღებას მოითხოვს სახელმწიფოს ან/და საპატრიარქოს მხრიდან, რათა მეტად იყოს ის დაცული სხვადასხვა ტიპის გარე დაზიანებებისგან.

ლიტერატურა - References

1. Heritage Assessment Report, Georgia, 2015, <https://rm.coe.int/168070b5f6> ;
2. Master builders in medieval Georgia / Dimitri Tumanishvili, Natia Natsvlishvili, Davit Khoshtaria; Giorgi Chubinashvili National Research Center of Georgian Art History and Monument Protection, ISBN: 9789941041921, p. 287, 2012;
3. <http://icomos.org.ge/en/projects/>;
4. Gverdtseteli R., "Restoration of Anchiskhati", // Jour. A friend of the monument, no. 7 Tbilisi: Soviet Georgia, 1966. — p. 37-42;
5. M. Kutateladze, "Temples of Tbilisi", Vol. I, Vol., 2010 p. 7-14;
6. V. Beridze - "Georgian church architecture of the XVI-XVIII centuries", 1994;
7. Ir. Gunia - "Churches of Mtskheta-Tbilisi Diocese", 2002;
8. Restoration of architecture in Georgia: historiography, tradition, experience analysis, Irine Elizbarashvili, Manana Suramelashvili, Tsitsino Chachkhunashvili, Khatuna Churgulia, p. 299, ISBN 978-9941-0-4207-2, 2012;
9. Conservation of monuments of material culture, c. Inanishvili, Stu, p.130, <http://georgiansweapons.com/inanishvili.pdf>, 2009;
10. Cooke R.U. University College, London, Gibbs G.B. Imperial College, London. REPORT. Crumbling Heritage? Studies of Stone Weathering in Polluted Atmosphere. Atmospheric Environment. Pergamon, Great Britan 1994, pp.1355-1356;
11. Old Tbilisi temples, <http://karibche.ambebi.ge/eklesia/tadzrebi-da-monastrebi/3319-dzveli-thbilisis-tadzrebi.html>;
12. Encyclopedic Dictionary of Construction, V.2, https://construction.gtu.ge/wp-content/uploads/2019/11/I-2-1.pdf?fbclid=IwAR1TmNOzEobAmx1vxINS9ClcGHI9SZ5AdINT1XPtDbqVmJ4jp_qsWvZ5dz8;
13. Encyclopedic Dictionary of Construction, V.4, https://construction.gtu.ge/wp-content/uploads/2019/11/II-4-1.pdf?fbclid=IwAR257F4QpN4TJR_4CqwX0eceUL6nt7xvBYimwWpxBbViR4X9e-EQ8toAvf0;
14. Sioni, <http://novators.ge/dzglebi.php?id=16092>.

UDC: 549.02, 904; 691.2; 72.023

Initial assessment of external surface stability of Tbilisi Sioni and Anchiskhati cathedrals/Nugzari Buachidze, Natela Dzebisashvili, Vera Maisuradze, Elene Shapakidze, Marine Nadirashvili, Darejan Dughashvili/Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.88-91. - Georg., Sum. Georg., Eng. On the example of the ancient cultural monuments of Tbilisi - Sioni and Anchiskhati, on the basis of visual, morphological and microstructural analysis, an initial assessment of the stability and strength of these monuments was carried out. For this, in the samples of natural construction materials sampled from the outer walls of the temples, their porosity, water absorption capacity, true and volumetric densities were measured. According to the obtained results, the current state of the ancient temples of Tbilisi was evaluated.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-92-97

უღკ: 613.2; 614.31

საქართველოში სურსათის უვნებლობის მონიტორინგის სისტემის მიმოხილვა რისკის შეფასების/ანალიზის კრილში

დ.დულაშვილი, ნ.ძებისაშვილი, ზ.ცქიტიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი

d_dughashvili@yahoo.com

საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, საქართველო, თბილისი

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია საქართველოში სურსათის უვნებლობის მონიტორინგის თანამედროვე სისტემა. დღეისათვის, საქართველოში სურსათთან ასოცირებული რაოდენობრივი რისკების შეფასების ხელშეშლელ ფაქტორად უცხოელი და ადგილობრივი ექსპერტებისა და დაინტერესებული მხარეების რეკომენდაციებსა და დასკვნებში რისკის რაოდენობრივი შეფასებისთვის აუცილებელი სათანადო მონაცემების არქონა ან მათი შეზღუდული რაოდენობა სახელდება. ამასთან საქართველოში სურსათის უვნებლობის შეფასების მონიტორინგის ზოგიერთი ინსტრუმენტი განსხვავდება ევროპული და საერთაშორისო კანონმდებლობისა და შესაბამისად იწვევს განუსაზღვრელობის ზრდას. რისკის შეფასების მიზნებისთვის გამოყენებადი მონიტორინგის მონაცემების მისაღებად შემოთავაზებულია, მონიტორინგის პროგრამების შედგენისას გათვალისწინებული იყოს ევროპული მიდგომები, მ.შ. სისტემატური და პროექტული მონიტორინგები, რომლებშიც დგინდება როგორც სურსათის/ცხოველის საკვების საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ მოთხოვნებთან შესაბამისობა, ასევე გამოკვლეული უნდა იყოს არანორმირებული საფრთხეები - აღმოცენებადი რისკები.

საკვანძო სიტყვები: სურსათის უვნებლობა, კანონმდებლობა, მონიტორინგი, რისკის შეფასება.

შესავალი

სურსათის უვნებლობის სფეროში საქართველოს კანონმდებლობის ჰარმონიზაცია ევროკავშირის რეგულაციებთან დაიწყო „სურსათის უვნებლობისა და ხარისხის შესახებ“ საქართველოს კანონის (27.12.2005) ძალაში შესვლით. აღნიშნული კანონი ძირითადად ეფუძნებოდა ევროპის პარლამენტისა და საბჭოს რეგულაციას (EC) No 178/2002, ასევე რეგულაციას (EC) No 882/2004. აღნიშნულმა კანონმა საქართველოს საკანონმდებლო სივრცეში შემოიტანა სრულიად ახალი ტერმინები, მიდგომები (როგორცაა, რისკზე დაფუძნებული სურსათის უვნებლობის სისტემა) და პრინციპები, რომელთაგან ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია რისკის ანალიზი. თავის მხრივ რისკის ანალიზი შედგება სამი ურთი-ერთდაკავშირებული კომპონენტისგან - რისკის შეფასება, რისკის მართვა და რისკის კომუნიკაცია [1-3]. ადამიანთა სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის დაცვის უზრუნველსაყოფად კანონით გათვალისწინებული ზომები უნდა ეფუძნებოდეს **რისკის შეფასებას**, რომელიც მოიცავს ოთხ საფეხურს: საფრთხის იდენტიფიცირებას, საფრთხის აღწერა-დახასიათებას, საფრთხის ზეგავლენის/ექსპოზიციის შეფასებას და რისკის დახასიათებას [1,2,4-6]. რისკის შეფასება ეფუძნება მეცნიერულად დასაბუთებულ შედეგებსა და მონაცემებს და ხორციელდება დამოუკიდებლად, ობიექტურად და გამჭვირვალედ.

რისკის მართვამ რისკის შეფასების შედეგების გათვალისწინებით უნდა უზრუნველყოს გამაფრთხილებელი და მაკორექტირებელი ზომების გატარება სურსათის მოხმარების შედეგად წარმოქმნილი რისკების შემცირების, აღმოფხვრის, ან პრევენციის მიზნით. აღნიშნული ზომები უნდა იყოს ეფექტიანი, ობიექტური და ადეკვატური.

რისკის კომუნიკაცია ითვალისწინებს ინფორმაციის მიწოდების სწრაფი სისტემის შექმნას, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს ზუსტი ინფორმაციის ურთიერთგაცვლა ეროვნულ და საერთაშორისო დონეებზე [1]. ცხრილში 1 წარმოდგენილია ევროკავშირის და მისი წევრი ქვეყნის - გერმანიის, ასევე საქართველოს ჰარმონიზირებული სურსათის უვნებლობის რისკის ანალიზის სისტემები და შესაბამისი სტრუქტურები - რისკის ანალიზში მათი როლის შესაბამისად.

ცხრ.1: ევროკავშირის, გერმანიის და საქართველოს სურსათის უვნებლობის რისკის ანალიზის სისტემები

| | რისკის შეფასება | კანონმდებლობა და პოლიტიკა | რისკის მართვა |
|-------------|--|---|---|
| ევროკავშირი | EFSA (ევროპის სურსათის უვნებლობის სააგენტო) | EU კომისია (DG SANTE - ჯანმრთელობისა და სურსათის უვნებლობის გენერალური დირექტორატი) | FVO (სურსათისა და ვეტერინარიის ოფისი) |
| გერმანია | BfR (რისკის შეფასების ფედერალური ინსტიტუტი) | BMEL (სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ფედერალური სამინისტრო) | BVL (მომხმარებელთა დაცვისა და სურსათის უვნებლობის ფედერალური ოფისი) |
| საქართველო | სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი (რისკის შეფასების სამსახური) | საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო | სსიპ სურსათის ეროვნული სააგენტო |

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს მთავრობის 2010 წლის 25 ივნისის დადგენილებაში N 173 „სურსათის/ცხოველის საკვების მწარმოებელი საწარმოს/დისტრიბუტორის ჰიგიენის ზოგადი წესისა და სურსათის უვნებლობის, ვეტერინარიისა და მცენარეთა დაცვის სფეროებში ზედამხედველობის, მონიტორინგისა და სახელმწიფო კონტროლის განხორციელების წესის შესახებ“ გაჩნდა პირველი განმარტება მონიტორინგის შესახებ:

მონიტორინგი – ღონისძიება, რომლის ფარგლებშიც დგინდება სურსათის/ცხოველის საკვების ბაზრის არსებული მდგომარეობის შესაბამისობა საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილ მოთხოვნებთან [7].

მაღევე, საქართველოს მთავრობის 2010 წლის 10 სექტემბრის N 283 დადგენილებით ცვლილება შევიდა N 173 დადგენილების შესაბამის პუნქტში, რითიც დაკონკრეტდა მონიტორინგის შედეგად მიღებული ინფორმაციის გამოყენების მიზნები (რისკის შეფასებისთვის): მონიტორინგი – ღონისძიება, რომლის ფარგლებშიც დგინდება სურსათის/ცხოველის საკვების ბაზრის არსებული მდგომარეობის შესაბამისობა საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილ მოთხოვნებთან; მონიტორინგი ტარდება საცალო ვაჭრობის პუნქტიდან ნიმუშების აღების, მათი ორგანოლექტიკური შეფასებისა და ლაბორატორიული შემოწმების გზით, რაც ხორციელდება ამ წესის III თავის შესაბამისად. მონიტორინგის საფუძველზე მიღებული ინფორმაცია გამოიყენება რისკის შეფასების მიზნით [8].

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

ამჟამად, ზემოთხსენებული საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტები ძალადაკარგულია. მათ მაგივრად მოქმედებს საქართველოს კანონი „სურსათის/ცხოველის საკვების უვნებლობის, ვეტერინარიისა და მცენარეთა დაცვის კოდექსი“ (08.05.2012). აღნიშნულ კანონში ზემოთ მოყვანილი პრინციპები და ტერმინები ნაწილობრივ ან არსებითად სახეცვლილი სახით დღესაც ძალაშია. სურსათის/ცხოველის საკვების უვნებლობის, ცხოველთა ჯანმრთელობისა და მცენარეთა დაცვის ძირითადი პრინციპია - რისკის ანალიზი [4].

რისკი - ეპიდემიოლოგიასა და სტატისტიკაში არის ალბათობა გარკვეული მოვლენებისა, რომელიც განიხილება როგორც არასასურველი; ხოლო რისკების შეფასებაში - ალბათობა უარყოფითი ეფექტებისა ორგანიზმში, სისტემაში ან (სუბ)პოპულაციაში განპირობებული აგენტის ექსპოზიციის სპეციფიკური გარემოებებით [9].

საქართველოს მოქმედ კანონმდებლობაში განმარტებულია [4] **რისკი** – როგორც, საფრთხიდან გამომდინარე, ადამიანის, ცხოველის ჯანმრთელობაზე, მცენარის სიჯანსაღეზე მავნე ზემოქმედების გამოვლენის ალბათობა და სიმძიმე (მუხლი 2, პუნქტი 34); ხოლო აღნიშნული **საფრთხე** – როგორც, სურსათში/ცხოველის საკვებში, ცხოველში, მცენარეში, ცხოველურ და მცენარეულ პროდუქტებში ისეთი ბიოლოგიური, ქიმიური ან ფიზიკური აგენტის არსებობა ან სურსათის/ცხოველის საკვების, ცხოველის, მცენარის, ცხოველური და მცენარეული პროდუქტების ისეთი მდგომარეობა, რომელმაც შესაძლებელია ზიანი მიაყენოს ადამიანის, ცხოველის ჯანმრთელობას ან/და სიცოცხლეს, მცენარის სიჯანსაღეს (მუხლი 2, პუნქტი 33).

დღეისათვის, საქართველოში სურსათთან ასოცირებული რაოდენობრივი რისკების შეფასების ხელშეშლელ ფაქტორად უცხოელი და ადგილობრივი ექსპერტებისა და დაინტერესებული მხარეების რეკომენდაციებსა და დასკვნებში სწორედ რისკის რაოდენობრივი შეფასებისთვის აუცილებელი სათანადო

მონაცემების არქონა ან მათი შეზღუდული რაოდენობა სახელდება. ევროპის სურსათის უვნებლობის ორგანოს საქართველოში საქსპერტო მისიის ანგარიშის თანახმად: წარმატებული და მაღალი სიზუსტის, ანუ დაბალი განუსაზღვრელობის მქონე, რისკის შეფასების განხორციელებისთვის, საქართველოს ესაჭიროება ბევრი ზუსტი მონაცემი - დაკავშირებული უშუალოდ ქვეყნის რეალობასთან. ეს ნიშნავს რომ საქართველომ უნდა ჩამოაყალიბოს ექსტენციური მონაცემთა ბაზა: ერთის მხრივ სხვადასხვა სუბსტანციების გამოვლინებისა და კონცენტრაციებისა და მეორეს მხრივ საქართველოს მოსახლეობის სურსათის ინდივიდუალური მოხმარების მონაცემებით. ამ უკანასკნელის მიღწევისთვის აუცილებელია ჩატარდეს ექსტენციური ეროვნული კვლევა - სურსათის ინდივიდუალური მოხმარების EFSA -ს მეთოდოლოგიის საფუძველზე, რათა შეგროვდეს საჭირო და შესაბამისი ხარისხის მონაცემები [10]. რისკის შეფასების მიზნების რელევანტური ასეთი მონაცემების შეგროვება საკმაოდ ძვირადღირებულია და საჭიროებს ეროვნულ დონეზე ფართომასშტაბიანი კვლევების განხორციელებას.

ამდენად, რისკის მიზნებისთვის შესაბამისი კვლევების განხორციელება აღიარებულია რისკის შემფასებელი ევროპული სტრუქტურების მხრიდან, როგორც სამომავლო ქმედებების პრიორიტეტი, რათა შესაძლებლობა შეიქმნას ექსპოზიციის განსაზღვრისა, რომლის დროსაც შესაძლოა დადგინდეს:

- კონცენტრაციის გადანაწილება დროსა და სივრცეში, და გარემოს სხვადასხვა ობიექტებში;
- მაღალ და დაბალ რისკს დაქვემდებარებული პოპულაციები და სუბპოპულაციები;
- რისკის შემცირების პრიორიტეტული, ეფექტური და შედარებით ეკონომიური პროგრამები და ღონისძიებები;
- დაბინძურების სხვადასხვა წყაროების წილი გარემოს დაბინძურებაში;
- დამაბინძურებლების გარემოში მოხვედრის განმარტობებელი ფაქტორები, მათგან ნივთიერებების გავრცელებისა და ადამიანის ორგანიზმში მისი მოხვედრის გზები;
- ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო დონეებამდე დაბინძურების შემცირებისთვის გამოყენებულ ღონისძიებათა შესაბამისობა.

ზემოაღნიშნული ეროვნული კვლევების განხორციელებას წინ უნდა უსწრებდეს მოსამზადებელი სამუშაოები - შესაბამისი მეთოდოლოგიების დამუშავება, რეპრეზენტატიული კვლევის მასშტაბებისა და დიზაინის განსაზღვრა და სხვა ტექნიკური ხასიათის სამუშაოების დაგეგმვა, თუმცა ყველაზე მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს კვლევის ფინანსური უზრუნველყოფის შესაძლებლობების შეფასება.

შედეგები და განსჯა

როგორც ზემოთ უკვე აღინიშნა რისკის შეფასების საფეხურებია საფრთხის იდენტიფიკაცია და საფრთხის ზეგავლენის ანუ ექსპოზიციის შეფასება. მათი განხორციელებისთვის აუცილებელია მონიტორინგის მონაცემები. განსაკუთრებით კი ექსპოზიციის შეფასებისთვის, რომლის დროსაც საერთაშორისოდ აღიარებული მეთოდოლოგიების ფარგლებში, სხვადასხვა სცენარების შედგენითა და მოდელირებით ხდება ე.წ. „ფაქტიური კვების“ (ანუ სურსათის მოხმარების) და მონიტორინგის შედეგად მიღებული მონაცემების (სურსათში საფრთხის (მ.შ პოტენციური) შემცველობის შესახებ) სტატისტიკური დამუშავება, რათა დადგინდეს ექსპოზიციის (ზეგავლენის) ზღვრები და თვისობრივად ან/და რაოდენობრივად დახასიათდეს/შეფასდეს არსებული რისკები განუსაზღვრელობის ფაქტორის გათვალისწინებით, შედგეს შესაბამისი რეკომენდაციები და დაიგეგმოს რისკის მართვის ადექვატური ღონისძიებები. აღსანიშნავია, რომ ვინაიდან, საქართველოში არ არსებობს „ფაქტიური კვების“ მონაცემები, ამიტომ, სურსათის რისკის შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ საქართველოს სტატისტიკურ ან სხვა ქვეყნების სურსათის ინდივიდუალური მოხმარების ეროვნული კვლევების (შესაბამისი სახეობის სურსათთან მიმართებაში კვებითი თავისებურებით საქართველოსთან მხოლოდ სარწმუნო მსგავსების შემთხვევაში) მონაცემებზე დაყრდნობით, რომლებიც სავარაუდოდ შეიცავს ცდომილებებს. შესაბამისად, შესაძლებელი ხდება სავარაუდო (საალბათო) ექსპოზიციის შეფასება [10].

ამჟამად, საქართველოს მოქმედი კანონმდებლობის მიხედვით, მონიტორინგი არის სახელმწიფო კონტროლის მექანიზმი, რომლის დროსაც ხორციელდება წინასწარ დაგეგმილი დაკვირვებები და გაზომვები სურსათის/ცხოველის საკვების საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შესაფასებლად, რომლის ფარგლებში ხორციელდება - რისკის შეფასებისათვის სურსათის/ცხოველის საკვების მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლის, ქიმიური დამაბინძურების საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ მოთხოვნებთან შესაბამისობის დადგენა და მასში ფიზიკური საფრთხის არსებობის შესწავლა ნიმუშის აღებით და აკრედიტებულ ლაბორატორიაში გამოკვლევების ჩატარებით [4,11].

ამავე კანონმდებლობის მიხედვით, განსაზღვრულია ასევე ზედამხედველობა, როგორც სახელმწიფო კონტროლის კიდევ ერთი მექანიზმი, რომლის დროსაც ხორციელდება სურსათის/ცხოველის საკვების ბიზნესოპერატორის საქმიანობაზე დაკვირვება. რომლის ფარგლებშიც დაკვირვება ხორციელდება: ა) სურსათის განადგურებაზე; ბ) ბიზნესოპერატორის მიერ სურსათის ბაზარზე განთავსების აღკვეთაზე, ბაზრიდან და მომხმარებლისგან გამოთხოვაზე; გ) ბიზნესოპერატორის მიერ სააგენტოს მითითებების შესრულებაზე [4,11].

შესაბამისად, საქართველოში მონიტორინგის პროგრამების ფარგლებში ხდება მხოლოდ ნორმირებული (ან აკრძალული) მაჩვენებლების გამოკვლევა. მაშინ, როდესაც რისკის შეფასებისთვის - განსაკუთრების აღმოცენებადი რისკების შემთხვევაში, ასევე საჭირო და მნიშვნელოვანია არანორმირებული მაჩვენებლების კვლევა. რაც შეეხება ზედამხედველობას, საქართველოს კანონმდებლობით მას სრულიად სხვა განმარტება და მიმართულება აქვს, ვიდრე ევროპული და საერთაშორისო კანონმდებლობით. ამიტომ ზედამხედველობის პროგრამები ევროპული და საერთაშორისო სახით პრაქტიკულად არ ხორციელდება საქართველოში, მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი პროგრამები შესაძლოა საკმაოდ კარგი ინსტრუმენტი იყოს საქართველოს სურსათის უვნებლობისა და ვეტერინარიის სისტემებში არსებული რიგი რისკების ეფექტიანი მართვისთვის. მაგ, სასურველი იქნებოდა შექმნილიყო ბრუცელოზის ზედამხედველობის პროგრამა და სხვ.

რისკის შეფასებისათვის, და ასევე მართვისათვისაც, ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი საკითხია კვლევებისთვის გამოყენებული მეთოდები. ლაბორატორიული კვლევის მეთოდი არა მხოლოდ აკრედიტებული უნდა იყოს ISO 17025-ის მიხედვით [12], არამედ უნდა შეესაბამებოდეს კვლევის მიზანსაც. მნიშვნელოვანია ლაბორატორიამ შეძლოს კომპეტენციის დადასტურება საკვლევი მაჩვენებლების ანალიზისთვის საერთაშორისოდ აღიარებული პროფესიული ტესტირების (PT) შედეგებით ISO 17043-ის მიხედვით აკრედიტებული სქემების მიხედვით [13].

საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 10 ნოემბრის N 581 „სურსათის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“, 2016 წლის 07 ნოემბრის N 497 „სურსათში მიკოტოქსინების განსაზღვრისათვის ნიმუშის აღებისა და ანალიზის მეთოდების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“ და 2016 წლის 13 დეკემბრის N 547 „ტექნიკური რეგლამენტი – სურსათში მიკროელემენტებისა და დამაბინძურებლების (კონტამინანტები) რაოდენობის კონტროლისათვის ნიმუშის აღებისა და ანალიზის მეთოდების შესახებ“ დადგენილებებით დადგინდა მოთხოვნები რიგი მაჩვენებლების ლაბორატორიული კვლევის იმ მეთოდების მიმართ, რომლებიც სავალდებულოა სახელმწიფო კონტროლის, მ.შ. მონიტორინგის მიზნით კვლევების განხორციელებისას [14-16].

ექსპოზიციის შეფასებისას, ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია მონიტორინგის სრულ, ნედლ, რაოდენობრივ ან თვისობრივ შედეგებთან ერთად, რისკის შემფასებლებს გააჩნდეთ ლაბორატორიული კვლევის მეთოდების სტატისტიკური მახასიათებლებიც, LOD/LOQ (აღმოჩენის (დეტექციის) ზღვრები/რაოდენობრივი დათვლის (კვანტიფიკაციის) ზღვრები), ასევე გაზომვის განუსაზღვრელობა თითოეული მეთოდისთვის, მატრიცების და, ამასთანავე, შემსრულებელი ლაბორატორიების მიხედვით. აღნიშნული მნიშვნელოვანია, როგორც ექსპოზიციის სწორი შეფასებისთვის, ასევე მისი განუსაზღვრელობის შეფასებისთვის, რადგან, რისკის (ექსპოზიციის) შეფასების განუსაზღვრელობაში მნიშვნელოვანი და ერთ-ერთი ყველაზე ადვილად მიკვლევადი წილი სწორედ ლაბორატორიული კვლევის გამუსაზღვრელობაზე მოდის.

ამასთანავე, მნიშვნელოვანია სახელმწიფო კონტროლის (მ.შ. მონიტორინგის) განმახორციელებელმა ორგანოებმა ყოველი წლის დასაწყისში განსაზღვრონ პრიორიტეტული საფრთხეები, წინა წლ(ებ)ის მონიტორინგის შედეგების ანალიზის საფუძველზე - დამტკიცებული პროცედურების შესაბამისად.

დასკვნა

რისკის შეფასების მიზნებისთვის გამოყენებადი მონიტორინგის მონაცემების მისაღებად შემოთავაზებულია, მონიტორინგის პროგრამების შედგენისას გათვალისწინებული იყოს ევროპული მიდგომები, მ.შ. სისტემატური და პროექტული მონიტორინგები, რომლებშიც დადგინდება როგორც სურსათის/ცხოველის საკვების საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ მოთხოვნებთან შესაბამისობა, ასევე გამოკვლეული იქნება არანორმირებული საფრთხეები - აღმოცენებადი რისკები, სადაც:

- პროგრამული (სისტემური) მონიტორინგის - ფარგლებში ხორციელდება წინასწარ დაგეგმილი დაკვირვებები და გაზომვები სურსათის/ცხოველის საკვების საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შესაფასებლად. პროგრამული მონიტორინგის შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას რისკის შეფასების მიზნით.

- მიზნობრივი (პროექტული) მონიტორინგი - ხორციელდება სახელმწიფო კონტროლის ფარგლებში რისკის შეფასებისთვის და მოიცავს არანორმირებული აგენტების/აღმოცენებადი რისკების კვლევის მიზნით ნიმუშის აღებას და ლაბორატორიულ გამოცდას.

მიზანშეწონილია სახელმწიფო კონტროლის ორგანოებმა ყოველი წლის დასაწყისში განსაზღვრონ პრიორიტეტული საფრთხეები, წინა წლ(ებ)ის მონიტორინგის შედეგების ანალიზის საფუძველზე - დამტკიცებული პროცედურების შესაბამისად.

მონიტორინგის ფარგლებში საჭიროა შედეგები წარმოდგენილი იყოს რაოდენობრივი სახით კვლევის მეთოდის (სტანდარტის) მოთხოვნების შესაბამისად, გარდა ისეთი შემთხვევებისა, როდესაც ლაბორატორიული კვლევა ხორციელდება დეტექციის მეთოდით. რისკის/ექსპოზიციის და მისი განუსაზღვრელობის სწორი შეფასებისთვის, მნიშვნელოვანია რისკის შემფასებლებს მონიტორინგის შედეგები მიეწოდოს სრული და ნედლი სახით, და ამასთანავე, მიეთითოს ლაბორატორიული კვლევის მეთოდების სტატისტიკური მახასიათებლებიც, LOD/LOQ (აღმოჩენის (დეტექციის) ზღვრები/რაოდენობრივი დათვლის (კვანტიფიკაციის) ზღვრები), ასევე გაზომვის განუსაზღვრელობა თითოეული მეთოდისთვის, მატრიცების და ასევე შემსრულებელი ლაბორატორიის მიხედვით. სახელმწიფო კონტროლის (მ.შ. მონიტორინგის) ფარგლებში კვლევების განმახორციელებელი ლაბორატორიის შერჩევისას მნიშვნელოვანია კომპეტენციის დადასტურება საერთაშორისოდ აღიარებული პროფესიული ტესტირების (PT) შედეგებით ISO 17043-ის მიხედვით აკრედიტებული სქემების გამოყენებით.

რისკის/ექსპოზიციის შეფასებისთვის საჭიროა ქვეყნის მასშტაბით ჩატარდეს მოსახლეობის მიერ სურსათის ინდივიდუალური მოხმარების - „ფაქტიური კვების“ - ეროვნული კვლევა საერთაშორისოდ აღიარებული მეთოდოლოგიების გამოყენებით. სასურველია, თუ აღნიშნული კვლევა ჩატარდება მოსახლეობის ბიომეტრიული მონაცემებისა და ჯანმრთელობის სტატუსის კვლევასთან ტანდემში.

მონიტორინგის წლიური გეგმის შედგენისას მიზანშეწონილია გათვალისწინებული იყოს სასურსათო კალათა, რომელიც მიიღება სურსათის ინდივიდუალური მოხმარების ანუ „ფაქტიური კვების“ ეროვნული კვლევის მონაცემიდან.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. The Georgian Law on Food Safety and Quality (27.12.2005);
2. REGULATION (EC) No 178/2002 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety;
3. REGULATION (EC) No 882/2004 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law, animal health and animal welfare rules;
4. Law of Georgia "Food/Feed Safety, Veterinary and Plant Protection Code"(08.05.2012);
5. Codex Alimentarius Commission (CAC) (1999). Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment, CAC/GL-30;
6. Resolution No. 605 of the Government of Georgia dated December 2, 2015, "On approval of risk assessment, risk management and risk communication procedures within the framework of risk analysis";
7. Ordinance No. 173 of the Government of Georgia dated June 25, 2010, "On the general rule of hygiene of the food/animal feed manufacturing enterprise/distributor and the rule of implementation of supervision, monitoring and state control in the fields of food safety, veterinary medicine and plant protection";
8. Ordinance No. 283 of the Government of Georgia dated September 10, 2010;
9. IPCS (2009a). Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. (Environmental health criteria; 240). Technical report, World Health Organization, International program on Chemical Safety, Geneva;
10. Report of the Expert Mission on Georgia of European Food Safety Authority (EFSA), ref: AGR IND/EXP 63660, 16-20 January 2017, in Tbilisi, within the framework of the TAEX program;
11. Ordinance No. 533 of the Government of Georgia dated October 16, 2015 "On approval of rules for implementation of Food/Feed Safety State Control";
12. ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, International Organization for Standardization;
13. ISO/IEC 17043:2023 - Conformity assessment -General requirements for the competence of proficiency testing providers, International Organization for Standardization;

14. Ordinance No. 581 of the Government of Georgia dated November 10, 2015 “On approval of Technical Reglament on Food Microbiological Parameters”;
15. Ordinance No. 497 of the Government of Georgia dated November 07, 2016 “On approval of Technical Reglament on sampling and analysis methods for the determination of mycotoxins in food”;
16. Ordinance No. 547 of the Government of Georgia dated December 13, 2016 “Technical Reglament on sampling and analysis methods for controlling the amount of trace elements and contaminants in food”;

UDC: 613.2; 614.31

Review of Food Safety Monitoring System in Georgia in Perspective of Risk Assessment/Analysis/Darejan Dughashvili, Natela Dzebisashvili, Zurab Tskitishvili/Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.92-97. -Georg., Summ. Georg., Eng. The paper discusses the modern system of food safety monitoring in Georgia. To date, the limited or lack of appropriate data necessary for quantitative risk assessment is mentioned as a factor hindering the assessment of quantitative risks associated with food in Georgia by foreign and local experts and interested parties in the recommendations and conclusions. In addition, some monitoring tools for food safety assessment in Georgia differ from European and international legislation and accordingly this leads to increased uncertainty. In order to obtain monitoring data usable for risk assessment purposes, it is proposed to consider European approaches when developing monitoring programs, including systematic and by project monitoring, during which the compliance of food/animal feed with the requirements determined by the legislation of Georgia should be studied, as well as non-normative hazards – emerging risks.

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-98-101

უკ: 551.510.42

**დედამიწისა და გარემოს შემსწავლელ მეცნიერებათა დარგში
ეკოლოგიის საფუძვლების ტერმინების განმარტებითი გლოსარიუმის
დამუშავების საკითხებისთვის
გუნია გარი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
garrygunia@yahoo.com

რეზიუმე: უკანასკნელ პერიოდში უმაღლეს სასწავლებლებში რიგი აკადემიური დისციპლინა გვხვდება, როგორცაა, მაგალითად, „ქიმიური ეკოლოგია“, „საინჟინრო ეკოლოგია“, „სამშენებლო ეკოლოგია“ და ა.შ. ამ ახალი დისციპლინების შინაარსის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ, ხშირად, ისინი მხოლოდ გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის ცალკეულ ასპექტებს განიხილავენ, ხოლო შინაარსი კი, ეკოლოგიის კუთვნილებისაგან შორსაა. ამიტომ მიგვაჩნია, რომ ეკოლოგიის საფუძვლების უნიფიცირებული ტერმინებისა და განმარტებების ლექსიკონ-ცნობარის არსებობა მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ტერმინის „ეკოლოგია“ და მისი დერივატების გამოყენების მიმართ უფრო მკაცრ მიდგომას და აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრას. ამასთან აუცილებელია გარემოს ფაქტორებისა და მათი ზემოქმედების ზოგადი საკითხების განხილვა, მათ შორის, „ადამიანი - ბუნება - საზოგადოება“ სისტემაში გაჩენილ წინააღმდეგობების ესკალაციის პირობებში, გარემოსდაცვითი განათლების განვითარების ახალი სტრატეგიული გზების დამუშავება.

ზემოგამოთქმული მოსაზრებები კარგად ესაბამება, 1977 წელს გაეროს ეგიდით თბილისში გამართულ მთავრობათაშორისო კონფერენციაზე გარემოსდაცვითი განათლების შესახებ მომზადებულ დეკლარაციას, რომელშიც პირველად იქნა ჩამოყალიბებული გარემოსდაცვითი განათლების სისტემების სტრუქტურა, როგორც ადგილობრივ, ასევე ეროვნულ და საერთაშორისო დონეებზე.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგიური განათლება, გლოსარიუმი, უნიფიცირებული ტერმინები

შესავალი

უკანასკნელ პერიოდში უმაღლეს სასწავლებლებში რიგი აკადემიური დისციპლინა გვხვდება, როგორცაა, მაგალითად, „ქიმიური ეკოლოგია“, „საინჟინრო ეკოლოგია“, „სამშენებლო ეკოლოგია“ და ა.შ.

ამ ახალი დისციპლინების შინაარსის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ, ხშირად, ისინი მხოლოდ გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის ცალკეულ ასპექტებს განიხილავენ, ხოლო შინაარსი კი, ეკოლოგიის კუთვნილებისაგან შორსაა. ამიტომ მიგვაჩნია, რომ ტერმინის „ეკოლოგია“ და მისი წარმოებულების გამოყენებას უფრო მკაცრი მიდგომაა საჭირო. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩნდება ჩვეულებრივი ტერმინოლოგიური ჩანაცვლება, რომელიც, ზოგადად, ხელს უშლის ეკოლოგიური განათლების ფორმირებას. ჩვენი აზრით, ნებისმიერი ტერმინოლოგიური ჩანაცვლება საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთქმედების ყველაზე რთული პროცესის შესწავლაში ქაოსს წარმოქმნის. ამიტომ ტერმინის "ეკოლოგია" და მისი დერივატების არაკორექტული ხმარება დაუშვებლად მიგვაჩნია.

ძირითადი ნაწილი

ეკოლოგიის საფუძვლების უნიფიცირებული ტერმინებისა და განმარტებების ლექსიკონ - ცნობარის დამუშავება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრას. ამასთან აუცილებელია, „ადამიანი - ბუნება - საზოგადოება“ სისტემაში გაჩენილ წინააღმდეგობების ესკალაციის პირობებში, გარემოს ფაქტორებისა და მათი ზემოქმედების ზოგადი საკითხების განხილვა, მათ შორის, გარემოსდაცვითი განათლების განვითარების ახალი სტრატეგიული გზების დამუშავება.

თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტა დაკავშირებულია: ეკონომიკური განვითარების, მოსახლეობის გამრავლების, და სიღარიბის დაძლევის პროცესებთან. ეკოლოგიური კატასტროფის აცილებისა და მდგრადი განვითარების მიღწევის პრობლემები თავისი მასშტაბებით აჭარბებენ ყველა პრობლემებს, რომლებსაც თავის განვითარების პროცესში შეხვედრილა კაცობრიობა. ჯერ კიდევ არასდროს ყოფილა პრობლემის მასშტაბებისა და მის გადაწყვეტაში ჩვენი შესაძლებლობებს შორის ასეთი გიგანტური წყვეტა.

ცნობილია, რომ ატმოსფერო და ჰიდროსფერო ბუნებრივ გარემოში ნივთიერებათა მიმოქცევის მთავარი მაგისტრალია, ხოლო მანვე ნივთიერებათა გადატანას გარემოში ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესები

განაპირობებენ. აქედან გამომდინარე ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული გარემოს ეკოლოგიური დატვირთვის მონიტორინგი, პროგნოზი და მართვა ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების კანონზომიერების გათვალისწინებით უნდა სრულდებოდეს [1]. ამჟამად ძნელი წარმოსადგენია მსხვილი სამრეწველო რაიონი ან ქალაქი, რომელშიც მისი ბუნებრივი გარემოს დასაცავად რაიმე ღონისძიება არ ტარდებოდა. უკვე არავის არ ეპარება ეჭვი იმაში, რომ ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგი - დროსა და სივრცეში რეგულარული, გრძელვადიანი დაკვირვებები ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე და მასში მიმდინარე ბუნებრივ მოვლენებზე და, აგრეთვე, ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის შეფასება და პროგნოზი - ადამიანის ორგანიზმზე უფრო ერთ-ერთი მთავარი განუყოფელი ნაწილია.

ზემოთ გამოთქმული მოსაზრებები კარგად ეთანადება 1977 წელს გაეროს ეგიდით თბილისში გამართულ მთავრობათაშორისო კონფერენციაზე გარემოსდაცვითი განათლების შესახებ მომზადებულ დეკლარაციას (Tbilisi Declaration (oct 14 - 26, 1977)), რომელშიც პირველად იქნა ჩამოყალიბებული გარემოსდაცვითი განათლების სისტემების სტრუქტურა, როგორც ადგილობრივ, ასევე ეროვნულ და საერთაშორისო დონეებზე. მასში აღიარებულია, რომ განათლებამ წამყვანი როლი უნდა შეასრულოს გარემოსდაცვითი საკითხების შესახებ ცნობიერების ამაღლებაში.

ეკოლოგიური განათლება უნდა მოიცავდეს ყველა ასაკის ადამიანს, ფორმალური და არაფორმალური განათლების ყველა საფეხურზე (ეკოლოგიური განათლების უწყვეტობის პრინციპი). განათლებამ უნდა ჩართოს ადამიანები ეკოლოგიური და სოციალური პრობლემების გადაჭრის აქტიურ პროცესში, წახალისოს ინიციატივა, პასუხისმგებლობის გრძნობა და უკეთესი მომავლის აშენების სურვილი.

ტერმინი “ეკოლოგია” გერმანელი ბუნების მკვლევარი და ფილოსოფოსი ერნსტ ჰეკელის მიერ 1866 წელს არის შემოტანილი. იმ დროს ეკოლოგია, მცენარეული და ცხოველური სამყაროს ორგანიზმების და ბუნებრივი გარემოს ურთიერთკავშირების შემსწავლელი, ბიოლოგიური მეცნიერების ნაწილს მიეკუთვნებოდა. ამჟამად ამ ტერმინს მრავალი მნიშვნელობა გააჩნია, და იხმარება იმ მეცნიერების აღსანიშნავად, რომელიც სწავლობს სხვადასხვა დონის ზეორგანიზმების, მათ შორის: - სისტემების, პოპულაციების, სახეობების, ბიოგეოცენოზების, ეკოსისტემებისა და მთლიანად ბიოსფეროს ორგანიზმებსა და ფუნქციონირებას; - ადამიანის, მთლიანად ადამიანთა ოჯახების და ბუნებრივი გარემოს ერთობლივ განვითარებას; - გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის გადალახვის გზებს და ა.შ.

ეკოლოგიის ძირითადი თეორიული ცნებები - ეკოსისტემა, პოპულაცია, ეკოლოგიური ნიში, ორგანიზმების ურთიერთკავშირები პოპულაციის, ოჯახის, ეკოსისტემების შიგნით - XX საუკუნის პირველ ნახევარში იყო განვითარებული, ხოლო პოპულაციებზე და ეკოსისტემებზე ადამიანის გავლენის კვლევებმა განსაკუთრებული განვითარება იმავე საუკუნის მეორე ნახევარში მიიღო. ამ პერიოდში მოსახლეობის რიცხვის არარეგულირებადი მატების, ბუნებრივი გარემოს პროგრესირებადი დაბინძურების, მინერალური და წიაღისეული ენერგორესურსების რესურსების ამოწურვის, ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემცირების, ნიადაგის დეგრადაციის და გლობალური ბიოსფერული პროცესების განვითარების, სათბური ეფექტების გაძლიერების და ოზონური შრის რღვევის შედეგად, ადამიანის დამოკიდებულება ეკოლოგიური კრიზისის საშიშროების მიმართ მნიშვნელოვნად გამძაფრდა.

ამრიგად, ეკოლოგია - მეცნიერება ბუნების სიცოცხლის შესახებ - მეორე სიცოცხლეს განიცდის. მეტად პროგრესულად მოაზროვნე მეცნიერები ეკოლოგიის მომავალს შეცვლილი სამყაროს შექმნის თეორიაში ხედავენ. ეკოლოგია ჩვენს თვალწინ ბუნებრივ გარემოში ინდუსტრიული საზოგადოების ადამიანის ყოფაქცევის თეორიული საფუძვლის სახეს ღებულობს. ამრიგად, თანამედროვეობის ერთ-ერთ მეტად აქტუალურ პრობლემას, ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული, ეკოლოგიური დატვირთვის შედეგებისაგან ბუნებრივი გარემოს დაცვა წარმოადგენს. ამასთან, თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტა დაკავშირებულია: ეკონომიკური განვითარების, მოსახლეობის გამრავლების, და სიღარიბის დაძლევის პროცესებთან. მრავალი შეფასებებით ეს ნეგატიური ზემოქმედება საშიშ ზომებს ღებულობს, რაც გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის ეფექტური მართვის პროგრამების შემუშავების აუცილებლობას იწვევს. აღნიშნული პროგრამების შემუშავება კი, მოითხოვს მრავალი სახის ინფორმაციას ამ მდგომარეობის შესწავლის, შეფასებისა და პროგნოზის შესახებ. ამასთან, დედამიწას ჩვენ განვიხილავთ, როგორც ცხოველმოქმედების გლობალურ სისტემას და ვსწავლობთ ამ სისტემის მართვის ყველა შესაძლო ვარიანტს. ზემოგანხილული პრობლემის წარმატებული გადაჭრა მოითხოვს კომპლექსურ მიდგომას, რაც შესაბამისად მომზადებული სპეციალისტების ფართო წრის არსებობის პირობებშია შესაძლებელი. ამისათვის, პირველ რიგში, ადგილობრივი პირობების შესატყვისი, ეკოლოგიის უნიფიცირებული ტერმინების მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელოების აუცილებელი არსებობა უნდა დასახელდეს.

უკანასკნელ ათწლეულებში ფართოდ მიმდინარეობს განათლების შინაარსობრივი ცვლილებები.

ეკოლოგიის, როგორც მეცნიერების, გაფართოება და გაღრმავება, ტექნოსფეროში ადამიანის გადარჩენის ამოცანების ამოხსნის აუცილებლობის შეგნება, ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთობის კანონების, საბუნებისმეტყველო - სამეცნიერო, ჰუმანიტარულ, ტექნიკო - ტექნოლოგიური მიმართულებათა სასწავლო დისციპლინების ეკოლოგიზაცია სერიოზულ შესწავლის აუცილებლობას კარნახობს. აქედან გამომდინარე, როგორც ირკვევა, ზემოაღნიშნული საკითხების, მათ შორის: ბუნებრივ გარემოში მავნე მინარევთა გადატანა, ამ პროცესების მონიტორინგი, პროგნოზი, მართვა და, აგრეთვე, ადეკვატური განათლების საჭირო მოცულობით მიღების წარმატებით გადაჭრას მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის გამოყენებაში მიღებულ, ძირითად უნიფიცირებულ ტერმინებისა და განმარტებების შემცველ ლექსიკონ - ცნობარის არსებობა.

შემოთავაზებული ნაშრომის ძირითადი მიზანი და ამოცანებია - აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით, ფუნდამენტური და გამოყენებითი ეკოლოგიის მნიშვნელოვანი ნაწილების ცნებების განმარტებებისა და საცნობარე მასალის, რომლის სწრაფი განვითარება სათანადოდ არ არის გამოსახული საქართველოში არსებულ სახელმძღვანელო ლიტერატურაში, ლექსიკონ - ცნობარის [1] სტამბური და ელექტრონული საშუალებებით გავრცელება ეკოლოგიური ცოდნის მიღების ხელის შეწყობის მიზნით.

ლექსიკონ - ცნობარი [1], როგორც დამხმარე სახელმძღვანელო, განკუთვნილია ეკოლოგიის სხვადასხვა მიმართულებით დაინტერესებულ სტუდენტთა ფართო წრისთვის. ამასთან, ეკოლოგიის გამოყენებაში მიღებული, ძირითადი უნიფიცირებული ტერმინების ლექსიკონ - ცნობარის გამოყენება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი და უსაფრთხო განვითარებას და ამით საერო პრობლემის ხასიათს იძენს. მისი გამოყენება დიდად სასარგებლო იქნება საქართველოს უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებებში ეკოლოგიის საფუძვლების სწავლისა და სწავლების პროცესების სრულყოფაში. ის, აგრეთვე, გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს კანონების სრულყოფილ შესრულებას და ქვეყნის ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტას შეუწყობს ხელს. 2005 წელს მიღებული გაეროს ევროპული ეკონომიკური კომისიის სტრატეგიის "გაეროს განათლების ათწლეული მდგრადი განვითარებისთვის (2005-2014)" (The United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014) (DESD)) თანახმად, უმაღლესმა განათლებამ ორიენტირება უნდა მოახდინოს განათლების მიზნების ისტორიულად გარდაუვალ ცვლილებაზე, რაც გულისხმობს, გლობალიზაციის პირობებში ცხოვრებისთვის აუცილებელი ცოდნისა და უნარების შემდგომი თაობისათვის გადაცემიდან მოხდეს გადანაცვლება განათლების წინმსრები მოდელების შემუშავებასა და სწავლებაზე.

ამ გარემოებასთან დაკავშირებით სახელმძღვანელოში საკმაოდ დიდი ყურადღება ეთმობა საზოგადოებისა და ბუნების მდგრადი (დაბალანსებული, თვითშენარჩუნებადი) განვითარების ღირებულებებისა და პრინციპების საკითხებს. განხილულია სოციალურ ეკოლოგიასთან, ადამიანის ეკოლოგიასთან, ეკოლოგიურ კულტურასთან და ეკოლოგიის ეთიკასთან დაკავშირებული ტერმინები.

დასკვნა

როგორც ზემოაღნიშნულიდან ირკვევა, ქართულენოვანი, ეკოლოგიის გამოყენებაში მიღებული, ძირითადი უნიფიცირებული ტერმინების ლექსიკონ-ცნობარი მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი და უსაფრთხო განვითარებას და ამით საერო პრობლემის ხასიათს იძენს. მისი შექმნა და სტამბური და ელექტრონული საშუალებებით გავრცელება დიდად სასარგებლოა საქართველოს უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებებში ეკოლოგიის საფუძვლების სწავლისა და სწავლების პროცესების სრულყოფაში. მისი არსებობა, აგრეთვე, გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს კანონების სრულყოფილ შესრულებას და ქვეყნის ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტას შეუწყობს ხელს.

ამრიგად, ცხადია, რომ აღნიშნული პრობლემების წარმატებით გადაწყვეტასთან დაკავშირებით, ეკოლოგიის საფუძვლების ტერმინებისა და განმარტებების ლექსიკონ - ცნობარის გამოყენების საკითხი დიდ აქტუალობას იძენს.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Gunia Garry. Explanatory Glossary of Terms on Basics of Ecology (In the field of sciences about Earth and Environment) – Tbilisi: IHM, GTU, 2024. - 275 P.

UDC: 551.510.42

On the Issues of Developing a Glossary of Basic Ecological Terms in the Field of Earth and Environmental Sciences /Gunia Garry/ Transactions IHM, GTU. - 2024. - vol.135. - pp.98-101 – Georg., Summ. Georg., Eng. In the recent period, a number of academic disciplines can be found in higher education institutions, such as, for example, "chemical ecology", "engineering ecology", "construction ecology", etc. The analysis of the content of these new disciplines shows that, often, they consider only certain aspects of environmental protection and nature use, and the content is far from belonging to ecology. Therefore, we believe that the existence of a dictionary-reference of the unified terms and definitions of the basics of ecology will significantly contribute to a stricter approach to the use of the term "ecology" and its derivatives. In addition, it is necessary to discuss the general issues of environmental factors and their impact, including, in the conditions of the escalation of contradictions in the "man - nature - society" system, to develop new strategic ways of developing environmental education.

The above-mentioned opinions correspond well with the declaration on environmental education prepared at the intergovernmental conference held in Tbilisi in 1977 under the auspices of the United Nations, in which the structure of environmental education systems was established for the first time, both at the local, national and international levels.