



**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული**

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

**НАУЧНЫЙ РЕФЕРИРУЕМЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ
ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 127



**ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის პრობლემები
PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY
ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

**თბილისი–TBILISI – ТБИЛИСИ
2019**

გამოცემა 1953 წლიდან
Published since 1953
Издается с 1953 года

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

დამფუძნებლები:
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია
საქ. სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია
УЧРЕДИТЕЛИ:
Грузинский технический университет
Институт гидрометеорологии
Национальная академия наук Грузии
Сельскохозяйственная академия наук Грузии

სარედაქციო კოლეგია

თ.ცინცაძე (მთ. რედაქტორი)
მთ. რედაქტორის მოადგილეები
გ.მელაძე
ს.გორგიჯანიძე
ე.ელიზბარაშვილი
ლ.ინჭირველი
მ.ტატიშვილი
მდივანი
ნ.კაპანაძე
ნ.არუთიანი
წევრები
გ.ალექსიძე
აბდ-ალლა გად (საუდის არაბეთი)
ც.ბასილაშვილი
ნ.ბეგლარაშვილი
ნ.ბუაჩიძე
გ.გრიგოლია
გ.გუნია
ხ.ეგამბერდიევი (უზბეკეთი)
ნ.დვალიშვილი
ჯ.ვანაძე
კ.ლასაური (კანადა)
შუნლინ ლიან (აშშ)
რ.მახმუდოვი (აზერბაიჯანი)
მ.მელაძე
ა.პარანინა (რუსეთი)
მ.სალუკვაძე
რ.სამუკაშვილი
ა.სურმავა
მ.ფიფია
სადჰან კუმარ გოშ (ინდოეთი)
ლ.შავლიაშვილი
ლ.შენგელია
გ.ხერხეულიძე
ზ.ხვედელიძე
სარედაქციო საბჭო
გ.მელაძე (მთ. რედაქტორის მოადგილე)
ნ.ბეგლარაშვილი
გ.გრიგოლია
ჯ.ვანაძე
მ.სალუკვაძე
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.Aleksidze
Abd-Alla Gad (Saudi Arabia)
Ts.Basilashvili
N.Beglarashvili
N. Buachidze
G.Grigolia
G.Gunia,
Kh.Egamberdiev (Uzbekistan)
N.Dvalishvili
J.Vachnadze
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
G.Kherkheulidze
Z.Khvedelidze
EDITORIAL BOARD
G.Meladze (Deputy Editor-in-Chief)
N.Beglarashvili
G.Grigolia
J.Vachnadze
M.Salukvadze
Z.Khvedelidze

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Т.Н.Цинцадзе (Главный редактор)
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Г.Г.Меладзе
С.Н.Горгиджанидзе
Э.Ш.Элизбарашвили
Л.Н.Инцкирвели
М.Р.Татишвили
СЕКРЕТАРИ
Н.И.Капанадзе
Н.Э.Арутюнян
ЧЛЕНЫ
Г.Алексидзе
Абд-Алла Гад (Саудовская Аравия)
Ц.З.Басилашвили
Н.Г.Бегларашвили
Н.С.Буачидзе
Г.Л.Григолия
Г.С.Гунья
Х.Е.Эгамбердиев (Узбекистан)
Н.Л.Двалишвили
Дж.И.Вачнадзе
К.Лашаури (Канада)
Шунлин Лиан (США)
Р.Махмудов (Азербайджан)
М.Г.Меладзе
А.Н.Паранина (Россия)
М.П.Салуквадзе
Р.Д.Самукашвили
А.А.Сурмава
М.Г.Пипия
Садхан Кумар Гош (Индия)
Л.У.Шавлиашвили
Л.Д.Шенгелия
Г.И.Херхеулидзе
З.В.Хведелидзе
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
Г.Г.Меладзе (Зам. гл. редактора)
Н.Г.Бегларашвили
Г.Л.Григолия
Дж.И.Вачнадзе
М.П.Салуквадзе
З.В.Хведелидзе

სარედაქციო კოლეგიის მისამართი: საქართველო, 0112, თბილისი, დავითაგმაშენებლის გამზ. 150-გ,
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. e-mail: ecohydmet@yahoo.com; ecohydmet@gtu.ge

Address of Editorial Board: Institute of Hydrometeorology, 150-g, Davit Agmashenebeli Ave., 0112 Tbilisi, Georgia
e-mail: ecohydmet@yahoo.com ; ecohydmet@gtu.ge

Адрес редколлегии: Грузия, 0112, Тбилиси, пр. Д.Агмашенебели 150-г, Институт гидрометеорологии. e-mail:
ecohydmet@yahoo.com; ecohydmet@gtu.ge

ელექტრონული ვერსია
Electronic version
Электронная версия

http://ecohydmet.ge/publication-geo.
<http://dSPACE.nplg.gov.ge/handle/1234/82330>

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო რეზერირებადი შრომათა კრებული
ტომი № 127

ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური
პრობლემები

SCIENTIFIC REVIEWED PROCEEDINGS
OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
VOL.№127

PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

НАУЧНЫЙ РЕФЕРИРУЕМЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ
ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТОМ №127

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

©	<p>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА</p>	2019
---	---	------

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2019

ს ა რ მ ე ჯ ო CONTENTS СОДЕРЖАНИЕ

1	<p>სალუქვაძე მ., კობახიძე ნ. საქართველოს სამთო-სათხილამურო კურორტები და ზეავსაშიშ ზონაში გადაადგილების წესები</p> <p>M.Salukvadze, N. Kobaxidze Mountain and ski resorts in Georgia and the rules of movement in the avalanche hazard areas</p> <p>М. Салуквадзе, Н. Кобахидзе Горно-лыжные курорты Грузии и правила передвижения в лавиноопасной зоне.</p>	7
2	<p>ბასილაშვილი ც. საქართველოს მთის მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების შეფასება წყალსამეურნეო განგარიშებებისათვის</p> <p>Basilashvili Ts. Evaluation of maximum water expenditures rivers of Georgia for water management calculations</p> <p>Басиладшвили Ц.З. Оценка максимальных расходов воды рек Грузии для водохозяйственных расчётов</p>	11
3	<p>გორგიჯანიძე ს. ჰესებისა და წყალსაცავების გავლენა სტიქიური წყალმოვარდნების დროს</p> <p>S. Gorgijanidze Impact of hydropower plant and reservoirs to natural floods</p> <p>С. Н. Горгиджанидзе. Влияние гидроэлектростанций и водохранилищ на стихийные паводки</p>	17
4	<p>შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., ძაძამია მ. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზეგავლენით საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრა</p> <p>Shengelia L., Kordzakhia G., Tvauri G., Dzadzamia M Determination of the Impact of Current Climate Change on Some Large Glacier of Georgia and Investigation of their Complete Melting Dates</p> <p>Шенгелия Л.Д., Кордзахия Г.И., Тваური Г.А., Дзадзамия М. Ш Отступление некоторых больших ледников Грузии под воздействием текущего изменения климат и оипределение предполагаемой даты полного таяния больших ледников Грузии под воздействием текущего изменения климата</p>	20
5	<p>გ.გრიგოლია, მ.ალავერდაშვილი, გ.ბრეგვაძე მდ.ენგურის-სხაიში ცალკეული თვეების წლიური მაქსიმალური წყლის ხარჯების და დონეების ცვლილების შეფასება.</p> <p>Grigolia G., M.Alaverdashvili, G.Bregvadze Assessment of the variability of individual month levels on the Enguri River station Khaishi</p> <p>Григолия Г., Алавердашвили М, Брегвадзе Оценка изменчивости уровней отдельных месяце на реке Ингури станция Хаиши</p>	25
6	<p>სალუქვაძე მ., გორგიჯანიძე ს., კობახიძე ნ. ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის, ხულო-მლაშეს მონაკვეთის, ზეავსაშიშროება</p> <p>M.Salukvadze, S.Gorgijanidze, N.Kobakhidze Avalanche danger zone of Khulo-Mlashe Batumi-Akhaltsikhe highway</p> <p>М.Салуквадзе, С.Горгиджанидзе, Н.Кобахидзе. Лавиноопасность участка Хуло-Млаше Батуми-Ахалцихской автодороги</p>	30
7	<p>ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები კლიმატურ მონაცემთა გათვალისწინებით</p> <p>Beritashvili B., Kapanadze N. Prospects of restoring precipitation artificial enhancement works with regard to climatic data.</p> <p>Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н.И Перспективы восстановления работ по искусственному увеличению осадков по климатическим данным.</p>	36

8	ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ცინცაძე თ. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩართვა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში	41
	Beritashvili B., Kapanadze N., Tsintsadze T. Transactions On the prospect of including precipitation artificial increasing works in the integrated water resources management system in eastern Georgia	
	Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н.И., Цицадзе Т.Н. О перспективе включения работ по искусственному увеличению осадков в интегрированную систему управления водных ресурсов в восточной Грузии	
9	ბერიტაშვილი ბ., გელაძე ი., შველიძე ო. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების გაგვლენა საქართველოში ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების სიდიდეებზე	44
	Beritashvili B. Geladze I. Shvelidze O. Expected climate change impact of the soil and the total evaporation values of the whole process in Georgia.	
	Бериташвили Б.Ш., Геладзе И.М., Швелидзе О.Г Оценка влияния ожидаемого изменения климата на испаряемость и суммарное испарение с поверхности суши Грузии	
10	მელაძე გ., მელაძე მ. გლობალური დათბობა: სამეგრელო - ზემო სვანეთის აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილებების ტენდენციები	46
	Meladze G., Meladze M. Global warming: tendency of change the agroclimatic features of Samegrelo-Zemo Svaneti	
	Меладзе Г.Г., Меладзе М.Г. Глобальное потепление: тенденции изменений агроклиматических характеристик Самегрело - Земо Сванетии	
11	ფიფია მ., ბეგლარიშვილი ნ., ჭინჭარიშვილი ი. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური სვლა კლიმატის ცვლილების პირობებში	53
	Pipia M., Beglarashvili N., Chincharashvili I. Multiyear move of the number of blizzard days in the conditions of climate change in the mountainous regions of Georgia	
	Пипия М., Бегларашвили Н., Чинчарашвили И. Многолетнее изменение числа дней с метелью в условиях изменения климата в горных районах Грузии	
12	ტატიშვილი მ., ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ფალავანდიშვილი ა. 2016-18 წლების გეოსივრცის ანალიზი	60
	M. Tatishvili, Z. Khvedelidze, I. Samkharadze, A. Palavandishvili Analysis of 2016-18 Geo-space	
	М. Татишвили, З. Хведелидзе, И. Самхарадзе, А.М. Палавандишвили Анализ Геопространства 2016-18	
13	მკურნალიძე ი. ელჭექების შესწავლის თანამედროვე მეთოდები	67
	I.Mkurnalidze Brief history of thunderstorm research and current status	
	И. П. Мкурналидзе Краткая история исследования гроз и современное состояние	
14	გუნია გ. ატმოსფერული მტვრის ნაწილაკების მედიკო-ბიოლოგიური და ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებათა მონიტორინგის ასპექტები.	72
	Gunia G. Aspects of monitoring biomedical and physico-chemical characteristics of atmospheric dust particles	
	Гуния Г.С Аспекты мониторинга медико-биологических и физико-химических особенностей частиц атмосферной пыли	

15	გიგაური ნ., გვერდითელი ლ. ა. სურმავა ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხნიდან გაფრქვეული აეროზოლების გავრცელების მოდელირება და მისი ეკოლოგიური შეფასება	76
	N. Gigauri, L. Gverdtiteli, A. Surmava Modeling of aerosols emitted from Zestaphoni ferro alloy plant and its ecological assessment	
	Л.В. Гвердцители, Н.Г. Гигаури, А.А. Сурмава Моделирование и экологическая оценка выделяемых аэрозолей из завода феросплавов г. Зестафони	
16	აღ.სურმავა, ლ.ინციკრველი, ნ.გიგაური, ვ.კუხალაშვილი, ს.მდივანი ქ. თბილისის მტვრის ატმოსფეროში რეგიონალური გავრცელების რიცხვითი ექსპერიმენტი	80
	Al.Surmava, L.Intskirveli, N.Gigauri, V.Kukhalashvili, S.Mdivani Numerical Experimentation of Regional Distribution in the Atmosphere of Tbilisi Dust	
	А. Сурмава, Л. Инцкирвели, Н. Гигаури, В. Кухалашвили, С.Мдивани Численный эксперимент по региональному распределению Тбилисской пыли в атмосфере.	
17	დვალიშვილი ნ., შავგულიძე გ., გრირი ნ., ერისთავი ქ. თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ენერგოეფექტურობის სოციალური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება	85
	Dvalishvili N, Shavgulidze G., Greer N., Eristavi D Social and Environmental-Economic Assessment of the Energy Efficient of the Municipal Solid Waste Landfill of Tbilisi	
	Двалишвили Н., Шавгулидзе Г., Грир Н., Эристави Д. Социальная и эколого-экономическая оценка энергоэффективности свалки твердых бытовых отходов Тбилиси	

წინამდებარე კრებულში შესულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის 65-ე 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 65-th 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, Environmental Pollution.

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

В настоящий сборник включены тексты докладов, заслушанных на 65-ой маиской научной сессии Института Гидрометеорологии, посвященной актуальным проблемы гидрометеорологии и экологии. Соответствующие статьи даны по следующим научным направлениям: метеорология, климатология, агрометеорология, гидрология, изменение климата, загрязнение природной среды.

Сборник предназначен для ученых и специалистов, работающих в различных областях геофизических, географических и экологических наук, магистрантов и докторантов.

შპს 551.578.46

**საქართველოს სამთო-სათხილამურო კურორტები და ზვავსაშიშ
ზონაში გადაადგილების წესები**

მ.სალუქვაძე, ნ. კობახიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო, salukvadze.manana@yahoo.com

სამთო კურორტები და სათხილამურო სპორტი მნიშვნელოვანია, როგორც ცხოვრების ჯანსაღი წესის დამკვიდრებისათვის, ასევე ზამთრის ტურიზმის განვითარებისთვის. გასათვალისწინებელია, რომ 2023 წელს საქართველო, კერძოდ ბაკურიანი და გუდაური მსოფლიო სათხილამურო და სნოუბორდის თავისუფალი სტილით სრიალის მასპინძელი ქვეყანა იქნება. ბოლო წლებში, გაიზარდა სამთო-სათხილამურო კურორტების რიცხვი. ბაკურიანს და გუდაურს აჭარაში – „გოდერძი“ და „გომარდული“, სვანეთში – „თეთნულდი“ და „ჰაწვალი“, გურიაში – „ბახმარო“, ხოლო თბილისიდან 18 კმ-ის დაშორებით „ბეთანია“ დაემატა. ზამთრის კურორტების უმეტესობა ზვავსაშიშ ზონაში მდებარეობს, ამიტომ აუცილებელია მთაში გადაადგილების წესების დაცვა და სამაშველო სამუშაოების დროული ჩატარება.

ბაკურიანი 1932 წლიდან ერთ-ერთი პირველი სამთო-კლიმატური კურორტი და ასევე საერთაშორისო მნიშვნელობის სამთო-სათხილამურო ცენტრია. იგი თრიალეთის ქედის ჩრდილო კალთებზე, მდ. გუჯარეთისწყლის შენაკადის, მდ. ბაკურიანისწყლის ნაპირას, ზღვის დონიდან 1700 მ-ის სიმაღლეზე მდებარეობს. კურორტის მნიშვნელოვანი ნაწილი წიწვოვანი ტყით არის დაფარული. ბაკურიანში თორმეტი კეთილმოწყობილი სათხილამურო ტრასაა, გაყვანილია საბაგირო გზები, აგებულია სათხილამურო ტრამპლინები.

გუდაურის თანამედროვე სამთო-სათხილამურო კურორტი ზღვის დონიდან 2196 მ-ის სიმაღლეზე, კავკასიონის მთავარ ქედზე, ჯვრის უღელტეხილის მახლობლად მდებარეობს. კურორტი 1988 წლიდან ფუნქციონირებს და გააჩნია ოთხივე სპორტული სასრიალო ბილიკი. ალპურ ზონაში მდებარე და ტყის მასივებისგან თავისუფალი კურორტი ხელსაყრელია სათხილამუროდ.

აჭარაში ორი ახალი სამთო-სათხილამურო კურორტია „გომარდული“ და „გოდერძი“. „გომარდული“ ბათუმიდან 90 კმ-ის დაშორებით, ჭვანისწყლის წყალგამყოფის ჩრდილოეთ კალთაზე მდებარეობს. კურორტი ღამაში ბუნებით გამოირჩევა, საიდანაც კარგად ჩანს კარჩხალისა და მესხეთის ქედები, მოწმენდილ ამინდში კი ბათუმი და შავი ზღვა. „გომარდულის“ სათხილამურო ტრასის სიგრძე 300 მ-ია, ხოლო საბაგირო გზის სიგრძე – 250 მ.

ბათუმიდან 109 კმ-ში, 2025 მ-ის სიმაღლეზე, 2012 წელს დაიწყო მშენებლობა და 2015 წელს გაიხსნა სამთო-სათხილამურო კურორტი „გოდერძი“, რომელიც ღამაში პეიზაჟებით, ბუნებით, სუფთა ჰაერით და კარგად აღჭურვილი სამთო ტრასებით გამოირჩევა. საბაგირო გზის ყველაზე მაღალი ადგილი 2350 მ-ის სიმაღლეზეა, ხოლო სათხილამურო ტრასის სიგრძე 8 კმ-ია.

მთის კურორტების კომპანიის ინფორმაციით მესტიის რაიონის მაღალმთიან სოფლებში: უშხვანარში, მაზერში, ეცერსა და უშგულში, ასევე ქვემო სვანეთის დაბა ლენტეხში მიმდინარეობს საბაგირო გზების მშენებლობა, რაც ხელს შეუწყობს სათხილამურო სპორტის განვითარებას.

მესტიიდან 8 კმ-ის მანძილზე 2400 მ-ის სიგრძის სათხილამურო ტრასა 2014 წლიდან „ჰაწვალზე“ ფუნქციონირებს, სადაც ასვლა საბაგირო გზით 6 წუთშია შესაძლებელი.

„თეთნულდი“ სვანეთში, 4852 მ-ის სიმაღლის მწვე. თეთნულდის მიმდებარედ მდებარეობს. იგი სამხრეთ კავკასიაში 1,7 კმ ვარდნით და 9,5 კმ-ის სიგრძით ყველაზე გრძელტრასიანი უნიკალური ზამთრის კურორტია. კურორტის მშენებლობა 2014 წელს, საფრანგეთის მთავრობის მხარდაჭერით დაიწყო და 2016 წლის 26 თებერვალს ოფიციალურად გახსნა. თხილამურებით სასრიალო პერიოდი 6-7 თვე გრძელდება, კურორტზე 5 საბაგირო სადგური და 18 სასრიალო ტრასაა. გარდა ამისა, ზაფხულის თვეებში, შესაძლებელია ალპინიზმის, ცხენოსნობის, პარაპლანერიზმის და სამთო ტურიზმის განვითარება.

გურიაში მაღალმთიანი კურორტი ბახმარო, ნაძვისა და სოჭის მარადმწვანე ტყით დაფარული მთებით გარშემორტყმულ ქვაბულში მდებარეობს. ბახმაროში მთის მშრალი და ზღვის ნოტიო ჰაერის ურთიერთშერწყმა, 2200 მ-ზე მდებარე კურორტის ჰაერის უნიკალურობას განაპირობებს. რეკომენდებულია იმუნიტეტდაქვეითებული, ასევე სასუნთქი გზებით და ან-

ემიით დაავადებული ადამიანებისათვის. სეზონი კურორტზე 19-20 აგვისტომდე გრძელდება. 2016 წლიდან, საქართველოს ამ ერთ-ერთ ყველაზე უხვოვლიანი კურორტი, შვეიცარიის მთავრობაც დაინტერესდა და 60-მდე მოთხილამურემ გაატარა ზამთარი კურორტზე. დაისახა კურორტის და ინფრასტრუქტურის განვითარების გზები.

2017 წლიდან, თბილისიდან 18 კმ-ის დაშორებით ბეთანიაში, 600 მეტრიანი სამთო-სათხილამურო და 200 მეტრიანი საბავშვო ტრასა მოეწყო.

აღნიშნული კურორტებიდან, ყველა სამთო-სათხილამურო კურორტი, ბეთანიის გარდა, ზვავსაშიშ ზონაში მდებარეობს, ამიტომ აუცილებელია ზვავსაშიშროების გათვალისწინება და ზვავსაშიში ღონისძიებების დროული გატარება.

საქართველოს მთიან რაიონებში ინფრასტრუქტურული პროექტების განხორციელების დროს, ასევე ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარებისას აუცილებელია ყოველი ზვავ-შემკრების მორფომეტრიული (დასაწყისისა და დასასრულის სიმაღლე, სიგრძე, ზვავის კერის ფართობი, ზედაპირის დახრილობა) და ზვავის დინამიკური მახასიათებლების (ზვავის მაქსიმალური სიჩქარე, დარტყმის ძალა კონუსის მოცულობა და მოძრავი ზვავის მაქსიმალური სიჩქარე) გამოთვლა [2].

მთიან რაიონებში ზვავსაშიშროების პროგნოზის გაცემისთანავე უნდა ამოქმედდეს თავდაცვის მექანიზმები. უნდა დაიწყოს ზვავსაშიშ ზონაში ობიექტების დახურვა, გზებზე გამაფრთხილებელი ნიშნების დაყენება, ზვავის მიერ გამოტანილი თოვლის გამწმენდი ტექნიკის მობილიზება. ენერგეტიკოსებმა თადარიგი უნდა დაიჭირონ და, შესაძლებელი დაზიანებების აღმოსაფხვრელად, ბრიგადების მზადყოფნა უნდა უზრუნველყონ. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ტურისტები არ ითვალისწინებენ გაფრთხილებას, რომლის უგულვლყოფა რიგ ქვეყნებში, მაგალითად, აშშ-ში 300 დოლარიანი ჯარიმით ან 18 დღიანი პატიმრობით ისჯება. ასევე სანქციებია დაწესებული ამკრძალავი ნიშნების დაზიანებაზეც.

მთიან რეგიონებში გადაადგილებისას, როგორც ადგილობრივ მოსახლეობას, ისე ტურისტულ ჯგუფებს უნდა ჰქონდეთ ინფორმაცია, მოსალოდნელი ზვავსაშიშროების შესახებ. ისინი უნდა იცავდნენ მთაში გადაადგილების წესებს და უნდა იცოდნენ ზვავის ჩამოსვლის შემთხვევაში, როგორ დაიცვან თავი. ზამთრის პერიოდში, მთაში გადაადგილების წესების დაცვა ერთ-ერთი ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებაა. ნებისმიერ მთიან ქვეყანაში, სადაც სამთო-სათხილამურო კურორტია, აუცილებელია სპეციალურად მომზადებული ინსტრუქტორებით და აღპინისტებით დაკომპლექტებული მასშველთა ჯგუფების არსებობა, სადაც ჩართული იქნება ადგილობრივი მოსახლეობაც. სამაშველო სამუშაო სისწრაფეს მოითხოვს, რადგან ზვავში მოყოლილ ადამიანს 100%-დან გადარჩენის 50%-იანი შანსი აქვს და ეს შანსი სამი საათის შემდეგ 10%-ს უტოლდება. ამდენად, დროის ფაქტორი გადამწყვეტია. სხვადასხვა სამაშველო აღჭურვილობასთან ერთად, აუცილებელია სპეციალურად გაწრთვნილი ძაღლების გამოყენებაც, რასაც მსოფლიოს მრავალ სამთო კურორტზე იყენებენ, ხოლო საქართველოში ოთხფეხა მეგობრების გამოყენება ფაქტობრივად არ ხდება.

აღსანიშნავის, რომ პირველად სამაშველო სამსახური მე-10 საუკუნეში – შვეიცარიაში სან-ბერნარის მახლობლად შეიქმნა. ჩრდილოეთი ევროპიდან იტალიაში გადასასვლელთან. ადგილობრივი ბერები დახმარებას უწევდნენ ზვავში მოყოლილ და ქარბუქში დაკარგულ მგზავრებს, რისთვისაც სპეციალური ჯიშის ძაღლებს, დოგისა და სამხრეთის მეცხვარის ჯიშის ძაღლის შეჯვარების შედეგს ე.წ. სანბერნარებს იყენებდნენ. ჯერ კიდევ 15 საუკუნის წინ, პამირისა და ალტაის მთებში, სინდიხის გადასავლელზე გამოსახული იყო ლეგენდარული ძაღლის – აია, რომელსაც ზვავიდან ამოყავდა თოვლში ჩამარხული ადამიანი. სანბერნარის ჯიშის ძაღლების გარდა, სპეციალური წრთვნის შემდეგ ლაბრადორი, კოლი, გერმანული ნაგაზი, 2-3 მ-ის სიღრმეზე პოულობენ ზვავში ჩამარხულებს. ლიტერატურაში აღწერილია შემთხვევა, როდესაც სამაშველო ძაღლმა 5-6 მ-ის სიღრმეში, უფრო სწრაფად იპოვა დაშავებული, ვიდრე ტექნიკურმა საშუალებებმა. მადლიერების ნიშნად, საფრანგეთში, პარიზის ზოოლოგიურ მუზეუმში იმ სანბერნარის ძეგლია, რომელმაც არაერთი სიცოცხლე იხსნა ზვავისგან [1, 3-5].

საქართველოს იმ რაიონებში, სადაც ზამთრის ტურიზმია განვითარებული, სამაშველო სამსახურის გამართული მუშაობის მიუხედავად, მაინც ხდება უსაფრთხოების ნორმების უგულვლყოფა. სამთო-სათხილამურო კურორტებზე გაუკვალავ თოვლში გადასვლის გამო, წლების განმავლობაში, ზვავის გამოწვევის არაერთი შემთხვევა ხდებოდა. უკანასკნელ წლებში, სამთო სათხილამურო კურორტებზე დასვენების მსურველთა რაოდენობის ზრდას-

თან ერთად იმატა შემთხვევათა რაოდენობამ, რომელიც ფატალური შედეგით დამთავრდა (ცხრ.1).

ცხრილი 1. 2014-2018 წწ. ზვავსაშიშროების უგულველყოფით გამოწვეული ტრაგიკული შედეგი

№	თარიღი	ადგილმდებარეობა	ზვავის მოქმედების შედეგი
ს გ ა ნ ე თ ი			
1	7.03. 2014	ზაგაროს მთა უშგუელი-ლენტეხის გადასასვლელი	ხუთი ფრანგი და გერმანელი ექსტრემალის გაუკვალავ თოვლში გადასვლამ ზვავი გამოიწვია. ოთხი დაიღუპა, ერთი გადარჩა.
2	21.12. 2016	ბარჯა-ხაიშის გზა	ნაზვავი ადგილის დასაზვერად წასული მძღოლი ახალჩამოსულმა ზვავმა იმსხვერპლა.
3	25.02. 2017	კურ. თეთნულდი	ორი გერმანელი ტურისტის გაუკვალავ თოვლში გადასვლამ ზვავი გამოიწვია, ერთი დაიღუპა, მეორე გადაარჩინეს.
4	4.01. 2018	კურ. თეთნულდი	გაუკვალავ თოვლში გადასულმა ოთხმა უცხოელმა ტურისტმა ზვავი გამოიწვია. სამი მაშველებმა უვნებლად ამოიყვანეს, ერთი დაშავდა.
ბ ა კ უ რ ი ა ნ ი			
5	5.01. 2016	ბაკურიანი	გაუკვალავ თოვლში გადასვლით გამოწვეულ ზვავს ემსხვერპლა ცნობილი სნოუბორდისტი.
მ თ ა - თ უ შ ე თ ი			
6	9.05. 2016	მთა-თუშეთში „ცოდვიანთ ხევი“	გაუკვალავ თოვლში სოფ. ქისტაურის მკვიდრი ორი ადამიანი აღმოჩნდა ზვავში. 27 წლის ახალგაზრდა დაიღუპა, მეორე დაშავდა.
7	14.05. 2017	მთა-თუშეთის გზა	გზის გაწმენდითი სამუშაოების შესრულების დროს დაიღუპა 52 წლის შპს-ს „გერალის“ თანამშრომელი.
8	4.10. 2017	მთა-თუშეთი აბანო-ომალის გზა	ტურისტების ჯგუფი აღმოჩნდა თოვლის ტყვეობაში, მაშველებმა ისინი უვნებლად ამოიყვანეს.
საქართველოს სამხედრო გზა			
9	5.01. 2018	გუდაური-კობის მონაკვეთი	გუდაურიდან კობის მიმართულებით ბულგარელი ტურისტები თვითნებურად გადავიდნენ გაუკვალავ თოვლში და ზვავის ქვეშ აღმოჩნდნენ. მაშველებმა შეძლეს მათი გადარჩენა.
10	17.03. 2018	კობი - ყაზბეგი	სათხილამურო ტრასის მიღმა აღმოჩნდა უცხოელ ტურისტთა ჯგუფი, კობის მხრიდან ჩამოსულმა ზვავმა 30 წლის უნგრელი ტურისტი იმსხვერპლა.

აშშ-ში და დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში ე.წ. „ელექტრონულ ძაღლებს“ იყენებენ. იგი ტრანზისტორის ტიპის მიმღებ-გადამცემ მოწყობილობას წარმოადგენს, რომელიც ზვავსაშიშ ზონაში შესვლისთანავე უნდა ჩაირთოს. მისი ერთ-ერთი სახეობა ლოუტრონიქსის ფირმის გადამცემი – სკედია. მნიშვნელოვანია, რომ მაშველებისა და ზონაში გადაადგილებულის მოწყობილობა ერთ სიხშირეზე მუშაობდეს. ასევე შესაძლებელია, ე.წ. მაგნიტომეტრებით სარგებლობა, რათა ტანსაცმელში დამაგრებული მაგნიტური გადამცემის საშუალებით გაადვილდეს საძიებო მოქმედებები. არსებობს ე.წ. „თბილი ლაქების“ სააოენი ხელსაწყოც. გამოიყენება გაზის ანალიზატორები, რომლითაც ხდება სუნთქვის დროს გამოყოფილი CO₂ - ის დადგენა. სხვადასხვა მთიან ქვეყანაში, არაერთხელ ჩატარებული ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ გაწრთვნილი ძაღლები გაცილებით სწრაფად პოულობდნენ მსხვერპლს, ვიდრე ტექნიკური ხელსაწყოები. გასათვალისწინებელია, რომ ზვავის ქვეშ მოყოლილ ადამიანს კარგად ესმის ზევით რა ხდება. საუბედუროდ მისი ხმა მაშველებამდე ვერ აღწევს და ამიტომ აუცილებელია ხმის გამაძლიერებლით აღჭურვილი ზონდის გამოყენებაც, რაც გაადვილებს ძებნას.

ზვავში მოყოლილი ადამიანის ძებნა შესაძლებელია უპილოტო საფრენი აპარატის – დრონის მეშვეობითაც. საფრანგეთში გამოსცადეს ახალი ტიპის აპარატი, რომელიც ჩვეულებრივი აპარატისგან ზემოქმედობიარე რადარით გამოირჩევა. ასეთი დრონი იძლევა შესაძლებლობას განისაზღვროს ზვავის ჩამოსვლის შემდეგ არსებული თოვლის მასის სიმაღლე და დაადგინდეს ზვავში მოყოლილი ადამიანის ადგილმდებარეობა. ექსპერიმენტის

დროს 2500 მ² ტერიტორიის ფართობზე 4 წთ-ში იპოვეს ზვავში ჩამარსული 3 ადამიანი. სხვა შემთხვევაში ამ ძიებას 1 საათზე მეტ დროს მოანდომებდნენ.

საქართველოს სამთო კურორტებისთვის აუცილებლად გასაზიარებელია ის მიდგომა, რასაც შვეიცარიის ზამთრის კურორტებზე მიმართავენ, კერძოდ, სამთო-სათხილამურო და ტურისტულ ცენტრებში, ტურისტების ყოველ ახალ ნაკადს წარუდგენენ მოკლემეტრაჟიან ფილმს, სადაც ნაჩვენებია თუ როგორ უნდა შეარჩიონ ტურისტული მარშრუტები, რა წესები უნდა დაიცვან მთაში გადაადგილებისას ასევე, ის ტრაგიკული შემთხვევებია აღწერილი, რაც ამ წესების დარღვევას და ზვავსაშიშროების უგულველყოფას მოჰყვება. მსგავსი საინფორმაციო მასალის მიწოდება ჩვენს ქვეყანაში ჩამოსულ ტურისტებისთვის ზამთრის სეზონს უსაფრთხოს გახდის.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. მ. სალუქვაძე, ნ. კობახიძე, გ.ჯინჭარაძე – ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები და მათი განხორციელების შესაძლებლობა საქართველოში. საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 120, 2014, თბ., გვ.57-60.
2. მ.სალუქვაძე. საქართველოს თოვლის ზვავების კადასტრი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. 2018, თბ., 264 გვ.
3. ლ. ქალღანი, მ.სალუქვაძე – თოვლის ზვავები საქართველოში, თბ. 2015, 169 გვ.
4. თ.ცინცაძე, ბ. ბერიტაშვილი, ნ.კაპანაძე, მ.სალუქვაძე. საქართველოში სეტყვასთან და თოვლის ზვავებთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების საკითხისათვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ. 2013, 78 გვ.
5. Л. Калдани, М. Салуквадзе, Г. Джинчарадзе – Противолавинные мероприятия. Кавказский географический журнал № 5, Тб. 2005, с.70-72.

უაკ.551.578.46

საქართველოს სამთო-სათხილამურო კურორტები და ზვავსაშიშროებაში ზონაში გადაადგილების წესები. /მ.სალუქვაძე, ნ. კობახიძე/ სტუპ-ის ჰმ-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. -2019 - ტ.127 - გვ.7-10. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. განხილულია საქართველოს სამთო-სათხილამურო კურორტები და ის ტრაგიკული შემთხვევები, რაც უკანასკნელი წლების განმავლობაში ზვავსაშიშროების უგულველყოფის გამო დაფიქსირდა. წარმოდგენილია ზვავსაშიშროებაში გადაადგილების წესები.

UDK.551.578.46

Mountain and ski resorts in Georgia and the rules of movement in the avalanche hazard areas. /M.Salukvadze, N. Kobaxidze/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2019 - vol.127 - pp.7-10. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Article considers Mountain and ski resorts of Georgia and tragic cases that took place over last five years due to the ignorance of avalanche hazard factors. Article also presents rules of movement in the avalanche hazard areas.

УДК.551.578.46

Горно-лыжные курорты Грузии и правила передвижения в лавиноопасной зоне. /М. Салуквадзе, Н. Кобахидзе / Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.7-10. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус.Рассмотрены горно-лыжные курорты Грузии и трагические случаи, которые зафиксированы за последние годы в связи с пренебрежением лавиноопасности. Представлены правила передвижения в лавиноопасной зоне.

შპს 627.14.215.1.632.123

**საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების შეფასება
წყალსამუშრნეო ბაზნბარიშებებისათვის**

ც. ბასილაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო, jarjini@mail.ru

წყალი არის გარემოს მთავარი სუბსტანცია, სადაც ჩაისახა სიცოცხლე და გაჩნდა პირველი ცოცხალი ორგანიზმები. სადღეისოდ განახლებადი მტკნარი წყლის გარეშე შეუძლებელია ადამიანთა არსებობა და ქვეყნის განვითარება. ამიტომ ყველა ქვეყანაში წყალსარგებლობა მეურნეობის ყველა დარგს მოიცავს: მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო საჭიროება, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო, სამკურნალო, საკურორტო და გამაჯანსაღებელი; სოფლის მეურნეობის წარმოება; სამრეწველო წარმოება; ჰიდროენერგეტიკა, წყლის ტრანსპორტი და ხეტვის წარმოება, თევზის მრეწველობა და სხვა საჭიროებები.

ამრიგად, წყალი წარმოადგენს გარემოს, საზოგადოებისა და ქვეყნის ეკონომიკის საბაზისო ელემენტს. ამიტომ ძველთაგანვე ადამიანები თავიანთ საცხოვრისს მდინარის პირას აგებდნენ. მათი ჭაღებისა და ტერასების ათვისება ხდება როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ისე საყოფაცხოვრებო საქმიანობისთვის შენობების, გზების, ელექტროგადამცემი ხაზებისა და სხვათა ასაგებად. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ტერიტორიები წყალდიდობის დროს იტბორებოდა, დღესაც დიდი თუ პატარა დასახლებები ძირითადად მდინარეთა გასწვრივ მდებარეობს. მდინარისპირა ტერიტორიის ათვისების საწყისი – საანგარიშო მონაცემები მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯებია, რომლებიც ხშირად კატასტროფულად მაღალია.

საქართველოში არსებული 26060 მდინარის საერთო სიგრძე 60 ათასი კმ-ია [1]. მათზე მაქსიმალური წყლის ხარჯების ფორმირების თავისებურება განისაზღვრება ცალკეულ მდინარეთა აუზებში ზედაპირის ხასიათისა (სიდიდე, კონფიგურაცია, დახრილობა, ექსპოზიცია, ზედაპირის მდგომარეობა, მდინარეთა ქსელის სიმჭიდროვე და სხვა) და კლიმატური პირობების სხვადასხვაობით. საქართველოს მთიანი რელიეფი სხვადასხვა წარმოშობისა და აგებულებისაა, ამიტომ აქ მდინარეთა ჩამონადენზე მუდმივ მოქმედი აუზის ზედაპირული ფაქტორები: რელიეფი, ნიადაგ-მცენარეული საფარი, გეოლოგია, ჰიდროგეოლოგია და სხვა დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა.

მდინარის წყლის ჩამონადენზე მთავარი მოქმედი ფაქტორებია აუზის ცვალებადი კლიმატური ელემენტები: ატმოსფერული ნალექები, ჰაერის ტემპერატურა, აორთქლება, ინფილტრაცია, კონდენსაცია, ტრანსპირაცია და სხვა, რომლებიც განსაზღვრავს მდინარეთა საზრდოობის წყარობს. მათ შორის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს კლიმატის ისეთ ელემენტებს, როგორცაა ნალექები, თოვლის საფარი და ჰაერის ტემპერატურა, რაც წყლის ჩამონადენის მთავარი წარმომშობი ფაქტორებია.

ჰაერის ტემპერატურა განაპირობებს თოვლისა და ყინულის საფარის დაგროვებას, მათ დნობასა და აორთქლებას. ტემპერატურული რეჟიმი საქართველოში მკვეთრი ვერტიკალური ზონალობით ხასიათდება: სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება ტემპერატურა და შესაბამისად იზრდება ცივი პერიოდის ხანგრძლივობა და მყარი ნალექები.

მდინარეთა წყლიანობის განმსაზღვრელი ძირითადად ატმოსფერული ნალექებია, რომელთა რაოდენობა, ინტენსივობა, აგრეთვე განაწილება დროსა და სივრცეში განაპირობებს მდინარეთა წყლის ჩამონადენის რაოდენობას. ვინაიდან საქართველოში შავი ზღვიდან შემოჭრილი ნოტიო ჰაერის მასების ინტენსიური კონდენსაცია ხდება ქედების ქარპირა დასავლეთ ფერდობებზე, ამიტომ აღმოსავლეთით ქარზურგა კალთებზე, უკვე შედარებით მშრალი ჰაერის მასები დაღმავალი მოძრაობის გამო ამცირებს ნალექების რაოდენობას. ამ მიზეზით დასავლეთ საქართველოში თუ ნალექების წლიური ჯამი საშუალოდ 1300-2700 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს, აღმოსავლეთ საქართველოში იგი მხოლოდ 400-800 მმ-ია [1].

საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში ხშირად ერთდროულად მონაწილეობს სეზონური თოვლის, წვიმის, მუდმივი თოვლისა და მყინვარების ნაღობი წყლები სხვადასხვა შეფარდებით. ვინაიდან თითოეული მდინარის აუზში წყლის ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვალებადობა სხვადასხვა ხასიათს ატარებს, როგორც დროში ისე სივრცეში, ამიტომ მაქსიმალური ხარჯების ფორმირება არ არის იდენტური და

ხასიათდება გარკვეული ინდივიდუალურობით. გარდა ამისა რთული მთიანი რელიეფის პირობებში, მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში დიდ როლს თამაშობს აუზის ზედაპირის ვერტიკალური ზონალობა, რომელიც თითოეული მდინარის აუზში გარკვეული თავისებურებით გამოირჩევა. ამიტომ მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობა და მისი განაწილება სივრცესა და დროში სხვადასხვა ხასიათს ატარებს.

განსაკუთრებით დიდ სირთულეს ქმნის მთებში მოსული ნალექების არათანაბარი განაწილება. მაქსიმალური ხარჯები ფორმირდებიან, როგორც წვიმისა და თოვლის დნობის ერთობლივი მოქმედებით, ასევე მხოლოდ წვიმის წყლებით დაბლობ რაიონებში. მაღალ მთებში კი მნიშვნელოვანია თოვლისა და მყინვარების ნაღობი წყლების როლი.

საქართველოს მდინარეებზე უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები ყოველწლიურად აღირიცხება ჩვეულებრივ გაზაფხულ-ზაფხულში გავლილ ხანმოკლე წყალმოვარდნების დროს, როდესაც თოვლის ინტენსიურ დნობას თანხვდება თავსხმა წვიმები. მაღალმთიანი მყინვარული საზრდოობის მდინარეებზე წყალდიდობა გაზაფხულ-ზაფხულის სეზონს მოიცავს, ხოლო საშუალო და დაბალმთიან მდინარეთა აუზებში მხოლოდ გაზაფხულის თვეებს. გარკვეულ ანომალური კლიმატურ პირობებში წლის სხვა სეზონებშიც ძლიერი თავსხმა წვიმების შედეგად ფორმირდება მაღალი წყალმოვარდნები უდიდესი წყლის ხარჯებით. განსაკუთრებით დიდი სიმაღლისა და დამანგრეველი ენერჯის წყალმოვარდნები მოსალოდნელია წლის ყველა დროს დასავლეთ საქართველოს მდინარეებზე, სადაც ხშირად აღინიშნება თავსხმა წვიმები. აქ კატასტროფული წყალმოვარდნების დროს წყლის დონეები საშუალო მაქსიმალურ დონეებს 2-4-ჯერ აღემატება. აღსანიშნავია, რომ ბევრი შეუსწავლელი მდინარისა და მშრალი ხეების გამოვლენა სწორედ წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების დროს ხდება.

სადღეისოდ დედამიწაზე მიმდინარე კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად იმატა წყალდიდობებმა და გაიზარდა მათგან მიყენებული ზარალი და მსხვერპლი. განსაკუთრებით დიდი საშიშროება იქმნება ისეთ მთიან რეგიონებში, როგორც საქართველოა, სადაც ბოლო ათწლეულებში რამდენჯერმე განმეორდა კატასტროფები.

მომავალში ბუნებაზე ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად მოსალოდნელია საშიში მოვლენების გამომწვევი ფაქტორების მკვეთრი ცვლილება, ამიტომ საშიშროების შემცირების პრობლემა მეტად აქტუალურია. პირველ რიგში საჭიროა გავლილი წყალდიდობა-წყალმოვარდნების შესწავლა. მაგრამ 70 წლიან საბჭოთა პერიოდში კომუნისტური პროპაგანდის მიხედვით ადამიანი მართავდა ბუნებას და იმარჯვებდა მასზე. ამიტომ სტიქიისა და განსაკუთრებით ადამიანთა მსხვერპლის შესახებ ინფორმაცია გასაიდუმლოებული იყო და არ ქვეყნდებოდა. მაშინ გამოცემულ ჰიდროლოგიურ ცნობარებში [1 - 4] არ არის აღნიშნული გავლილი კატასტროფები, გარდა 1983 წელს გამოქვეყნებულ [5] ნაშრომისა.

გავლილი წყალდიდობების შეუფასებლობის შემთხვევაში, როდესაც მდინარის წყალგამტარობა მცირდება, შემდეგი წყალდიდობის დროს ტერიტორია ადვილად ზიანდება. ეს რომ არ მოხდეს და არ მივიდეთ დიდი ზარალი, საჭიროა გავლილი წყალდიდობების სათანადო გამოკვლევა. საქართველოს მდინარეებზე კატასტროფული წყალდიდობა-წყალმოვარდნების გავლისა და მათ მიერ გამოწვეული ზარალის შესახებ, ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა არსებული ისტორიული, ლიტერატურული, სამეცნიერო და ინფორმაციული წყაროების, აგრეთვე სტაციონალური დაკვირვებების მასალები, რაც ქრონოლოგიურად იქნა აღწერილი სათანადო მონოგრაფიაში [6].

ყველაზე ადრეული ისტორიული ინფორმაცია მდინარეზე კატასტროფის შესახებ დაფიქსირებულია 735 წელს მდ. ცხენისწყალზე, სადაც თავსხმა წვიმის წყალმოვარდნამ იმსხვერპლა მის ხეობაში დაბანაკებული საქართველოში შემოჭრილი მტრის მურვან ყრუს 3500 ცხენოსანი მეომარი. ყველაზე დიდი მასშტაბურობით გამოირჩეოდა 2005 წლის წყალდიდობა, რომლის დროსაც კატასტროფულმა წყალმოვარდნებმა მოიცვა ქვეყნის მრავალი რეგიონი და იყო მსხვერპლი, საერთო ზარალმა კი დაახლოებით 500 მლნ ლარი შეადგინა [7]. ასეთივე დიდი ზარალი და მსხვერპლი გამოიწვია ცალკეულ მდინარეებზე ლოკალური ხასიათის წყალმოვარდნებმა, როგორც იყო მაგალითად 1968 წელს მდ. მტკვარზე [6] და 2015 წელს მდ. ვერეზე ქ. თბილისში [8].

ცნობილია, რომ მდინარის წყლის მაქსიმალური ხარჯი წარმოადგენს წყალსამეურნეო განგარიშებათა ძირითად ელემენტს, რომლის მიხედვით უნდა მოხდეს ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კონსტრუქციებისა და სხვა ნაგებობების ისეთი გაანგარიშება, რომ მათი სააღბათო დაზიანება ამ მაქსიმალური ხარჯის გავლის დროს ან სრულიად იყოს აცილებული, ანდა არ აღემატებოდეს პრაქტიკულად დასაშვებ და მიზანშეწონილ საზღვრებს.

მაქსიმალური ხარჯის სიდიდის მართებული დადგენა ძლიერ საპასუხისმგებლო ამოცანას წარმოადგენს, რადგან მთელ რიგ შემთხვევებში მდინარის მაქსიმალური ხარჯი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ნაგებობათა ძირითად ზომას და მის ღირებულებას. მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრაში დაშვებულ შეცდომებს შეიძლება მოჰყვეს ან ნაგებობათა დანგრევა, თუ შეცდომა მიღებული შედეგების შემცირებისკენაა მიმართული, ან ფინანსების არამიზანშეწონილი დაბანდება, როდესაც შეცდომა მიმართულია მაქსიმალური ხარჯის ზედმეტად გადიდებისაკენ.

აღსანიშნავია, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც დაკვირვებათა პერიოდი მოკლეა და შეადგენს 5-10-15 წელს, შეიძლება გაანგარიშებული მაქსიმალური ხარჯი არ დაემთხვეს სინამდვილეში დაკვირვების შედეგად მიღებულ მაქსიმუმებს. მაგრამ ხდება ისეც, რომ დაკვირვებათა უფრო ხანგრძლივი პერიოდისთვისაც, რომელიც მოიცავს ბრიუკნერის სრულ ციკლს, ე.ი. 35-40 წელს, არავითარი გარანტია არაა იმისა, რომ რომელიმე ერთ-ერთ შემდეგ წელს ადგილი არ ექნება ისეთ მაქსიმალურ ხარჯს, რომელიც ბევრად მეტი იქნება ყველა მანამდე აღრიცხულ მაქსიმალურ ხარჯზე.

ამ მხრივ დაკვირვებათა შედეგად მიღებული უდიდესი მაქსიმუმების მაგალითია მდ. მტკვარი, რომელზეც წყლიანობის აღრიცხვა მიმდინარეობდა 1914 წლიდან 1990 წლამდე. ამ ხნის განმავლობაში მდინარეზე გაიარა 30-ზე მეტმა ისეთმა წყალდიდობამ, რომლის მაქსიმუმი აჭარბებდა ქ. თბილისთან მისი წყლის მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მნიშვნელობას. მათ დიდი ზარალი მოჰქონდათ და ხშირად ადამიანთა მსხვერპლიც. ყველაზე იშვიათი წყალდიდობა იყო 1968 წლის 18-19 აპრილს, როდესაც მდ. მტკვრის წყლის ხარჯმა ქ. თბილისთან შეადგინა 2450 მ³/წმ, რამაც 650 მ³/წმ ანუ 36 %-ით გადააჭარბა მდინარის კალაპოტის მაშინდელ გამტარუნარიანობას 1800 მ³/წმ -ს, რომელიც გათვლილი იყო 1928 წლის წყალდიდობის მაქსიმუმზე (1789 მ³/წმ). ამიტომ 1968 წელს გაივსო რა მდინარის კალაპოტი, წყალი გადმოვიდა ნაპირებიდან და დააზიანა ქალაქის კომუნიკაციები, დაბალ ადგილებში დატბორა სახლების სარდაფები და პირველი სართულები (სურ. 1).



სურ. 1. 1968 წლის 19 აპრილის წყალდიდობა ქ. თბილისში [6].

ეს ფაქტი მიანიშნებს იმაზე, რომ დროთა განმავლობაში უნდა დაზუსტდეს ადრე გაანგარიშებული მდინარეთა წყლის მახასიათებლები, მონაცემთა ახალი ინფორმაციების გათვალისწინებით, რათა სწორად წარიმართოს საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებები ნაგებობათა უსაფრთხოების მიზნით.

მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების წყალსამეურნეო საანგარიშო პარამეტრების დადგენა ხდება არსებულ დაკვირვებათა მასალების სათანადო მათემატიკური სტატისტიკის ანალიზის საფუძველზე. 1 და 2 ცხრილებში მოცემულია ჩვენ მიერ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა სამეურნეო ჰიდროკვებებზე 1990 წლამდე არსებული მრავალწლიური (საშუალოდ 40-60 წელი) სტაციონალურ დაკვირვებათა მონაცემების სათანადო სტატისტიკური ანალიზით დაზუსტებული პარამეტრები მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯებისა. აქ შედარების მიზნით პირველ რიგში მოცემულია მდინარეთა საშუალო წლიური ხარჯები, შემდეგ მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური ნორმები, მათი ვარიაციისა (C_v) და ასიმეტრიის (C_s) კოეფიციენტები, აგრეთვე დაკვირვებათა პერიოდში გავლილი უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობები და პიკის გავლის საშუალო მრავალწლიური თარიღები.

**ცხრილი 1. დას. საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქ. ხარჯების
 (Q მ³/წმ) პარამეტრები**

მდინარე - პუნქტი	აუზის ფართი (კმ ²)	საშ. სიმაღლე (მ)	საშ. წლ. ხარჯი Q ₀	საშ. მაქს. ხარჯი Q _{max}	Cv	Cs	უდი-ღესი ხარჯი Q _{max}	პიკის გავლის საშუალო თარიღი
ბზიფი-ჯირხვა	1410	1690	98,2	502	0,37	4,4	1890	30 V
კოდორი-ლათა	1420	1920	92,5	467	0,40	4,9	1240	25 VI
ენგური-ხაიში	2780	2320	118	534	0,39	4,5	1440	20 VII
ნენსკრა-ლახამი	468	2300	30,4	141	0,25	2,0	196	30 VI
ნაკრა-ნაკი	126	2620	11,9	39,1	0,36	3,5	62,1	25 VI
ხობი-ღევახარე	310	1640	21,6	202	0,64	4,2	536	10 V
რიონი-ონი	1060	2260	44,8	178	0,34	0,6	382	20 VI
რიონი-ალპანა	2830	1810	103	630	0,43	4,2	1470	20 VI
რიონი-საქონაკიძე	13300	950	399	1872	0,41	1,5	5500	20 V
ყვირილა-ზესტაფონი	2490	960	60,7	522	0,34	0,5	1100	10 IV
ძირულა-წვევა	1190	880	26,0	300	0,30	2,7	595	10 IV
ჩხერიძე-ხარაგ.	398	1100	12,1	98,5	0,50	1,8	215	0,7 IV
ხანისწყალი-ბადდათი	655	1230	15,9	106	0,48	1,2	209	20 IV
ცხენისწყალი-ღუჯი	506	2240	24,4	115	1,03	5,2	188	10 VI
ცხენისწყალი-ხიდი	1950	1800	42,1	361	0,6	2,2	721	10 VI
ტეხური-ნაქალაქევი	558	1160	33,6	291	0,46	3,2	574	10 VI
სუფსა-ხიდმაღალა	1100	970	50,8	484	0,39	3,2	692	30 III
ნატანები-ნატანები	469	880	24,8	301	0,62	1,7	708	30 III
ჭოროხი-ერგე	22000	2016	324	1382	0,56	4	3840	10 IV
აჭარისწყალი-ხულო	251	1500	8,28	81,9	0,48	4,8	189	30 III
აჭარისწყალი-ქედა	1360	1470	46,1	342	0,49	1,6	770	20 IV

**ცხრილი 2. აღმ. საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქ. ხარჯების
 (Q მ³/წმ) პარამეტრები**

მდინარე - პუნქტი	აუზის ფართი (კმ ²)	საშ. სიმაღლე (მ)	საშ. წლიური ხარჯი Q ₀	საშ. მაქს. ხარჯი Q _{max}	Cv	Cs	უდი-ღესი ხარჯი Q _{max}	პიკის გავლის საშ. თარიღი
მტკვარი - ხერთვისი	4980	2150	32,4	254	0,49	4,20	742	10/V
მტკვარი - ლიკანი	10500	2000	85,9	533	0,41	4,80	920	30/IV
მტკვარი - თბილისი	21100	1710	203	1152	0,34	1,60	2450	20/IV
ფოცხი - სხვილისი	1730	1870	22,1	178	0,17	4,50	581	30/IV
აბასთუმანი - აბასთუმ.	99,0	1830	1,27	11,9	0,53	3,80	37,6	30/IV
დიდი ლიახვი - კეხვი	924	2100	27,0	140	0,38	1,15	330	20/IV
პატარა ლიახვი - კეხვი	422	1940	8,86	51,1	0,61	2,31	191	20/V
ქსანი - კორინთა	461	1830	9,39	64,3	0,71	1,89	262	10/V
არაგვი - უნვალი	1900	1890	45,1	243	0,52	1,29	660	30/V
ფშ. არაგვი - მაღაროსკ.	736	2060	19,5	118	0,49	1,80	338	10/VI
თ. არაგვი - ფასანაური	335	2140	12,1	66,2	0,50	1,93	173	30/V
შ. არაგვი - შესართავი	235	2030	7,76	61,1	0,52	2,43	156	30/V
იორი - ლელოვანი	494	1640	11,3	148	0,61	2,10	380	30/V
ალაზანი - ბირკიანი	282	2200	13,9	80,9	0,72	3,69	365	10/VI
ალაზანი - შაქრიანი	2190	1260	43,4	318	0,52	2,55	1160	10/VI
ფარავანი - ხერთვისი	2350	2120	18,8	164	0,30	0,90	437	10/V
ბორჯომულა - ბორჯ.	165	1810	2,56	27,0	0,58	5,20	59,0	20/IV
ალგეთი - ფარცხისი	359	1320	8,76	66,5	0,74	1,80	246	10/V
ქცია-ხრამი - ედიკილ.	544	2040	8,36	69,5	0,52	2,40	105	10/V
ხრამი - იმირი	3840	1510	20,9	284	0,68	2,20	572	10/V
მაშავერა - დ. დმანისი	570	1660	5,14	62,8	0,76	5,20	142	20/V

ცხრ. 1 და 2-ის მონაცემებიდან ირკვევა, რომ მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური რეკვადობის მაჩვენებელი – ვარიაციის კოეფიციენტი (C_v), რომელიც ახასიათებს მდინარის ხარჯის რეკვის ინტენსივობას მისი საშუალო მნიშვნელობის ირგვლივ, შედარებით მაღალია ($C_v=0,50-0,70$) აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, სადაც $C_v=0,30-0,60$.

ამ მხრივ აღმოსავლეთ საქართველოში გამოირჩევა მდ. მაშავერა და მდ. ალგეთი, სადაც $C_v=0,76-0,74$. ყველაზე დაბალი რეკვადობით აქ გამოირჩევა მაქსიმალური ხარჯები მდ. ფარავანზე და მდ. მტკვარზე, სადაც $C_v=0,30-0,34$, რაც გამოწვეულია აქ დამარეგულირებელი ობიექტების არსებობით. კერძოდ მდ. ფარავანის აუზში ტბებია, ხოლო მდ. მტკვრის აუზში წყალსაცავები.

რაც შეეხება მაქსიმალური ხარჯების პიკის გავლის თარიღებს, აღსანიშნავია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში ისინი უფრო ადრე: აპრილ-მაისში აღირიცხებიან, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, სადაც ისინი მაის-ივნისში გაივლიან, ხოლო მდ. ენგურზე კი მათი გავლა ივლისის მეორე ნახევარში ხდება, როდესაც იქ აქტიურად დნება მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი.

ამრიგად მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების დაზუსტებული მახასიათებლები მეტად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული დანიშნულების თვალსაზრისით სამეცნიერო, სამეურნეო და საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების საწარმოებლად ნაგებობათა და სხვა რაიმე ღონისძიების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთებისათვის, რაც აუცილებელია სამეურნეო საქმიანობის სწორი წარმართვისა და უსაფრთხოებისათვის. ჩატარებული კვლევა მნიშვნელოვანია იმითაც, რომ XX საუკუნის 90-იანი წლებიდან აღარ ხდება მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვები და მხოლოდ ერთეულ მდინარეზე მიმდინარეობს წყლის დონეების გაზომვა.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Водные Ресурсы Закавказья, под редакцией Сванидзе Г.Г., Цомаи В.Ш., Ленинград, Гидрометеиздат, 1988, 264 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 9, вып. 1, под редакцией Г.Н. Хмаладзе, Ленинград, Гидрометеиздат, 1969, 313 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР (Гидрографические описания рек, озёр и водохранилищ). Том 9, вып. 1. Под редакцией В.Ш. Цомаи, Ленинград, Гидрометеиздат, 1974, 577 с.
4. Государственный водный кадастр, Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 6, Грузинская ССР, Ленинград, Гидрометеиздат, 1987, 416 с.
5. Сванидзе Г.Г., Хмаладзе Г.Н. Паводки и наводнения, в кн. Опасные Гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеиздат, 1983, с. 194-210.
6. ც. ბასილაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. ცომაია, გ. ხერხეულიძე. კატასტროფული წყალდიდობები, დვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბ., 2012, 244 გვ.
7. ც. ბასილაშვილი, რ. მესხია. 2005 წლის მასშტაბური წყალდიდობები საქართველოში და კატასტროფების შერბილების გზები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 2013, ტ. 119, გვ. 183-186.
8. დ. კერესელიძე, მ. ალავერდაშვილი, თ. ცინცაძე, ვ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე. რა მოხდა 2015 წლის 13 ივნისს მდინარე ვერეს წყალშემკრებ აუზში. თბ., 2015, 40 გვ.

უაკ 627.14.215.1.632.123

საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების შეფასება წყალსამეურნეო გაანგარიშებებისათვის /ბასილაშვილი ც./ სტუპ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2019 - ტ.127 - გვ.11-16. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. აღწერილია მთის მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების ფორმირების პირობები. ამ მხრივ აღნიშნულია მათი ინდივიდუალურობა და სხვადასხვაობა დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე.

საქართველოს მდინარეთა სამეურნეო დანიშნულების ჰიდროკვებებზე არსებული წყლის ხარჯებზე სტაციონარულ დაკვირვებათა მრავალწლიურ (40-60) მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების შედეგად დაზუსტებულია წყლის საშუალო წლიური და მაქსიმალური ხარჯე-

=====

ბის მნიშვნელობები და მათი მრავალწლიური ცვალებადობის მახასიათებლები, მოცემულია აგრეთვე უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები და მათი გავლის საშუალო თარიღები. მიღებულ მონაცემებს აქვთ პრაქტიკული დანიშნულება სამეცნიერო, სამეურნეო და საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების საწარმოებლად ნაგებობათა და სხვა რაიმე პრევენციულ ღონისძიებათა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთების მიზნით.

UDC 627.14.215.1.632.123

Evaluation of maximum water discharges rivers of Georgia for water management calculations.

/Basilashvili Ts./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2019 - vol.127 - pp.11-16. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. A description of the conditions for the formation of maximum water flow of mountain rivers is given. In this regard, individuality and diversity of the rivers of western and eastern Georgia are noted.

On the basis of statistical processing of 40-60-year stationary observations carried out on hydrostorms of the rivers of economic importance, the norms of average annual and maximum water discharge and characteristics of their fluctuations are clarified. The values of the highest expenditure peaks and the average data of their passage are also given.

The data obtained are of practical use for water management calculations in scientific, business and design organizations with the view of confirming various constructions and conducting preventive measures.

УДК 627.14.215.1.632.123

Оценка максимальных расходов воды рек Грузии для водохозяйственных расчётов. /Басилашвили

Ц.З./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.11-16. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус.Приводится описание условий формирования максимальных расходов воды горных рек. В этом отношении отмечается их индивидуальность и разнообразность на реках западной и восточной Грузии.

На основе статистической обработки многолетних за 40-60 лет стационарных наблюдённых данных по гидросторам рек, имеющих хозяйственное значение, уточнены нормы средне годовых и максимальных расходов воды и характеристики их колебаний. Даны также значения пиков наибольших расходов и средние даты их прохождения.

Полученные данные имеют практическое назначение для водохозяйственных расчётов в научных, хозяйственных и проектных организациях в целях подтверждения разных строений и ведения превенциальных мероприятий.

შპს 551.485.215

ჰესებისა და წყალსაცავების ბავლენა სტიქიური წყალმოვარდნების დროს
ს. გორგიჯანიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

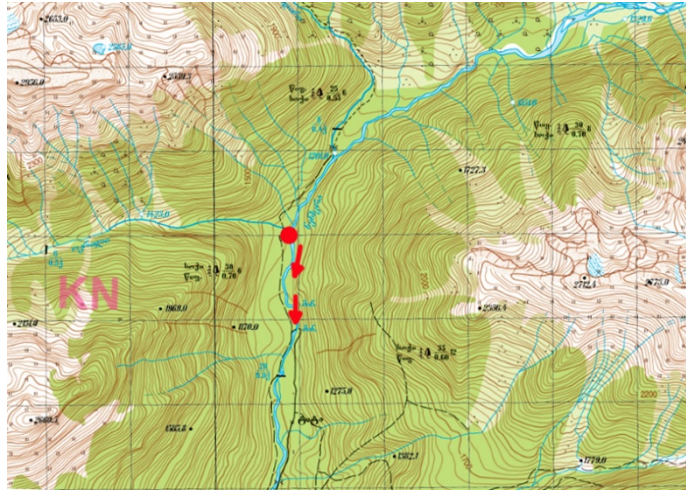
როგორც ვიცით წყალსაცავი ხელოვნური წყალსატევია, რომელიც იქმნება მდინარის ხეობაში კაშხლის აგების შედეგად. იგი ივსება, როგორც ატოსფერული ნალექებით და მიწისქვეშა წყლებით, ასევე მდინარის არხების საშუალებით. წყალსაცავში დაგროვებული წყალი ინახება და გამოიყენება მეურნეობაში გარკვეული დანიშნულებისათვის, მასში წყლის სიღრმე მოცულობა და ზედაპირის ფართობი სეზონურად იცვლება, რაც დამოკიდებულია მრავალ ჰიდრომეტეოროლოგიურ ფაქტორზე, ხოლო მასში წყლის ქიმიური შემადგენლობა დამოკიდებულია მასში შემავალი წყლების ქიმიურ შემადგენლობაზე. განსხვავებულია წყლის თვისებები იმის მიხედვით თუ სად არის წყალსაცავი წარმოშობილი: მდინარეზე თუ დაგუბებულია გარკვეული ტბების შეგუბების ხარჯზე. აქ აღსანიშნავია ასევე ის რომ მდინარის ხეობის ლანდშაფტს მნიშვნელოვნად ცვლის წყალსაცავი. ჩამონადენის გამო ასევე იცვლება მდინარის ბუნებრივი ჰიდროლოგიური რეჟიმი, როგორც შეტორვის ზონაში, ისე კაშხლის ქვემოთ ასეულ კილომეტრ მანძილზე. ასევე მცირდება ბუნებრივი წყალდიდობის პროცესები [1,3] რაც დადებითად აისახება ადგილობრივ ლანდშაფტში. ხშირ შემთხვევაში ბუნებრივი კატასტროფის წარმოშობისას წყალსაცავი ხელს უწყობს სტიქიამ არ მოიცვას დიდი მასშტაბები. აქ არ იგულისხმება თავად წყალსაცავის ან კაშხლის გარღვევა. პირიქით აქ მნიშვნელოვანია წყალსაცავის როლი კატასტროფის შერბილებაში.

ამის მაგალითები ჩვენს ქვეყანაში ხშირია, მთიან რეგიონებში. სწორედ მდ.თერგზე მომხდარი წყალმოვარდნების სისშირეა, როდესაც ჰესისი მშენებლობამ შეაჩერა საფრთხე და ის მოსალოდნელი კატასტროფა ააცილა რეგიონს. 2014 წელს მომხდარი წყალმოვარდნა მდ.დევედორაკის ხეობაში, რომელიც გამოწვეული იყო მყინვარული, გლაციალური ღვარცოფით, გადაკეტა მდ.თერგი და შემდგომ გამოიწვია ამ ტერიტორიის დატბორვა. ამ პერიოდში ჰიდროექსპერტო სადგურის მშენებლობა მიმდინარეობდა. სწორედ ჰესზე არსებულმა გვირაბმა შეაჩერა წყალმოვარდნის ის მაქსიმალური ტრაგედია, რაც ამ ბუნებრივ კატასტროფას მოყვებოდა. თუმცა ზარალი სრულად აღმოფხვრილი არ იყო. [2]



ნახ. 1. მდ. დევედორაკის ხეობა, ჰესის ფრაგმენტული მონაკვეთი მარცხენა მხარეს

ასევე ზემო სვანეთში 2017 წლის 5 ივლისს მომხდარი წყალმოვარდნა. აქ მდ. ნენსკრაზე, კერძოდ კი მდ. ოკრილას შესართავთან მოხდა მყინვარული და ზვავის კონუსების მიერ მდინარის გადაკეტვა, ჩახერგვა, რის გარღვევასაც მოყვა წყალმოვარდნა.



ნახ. 2 ტოპოგრაფიული რუკა, სადაც მოცემულია შეგუბების ადგილი, ხოლო ისრებით გავრცელების არიალი

სტიქიამ დაანგრია გზები, ხიდები, სახლები, უსახლკაროდ დატოვა რამოდენიმე ოჯახი. ასეთი პროცესი გამოიწვია ინტენსიურმა წვიმამ, რომელიც 4 ივლისს დაიწყო, შედეგად მოხდა ერთგვარი დარჩენილი მასალის (მყინვარული ნატეხების და ზვავის), დნობა და მოძრაობა. იმ პერიოდში მოსახლეობა გამოთქვამდა პროტესტს ჰესის მშენებლობის გამო, რაც თავისთავად არაა მართებული, რადგან სწორედ მდ. ნენსკრაზე არსებული ჰესი დაიცავს ადგილობრივ დასახლებებს სტიქიის განმეორადობის შემთხვევაში. წყალსაცავი შეკრებს მოვარდნილ წყალს, რაც მთავარია დაარეგულირებს მოსული წყლის ნაკადს. წყალსაცავის და ჰესის ფუნქცია როგორც ვიცით მხოლოდ ენერჯის გამომუშავება არაა, ამიტომ მისი როლი დიდია წყალმოვარდნების დროს.

მსგავსი შემთხვევა მოხდა მესტიაში, მდ. მესტიაჭალაზე 2019 წლის 26 ივლისს, როცა უხვმა ნალექებმა და მყინვარების ინტენსიურმა დნობამ, მდ. მესტიაჭალის ხეობაში, კერძოდ მურყვამისა და ლეხზირის მყინვარებზე გამოიწვია მყინვარ ჭალათის ენის მასის ჩამოშლა, რამაც გადაკეტა ხეობა და წარმოქმნა დროებით დაგუბებული ტბა, რომლის გარღვევის შედეგადაც მდ. მესტიაჭალის ხეობაში განვითარდა უეცარი წყალმოვარდნა (მოვარდნილი ტალღის დონე მდ. მესტიაჭალის ჰიდროლოგიურ სადგურზე 70-დან 100 სმ-მდე იყო). წყლის დონის მატება გადაიზარდა ნაზღველევ წყალმოვარდნაში. აღნიშნული მოვლენა განმეორდა 3-ჯერ, პირველი ტალღის წარმოქმნის დრო 07:00 სთ, მეორე – 14:00 სთ და მესამე ტალღა 19:00 სთ-ზე განვითარდა, რომელმაც დააზიანა ინფრასტრუქტურული ობიექტები, გზა და ხიდი. [4] ამ შემთხვევაშიც მდინარეზე მიმდინარეობდა ჰესისი მშენებლობა, რამაც შეარბილა წყალმოვარდნის სიძლიერე. იგი ერთგვარი ბარიერი იყო ამ პროცესში.



ნახ. 3. მდ. მესტიაჭალაზე მომხდარი წყალმოვარდნა, ფოტოზე მოცემულია ჰესის მშენებლობის ტერიტორია

„ნენსკრა ჰიდრო“ მდ. ნენსკრაზე, 135 მეტრის სიმაღლის ქვანაყარი კაშხლის, ხოლო მეზობელ მდ. ნაკრაზე, 13 მეტრი სიმაღლის დაბალ ზღურბლიანი კაშხლის მშენებლობა იგეგმება. 13 კილომეტრიანი სადერივაციო გვირაბით ნაკრა გადმოგდებული იქნება ნენსკრას კალაპოტში, ჰესის წყალსაცავი კი 182 მილიონი კუბური მეტრი წყლის დატევას შეძლებს, რაც საშუალებას მისცემს წყალმოვარდნის დროს შეაკავოს მოსული წყალი და შემდეგ გაატაროს. აქ თავისთავად აუცილებელია იქნას ყველა ის ზომები მიღებული, რომელიც ხელსშეუწყობს სწრაფად მოხდეს რეაგირება მოსალოდნელ დატობრვაზე. მოსახლეობის გაფრთხილება, გარკვეულ შემთხვევაში ევაკუაცია და განწმედითი სამუშაოები.

აქ მნიშვნელოვანია წყალსაცავის როლი, როგორც წყლის მარეგულირებელი და დამცველი სტიქიური მოვლენებისგან, ხოლო წყალსაცავის უსაფრთხოება ეს უკვე თავად პროექტის მიხედვით არის განსაზღვრული, რომელიც ასევე სხვა სამუშაო მოქმედებებში არის ასახული.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ტინტილოხოვი ზ. მეწყერები და კლდეზავები მდ. ყვირილას აუზში. საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოების შრომები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი, 1959, 67-75.
2. ცომაია ვ. მდინარეების ტრანზიტულ უბნებში წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯების განსაზღვრის საკითხებისათვის (მეთოდური მითითება), საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გარემოს მონიტორინგის მთავარი სამართველოს ინფორმაციული წერილი. №2/133, თბილისი, 1993. 32-42.
3. „საქართველოს ბეობრაზია“ - საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია. ვ. ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი. გვ. 270-277. 2000
4. <https://mtisambebi.ge/news/ecology/item/1021-stiqiis-dros-mosaxleoba-xalekvas-besma-gadaarchina-mestiis-meri>

შპპ 551. 485.215

ჰესებისა და წყალსაცავების გავლენა სტიქიური წყალმოვარდნების დროს /ს. გორგიჯანიძე/ სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.17-19. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.. სტატიაში აღწერილია საქართველოში მომხდარი წყალმოვარდნების მოვლენები, რომელიც იწვევს მრავალ ზარალს და უარყოფით შედეგებს. აღწერილია წყალსაცავების გავლენა ასეთ სტიქიური პროცესების დროს. მოცემულია მათი მნიშვნელობა და წყალმოვარდნისგან დაცვა. ასევე ის რეგულაციები, რომელიც გარემოს დაცვას საქართველოს მთიან რეგიონებში წყალმოვარდნების დროს.

UDC 551. 485.215

Impact of hydropower plant and reservoirs to natural floods /S. Gorgijanidze/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU.– 2019 - vol.127 - pp.17-19. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ.The article describes the events of the floods in Georgia that lead to many casualties and negative effects. The impact of the reservoirs during such natural disasters is described. Their importance and protection from floods are given. These are the regulations that will protect the environment during floods in the mountainous regions of Georgia.

УДК 551. 485.215

Влияние гидроэлектростанций и водохранилищ на стихийные паводки /С. Н. Горгиджанидзе/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.17-19. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус.В статье описываются наводнения в Грузии, которые приводят к многочисленным жертвам и негативным последствиям. Описано воздействие водохранилищ на такие стихийные бедствия, их значение и защита от наводнений в это время. Представ нормативные акты, которые будут защищать окружающую среду во время наводнений в горных районах Грузии.

შპს 551.32.321

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზეგავლენით საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრა

ლ. შენგელია*, გ. კორძახია*, გ. თვაური, მ. ძაძამია*****

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

** ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო, gena_tvauri@yahoo.com

*** გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო, ქ. თბილისი, საქართველო, murmani.dzadzamia@gmail.com

შესავალი

მთის მყინვარები მტკნარი წყლის მნიშვნელოვანი რესურსია, რომელიც გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში, ენერგეტიკაში, სამეურნეო და სამრეწველო სხვადასხვა საჭიროებებისათვის.

მყინვარების დნობის შესწავლა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გამო უაღრესად მნიშვნელოვანია მყინვარული ხასიათის სტიქიურ მოვლენებში გასარკვევად, ზღვის დონის აწევის და ხმელეთზე მცხოვრები მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, მყინვარული წყლის ჩამონადენის ცვლილების დასადგენად და ზოგადად მყინვარების დნობასთან დაკავშირებული რისკების შესაფასებლად.

ყოველივე აღნიშნული საშუალებას იძლევა შემუშავდეს მეცნიერულად დასაბუთებული მყინვარების დნობისადმი ადაპტაციის სტრატეგია და განხორციელდეს ცალკეულ შემთხვევებში შერბილების ღონისძიებები.

კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მეორე და მესამე ეროვნულ შეტყობინებებში განხილულია კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად საქართველოს მყინვარების ცვლილების საკითხები. მათში განხილულია ქვემო და ზემო სვანეთის მყინვარები. აღნიშნულია, რომ ამ მყინვარების შესახებ ინფორმაცია არასრულია, რადგან გლაციოლოგიური კვლევის სირთულიდან გამომდინარე შეუძლებელია ყველა მყინვარზე სინქრონული დაკვირვების წარმოება. აქვე ხაზგასმულია, რომ მიღებული შედეგები მთელი რიგი დაშვებებითაა მიღებული.

მეორე და მესამე ეროვნულ შეტყობინებებში არსებული გაურკვევლობების არსებითი შემცირებისათვის მსგავსი შეფასებები უნდა ჩატარდეს თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) გამოყენებით.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების მყინვარებზე ნეგატიური გავლენის შესაფასებლად საჭიროა მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობა და ფართობი) ცვლილებების, მცირე მყინვარების დნობის და დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლების განსაზღვრა, რაც კლიმატის რეგიონალური ცვლილების ეფექტური ინდიკატორია.

წინამდებარე ნაშრომში მოყვანილია კავკასიის ქედის, კერძოდ საქართველოს ტერიტორიაზე მდებარე დიდი მყინვარების (ფართობი > 2 კმ²-ზე) უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლების კვლევის შედეგები. განსაზღვრულია მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღები.

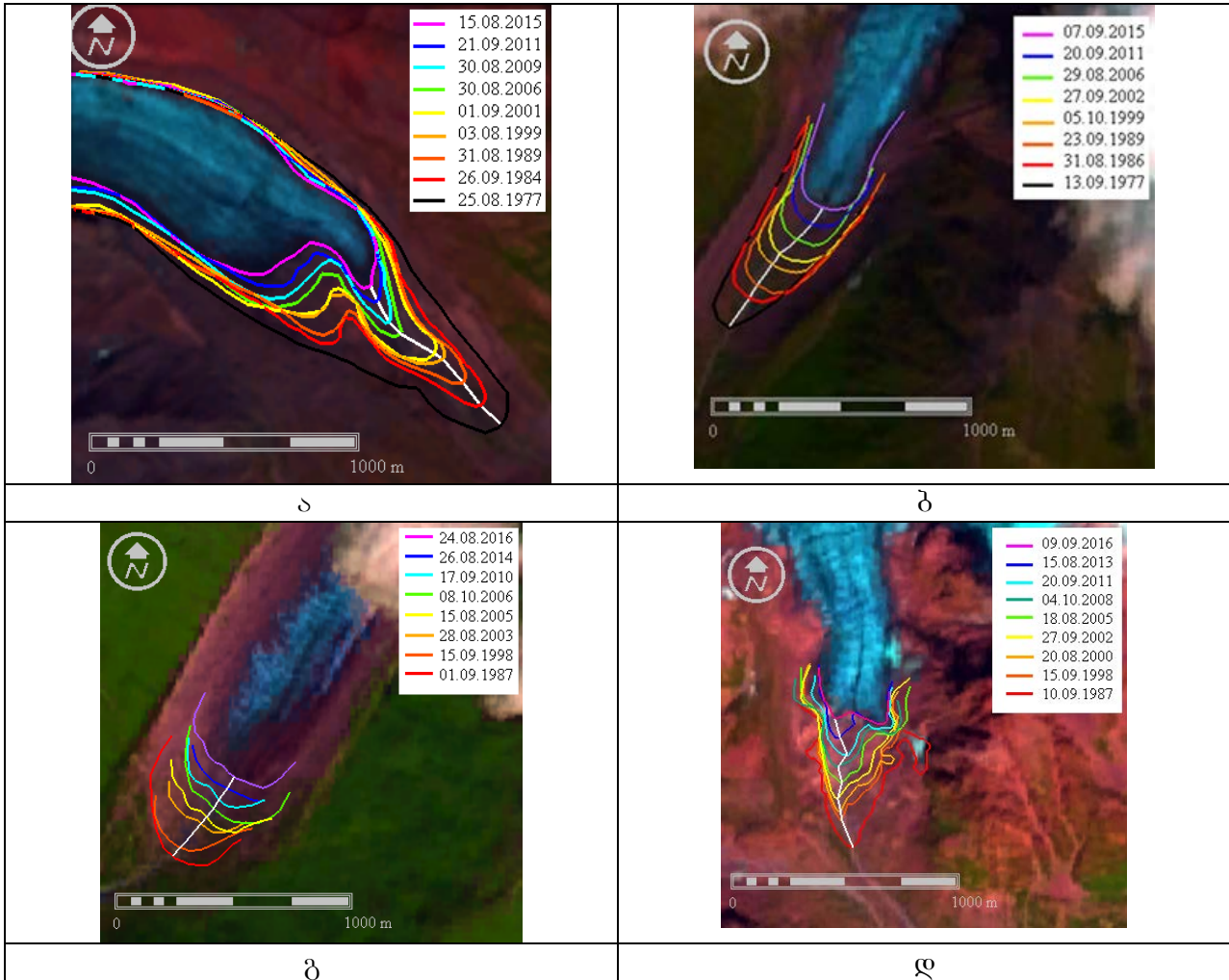
ძირითადი ნაწილი

საქართველოს მყინვარების შესწავლა თანამგზავრული დისტანციური მონიტორინგის (თდმ) მონაცემებით მიწისპირა დაკვირვებებით მათი კვლევების ეფექტური ალტერნატივაა. ამ საშუალებების შესასრულებლად გამოყენებულია კომპლექსური მეთოდოლოგია, რომელიც ავტორების მიერ არის შემუშავებული [1–4].

დიდი მყინვარების უკანდახევის დინამიკა დადგენილია თდმ-ის საფუძველზე, მყინვარის ენის ბოლოს გადაადგილების მდებარეობების განსაზღვრით. სიმარტივისათვის შერჩეულია ისეთი მყინვარები, რომელთა ენის ბოლო არ არის დაფარული ნაშალი მასალით.

დიდი მყინვარებისათვის მყინვარის ენის ბოლოს უკანდახევის სიჩქარის დადგენის მეთოდოლოგია მოყვანილია [1]-ში. ამ მიზნით გამოყენებულია თანამგზავრი Landsat-ის სხვადასხვა სენსორის მონაცემები, თუმცა შედეგებს მნიშვნელოვნად განაპირობებს თანამგზავრული მონაცემების დამუშავების დონე. გათვალისწინებულია თანამგზავრული მონაცემების მიღების თარიღი და ღრუბლიანობა, თუმცა ზოგ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალი ღრუბლიანობის სურათებიც რეპრეზენტატიულია.

1-ლ ნახაზზე ნაჩვენებია თდმ-ის საფუძველზე მიღებული აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარის გერგეტის (ა), დასავლეთ საქართველოს მყინვარების: ბოყოს (ბ), ადიშისა (გ) და ქვიშის (დ) მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულებები.



ნახ. 1. თდმ-ის საფუძველზე მიღებული გერგეტის (ა), ბოყოს (ბ), ადიშისა (გ) და ქვიშის (დ) მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულებები

სხვადასხვა წელს მყინვარების მდებარეობა სხვადასხვა ფერის კონტურით არის ნაჩვენები, კერძოდ მყინვარი გერგეტისათვის – 2015 წლის 15 აგვისტოს, მყინვარი ბოყოსათვის – 2015 წლის 7 სექტემბრის, მყინვარი ადიშისათვის – 2016 წლის 24 აგვისტოს, მყინვარი ქვიშისათვის 2016 წლის 9 სექტემბრის თანამგზავრი LANDSAT-ის სურათების ფონზე. ამ კონტურების გადამკვეთი თეთრი ფერის ტეხილი ხაზების საშუალებით გამოთვლილია მყინვარების უკანდახევის სიგრძეები.

როგორც მაგალითი დაწვრილებით განვიხილოთ მყინვარ გერგეტის უკანდახევის დინამიკა და ტრენდები.

1-ლ ცხრილში მოყვანილია მყინვარ გერგეტის უკანდახევის მახასიათებლები განსაზღვრული თდმ-ის მონაცემების საფუძველზე (იხ. ნახ. 1 ა).

ამ მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ გერგეტის უკანდახევის საშუალო სიჩქარე თდმ-ის საფუძველზე არის: 1. დაახლოებით 19.7 მ/წელიწადში მთლიანი

სადამკვირვებლო პერიოდისათვის (1977-2015); 2. დაახლოებით 15.1 მ/წელიწადში პირველ პერიოდში და 3. დაახლოებით 26.7 მ/წელიწადში მეორე პერიოდში. ბოლო პერიოდში უკანდახევა მნიშვნელოვნად აღემატება პირველი პერიოდით განსაზღვრულ ტენდენციას, რის საფუძველზეც შეიძლება დავასკვნათ, რომ მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა.

ცხრილი 1. გერგეტის მყინვარის ენის უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თარიღების მიხედვით

№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ	ჯამური უკანდახევა, მ
		განედი	გრძედი		
1	25.08.1977	42.664006	44.558418	0	0
2	26.09.1984	42.664683	44.557493	106	106
3	31.08.1989	42.665486	44.556670	111	217
4	03.08.1999	42.666306	44.555701	122	339
5	01.09.2001	42.666503	44.555308	40.6	379.6
6	30.08.2006	42.667224	44.553724	152	531.6
7	18.09.2007	42.667407	44.553513	25.4	557
8	30.08.2009	42.667635	44.553219	38.2	595.2
9	21.09.2011	42.668386	44.552674	94.9	690.1
10	28.08.2014	42.668662	44.552612	31.7	721.8
11	15.08.2015	42.668917	44.552400	34.4	756.2

ამასთან ერთად ჩატარებულია გერგეტის მყინვარის უკანდახევის ტრენდების შედარებითი ანალიზი თდმ-ის ინფორმაციასა და საველე დაკვირვებების მონიტორინგის მონაცემებს შორის. შედეგები ნათლად მეტყველებს, რომ ამ ორი კარდინალურად განსხვავებული ინფორმაციის წყაროს მონაცემები ერთმანეთთან კარგ თანხმობაშია. ამიტომ შეიძლება დასაბუთებულად ვივარაუდოთ, რომ თდმ-ის საფუძველზე განსაზღვრული დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები სანდოა.

საინტერესოა იმის განსაზღვრა, თუ როდის მოხდება გერგეტის მყინვარის სრული დნობა, იმ შემთხვევაში, თუ მყინვარის დნობის პროცესი კლიმატის ცვლილების გავლენით მომავალშიც მსგავსი აჩქარებით წარიმართება, ანუ ჩვეულებრივი ბიზნესის (Business as Usual /BaU/) სცენარის შესაბამისად. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე დადგინდა, რომ გერგეტის მყინვარის უკანდახევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით.

ოთხივე მყინვარისათვის 1-ლ ნახაზზე ასახული თდმ-ის მონაცემების საფუძველზე აიგო ამ მყინვარების უკანდახევის ამსახველი გრაფიკები (ნახ.2).

ამ გრაფიკების საფუძველზე გერგეტის, ბოყოს, ადიშისა და ქვიშის მყინვარების უკანდახევის დროზე დამოკიდებულების ამსახველი შესაბამისი განტოლებებია:

$$y=0.2t^2+12.2t \quad (1);$$

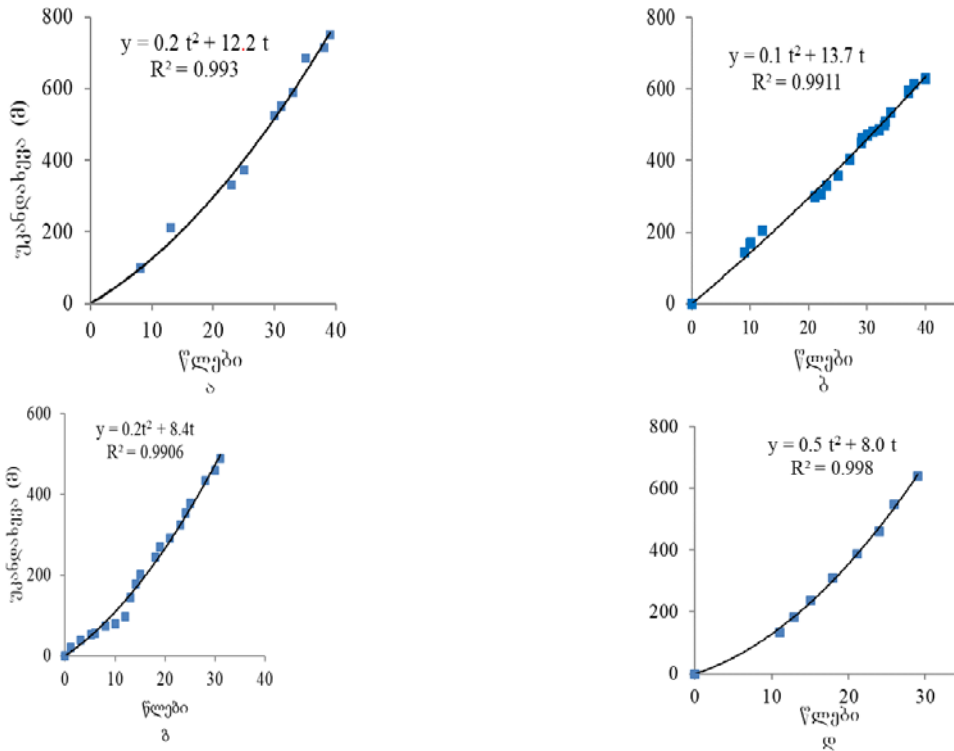
$$y=0.1t^2+13.7t \quad (2);$$

$$y=0.2t^2+8.4t \quad (3);$$

$$y=0.5t^2+8.0t \quad (4).$$

მე-2 ცხრილში მოყვანილია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის სრული დნობის გამოსაანგარიშებლად საჭირო მახასიათებლები.

მაგალითისათვის, გამოვითვალოთ მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი. ამისათვის განტოლებაში $y=0.2t^2+12.2t$ ჩავსვათ $y_1=7856$ მ და გამოვთვალოთ განტოლების დადებითი ფესვი, რომლის მნიშვნელობა არის $t_1=168$ წელი. მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი იქნება ათვლის დაწყების წელს დამატებული 163 წელი, ანუ მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღია $t=t_1+1977 = 2145$ წელი.



ნახ. 2. გერგეტის (ა), ბოკოს (ბ), ადიშისა (გ) და ქვიშის (დ) მყინვარების უკანდახვევის გრაფიკები

ცხრილი 2. საქართველოს დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების გამოსათვლელი მახასიათებლები

a	b	c	d	e	f	g	h
სახელწ.	სიგრძე თბ-ით ბოლო წელს, მ	ჯამური უკანდახვევა ათვლის დაწყებიდან, მ	შესაძლო დნობის მანძილი $y=b+c$	განტოლების ამონახსენი t_1 წელი	ათვლის დაწყების წელი	ბოლო წელი	სრული დნობის წელი $[f+e]$
გერგეტი	7100	756	7856	168	1977	2015	2145
ბოკო	4200	613	4839	198	1977	2015	2175
ადიში	7100	437	7537	159	1987	2016	2146
ქვიში	5800	639	6439	107	1987	2016	2094

ანალოგიური გამოთვლები დანარჩენი მყინვარებისათვის იძლევა სიდიდეებს, რომელთა მნიშვნელობებიც მოყვანილია მე-2 ცხრილის h გრაფაში, კერძოდ მყინვარი ქვიში სავარაუდოდ სრულად გადნება 2094 წელს, მყინვარი ადიში – 2146 წელს, ხოლო მყინვარი ბოკო – 2175 წელს.

დასკვნა

შესრულებული კვლევის საფუძველზე დადგინდა შემდეგი:

- კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად საქართველოს დიდი მყინვარების უკანდახვევას არაწრფივი ხასიათი აქვს;
- განხილული დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსასაზღვრავად გამოყენებულია სცენარი, კლიმატის ცვლილება ჩვეულებრივი ბიზნესის (Business as Usual /BaU/) შესაბამისად. კვლევებით დადგინდა, რომ განხილული მყინვარების უკანდახვევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით.
- გამოთვლილია განხილული მყინვარების სრული დნობა BaU-ს პირობებში. მიღებული განტოლებების გამოყენებით გამოთვლილია ამ მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღები.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Impact of Modern Climate Change on Glaciers in East Georgia//Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, Vol. 10, 4, 2016, pp. 56–63.
2. Kordzakhia, G., Shengelia, L., Tvauri, G., Tsomaia, V., and Dzadzamia, M. (2016). Research of Glaciers Variation Dynamics in East Georgia under the Impact of Modern Climate Change. Proceedings of the Fourth Plenary Conference and Field Trips of IGCP 610 project „From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary“ (2013-2017), 2-9 October, 2016, pp.96–100.
3. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს მყინვარების ცვლილების ნეგატიური ტენდენციები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №3 (723), 2016, გვ. 29–35.
4. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით// მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №2 (719), 2015, გვ. 9–18.

უაკ 551.32.321

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრა. /შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., ძაძამია მ. / სტუპ-ის ჰმ-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2019 - ტ.127 - გვ.20-24. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. სტატიაში განხილულია კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად საქართველოს დიდი მყინვარების უკანდახევა. დადგენილია, რომ დიდი მყინვარების უკანდახევას არაწრფივი ხასიათი აქვს. დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრავად გამოყენებულია სცენარი, კლიმატის ცვლილება ჩვეულებრივი ბიზნესის შესაბამისად. კვლევებით დადგინდა, რომ განხილული მყინვარების უკანდახევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდებით. მიღებული განტოლებების გამოყენებით გამოთვლილია ამ მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღები.

UDC 551.32.321

Determination of the Impact of Current Climate Change on Some Large Glacier of Georgia and Investigation of their Complete Melting Dates. /Shengelia L., Kordzakhia G., Tvauri G., Dzadzamia M./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2019 - vol.127 - pp.20-24. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ.. The article discusses the retreat of some large glaciers of Georgia under the influence of current climate change. It is established that these glaciers retreat is non-linear. To determine the date of complete melting of the considered glaciers, the climate change scenario for Business as Usual (BaU) is used. Based on the research, it is defined that in this condition the approximation of these glaciers retreat with high probability can be described by parabolas. On the basis of received equations **their** complete melting dates are determined.

УДК 551.32.321

Отступление некоторых больших ледников Грузии под воздействием текущего изменения климат и определение предполагаемой даты полного таяния больших ледников Грузии под воздействием текущего изменения климата./Шенгелия Л.Д., Кордзахия Г.И., Тваური Г.А., Дзadzamia М. Ш./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.20-24. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. В статье рассматривается отступление некоторых больших ледников Грузии под воздействием текущего изменения климата. Установлено, что отступление этих ледников носит нелинейный характер. Для определения даты полного таяния рассмотренных ледников использован сценарий изменения климата обычный бизнес (Business as Usual /BaU/). На основе проведенных исследований, было установлено, что отступление рассмотренных ледников с большой вероятностью можно аппроксимировать параболой. На основе полученных уравнений для отступления этих ледников рассчитаны даты их полного таяния.

შპპ 551

**მდინარე ენგურის ს. ხაიშთან ცალკეული თვეების
 დონეების ცვალებადობის შეფასება**

გურამ გრიგოლია¹, მერაბ ალავერდაშვილი², გიორგი ბრეგვაძე²

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

²ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თბილისი, საქართველო, merab.alaverdashvili@tsu.ge

კაცობრიობის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, როდესაც მაღალია მოთხოვნილება წყალზე, ადამიანი აქტიურად ერევა ჩამონადენის რეჟიმში, რითაც ირღვევა მისი ბუნებრიობა. მიზანი ამგვარი ჩარევისა წყლის რესურსების საჭირო დანიშნულებისამებრ გამოყენებაა.

კლიმატის ცვლილების დათბობის ფონზე მეტად აქტუალურია მდინარის ჩამონადენისა და მისი განმაპირობებელი ფაქტორების ცვალებადობის კანონზომიერების გამოვლენა და შეფასება.

განხილულია შემთხვევითი პროცესების ტრენდის გამოკვლევის, ანალიზისა და შეფასების საკითხები. ტრენდის შეფასებული სიდიდე ყოველთვის ობიექტურად ვერ ასახავს პროცესის ზოგადი კანონზომიერების ტენდენციას (დინამიკას). ამიტომ აუცილებელია პროცესების ექსტრემალურ შემთხვევათა და მათი შედეგების დეტალური ანალიზი, განსახილველი რიგების ერთგვაროვნების შეფასებითა და მისი დარღვევის მიზეზების გამოვლენით.

ჰიდროლოგიურ პრაქტიკაში ტრენდი ეწოდება, შემთხვევითი ცვლადის ნელ თანდათანობით ცვლილებას საანგარიშო პერიოდის განმავლობაში.

ტრენდის გამოვლენის თვალსაჩინო ხერხს წრფივი რეგრესია წარმოადგენს $y = ax + b$ სახით. ამ შემთხვევაში ტრენდის არსებობა სარწმუნოდ ითვლება, თუ სრულდება პირობა:

$$a \geq 1.96\sigma_{ab} \sqrt{\frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}}$$

$$\sigma_{ab} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2}{n-2}}$$

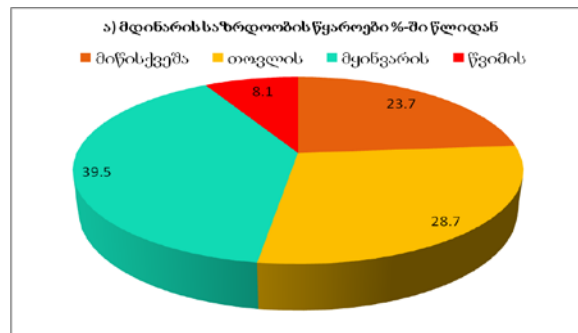
წინააღმდეგ შემთხვევაში არ გვაქვს საფუძველი ვისაუბროთ სიდიდის ერთმნიშვნელოვან ცვლილებაზე დროში (ტრენდის ნიშანდობაზე).

ტრენდის ნიშანდობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით სიდიდესა და მის რიგით ნომერს შორის კორელაციის კოეფიციენტით r , თუ ტრენდის გათვლების შედეგად აღმოჩნდება, რომ

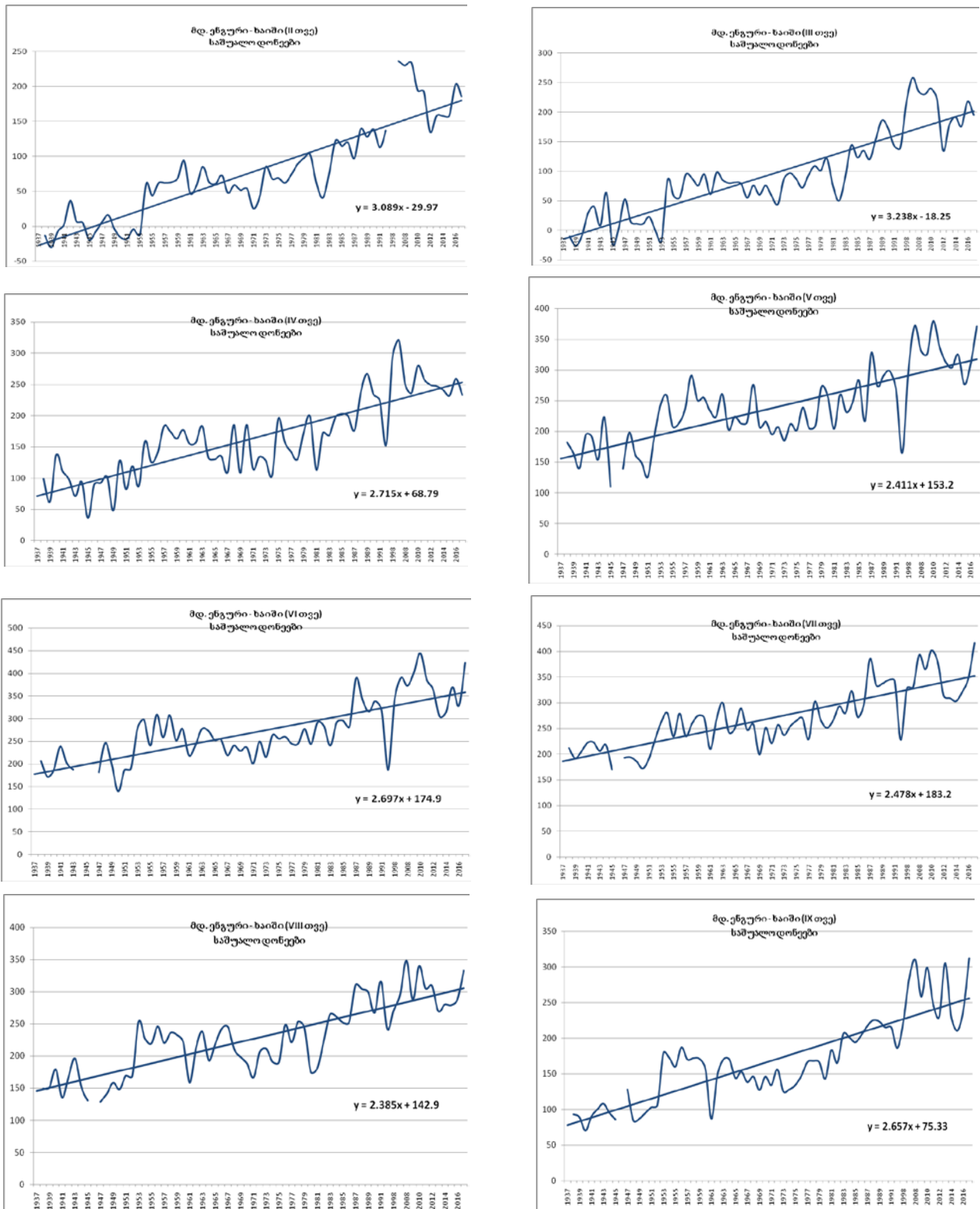
კორელაციის კოეფიციენტი და რანგობრივი კრიტერიუმები მეტია $2\sigma_r$ -ზე, სადაც $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$

ან $\sigma_r = \frac{\sqrt{n}}{n-1}$, მაშინ ტრენდი ნიშნადია და ჩაითვლება სარწმუნოდ.

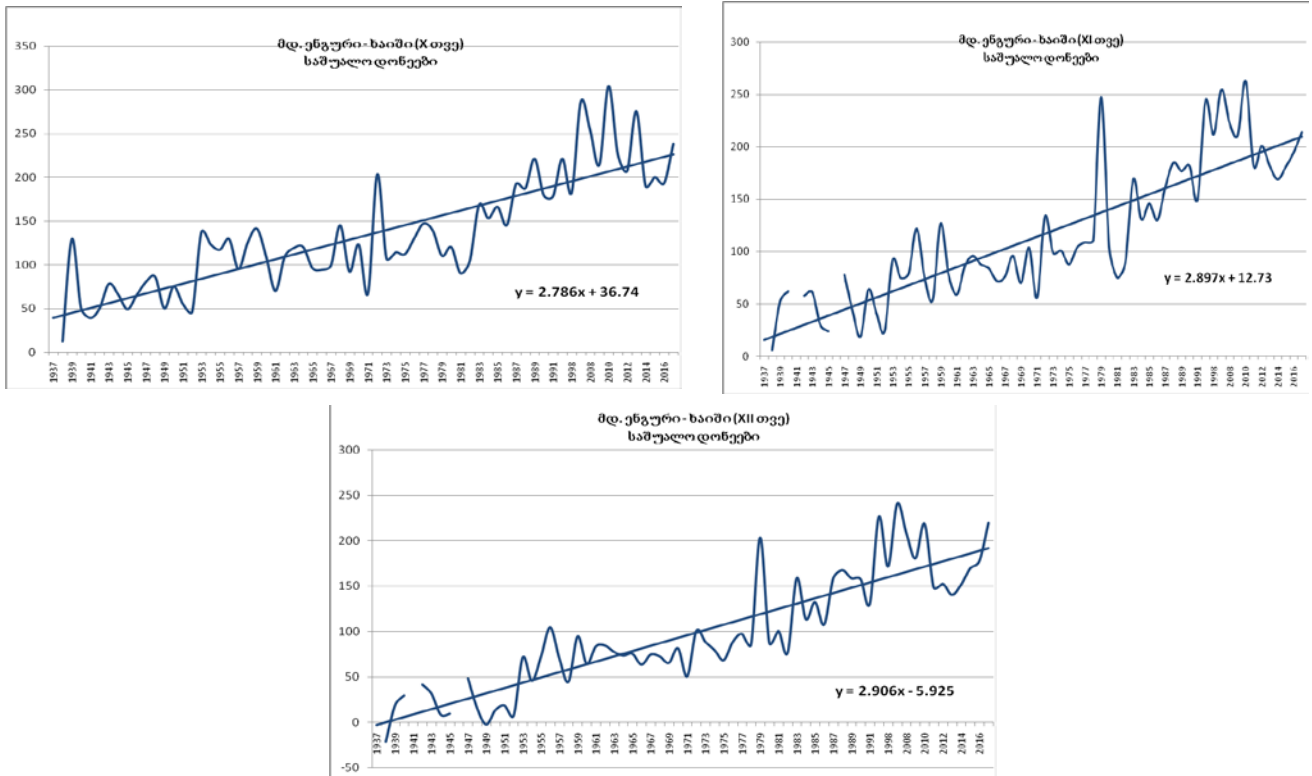
მდინარე ენგურის ხაიშთან წყლის დონეებზე დაკვირვებული მონაცემები 1937 წლიდან იწყება. თუმცა გვაქვს გარკვეული არასრული წლები. მაგალითად: 1937, 1941, 1944, 1946, 1992-1996, 1999-2004, 2006-2007. ხოლო წყლის ხარჯებზე მონაცემები 1991 წლიდან საერთოდ არ მოგვეპოვება.



ნახ. 1. მდინარის საზრდოობის წყაროები %-ში წლიდან (მდინარე ენგური-ს. ლატალი)

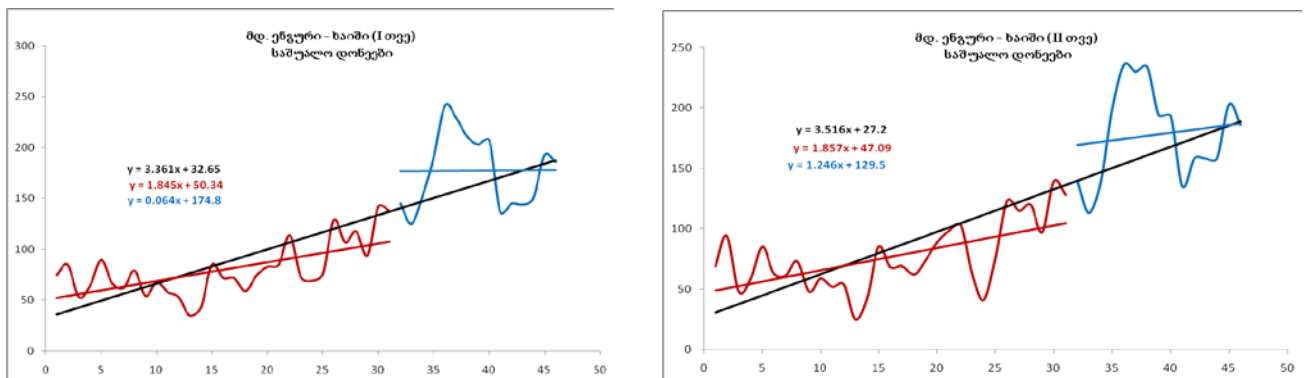


ნახ. 2. მდინარე ენგურის (ხაიში) საშუალო დონეების მრავალწლიური რყევადობა



ნახ. 2. მდინარე ენგურის (ხაიში) საშუალო დონეების მრავალწლიური რყევადობა (გაგრძელება)

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, დაკვირვების საწყის ეტაპზე წყლის დონის მონაცემები საკმაოდ დაბალია და გამოწვეულია წყალმოვარდნებით, რის გამოც დარღვეულია პროცესის ერთგვაროვნება. ამავდროულად 1959 წლამდე ხაიშთან გრაფიკის ნული აღებული იყო პირობითი ნიშნულით, რომლის სიმაღლე იყო 15.88 მეტრი. ხოლო 1959 წლიდან გრაფიკის ნული მიება ბალტიის სისტემას და შეადგინა 528.09 მეტრი. ამიტომ დონეებზე ტრენდის შეფასებისათვის გამოიყო ორი პერიოდი 1959-1989 და 1990-2017 წლები.



ნახ. 3. მდინარე ენგურის (ხაიში) საშუალო დონეების მრავალწლიური რყევადობა



ნახ. 3. მდინარე ენგურის (ხაიში) საშუალო დონეების მრავალწლიური რეკვალიზაცია (გაგრძელება)

ცხრილი 1. მდინარე ენგურის ხაიშთან საშუალო დონეების კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r (1959-2017)	0.82	0.82	0.83	0.75	0.68	0.74	0.72	0.76	0.83	0.79	0.80	0.80
r (1959-1989)	0.63	0.60	0.63	0.48	0.36	0.58	0.56	0.54	0.68	0.58	0.61	0.66
r (1990-2017)	0.01	0.14	0.10	0.08	0.36	0.31	0.23	0.20	0.33	0.12	-0.14	-0.04

აღნიშნულმა მაგალითებმა ნათლად დაგვიანახეს, თუ როგორ ფრთხილად უნდა მოვეკიდოთ ტრენდის შეფასების საკითხს. ამასთან, მისი შესწავლა თანამედროვე პირობებში მეტად აქტუალური გახდა, რადგან ძალზედ მნიშვნელოვანია ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების სიდიდეთა ცვალებადობის დინამიკის შესწავლა, მათზე კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის პირობებში.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. გ. გრიგოლია, ე. საბაძე, ნ. ჩილუნაძე “ჰიდროლოგიური პროცესების ტრენდის შეფასება ანალიზი”, ჰმი-ის შრომები, 2002წელი.
2. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик, Ленинград, Гидрометеиздат, 1984
3. Курдиани И. Г. К вопросу векового колебания климата Грузии. Труды Института Географии АНГССР, т. 15, 1956
4. Цуцкиридзе Я. А. Основные черты термического режима Грузии. Труды ЗакНИИ ГМИ, вып. 22, 1960

უაკ 551

მდინარე ენგური ს. ხაიშთან ცალკეული თვეების დონეების ცვალებადობის შეფასება /გრიგოლია გ., ალავერდაშვილი მ., გ.ბრეგვაძე/ სტუპ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2019 - ტ.127 - გვ.25-28 –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. მოყვანილია მდინარე ენგურზე ს. ხაიშთან ცალკეული თვეების დონეების ცვალებადობის შესახებ, სადაც დაკვირვების საწყის ეტაპზე წყლის დონის მონაცემები საკმაოდ დაბალია და გამოწვეულია წყალმოვარდნებით, რის გამოც დარღვეულია პროცესის ერთგვაროვნება. ამასთანავე, ტრენდის შეფასების საკითხი თანამედროვე პირობებში მეტად აქტუალური გახდა, რადგან ძალზედ მნიშვნელოვანია ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების სიდიდეთა ცვალებადობის დინამიკის შესწავლა, მათზე კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის პირობებში.

UDC 551

Assessment of the variability of individual month levels on the Enguri River station Khaishi /Grigolia G., M.Alaverdashvili, G.Bregvadse/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2019 - vol.127 - pp.25-29. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. It discusses the variability of individual month levels on the Enguri river station Khaishi, where the water level data at the initial stage of observation is quite low and caused by floods, thus disrupting the uniformity of the process. At the same time, the issue of estimating the trend has become more relevant in modern conditions, as it is very important to study the dynamics of the magnitude of variations in hydrometeorological processes under the influence of climate change.

УДК 55

Оценка изменчивости уровней отдельных месяце на реке Ингури станция Хаиши / Григолия Г., Алавердашвили М, Брегвадзе / Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.25-29. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Приведены изменчивост уровней отдельных месяцев на реке Ингури станция Хаиши, где данные об уровне воды на начальном этапе наблюдения довольно низки и вызваны паводками, что нарушает равномерность процесса. В то же время вопрос оценки тренда стал более актуальным в современных условиях, так как очень важно изучить динамику величины вариаций гидрометеорологических процессов под влиянием изменения климата.

უპკ.551.578.46

**ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის, ხულო-მლაშის
მონაკვეთის, ზვავსაშიშროება**

მ.სალუქვაძე, ს.გორგიჯანიძე, ნ.კობახიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო, salukvadze.manana@yahoo.com

კატასტროფების რისკის განსაზღვრა მეტად აქტუალურია როგორც მსოფლიოს სხვადასხვა მთიანი ქვეყნისთვის ასევე საქართველოშიც, ხოლო მიზანი რისკის შემცირება და შესაძლო ზიანის შემსუბუქებაა.

საქართველოს ერთ-ერთი რეგიონის აჭარის მთიანი ნაწილი ეკოლოგიურად კრიზისულ ტერიტორიას წარმოადგენს. მიუხედავად იმისა, რომ 2004-2010 წლებში ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების გამო აჭარიდან 763 ოჯახის განსახლება მოხდა, დღეისთვის 4144 ოჯახი ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების: მეწყერის, დვარცოფის და თოვლის ზვავების მოქმედების არეალში ცხოვრობს. 94 წლიან (1924-2018 წწ.) მონაცემებზე დაყრდნობით, ასევე, წლების მანძილზე, ექსპედიციების დროს მოპოვებული მასალებითა და დაკვირვებით ცხადია, რომ აჭარის მთიან ნაწილში, განსაკუთრებით კი გოდერძის უღელტეხილის მიდამოებში ზვავები ყოველწლიურად ჩამოდის, მაგრამ გამორჩეულად უხვთოვლიან 1971, 1975 და 1988 წლებში აჭარის ტერიტორიაზე არსებული 161 ზვავშემკრებიდან თოვლის ზვავები მასიურად ჩამოვიდა. განსაკუთრებით შემზარავი იყო ხულოს რაიონის სოფელ ღურტას ტრაგედია [1,2,3]. სპორადული ზვავის ჩამოსვლის შედეგად, რომელიც, 100 წლის შემდეგ, 1971 წლის 11 თებერვალს განმეორდა, დანგრეულ ნაკებობებში აღმოჩნდა 90 ადამიანი. მეზობლების თავდადებით, 68 ადამიანი გადარჩა, ხოლო 22 დაიღუპა. დაინგრა და დაზიანდა 23 ახლადაშენებული საცხოვრებელი სახლი. სოფლის უხუცესები, წინაპრებისგან გადმოცემით, ახსოვდათ რა საუკუნის წინ დატრიალებული ტრაგედია ეწინააღმდეგებოდნენ ამ ადგილის ათვისებას, ხოლო ამ ადგილს ნაშვავს (ნაზვავს) უწოდებდნენ. იმავე დღეს სკოლა-ინტერნატში, ხუთსულიანი ოჯახი და მათთან მყოფი სტუმარი ზვავმა დაფარა. პირველკლასელმა ბავშვმა, ხელებით შეძლო თოვლის ტყვეობიდან მშობლებისა და სტუმრის ამოყვანა, ხოლო მისი ორი ძმა, ორი დღის შემდეგ იპოვეს მეზობლებმა დაღუპული. სოფელ აგარაში ორი საცხოვრებელი სახლი დაინგრა და დედა ორი შვილით დაიღუპა, ასევე სოფელ სოლგამანში ხუთსულიანი ოჯახის სამი წევრი დაიღუპა, ხოლო ორი ბავშვი, სახლიდან 300 მეტრის მოშორებით, ზვავის გაჩერების ადგილას, მდინარის პირას, ცოცხლები იპოვეს. შუახვევის რაიონში, სოფელ ქიძინიძეებში ორი სახლი დაინგრა და დედა სამი შვილით დაიღუპა. სოფელ ოლადაურში ზვავმა ამბულატორია და სკოლა ინტერნატის შენობა დაანგრია გარდა ამისა ექვსი საათი იყო თოვლის ტყვეობაში 40 ადამიანი, საბედნიეროდ მათი გადარჩენა შეძლეს, მათგან მხოლოდ სოფლის ექიმი დაიღუპა. 1975 წლის თებერვალში ხულოს რაიონის სოფ. თაგოში ზვავმა სამი სახლი დაანგრია და ოთხი ადამიანი დაიღუპა. მრავალი მსგავსი შემთხვევა და რამდენიმე ათეულ მეტრზე მეტი მანძილით თოვლის ზვავისგან გადაადგილებული სახლი და ზვავებისგან განადგურებული ციტრუსის და ხეხილის ბაღები გვინახავს. 1988 წლის ზამთარში ხულოს მუნიციპალიტეტში 240 კა ფართობზე განადგურდა ტყე, სახელმწიფო დაზღვევის მონაცემებით ზარალი ასი ათასი მანეთი იყო, იმავე წელს ქედის მუნიციპალიტეტში 32 საცხოვრებელი სახლი დაზიანდა. მრავალი ხიდის, გზის, სხვადასხვა ობიექტის ნგრევის, დაზიანების, დახოცილი მსხვილფეხა და წვრილფეხა საქონლის, ნარგავების განადგურების, მაღალი ძაბვის ანძების დაზიანების, მატერიალური ზარალის მიყენების მიზეზი წლების მანძილზე თოვლის ზვავი საქართველოს ამ ულამაზეს მხარეში. აჭარის ტერიტორიაზე 92 ზვავსაშიში სოფელია [1-4].

თოვლის საფარი აჭარის ტერიტორიაზე არათანაბარი განაწილებით ხასიათდება და მის ტერიტორიულ განაწილებას კარგად ახასიათებს თოვლის საფარის მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური სიმაღლეები (ცხრ. 1).

მესხეთის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილოეთ ფერდობებზე, თითქმის ერთნაირ ოროგრაფიულ პირობებში, თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე შავ ზღვასთან დაშორებასთან ერთად მცირდება. მაგალითად, ზღვის დონიდან 1000 მ-ის სიმაღლეზე, მდინარეთა ჩაქვისწყლისა და კინტრიშის აუზებში (16-24 კმ-ზე შავი ზღვიდან) სიმაღლე 500-550 სმ-ია, ეს მონაცემები ეყრდნობა თოვლის მარშრუტული აგეგმვის მასალებს. თოვლის

საფარის მაქსიმალური სიმაღლის მცირე სიდიდე, შავი ზღვიდან დაშორების გარდა, დამოკიდებულია ოროგრაფიაზეც. მესხეთისა და არსიანის ქედები მნიშვნელოვნად ამცირებენ დასავლეთის ტენიანი ჰაერის მასების გავლენას.

ცხრილი 1. თოვლის საფარის მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური სიმაღლე აჭარის ტერიტორიაზე

თოვლის სიმაღლე, სმ	მაქსიმალური სიმაღლე		თოვლის სიმაღლე, სმ	საშუალო სიმაღლე		თოვლის სიმაღლე, სმ	მინიმალური სიმაღლე	
	კმ ²	%		კმ ²	%		კმ ²	%
>500	460	16	>300	370	13	>120	800	28
400-500	200	7	225-300	440	15	90-120	390	13
300-400	1030	35	150-225	700	24	60-90	400	14
200-300	730	25	75-150	1030	35	30-60	610	21
100-200	400	14	<75	360	12	<30	700	24
<100	80	3						

გოდერძის უღელტეხილზე სიმაღლის მატებასთან ერთად როგორც დასავლეთ, ასევე აღმოსავლეთ ნაწილში თოვლის საფარის სიმაღლე თითქმის ერთნაირია, ხოლო გოდერძის უღელტეხილის მისადგომებთან პირიქით, აღმოსავლეთ ნაწილში სიმაღლე მეტია დასავლეთ მხარესთან შედარებით. ამის მიზეზი, ქარბუქის დროს, დასავლეთი ფერდობებიდან აღმოსავლეთ ფერდობებზე თოვლის გადატანაა.

ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის გასწვრივ თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე და განმეორადობა წარმოდგენილია ცხრილში (ცხრ.2).

ცხრილი 2. თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე და განმეორადობა

მეტეოსადგური	H, მ	თოვლის მაქს. სიმაღლე, სმ	წელი	განმეორადობა, სმ				
				50-100	101-200	201-300	301-400	400
ქედა	256	268	1984/85	19	14	4	-	-
შუახევი	650	215	1970/71	9	14	1	-	-
ხულო	923	318	1988/89	24	32	9	1	
ახალციხე	982	89	1987/88	4	-	-	-	-
ადიგენი	1186	187	1987/88	20	3	-	-	-
გოდერძის უღ.	2025	402	2000/01	-	13	21	2	1

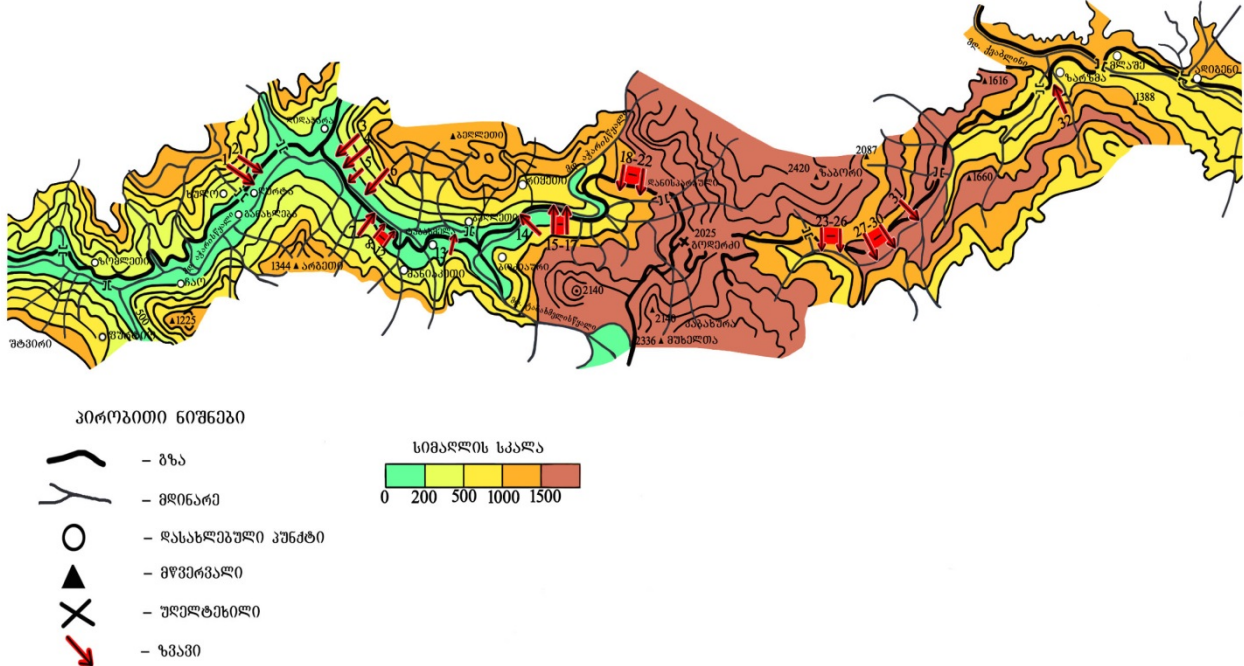
არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების საფუძველზე 50-100 სმ და 101-200 სმ თოვლის სიმაღლე მრავალწლიური მონაცემების მიხედვით 76-ჯერ დაფიქსირდა, 201-300 სმ – 35-ჯერ, 301-400 სმ – 3-ჯერ და მხოლოდ გოდერძის უღელტეხილზე ერთ შემთხვევაში, 2001 წელს იყო თოვლის სიმაღლე 402 სმ.

ზვავსაშიშროებით ხასიათდება ბათუმი-ახალციხის გზის ნაწილი, კერძოდ ხულო-მლაშეს მონაკვეთი, რომელიც მოიცავს 900-2025 მ-ის სიმაღლის არსიანის ქედის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ფერდობებს გოდერძის უღელტეხილის (2025 მ) ჩათვლით. გზის სიგრძე 70 კმ-ია. გზა 980 მ-დე ეშვება დასავლეთ საქართველოში, ხოლო 1185 მ-მდე აღმოსავლეთით ადიგენის რაიონში. საავტომობილო გზის ნაწილი მოქცეულია მდ. ქვაბლიანის მარცხენა შენაკადის ძირის ხეობაში, ხილო დასავლეთი ნაწილი - მდ. აჭარისწყლის ხეობაში, სადაც ხულომდე მჭიდროდ დასახლებული პუნქტები: დანისპარაული (1550 მ), შუასოფელი (1250 მ) და პაქსაძეები (950 მ) მდებარეობს. მდინარეების ღრმა ხეობები მთიან მხარეშია, ჩრდილოეთით აჭარა-იმერეთის, ხოლო სამხრეთით შავშეთის და მერიდიანალური მიმართულების არსიანის ქედებით არის შემოფარგლული.

ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე ჩამოსული ზვავები, თავისი მოცულობით, დიდი არ არის. გზაზე გამოსული ზვავების საერთო სიგრძე 28,5 კმ-ს შეადგენს, აქედან გზის დასავლეთი ნაწილის 22 კმ, ხოლო აღმოსავლეთი ნაწილის 6,5 კმ ზვავებით არის დაფარული. ცალკეული ზვავის მოწყვეტის მაქსიმალური სიმაღლე არ

აღმატება 1725 მ-ს გზის დასავლეთ ნაწილში (ზვავი №22) და 2025 მ-ს გზის აღმოსავლეთ ნაწილში (ზვავი №23). ეს ის ზვავებია, რომლებიც გოდერძის უღელტეხილთან ახლოს მდებარეობენ. დასავლეთით და აღმოსავლეთით ზვავების მოწყვეტის სიმაღლე დაბლა ეშვება 1040 მ-მდე (ზვავი №16). ყველაზე დიდი სიგრძით გამოირჩევა ზვავი №4 (2130 მ.). საშუალო სიგრძის ზვავები, ძირითადად, გზის აღმოსავლეთ ნაწილში მდებარეობენ.

ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე, რომლის სიგრძე 56 კმ-ია 32 ზვავის ჩამოსვლაა არის მოსალოდნელი, რომელთაგან რამდენიმე ზვავის სიჩქარეს და დარტყმის ძალას დიდი ზიანის მოტანა შეუძლია (ნახ.1).



ნახ. 1. ბათუმი-ახალქალაქის საავტომობილო გზის, ხულო-მლაშეს მონაკვეთის ზვავსაშიშროება

ბათუმი-ახალციხის, ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე არსებული ზვავშემკრებების დასაწყისის აბსოლუტური სიმაღლე იცვლება 450 მ-დან 2464 მ-მდე. ზღვის დონიდან 1000 მ-ზე დაბლა 2 (6%) ზვავშემკრებია, ხოლო 2000 მ-ზე მაღლა მდებარე ტერიტორიაზე -1 (3%) ცხრ.3.

ცხრილი 3. ზვავშემკრებების განაწილება მათი დასაწყისის აბსოლუტური სიმაღლის და სიგრძის მიხედვით საავტომობილო გზის ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე

№	აბსოლუტური სიმაღლე, მ	რაოდენობა	% საერთო რ-დან	სიგრძე, მ	რაოდენობა	% საერთო რ-დან
1	<1000	2	6	<1000	21	66
2	1001 - 1500	11	34	1001 - 1500	6	19
3	1501 - 2000	18	57	1501 - 2000	4	12
4	2001 - 2500	1	3	2001 - 2500	1	3

ტერიტორიაზე ფართოდ არის გავრცელებული ზვავშემკრებები, რომელთა ზვავის კერები ხასიათდება მცირე ფართობით.

ზვავის მაქსიმალური სიჩქარე მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ზვავები მაქსიმალურ სიჩქარეს აღწევენ ზვავშემკრების სხვადასხვა მონაკვეთზე, რასაც ზვავშემკრების მიკრორელიეფი განაპირობებს. ზვავების უმეტესი ნაწილის მაქსიმალური სიჩქარე დიდი არ არის და ნაკლებია 25 მ/წმ-ზე, თუმცა არის ორი ზვავი, რომელთა სიჩქარე 40 მ/წმ-მდეა (2%); ზვავების მოძრაობის სიჩქარის შესაბამისად სხვადასხვა ზვავების მაქსიმალური დარტყმის ძალაც. ზვავების უმეტესობის მაქსიმალური დარტყმის

ძალა საავტომობილო გზის გასწვრივ 30 ტ/მ² და 30-40 ტ/მ² აღწევს, მხოლოდ 2 ზვავისთვის არის დამახასიათებელი 80 ტ/მ² -მდე დარტყმის ძალა (ცხრ. 4).

ცხრილი 4. ზვავების განაწილება მაქსიმალური სიჩქარის და დარტყმის ძალის მიხედვით საავტომობილო გზის ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე

№	ზვავის სიჩქარე, მ/წმ	რაოდენობა	% საერთო რ-დან	ზვავის დარტყმის ძალა, ტ/მ ²	რაოდენობა	% საერთო რ-დან
1	< 25,0	20	63	<30	20	62
2	25,1 – 30,0	8	25	30,1 – 40	5	16
3	30,1 – 35,0	2	6	40,1 – 50	5	16
4	35,1 – 40,0	2	6	50,1 – 60	-	-
5	>40	-	-	60,1 – 80	2	5

მოძრავი ზვავის სიმაღლე, ძირითადად, 12 მეტრამდეა (ცხრ. 5). საავტომობილო გზაზე ჩამოსული 32 ზვავიდან 23 ზვავის კონუსის მოცულობა დიდი არ არის, უმეტესად (75%) 5000 მ³ მოცულობის ზვავებია. 8 ზვავის კონუსის მოცულობა 5000 მ³-დან 50000 მ³ – მდეა, მხოლოდ ერთი ზვავის (№ 6) მოცულობაა 82 000 მ³ (ცხრ. 5).

ცხრილი 5. ზვავების განაწილება მოძრავი ზვავის თოვლის სიმაღლისა და ზვავის კონუსის მოცულობის მიხედვით საავტომობილო გზის ხულო – მლაშეს მონაკვეთზე

№	მოძრავი ზვავის თოვლის სიმაღლე, მ	რაოდენობა	% საერთო რ-დან	კონუსის მოცულობა, ათასი მ ³	რაოდენობა	% საერთო რ-დან
1	< 12	32	100	<5,0	23	73
2				5,1 – 10,0	3	9
3				10,1 – 20,0	4	12
4				20,1 – 50,0	1	3
5				50,1 – 100,0	1	3

ზვავების ჩამოსვლა ყოველწლიურად მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს ეკონომიკას, უხვთოვლიან ზამთარში კი ხელს უშლის ტრანსპორტის გადაადგილებას. ზვავები ბოლო ათეულ წლებშიც ზიანს აყენებს ადგილობრივ მოსახლეობას. მაგალითად, 2013 წლის 10-12 დეკემბერს ზვავებისა და დიდი თოვლის გამო ქედასა და შუახევს შორის დაზიანდა, ზვავსაშიშ ფერდობებზე განლაგებული, 5 მაღალი ძაბვის ანძა, რის გამოც ხუთი დღე-ღამის განმავლობაში აჭარის ტერიტორია ფაქტობრივად უდენოდ დარჩა. 2014 წლის 10-14 იანვარს ხულოს ცენტრში თოვლის სიმაღლემ 2 მ-ს, ხოლო სოფლებში - 3 მ-ს მიაღწია, ქედაში - 1,5 მ-ს, ქედის რაიონის სოფლებში თოვლის სიმაღლე 2 მ-მდე აღწევდა. ზვავები ჩამოვიდა ხულოსა და ქედის რაიონში, სოფ. მაჭახელაში გზაზე ჩამოსული ზვავის გამო ერთი ადამიანი დაიღუპა.

2015 წლის 12 ნოემბერს გოდერძის უღელტეხილზე, უხვთოვლობისა და ზვავების გამო, გზა ჩაიკეტა და 30 ადამიანის გამოყვანა მაშველების დახმარებით გახდა შესაძლებელი, ხოლო იმავე წლის 3 დეკემბერს 60 სმ-ის სიმაღლის თოვლმა დააზიანა ელექტროგადამცემი ხაზები და 15 სოფელი დარჩა უშუქოდ.

2016 წლის 11 დეკემბერს გოდერძის უღელტეხილის მიმართულებით ზვავის ჩამოსვლის გამო 40 წთ-ით შეფერხდა მოძრაობა. ამავე წლის 12 დეკემბერს ზვავი ორ ადგილას ჩამოწვა. ხულოს რაიონის სოფ. ბოძაურთან ორი ახალგაზრდა, რომლებიც გზის გაწმენდას ელოდებოდნენ, ზვავში აღმოჩნდა, საბედნიეროდ მათი ამოყვანა ზვავიდან დროულად მოხდა. 14 დეკემბერს ქედის რაიონის სოფ. კოკოტაურში, ვანიძეების უბანში 20 ოჯახი მოექცა თოვლის ტყვეობაში, ზვავი მეორედაც ჩამოვიდა და სოფლები: გეგელიძეები, დოხოძეები, ჯალაბაშიძეები 6 უბანზე გადაკეტა ზვავმა.

წლების განმავლობაში, (1924-2017 წწ.) ჩვენს მიერ მოპოვებული მასალების მიხედვით, აჭარის მთიან ნაწილში, ზვავების ჩამოსვლის გამო, დაიღუპა 61 ადამიანი მათ შორის ქობულეთის რაიონში - 3, ხელვაჩაურის რაიონში -1, ქედის რაიონში - 10, შუახევის რაიონში

- 16, ხულოს რაიონში - 31, მაგ. ხულოს რაიონის სოფ. ღურტაში 1971 წლის თებერვალში ჩამოსულმა ზვავმა 22 ადამიანი იმსხვერპლა (ცხრ.6) [1]

ცხრილი 6. ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტები, ზვავები, 1924-2018 წწ. ზვავებით გამოწვეული ადამიანთა მსხვერპლის რაოდენობა და მატერიალური ზარალი აჭარის მთიან ნაწილში

№	რ ა ი ო ნ ი	რაოდენობა			ნგრავა		დაზიანება	
		ზვავსა-შიში	ზვავი	მსხვერ-პლი	სახლი	ნაგებო-ბა	სახლი	ნაგებო-ბა
1	ქობულეთი	4	17	3	9	13	3	2
2	ხელვაჩაური	4	8	1	-	1	4	-
3	ქედა	16	30	10	3	1	19	7
4	შუახევი	22	42	16	23	13	19	6
5	ხულო	46	64	31	33	14	28	8
ჯ ა მ ი		92	161	61	73	42	73	23

ბათუმი-ახალციხის გზის საუღელტეხილო 70კმ-იანი მონაკვეთი დიდი თოვლიანობით ხასიათდება და გზის სავალ ნაწილზე თოვლის დაგროვებას თოვა, ქარბუქი და ნაზვავი თოვლი იწვევს. თოვლდაგროვების სისქის ყოველი 5 სმ-ით მატება ამცირებს ტრანსპორტის სიჩქარეს, რომლის გამოთვლაც შესაძლებელია დიუნინის [5] ემპირიული (1) ფორმულით.

$$V = Ke^{-0.1h} - 0.4h \quad (1)$$

სადაც V - ავტომანქანის სიჩქარეა კმ/სთ; K – კოეფიციენტი, რომელიც სატვირთო მანქანებისთვის 140 კმ/სთ, მსუბუქი მანქანებისთვის 100 კმ/სთ-ია. h – თოვლის სიმაღლეა სმ-ში.

ამ ფორმულით 10 და 20 სმ თოვლის სიმაღლის დროს მანქანის გადაადგილების სიჩქარე, შესაბამისად, იქნება 11,5 და 6,5 კმ, ხოლო 25-30 სმ სიმაღლის დროს – 0.

გოდერძის უღელტეხილის აღმოსავლეთით მდებარე სოფლების ახალციხესთან, ხოლო დასავლეთით მდებარე სოფლების ხულოს რაიონულ ცენტრთან დაკავშირება შესაძლებელია შემოვლითი ხაშური-ბორჯომი-ახალციხის და სამტრედია-ბათუმი-შუახევი-ქედა-ხულოს გზებით, მაგრამ ამ შემთხვევაში მანძილი 2-3 ჯერ იზრდება. ამიტომ სამთო-სათხილამურო კურორტ გოდერძიზე უმოკლესი მანძილის დაფარვა შესაძლებელია თოვლის საფარისაგან გზის სწრაფად გაწმენდის შემთხვევაში. ტექნიკური საშუალებებით შესაძლებელია გზის გაწმენდითი სამუშაოების დაჩქარება.

თოვლისაგან გზის გაწმენდის ხანგრძლივობა (T) საათებში დამოკიდებულია თოვლის სიმაღლეზე (ფორმ.2):

$$T = 10^{-2} Le^{0.2(h-1)} \quad (2)$$

სადაც L – გზის სიგრძეა კმ-ში, h – თოვლის საფარის სიმაღლე მ. იმავე ფორმულით შესაძლებელია გამოითვალოს თოვლის გაწმენდი ტექნიკის რაოდენობაც (ფორ. 3):

$$W = 10^{-2} Le^{0.2(h-1)} / T \quad (3)$$

გზის გაწმენდა რთულდება ნამქერისა და თოვლის ზვავებისგან წარმოქმნილი თოვლდაგროვების შედეგად. განსაკუთრებით დიდია თოვლდაგროვება გოდერძის უღელტეხილის მისადგომებთან და თავად უღელტეხილზე. ამ პროცესის შესარბილებლად აუცილებელია 6-7 მ-ის სიმაღლის ნამქერდამცავი ღობეების განთავსება, ხოლო გზიდან 80-100 მ-ში თოვლის ფარის, ხოლო ცალკეულ უბნებზე 3-4 რიგის თოვლის ფარის განლაგება.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. მ.სალუქვაძე. საქართველოს თოვლის ზვავების კადასტრი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბ., 2018, 264 გვ.
2. მ.სალუქვაძე, ს.გორგიჯანიძე, ნ.კობახიძე. აჭარის მთიანი რაიონების ზვავსაშიშროება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული ტ.126, თბ., 2016, გვ. 64-68.
3. ქალდანი ლ., სალუქვაძე მ. თოვლის ზვავები. საქართველოს ჰავა. აჭარა. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ტ.110, თბ., 2003, გვ.126-135.
4. ქალდანი ლ., სალუქვაძე მ. თოვლის ზვავები საქართველოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბ., 2015, 169 გვ.

5. Дюнин А.К. Механика сильных метелей . Тр.Новосибирского ин-та инженеров жел.дор. транспорта, вып.159, 1974, с.3-110.

უაკ. 551.578.46

ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის, ხულო-მლაშეს მონაკვეთის, ზვავსაში-შრომა. /მ.სალუკვაძე, ს.გორგიჯანიძე, ნ. კობახიძე/ სტუპ-ის კმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2019 - ტ.127 - გვ.30-35. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. აჭარის მაღალმთიან სოფლებს 161 ზვავი ემუქრება, რომლებმაც ცალკეულ წლებში დიდი ზიანი მიაყენა ადგილობრივ მოსახლეობას. ასევე გოდერძის უღელტეხილზე გამავალ, ბათუმი-ხულო-ახალციხის საავტომობილო გზის ხულო-მლაშეს მონაკვეთზე 32 ზვავი ჩამოდის. წარმოდგენილია ამ ზვავშემკრებების მორფომეტრიული მაჩვენებლები და ზვავების დინამიკური მახასიათებლები.

UDK. 551.578.46

AVALANCHE DANGER ZONE OF KHULO-MLASHE BATUMI-AKHALTSIKHE HIGHWAY.

M.Salukvadze, S.Gorgijanidze, N.Kobakhidze. Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.30-35. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. The high-altitude villages of Ajaria are threatened by 161 avalanches, which in some years have caused a huge usherb to the local population. As well as 32 avalanches are coming down on the Site of Khulo-Mlashbati-Akhaltzikhe Road, which passes through the Goderdzi Pass. The morphometric indicators of avalanches and dynamic characteristics of these avalanches are presented.

УДК. 551.578.46

ЛАВИНООПАСНОСТЬ УЧАСТКА ХУЛО-МЛАСHE БАТУМИ-АХАЛЦИХСКОЙ АВТОДО-

РОГИ. М.Салуквадзе, С.Горгиджанидзе, Н.Кобахидзе/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.30-35. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Высокогорным сёлам Аджарии угрожает 161 лавин, которые в отдельные годы нанесли огромный ущерб местному населению. А также на участке Хуло-Млаше Батуми-Ахалцихской автодороги, проходящей через Годердзский перевал, сходят 32 лавин. Представлены морфометрические показатели лавиносборов и динамические характеристики этих лавин.

შპპ. 551.583

**ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღზენის პერსპექტივები
 კლიმატურ მონაცემთა ბათვალისწინებით**

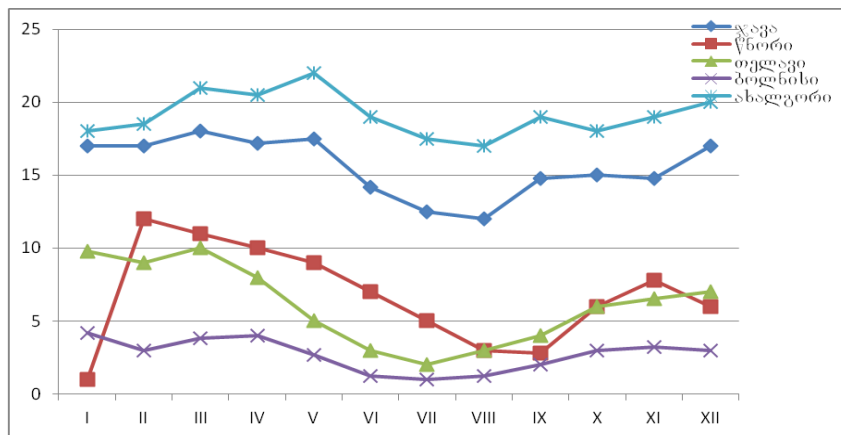
ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,
 თბილისი, საქართველო, knaili1990@gmail.com

კლიმატის გლობალური დათბობის ზეგავლენით XXI საუკუნის დასასრულისთვის აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე მოსალოდნელია ნალექთა საშუალო წლიური ჯამების 15%-ით შემცირება [1]. ეს პროგნოზი გარკვეულწილად შეამცირებს ნალექთა ხელოვნური რეგულირებისათვის შესაფერისი მოდრუბლულობის სარესურსო პოტენციალს, მაგრამ ამავდროულად გაზრდის ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა ჩატარების საჭიროებასა და მნიშვნელობას.

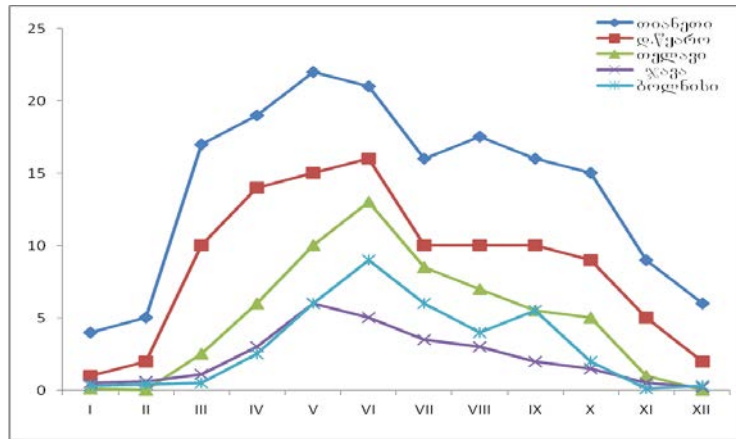
ღრუბელთა რესურსულობისა და ნალექთა ხელოვნური გაზრდის თვალსაზრისით ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების ჩატარების შესახებ ამოცანის გადასაწყვეტად აღმოსავლეთ საქართველოს 27 მეტეოროლოგიური სადგურისთვის TM-1 ცხრილიდან 15 წლიანი დაკვირვების რიგისთვის (1966-1980 წწ.) ღრუბელთა ბალიანობისა და განმეორადობის შესახებ მიღებული ინფორმაციისა და თვითმფრინავით ზონდირების მონაცემების გამოყენებით ღრუბელთა პარამეტრების – სიმძლავრის, ქვედა საზღვრის სიმაღლის, ტემპერატურის, ღრუბელთა წყლიანობის შესახებ ყველა ტიპის ფენა ღრუბლისათვის ჩატარებული იქნა რესურსული ანალიზი [2]. მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ აქტიური ზემოქმედებისათვის ვარგისად ითვლება ფენა ღრუბლები, რომლებიც ბუნებრივ პირობებში არ იძლევიან ნალექებს, ან დაიკვირვება სუსტი ნალექი და გააჩნია მინიმალური ტემპერატურა არა უმეტეს -4°C -ისა, გადაცივებული ნაწილის ვერტიკალური სიმძლავრე ≥ 300 მ-ისა, ქვედა საზღვრის სიმაღლე St და Sc ტიპის ღრუბლებისათვის არა უმეტეს 1000 მ-ისა, უნალექო Ns და As ტიპის ღრუბლებისათვის – 3000 მ, ხოლო ნალექიან Ns და As ტიპის ღრუბლისთვის სიმაღლეს მნიშვნელობა არა აქვს, რადგან ღრუბლის ქვედა ფენა დატენიანებულია ბუნებრივი ნალექებით. ყველა ტიპის ღრუბლისათვის სიცოცხლის ხანგრძლივობა 6 სთ-ს მაინც უნდა შეადგენდეს.

ზემოაღნიშნული კრიტერიუმებით განსაზღვრული ზემოქმედებისათვის ვარგისი ღრუბლების რიცხვის (n) შეფარდებით შესწავლილ ღრუბელთა საერთო რიცხვთან (N) გამოთვლილი იქნა ვარგისიანობის კოეფიციენტი $K=n/N$. აღმოჩნდა, რომ ყველა ტიპის ფენა ღრუბლისათვის K კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობა დაიკვირვება წლის ცივ პერიოდში, განსაკუთრებით იანვარში, თებერვალში, მარტსა და დეკემბერში, რაც განაპირობებს აღნიშნულ თვეებში ნალექთა გაზრდის მიზნით ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების მიზანშეწონილობას. თვალსაჩინოებისათვის ნახ. 1-ზე მოცემულია ფენა-წვიმა (Ns) ტიპის ღრუბლიან დღეთა საშუალო თვიური რიცხვის წლიური სვლა.



ნახ.1. Ns ტიპის ღრუბლიან დღეთა საშუალო თვიური რიცხვის წლიური სვლა

საქართველოს რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი და ცირკულაციური პროცესების მოქმედება განაპირობებს წლის თბილ პერიოდში რესურსული გროვა-საწვიმარი (Cb) ღრუბლების წარმოქმნასა და განვითარებას. ფენა ღრუბლებისათვის აღწერილი მეთოდის მსგავსად შესწავლილი იქნა გროვა საწვიმარი ღრუბლების სივრცულ-დროითი განაწილება. შედგენილი იქნა Cb ტიპის ღრუბლიან დღეთა რიცხვის ტერიტორიული განაწილების რუკა [2] და აღნიშნული ტიპის ღრუბლიან დღეთა საშუალო რიცხვის წლიური სგლა, რაც იძლევა საშუალებას განისაზღვროს წლის რომელ პერიოდში უფრო ხელსაყრელია ზემოქმედების ჩატარება (ნახ. 2).



ნახ. 2. Cb ტიპის ღრუბლიან დღეთა საშუალო თვიური რიცხვის წლიური სგლა

ნახაზიდან ჩანს, რომ Cb ღრუბლიან დღეთა საშუალო რიცხვის მაქსიმუმი მკვეთრად არის გამოხატული მაის-ივნისში და თიანეთში აღწევს 22 დღეს, დედოფლისწყაროში 16-ს, თელავში 13-ს, ბოლნისში 9-ს, ჯავაში 6-ს. სადგურთა უმრავლესობისათვის აგვისტო-სექტემბერში დაიკვირვება მეორადი მაქსიმუმი.

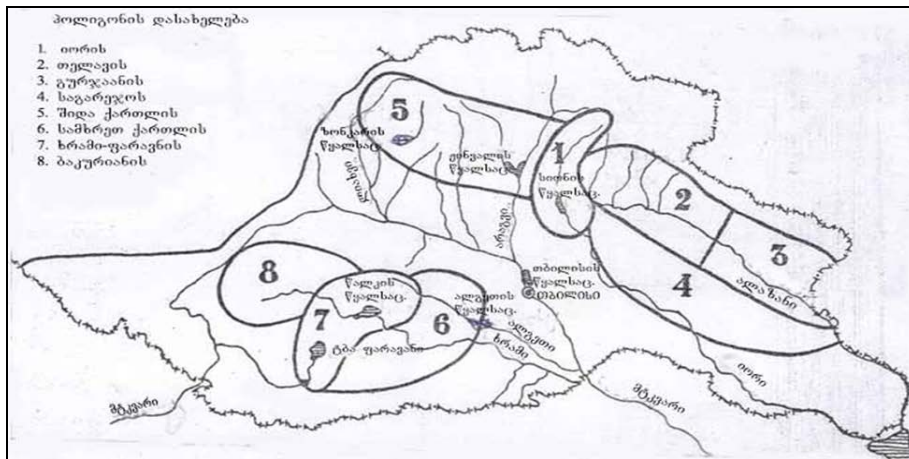
აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე რესურსულ ღრუბელთა და ნალექთა წლიური და სეზონური ჯამების განაწილების გათვალისწინებით გამოყოფილია დამატებით ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების თვალსაზრისით პერსპექტიული და ნაკლებად პერსპექტიული რეგიონები [3]. პერსპექტიულ რეგიონებს მიეკუთვნება:

- კაკასიონის სამხრეთი ფერდობები მდ. ლიახვის, არაგვის, იორისა და ალაზნის ზემო წელის ზონაში (ნალექთა წლიური ჯამები 800-1200 მმ);
- სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ზონა, შემაგალი თრიალეთის, სამსარისა და ჯავახეთის ქედების არეში (ნალექთა წლიური ჯამები 600-800 მმ);

ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების თვალსაზრისით ნაკლებად პერსპექტიულადაა ჩათვლილი შემდეგი რეგიონები:

- იორის ზეგანი მდ იორის ქვემო წელის ზონაში (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);
- ქვემო ქართლის ვაკე (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);
- სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი (ნალექთა წლიური ჯამები 600 მმ-მდე);
- შიდა ქართლის ვაკე (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);

ნალექთა ხელოვნური სტიმულირებისათვის პერსპექტიულ რაიონებში პირობითად შესაძლებელია 8 პოლიგონის გამოყოფა (ნახ. 3). თითოეული მათგანისთვის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტისა და სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის პოლიგონებზე მიღებული მონაცემების გამოყენებით შეფასებულ იქნა ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა პოტენციური წლის როგორც თბილ, ასევე ცივი სეზონისათვის.



ნახ. 3. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პოლიგონების პირობითი განლაგების სქემა აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე

თბილისი სეზონის ნალექებისთვის გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1. ამ ცხრილში S აღნიშნავს პოლიგონის ფართობს, N – სეზონის განმავლობაში დასამუშავებელი კონვექციური უჯრედების რაოდენობას, ΔP – პოლიგონის ფართობზე გაანგარიშებულ შესაძლო დამატებით ნალექთა რაოდენობას, $P_{საშ}$ – თბილისი პერიოდის ნალექთა კლიმატურ ჯამს განსახილველ რეგიონში, ΔM – პოტენციური დამატებითი ნალექების მასას.

ცხრილი 1. დამატებით ნალექთა შესაძლო რაოდენობა წლის თბილ პერიოდში აღმოსავლეთ საქართველოს სხვადასხვა პოლიგონისთვის

№	პოლიგონის დასახელება	S, კმ ²	N, უჯრედი	ΔP , მმ	$P_{საშ}$, მმ	$\frac{\Delta P}{P}$, %	ΔM , 10 ⁶ მ ³
1	იორი	1000	400	120	600	20	120
2	თელავი	1500	500	100	500	20	150
3	გურჯაანი	1200	400	100	600	17	120
4	საგარეჯო	2000	400	60	400	15	120
5	შიდა ქართლი	2000	500	75	500	15	150
6	ქვემო ქართლი	1500	300	60	500	12	90
7	ხრამი-ფარავანი	1500	150	30	500	6	45
8	ბაკურიანი	1000	300	90	700	13	90
	სულ	11700	2950				885

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ შერჩეულ 8 პოლიგონზე წლის თბილ პერიოდში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა საწარმოო მასშტაბით ჩატარებისას შესაძლებელია მიღებული იქნას დამატებითი ნალექის რაოდენობა სეზონური ჯამის 6-დან 20%-მდე (საშუალოდ 15%) ოდენობით, რასაც აბსოლუტური გამოსახულებით შეესაბამება წვიმის სახით მიღებული წყლის რაოდენობა 45-დან 150 მლნ. მ³-მდე, რომელიც ჯამში იძლევა 885 მლნ. მ³-ს. ეს ციფრი ემთხვევა წლის თბილ პერიოდში აღმოსავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში დასამუშავებელი 2950 კონვექციური უჯრედიდან მიღებული დამატებითი წყლის რაოდენობას იმ დაშვებით, რომ თითოეული უჯრედიდან ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია საშუალოდ 300 კილოტონა (3.10⁵ მ³) დამატებითი ნალექის მიღება.

რაც შეეხება ცივ პერიოდში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პოტენციალს, თოვლიან დღეთა რაოდენობისა და თოვლის საფარის ხანგრძლივობის შესახებ კლიმატური მონაცემების გათვალისწინებით, სადრუბლო სისტემებზე ზემოქმედებისათვის პერსპექტიულად იქნა ჩათვლილი პოლიგონების №1, 5 და ნაწილობრივ №7 და №8 ტერიტორია, რომელიც მოიცავს მდ. ლიახვის, ქსნის, არაგვის, იორისა და ალაზნის ზემო წელს, აგრეთვე მდ. ფარავნისა და ხრამის სათავეებს და ბორჯომის ხეობის ზედა ნაწილს.

1980-იან წლებში, გლობალური დათბობის დაწყებამდე, ზამთარში თოვლის მდგრადი საფარი აღნიშნულ ტერიტორიაზე წარმოიქმნებოდა 800-1200 მ სიმაღლეზე და ზემოთ, ხოლო მისი ხანგრძლივობა იცვლებოდა 80-დან 150-200 დღემდე. განხილულ ტერიტორიაზე ცივი სეზონის დამატებითი ნალექების შესაფასებლად საორიენტაციოდ აღებული იქნა სევანის ტბის აუზში მიწისზედა სააეროზოლო გენერატორების გამოყენებით 10 წლის მანძილზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები, რომელთა თანახმად ზამთრის პერიოდში ზემოქმედების დროს შესაძლებელია ნალექთა (თოვლის) დღეღამური ჯამების გაზრდა საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით 40%-ით [4] და სეზონური ჯამების მომატება 30%-მდე. იორისა და შიდა ქართლის პოლიგონებზე, სადაც ზამთრის ნალექთა საშუალო ჯამები 150-300 მმ შეადგენს, ცივ პერიოდში სისტემატური ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია 150-180 მლნ. მ³ დამატებითი ნალექის მიღება. სამხრეთ საქართველოს პოლიგონების მაღალმთიანი ნაწილისთვის, საერთო ფართობით 1000 კმ, ნალექთა პოტენციურმა დანამატმა შესაძლოა 45 მლნ. მ³-ს მიაღწიოს. მიღებული სიდიდეები, მართალია, 4-5-ჯერ ნაკლებია თბილისი პერიოდის ნალექთა შესაძლო დანამატებზე, მაგრამ მაინც მიუთითებს ზამთრის ნალექებზე ზემოქმედების ჩატარების პერსპექტიულობაზე მათი რაციონალურად გამოყენების შემთხვევაში (მაგ. სათხილამურო სპორტის განვითარების მიზნით).

ამრიგად, საქართველოს გვაღვიანი რაიონები საკმაოდ მდიდარია რესურსული ფენისებრი და კონვექციური ღრუბლებით. იმისათვის რომ საგრძნობი შედეგი იქნას მიღებული საჭიროა ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოების ჩატარება წლის როგორც თბილ, ასევე ცივ პერიოდში და მიღებული დამატებითი ნალექის დაგროვება ხელოვნურ ან ბუნებრივ წყალსაცავებში, მისი შემდგომი საჭიროებისამებრ მაღალეფექტურად გამოყენების მიზნით.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო. თბილისი, 2015, გვ. 265-285.
2. ნ. ბეგალიშვილი, ნ. კაპანაძე, ნ. რობიტაშვილი, გ. რობიტაშვილი, ი. რუხაძე. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ღრუბელთა რესურსების სტატისტიკური ანალიზი. ჰმი-ის შრომათა კრებული, ტ.107, 2002, გვ. 241-253.
3. ბერიტაშვილი ბ. ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა წარმოების მეთოდოლოგიური საფუძვლები (აღმოსავლეთ საქართველოს მაგალითზე). დისერტაცია გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თსუ, თბილისი, 1994.
4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватьян М.Р., Зорян З.А., Никогосян, Г.Т., Цинцадзе Т.Н., Шакаршвили В.Ш., Менабде Ш.Ш., Смирнов., Д.Е. О методах и результатах оценки работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье. Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Тезисы докладов, г.Киев, 17-21 ноября 1987 г. Обнинск, 1987, с. 185-186.

უაკ. 551.583

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები კლიმატურ მონაცემთა გათვალისწინებით /ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ./ სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.36-40. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინებით პირობითად გამოყოფილია ნალექთა ხელოვნური სტიმულირებისათვის პერსპექტიული 8 პოლიგონი. თითოეული მათგანისათვის შეფასებულია ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა პოტენციური წლის როგორც თბილ, ასევე ცივი სეზონისათვის. წყლის პოტენციურმა დანამატმა თბილისი პერიოდისთვის შეადგინა 885 მლნ მ³; ხოლო ცივ პერიოდისთვის – 200-250 მლნ.მ³, რაც მიუთითებს აღნიშნულ ტერიტორიაზე ნსგ სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტიულობაზე.

UDC 551.583

Prospects of restoring precipitation artificial enhancement works with regard to climatic data./Beritashvili B., Kapanadze N. / Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.36-40. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ.Taking into account the climatic parameters on the territory of East Georgia, perspective 8 polygon for artificially stimulating precipitation are selected. For each of them, the potential of

=====

precipitation enhancement is estimated for both warm and cold seasons. It has been estimated that the water potential supplement amounted to 885 million m³ for the warm season and 200-250 million m³ for the cold period, that indicates on the prospect of restoring of precipitation artificial enhancement works on the territory.

УДК 551.583

Перспективы восстановления работ по искусственному увеличению осадков по климатическим данным. /Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н.И./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.36-40. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус.С учетом климатических параметров на территории Восточной Грузии, для искусственного стимулирования осадков, условно выбраны 8 перспективных полигонов для искусственного стимулирования осадков. Для каждого из них оценен потенциал работ по иуо как в теплый, так и в холодный период года. Потенциальный прирост воды в течение теплого сезона года составил 885 млн. м³ и для холодного периода 200-250 млн. м³, что указывает на целесообразность восстановления работ по искусственному увеличению осадков на территории Восточной Грузии.

შპპ. 551.583

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩართვა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში

ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, თ. ცინცაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო, knaili1990@gmail.com

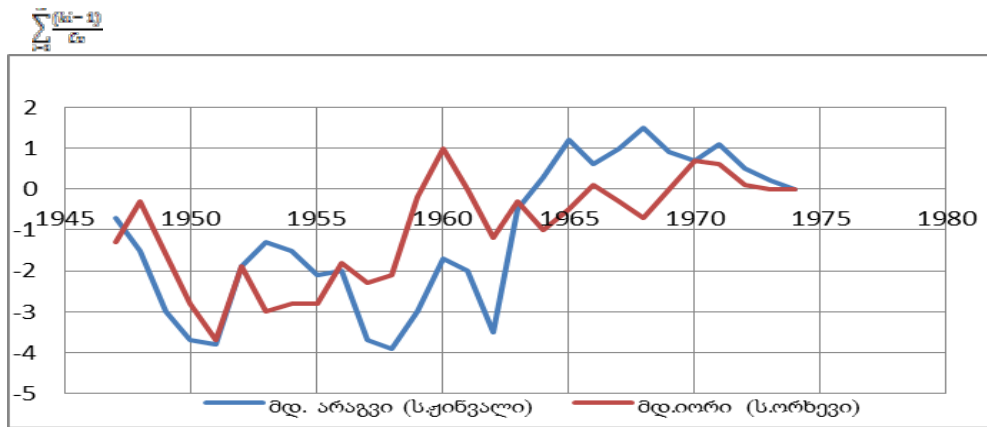
აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატურ თავისებურებათა გათვალისწინებით სასოფლო-სამეურნეო წარმოება აღნიშნულ ტერიტორიაზე რწყვის გარეშე დიდ რისკებთანაა დაკავშირებული. გვალვიანი პერიოდი ქართლისა და კახეთის რეგიონებში შეიძლება გაგრძელდეს 60-80 დღეს [1], რაც მოსავლის განადგურების სრულ გარანტიას იძლევა. ამიტომაც საუკუნეების მანძილზე სარწყავი სისტემების მოწყობას აღმოსავლეთ საქართველოში დიდი ყურადღება ექცეოდა [2]. ამჟამინდელი საირიგაციო სისტემების ძირითად კომპონენტად მოიაზრება არხების სისტემასთან დაკავშირებული მარეგულირებელი წყალსაცავების არსებობა, რომლებშიც წყლის რესურსების შევსების ერთ-ერთ დამატებით წყაროდ ნალექთა ხელოვნური გაზრდა (ნხგ) სახელდება. სწორედ ამ იდეაზეა დამყარებული მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში მსგავს სამუშაოთა დიდი ნაწილის შესრულება წყლის ინტეგრირებული მართვის სისტემის განსახორციელებლად [3].

ნხგ სამუშაოთა ექსპერიმენტული ფაზა აღმოსავლეთ საქართველოში 1979-1990 წლებში ჩატარდა. კლიმატური მასალების, რადიოლოკაციური და ნალექშიზომი დაკვირვების მონაცემთა გამოყენებით დეტალურად იქნა შეფასებული აღმოსავლეთ საქართველოში ნხგ სამუშაოთა პოტენციალი და მათი განვითარების პერსპექტივები. ამჟამად, ახალი რეალობის გათვალისწინებით, შესაძლებელია ნხგ სამუშაოთა განვითარების თანამედროვე პერსპექტივების დასახვა და საზოგადოების, ტექნოლოგიებისა და მეცნიერების არსებულ დონესთან მათი ადაპტირების გზების შეფასება.

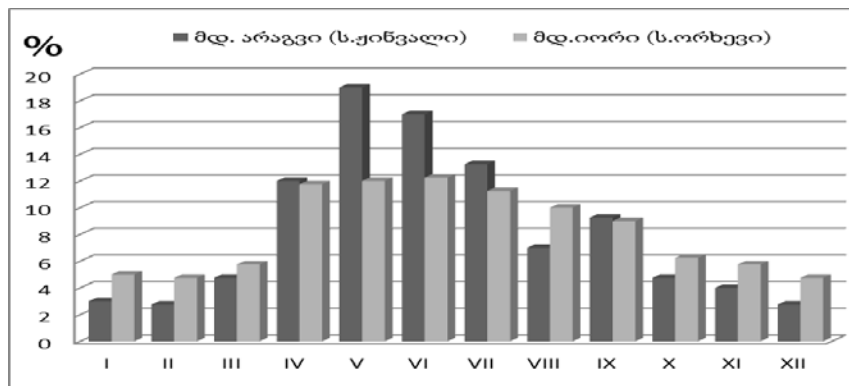
აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნხგ სამუშაოთა საწარმოებლად შერჩეულ პოლიგონებზე მიღებული წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთ რეალურ გზად შეიძლება დასახელდეს თბილისი-რუსთავის ურბანული აგლომერაციის გარშემო არსებული 3 წყალსაცავის ერთობლივ გამოყენებაზე აგებული ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის ამოქმედება. ბოლო პერიოდში ამ სისტემის ფუნქციონირების ზოგადი სქემა განხილულ იქნა ნარომში [4]. მასში აღნიშნულია, რომ იორი-არაგვის კომპლექსური ჰიდროსისტემა, რომელშიც შედის სიონისა და ჟინვალის წყალსაცავები და მათი შემაერთებელი თბილისის წყალსაცავი, მიზნად ისახავს წყლის რესურსების ინტეგრირებულ გამოყენებას ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში. კერძოდ, მდ. იორის ჩამონადენი გროვდება სიონის წყალსაცავში, რომელიც ძირითადად გამოიყენება სამგორის სარწყავი სისტემით გარდაბნისა და საგარეჯოს რაიონების სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავად და ზემო სამგორის ენერგეტიკულ კასკადში შემავალ 4 ჰიდროელექტროსადგურზე ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად. ამასთან ერთად, სიონის წყალსაცავის დარეგულირებული წყალი ზემო მაგისტრალური არხით ამარაგებს თბილისის წყალსაცავს, რომელიც უზრუნველყოფს თბილისისა და რუსთავის წყალმომარაგებას და მათი შემოგარენის ირიგაციას. თავის მხრივ, ჟინვალის წყალსაცავი ემსახურება მდ. არაგვის წყლით თბილისის წყალმომარაგებას, მცხეთის რაიონის სავარგულების მორწყვასა და ჟინვალზე ელექტროენერჯის გენერირებას.

დიდი მნიშვნელობა აქვს სიონის, ჟინვალისა და თბილისის წყალსაცავის შეთანხმებულ რეჟიმში მუშაობას, რადგან ცვალებადია თითოეული მათგანის როგორც შემოსავლითი ნაწილის მოცულობა, ასევე გამოყენებითი ხარჯი. აღნიშნული წყალსაცავების პარალელურ რეჟიმში მუშაობისათვის კი აუცილებელია მათი მკვებავი მდინარეების ჩამონადენის როგორც მრავალწლიური, ისე შიდა წლიური განაწილების ერთობლივი ანალიზი.

მიუხედავად იმისა, რომ განხილული ორი მდინარის ხეობა მეზობლადაა განთავსებული, მათი ჩამონადენის პარამეტრები საგრძნობლად განსხვავდება ერთმანეთისგან (ნახ. 1 და ნახ. 2), რაც გამოწვეულია მდ. არაგვის კვებაში მყინვარების ნარჩენების მონაწილეობით, მაშინ, როცა მდ. იორი იკვებება მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებითა და მიწისქვეშა წყლებით.



ნახ. 1. მდ არაგვისა და იორის წლიური ჩამონადენის ინტეგრალური მრუდები



ნახ. 2. მდ არაგვისა და იორის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება პროცენტებში

მნიშვნელოვანია აგრეთვე სიონისა და უნჯალის წყალსაცავების რესურსების შეთანხმებული გამოყენებაც, რომლისთვისაც საჭიროა წყალმოსმარების დროს გარკვეული პერიოდისათვის ჩამონადენის ხარჯის, ანდა მისი უზრუნველყოფის ცოდნა, რათა შემდგომ მასზე დაყრდნობით განისაზღვროს წყალაღების მოცულობის უზრუნველყოფა გვაღვის პერიოდში მოსალოდნელი დეფიციტის გათვალისწინებით. აუცილებელია წყალსაცავებით მოსარგებლე ხარჯვითი ობიექტების ინვენტარიზაციის ჩატარება და მათი წყალმოსმარების ნორმების დადგენა, წყლის გამანაწილებელი სისტემის აღჭურვა წყლის ხარჯის გამზომი ხელსაწყოებით და მათი ცენტრალიზებული ქსელის შექმნა, წყლის გამანაწილებელი სისტემის ტექნიკური მომსახურება.

ზემოთ განხილული 3 წყალსაცავის საერთო აუზში ნხვ სამუშაოთა პოლიგონებზე, რომლებიც მოიცავს მდ. ლიახვის, ქსნის, არაგვის, იორისა და ალაზნის ზემოწელს, აგრეთვე მდ. ფარაენისა და ხრამის სათავეებს და ბორჯომის ხეობის ზედა ნაწილს, ზემოქმედების ჩატარების შედეგად მიღებული დამატებითი წყლის რესურსების წილის გამოყოფა წყლის საერთო ხარჯებში ცალკე ამოცანას წარმოადგენს. ზამთარში, თოვლის საფარის ფიქსირებულ ტერიტორიაზე ზემოქმედების შედეგად მისი გაზრდის შემთხვევაში ეს ამოცანა შედარებით მარტივად შეიძლება გადაიჭრას.

რაც შეეხება წლის თბილ პერიოდში კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების შედეგად მიღებული წყლის დანამატის მაღალ სანდო დონეზე გამოყოფას, სათანადო მეთოდის საიმედო ფორმით დამუშავებამდე ჯერ-ჯერობით ძნელი იქნება. თუმცა ნალექთა ხელგონური გაზრდის სამუშაოების აღდგენის შემთხვევაში, აღნიშნულ სამუშაოთა

საკმაო პერიოდის (5-10 წლის) განმავლობაში ჩატარებისას, სხვადასხვა ფიზიკური და სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით, შესაძლებელი გახდება ამ დანამატის იდენტიფიცირება წყლის საერთო ხარჯიდან.

წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრინციპები შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში შერჩეული პოლიგონებისთვისაც. კერძოდ, ქვემო ქართლის, ხრამი-ფარაენისა და ბაკურიანის პოლიგონებზე ორივე სეზონში ჩატარებულ

ლი ზემოქმედების შედეგად ფარავნის ტბაში, წალკისა და ალგეთის წყალსაცავებში დაგროვილი წყლის დამატებითი რესურსები შეიძლება მოხმარდეს ნინოწმინდის, წალკისა და თეთრიწყაროს რაიონების რწყვას, ხრამის კასკადისა და ფარავნის ტბის ელექტროსადგურებზე დამატებითი ენერჯის გამომუშავებას, ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის გაზრდას ბაკურიანისა და თეთრიწყაროს ბაზებზე, მეთევზეობის განვითარებას პოლიგონებში შემავალი დიდ და საშუალო ზომის წყალსაცავებზე. წყლის ინტეგრირებული მართვის ამოცანა სამხრეთ საქართველოს რეგიონში გაადვილებული იქნება მოცემულ ეტაპზე მსხვილი ქალაქებისა და სამრეწველო საწარმოების არარსებობით.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Климат и климатические ресурсы Грузии. Труды ЗакНИГМИ, 1971, вып. 44(50). Гидрометеоиздат, Ленинград, с. 245.
2. უკლება ნ. საქართველოს სსრ წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1977.
3. ფრანგიშვილი ა., გასიტაშვილი ზ., ცინცაძე ბ., ბერიტაშვილი ბ. მდ. იორის აუზში წყლის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნის დასაბუთება. ნაწილი I. ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების მონიტორინგის სისტემა. ნალექთა ხელოვნური გაზრდა. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2016, გვ. 51-52.
4. გრიგოლია გ., საბაძე ე., ხმალაძე გ. გვაღვის შედეგების შერბილების შესაძლებლობა იორი-არაგვის წყალსამურნეო კომპლექსური სისტემის გამოყენებით. საქ. მეცნ. აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, 2002, ტომი 107, გვ. 202-205.

შაბ. 551.583

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩართვა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში. /ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, თ. ცინცაძე/ სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.39-41. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. კლიმატური და რადიოლოკაციური მონაცემების შესწავლის საფუძველზე დადგენილია აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა აღდგენის მიზანშეწონილობა. შესწავლილია პოტენციური დამატებითი წყლის რესურსების ეფექტურად გამოყენების შესაძლებლობა წყლის ინტეგრირებული მართვის სტრუქტურაში, როგორც იორი-არაგვის ჰიდროსისტემაში შემავალი სიონის, უინვალისა და თბილისის წყალსაცავების, ასევე საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში არსებული ფარავნის ტბის, წალკისა და ალგეთის წყალსაცავებისთვის.

UDC 551.583

On the prospect of including precipitation artificial increasing works in the integrated water resources management system in eastern Georgia. /Beritashvili B., Kapanadze N., Tsintsadze T./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.41-43. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Based on the study of climatic and radar data, the expediency of restoration precipitation artificial increase works was established. The possibility of efficient use of the obtained additional water resources in the integrated systems of both reservoirs (Sioni, Zhinvali, Tbilisi) included in the hydraulic systems of Iori-Alazani and reservoirs in the South Georgian Highlands (Lake Paravani, Tsalka and Algeti reservoirs) was studied in the presented article.

УДК 551.583

О перспективе включения работ по искусственному увеличению осадков в интегрированную систему управления водных ресурсов в восточной Грузии. /Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н.И., Цицадзе Т.Н./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.41-43. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. На основе изучения климатических и радиолокационных данных установлено целесообразность восстановления работ по искусственному увеличению осадков. Изучена возможность эффективного использования полученных дополнительных водных ресурсов в интегрированных системах как водохранилищах (Сиони, Жинвали, Тбилиси) входящих в гидросистемах Иори-Алазани, так водохранилищах. В Южногрузинское нагорье (озеро Паравани, Цалкское и Алгетское водохранилищах).

უაკ 551

კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების გავლენა საქართველოში ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების სიდიდეებზე.

ბ.ბერიტაშვილი, ი.გელაძე, ო.შველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

ქ. თბილისი, საქართველო. omarshvelidze42@gmail.com

ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების წლიური ჯამების დასადგენად ვისარგებლეთ დ. ტიურკის მეთოდიკით [1]. ავტორის საანგარიშო ფორმულებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$E_0=300+25t+0.05t^3, \quad (1) \quad E=Z/(0.9+(Z/E_0)^2)^{1/2}, \quad (2)$$

სადაც E_0 და E – შესაბამისად აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების წლიური მნიშვნელობებია; Z – ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი; t – საშუალო წლიური ტემპერატურა.

დ.ტიურკის მეთოდიკას სხვა მრავალ მეთოდიკასთან შედარებით მივანიჭეთ უპირატესობა იმის გამო, რომ ქართველ სპეციალისტებს არაერთხელ გამოუყენებიათ იგი თავიანთ შრომებში და მიაჩნიათ, რომ მეთოდიკა საქართველოს პირობებში იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგს. სულ ბოლოს (მიმდინარე საუკუნის დასაწყისში) აღნიშნული მეთოდიკით ისარგებლებს ვ. მ. ცომაიამ, ნ. ნ. ბეგალიშვილმა და ნ. ა. ბეგალიშვილმა ნაშრომში რომლის მიზანი იყო კლიმატის ცვლილებების პირობებში მდინარეული ჩამონადენის შეფასება.

ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობასა და ჯამურ აორთქლების წლიური სიდიდეები დათვლილია (1) და (2) ფორმულებით ოთხი პერიოდისთვის: 1985 წლის ჩათვლით; 1986–2010 წწ; 2021–2050 წწ და 2017–2100 წლები. პირველ ორ ინტერვალში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობა და ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი გაანგარიშებული იქნა ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის 33 სადგური დაკვირვებების მონაცემებზე დაყრდნობით, ხოლო საპროგნოზო სცენარები აღებულია კლიმატის ცვლილებების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინებიდან [2].

მეტეოსადგურები დაახლოებით თანაბრად არის განაწილებული საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე. მათგან ოთხი ზღვის დონიდან 1000 მ-ზე მაღლა მდებარეობს. გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხრილში I. როგორც ცხრილიდან ჩანს ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის სიდიდე საკვლევი ტერიტორიის მთელ ნაწილში იზრდება. ყველაზე მეტად ამ პარამეტრებმა ლაგოდეხსა და გურჯაანში მოიმატა, შესაბამისად 245,8 მმ და 240,2 მმ. ყველაზე ნაკლები მატება ფიქსირდება ფასანაურში - 120,5 მმ. პროცენტული ცვლილება I-სა და IV ინტერვალს შორის 22-35%. ყველზე დაბალია ფასანაურში, ყველაზე დიდი ახმეტასა და ბოლნისში. რაც შეეხება ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების სიდიდეს იგი პირველ სამ ინტერვალში იზრდება, ხოლო IV ინტერვალში თითქმის მთელ ტერიტორიაზე კლებულობს.

ცხრილი I. ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობისა და აორთქლების საშუალო წლიური ჯამების მიმდინარე და მოსალოდნელი ცვლილებები

№	მდინარე	აორთქლებადობა, მმ				ჯამური აორთქლება, მმ			
		დროის ინტერვალი, წ.				დროის ინტერვალი, წ.			
		1986 წლა- მდე	1986- 2010	2021- 2050	2071- 2100	1986 წლა- მდე	1986-2010	2021- 2050	2071- 2100
1	დედოფლის წყარო	616.2	654.6	700.5	820.6	440.5	461.6	465.0	461.7
2	ყვარელი	715.0	745.2	803.7	950.4	590.1	600.6	631.4	633.1
3	ლაგოდეხი	724.9	760.5	826.3	970.7	595.8	640.6	651.2	648.9
4	გურჯაანი	710.2	739.9	803.7	950.4	531.3	548.7	579.3	475.7
5	თელავი	681.8	710.2	771.1	904.8	523.8	532.7	558.7	540.2
6	წნორი	724.9	755.3	820.6	963.8	456.1	476.3	484.9	465.0
7	ახმეტა	681.8	725.0	781.8	917.6	524.7	525.8	561.7	522.4
8	საგარეჯო	645.9	672.6	724.9	855.6	510.4	506.1	543.8	538.1
9	ბოლნისი	691.1	724.8	792.7	930.5	425.7	424.4	443.8	421.6
10	თბილისი	724.9	755.0	814.9	957.1	427.8	431.6	446.3	426.8
11	ცხინვალი	584.2	620.4	663.5	782.3	432.9	462.9	492.0	470.0

ცხრილი 1-ის გაგრძელება									
12	ახალციხე	557.8	565.2	608.1	719.9	389.9	387.8	430.7	423.3
13	წალკა	460.8	470.0	512.0	592.1	368.5	390.1	427.3	752.5
14	ფასანაური	552.2	543.2	576.5	672.5	463.7	482.1	506.1	535.1
15	მთა საბუეთი	473.1	488.9	529.1	621.1	444.7	456.5	499.1	596.0
16	ქუთაისი	814.9	837.9	904.8	1081.9	712	738.6	787.0	829.9
17	ზუგდიდი	774.4	803.7	861.6	991.4	713.2	750.6	808.6	867.9
18	გალი	776.4	809.0	873.7	1005.5	706.8	740.4	794.8	836.5
19	სოხუმი	793.0	832.1	892.8	1034.3	712.5	738.9	789.5	864.3
20	ფოთი	792.7	832.1	886.0	1019.8	732.0	780.5	833.9	886.8
21	გორი	637.2	650.2	700.5	820.6	409.7	416.0	448.8	423.6
22	ქობულეთი	760.5	792.7	867.6	991.4	729.9	756.9	810	843
23	ჩაქვი	792.7	792.7	873.7	1005.5	764.9	769.0	841	940.5
24	ბათუმი	803.7	826.3	930.6	995.0	772.9	793.0	890	937
25	ქედა	719.9	745.0	814.9	937.1	662.8	702.2	757.1	852.9
26	ხულო	616.2	616.2	677.2	776.4	556.0	574.0	623.6	690.3
27	სანხერე	668.0	672.5	776.4	867.6	541.4	570.3	674.7	607.7
28	ამბროლაური	650.2	659.1	715.0	849.6	562.2	576.5	610.1	641.7
29	ფსხუ	565.2	580.4	628.8	739.9	548.9	564.5	613.7	707.3
30	ლენტეხი	580.4	596.0	637.2	760.5	494.4	552.8	589.9	671.8
31	ხაიში	624.6	637.2	686.4	814.9	568.0	585.4	618.5	684.3
32	მესტია	451.8	463.8	502.0	592.0	410.6	429.5	459.4	507.8
33	გოდერძის გადასასვლელი	361.0	365.9	405.9	463.9	285.7	354.0	384.0	431.7

ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის ზრდა შესამაბისად გამოიწვევს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების გაზრდას, რის შედეგადაც დასავლეთ საქართველოში გაიზრდება სარწყავი ფართობები, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში-სარწყავი წყლის დეფიციტი.

ლიტერატურა – REFERENCES _ЛИТЕРАТУРА

1. ТЮРК Д. БАЛАНС ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ. Л., ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, М., 1958, 227с.
2. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., 2015 288 გვ.

კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების გავლენა საქართველოში ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების სიდიდეებზე /ბერიტაშვილი ბ., გელაძე ი., შველიძე ო./ სტუპ-ის ჰმ-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.44-45. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების გაზომილი და პროგნოზირებული ცვლილებების საფუძველზე შეფასებულია კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების სავარაუდო გავლენა ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებადობის და ჯამური აორთქლების სიდიდეებზე. გაანგარიშებულია მათი რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

Expected climate change impact of the soil and the total evaporation values of the whole process in Georgia. /Beritashvili B. Geladze I. Shvelidze O./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.44-45. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Based on the actual and predicted changes in air temperature and rainfall, the assessment given of the possible impact of global warming on the evaporation from the land surface. The calculation of their expected quantitative indicators has been done.

Оценка влияния ожидаемого изменения климата на испаряемость и суммарное испарение с поверхности суши Грузии. /Бериташвили Б.Ш., Геладзе И.М., Швелидзе О.Г./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 – с44-45. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. На основе фактического и прогнозируемого изменения температуры воздуха и атмосферных осадков дана оценка возможного влияния глобального потепления на испаряемость и суммарное испарение с поверхности суши. Рассчитаны их ожидаемые количественные показатели.

შპს 551.583

გლობალური დატობა: სამეგრელო-ზემო სვანეთის აბროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილების ტენდენციები
მელაძე გ., მელაძე მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო meladzem@gmail.com meladze.agromet@gmail.com

კლიმატის გლობალური დატობა მსოფლიო მასშტაბის პრობლემაა. მაღალი ტემპერატურის, დაბალი ფარდობითი ტენიანობის და ატმოსფერული ნალექების შემცირებამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა [1]. რთული რელიეფური პირობებიდან გამომდინარე, საქართველო საკმაოდ მოწვევადია კლიმატის გლობალური ცვლილებით გამოწვეული ბუნებრივი კატასტროფების მიმართ. კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე არამდგრადი ეკოლოგიური მდგომარეობა და ექსტრემალური ბუნებრივი თუ სტიქიური მოვლენების გახშირება-გამძაფრება მოითხოვს სწრაფ და ეფექტურ რეაგირებას. აღნიშნული ცვლილებების მიმართ განსაკუთრებით მოწვევადია აგრარული სექტორი, რადგან აგროკულტურების ზრდა-განვითარება და პროდუქტიულობა პირდაპირ კავშირშია კლიმატურ ცვლილებებთან.

გლობალურმა დატობამ საქართველოს ტერიტორიაც მოიცვა, რაზეც მიუთითებს მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზი. აქედან გამომდინარე აგროსექტორში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მატების გათვალისწინებით, საჭიროა დაზუსტდეს აგროკულტურების გავრცელების ზონები და მასში შეტანილი იქნას შესაბამისი ცვლილებები. ამიტომ, ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა სამეგრელო-ზემო სვანეთის ტენიან სუბტროპიკულ მთიან და მაღალმთიან ზონებში გამოგვევლინა გლობალური დატობის პირობებში აგროკლიმატური მაჩვენებლების - აქტიურ ტემპერატურათა ($>10^{\circ}\text{C}$) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების ცვლილების ტენდენციები; ასევე, აგროკლიმატური ზონების გამოყოფა აგროკულტურების ნორმალური პროდუქტიულობის და გავრცელებისათვის, საბაზისო (მიმდინარე) და მომავლის სცენარის ტემპერატურის 1°C -ით მატების მიხედვით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, სამეგრელო - ზემო სვანეთის ტენიანი სუბტროპიკული (ზუგდიდი), მთიანი (ხაიში) და მაღალმთიანი (მესტია) ზონებისათვის დამუშავებული და გაანალიზებული იქნა მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემები (ჰაერის დღეღამური საშუალო ტემპერატურები და ატმოსფერული ნალექების ჯამები) სავეგეტაციო პერიოდში. რისთვისაც, გამოყენებულია საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მრავალწლიური (1948-2017წწ) საბაზისო (მიმდინარე) ასევე, მომავლის სცენარი (ტემპერატურის 1°C -ით მატება 2020-2050 წწ. პერიოდისათვის), რომელიც მიღებულია რეგიონული კლიმატური მოდელით RegCM-4 და სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სცენარით A1B1 [2].

სამეგრელო - ზემო სვანეთი მდებარეობს დასავლეთ კავკასიონის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ფერდობზე. აქ ტენიანი სუბტროპიკული ტიპის კლიმატი ვრცელდება შავი ზღვის სანაპირო ზოლიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით ზღ.დონიდან 500-600 მ სიმაღლემდე. მთიანი, ზომიერი ტიპის კლიმატი 1400-1500 მ სიმაღლემდე, მაღალმთიანი, კონტინენტური ტიპის კლიმატი 2500 მ სიმაღლემდე. საკვლევი ტერიტორიის საბაზისო (მიმდინარე) ჰაერის დღეღამური თვის საშუალო ტემპერატურების მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების შედეგად, შემუშავებული სცენარით ტემპერატურის 1°C -ით მატებისას დადგენილი იქნა გაზაფხულზე ტემპერატურის $>10^{\circ}\text{C}$ ზევით და შემოდგომაზე $<10^{\circ}\text{C}$ -ის ქვემოთ მდგრადი გადასვლის თარიღები. მიღებულ თარიღებს შორის განისაზღვრა აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები. გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ტემპერატურის $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით და $<10^{\circ}\text{C}$ -ის ქვევით გადასვლის თარიღების დადგენა წარმოებდა შემდეგი განტოლებებით:

$$y = -2.4x + 79 \text{ (გაზაფხულზე)}, \quad y = 3.2x - 33 \text{ (შემოდგომაზე)},$$

განტოლებებში y - გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ჰაერის ტემპერატურის $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით და $<10^{\circ}\text{C}$ ქვევით გადასვლის თარიღია, x - გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ორი თვის (ანუ თითოეული თვის) საშუალო ტემპერატურის შეკრებილი ჯამია (გაზაფხულზე თებერვალ-მარტის ან მარტი-აპრილის, შემოდგომაზე სექტემბერ-ოქტომბრის ან ოქტომბერ-ნოემბრის) [3].

სავეგეტაციო პერიოდისათვის გამოთვლილი იქნა აგრეთვე, ატმოსფერული ნალექების ჯამები წლების მიხედვით.

აღნიშნავთ, რომ ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში მომავლის სცენარით, ტემპერატურის 1°C -ით მატებისას გაზაფხულზე $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით გადასვლის თარიღი საშუალოდ 4 დღით ადრე დგება (20.III), ხოლო შემოდგომაზე $<10^{\circ}\text{C}$ ქვემოთ გადასვლა 8 დღით გვიან (29.XI) აღინიშნება. მაშასადამე, სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 12 დღით ანუ 242 დღიდან (საბაზისო) 254 დღემდე. გახანგრძლივებული სავეგეტაციო პერიოდი აგროსექტორის მუშაკებს და აგროფერმერებს ხელსშეუწყობს გაზაფხულზე საშუალოდ 4 დღით ადრე ნიადაგის დამუშავებაში, ჩაისა და ციტრუსოვანი პლანტაციების ქვეშ ორგანული და მინერალური სასუქების ნიადაგში შეტანა-ჩახენაში, ასევე, ბოსტნეული კულტურების ნიადაგში ჩათესვასა და ჩითილების გადარგვაში და სხვა. შემოდგომაზე კი 8 დღით გვიან ვეგეტაციის გახანგრძლივება ხელსაყრელი იქნება ციტრუსოვანი, ფეიჭოიას, ზეთოვანი (ტუნგი) კულტურების ნაყოფების სრულად მომწიფებისათვის.

ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$) შეადგენს 4368°C (საბაზისო), ხოლო სცენარით ტემპერატურის 1°C -ით მატებისას - 4591°C . მომატებული ტემპერატურის ჯამი (223°C) სასარგებლო იქნება ციტრუსოვანი კულტურების ნაყოფების ხარისხიანად სრული მომწიფებისა და პროდუქტიულობისათვის. გარდა ამისა, იგი უზრუნველყოფს ჩაის, ვაზის, მარცვლეულის, ხეხილოვანი, ტექნიკური (ტუნგი, დაფნა, ეთერზეთოვანები, თამბაქო), კივი (აქტინიდა), თხილი და სხვა კულტურების მაღალხარისხიან მოსავალს, ნიადაგის შესაბამისი ტენიანობის პირობებში.

მოცემული რეგიონის მთიან ზონაში მომავლის სცენარით, ტემპერატურის 1°C -ით მატებისას გაზაფხულზე $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით გადასვლის თარიღი საშუალოდ 5 დღით ადრე დგება (6.IV), ხოლო შემოდგომაზე $<10^{\circ}\text{C}$ ქვემოთ გადასვლა 6 დღით გვიან (28.X) აღინიშნება. მაშასადამე, სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 11 დღით ანუ 194 დღიდან (საბაზისო) 205 დღემდე. აღნიშნულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$) მომატებულია 189°C -ით და შეადგენს 3525°C . მომავალში, მომატებული ტემპერატურათა ჯამი ხელსაყრელი აღმოჩნდება (ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფის პირობებში) მარცვლეული (სიმინდი, ხორბალი, ქერი), პარკოსანი, ბოსტნეული, ვაზის, ხეხილოვანი და სხვა კულტურების მაღალი პროდუქტიულობისათვის.

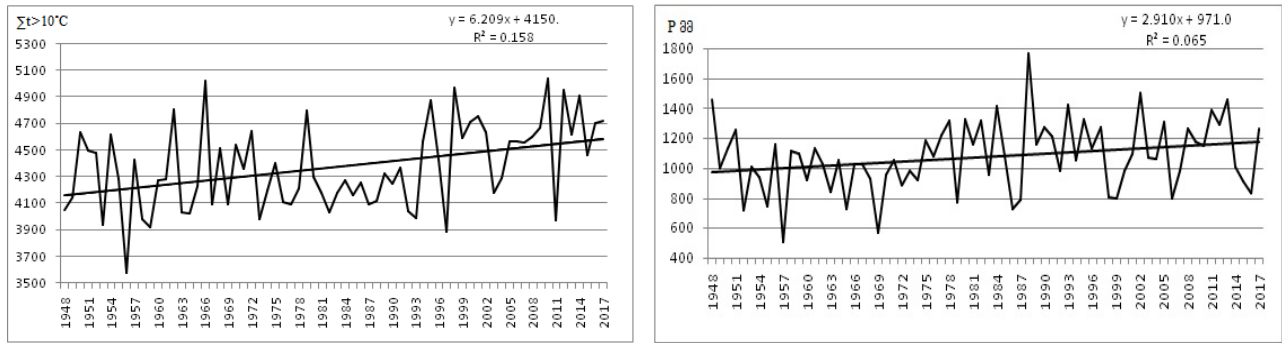
მაღალმთის ზონაში ვეგეტაციის პერიოდი გახანგრძლივებულია 9 დღით. გაზაფხულზე ტემპერატურის $>10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით გადასვლის თარიღი სცენარით, 1°C -ით მატებისას აღინიშნება 6.V, საბაზისოსთან შედარებით 4 დღით ადრე, ხოლო შემოდგომაზე $<10^{\circ}\text{C}$ -ის ქვემოთ გადასვლის თარიღი დაიკვირვება 5 დღით გვიან (3.X). მოცემულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$) გაზრდილია 192°C -ით და შეადგენს 2206°C . მომავლისათვის (2020-2050 წწ) მოსალოდნელი აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის გაზრდა გააუმჯობესებს მარცვლეულის, ბოსტნეულის, საადრეო ხეხილოვანების, კენკროვანების, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სათიბ-საძოვრების განვითარებას და პროდუქტიულობას.

ზემოაღნიშნული მრავალწლიური (1948-2017) სამოცდაათწლიანი მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები მოიცავს კლიმატის გლობალური დათბობის საწყის პერიოდს, გასული საუკუნის 70-80-იან წლებს. საიდანაც, ძირითადად დაიწყო მისი გავლენა მიწისპირა ჰაერის ფენაში ტემპერატურის მატებაზე და აგროკლიმატურ მაჩვენებლებზე (აქტიურ ტემპერატურათა და ატმოსფერული ნალექების ჯამები და სხვა). ამ მაჩვენებლების ნათლად წარმოდგენის მიზნით, ზემოაღნიშნული სამოცდაათწლიანი პერიოდის დაკვირვებათა მონაცემები შედარებისათვის განაწილებული იქნა ორ 35-წლიან პერიოდებად. I პერიოდი მოიცავს 1948-1982 წწ, II პერიოდი 1983-2017 წწ.

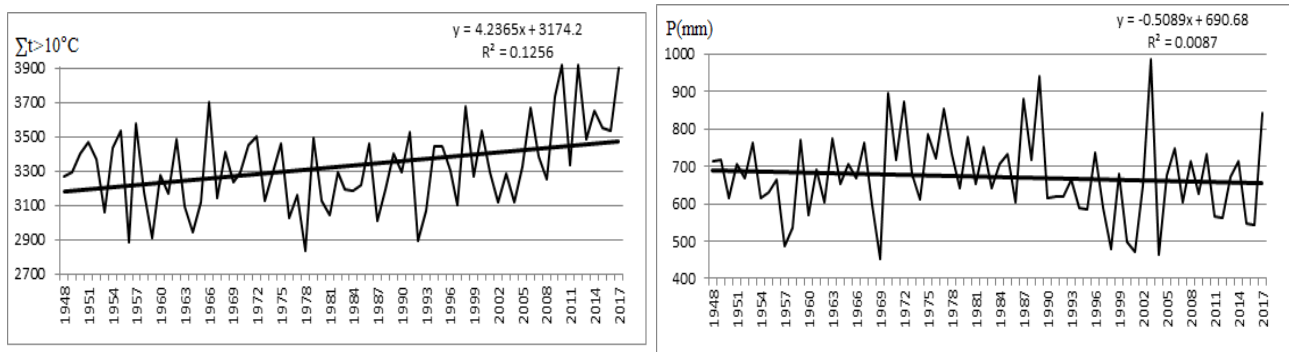
მოცემულ ტერიტორიაზე მუნიციპალიტეტების (ზუგდიდი, ხაიში, მესტია) მიხედვით, მეორე პერიოდში ჰაერის აქტიური ტემპერატურის ($>10^{\circ}\text{C}$) დადგომის თარიღი ადრე იწყება, ხოლო ტემპერატურის ($<10^{\circ}\text{C}$) ქვემოთ გადასვლა გვიან მთავრდება პირველ პერიოდთან შედარებით. ამავე პერიოდში მომატებულია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები და ვეგეტაციის ხანგრძლივობა. ატმოსფერული ნალექების ჯამები მეორე პერიოდში, მთიან და მაღალმთიან ზონებში შემცირებულია, ხოლო ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში (ზუგდიდი) მომატებულია. მიუხედავად ამისა, მომავალში ნალექები თუ აღნიშნულზე მეტს არ დაიკლებს, იგი მარცვლეული, ბოსტნეული და სხვა ერთწლიანი კულტურებისათვის, ასევე მეცხოველეობის ძირხვენა

წინიანი საკვები, სათბ-სადოვარების განვითარებისათვის ცალკეულ წლებში მორწყვის ფონზე დამაკმაყოფილებელი იქნება.

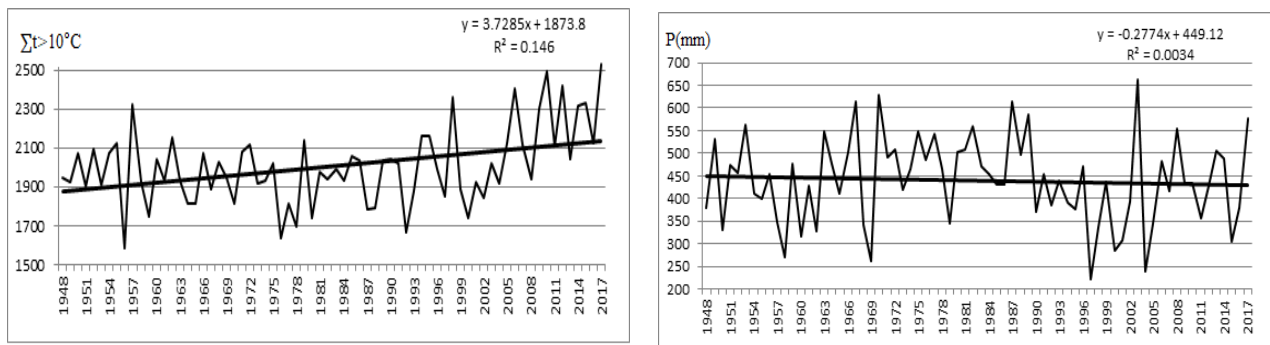
აღნიშნული მახასიათებლების მსვლელობის დინამიკა გამოსახული იქნა ტრენდებით, რომელთა მიხედვით სამეგრელო-ზემო სვანეთის ტენიანი სუბტროპიკულ, მთიან და მაღალმთიან ზონებში გამოვლენილია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მატების და ატმოსფერული ნალექების ჯამების კლების ტენდენციები, გამონაკლისია ტენიანი სუბტროპიკული ზონა, სადაც ფიქსირდება ატმოსფერული ნალექების მატება (ნახაზი 1, 2, 3).



ნახაზი 1. სამეგრელო-ზემო სვანეთის ტენიანი სუბტროპიკული ზონის (ზუგდიდი) აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების მსვლელობის დინამიკა (1948-2017)



ნახაზი 2. სამეგრელო-ზემო სვანეთის მთიანი ზონის (ხაიში) აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების მსვლელობის დინამიკა (1948-2017)



ნახაზი 3. სამეგრელო-ზემო სვანეთის მაღალმთიანი ზონის (მესტია) აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების მსვლელობის დინამიკა (1948-2017)

ტრენდების განტოლებებიდან გამოანგარიშებულია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების (>10°C) მატების და ატმოსფერული ნალექების ჯამების (მმ) მატება/კლების ტენდენციები (ცხრ. 1).

მოცემული ცხრილიდან, ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მატება აღინიშნება 428°C-მდე, ხოლო ყოველ 10 წელში მატების საშუალო სიჩქარე შეადგენს 61.1°C. ატმოსფერული ნალექების მატების ტენდენცია დაიკვირვება 201 (მმ), საშუალო სიჩქარე ყოველ 10 წელში 28.7 (მმ).

გლობალური დათბობის პირობებში აქტიური ტემპერატურების ჯამის მატება ანალოგიურად თუ გაგრძელდა, 4-5 ათეული წლის შემდეგ შეიძლება საბაზისო (მიმდინარე) ტემპერატურის ჯამმა საკმაოდ სოლიდურ ნამატს მიაღწიოს, ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში 400°C და მეტს, მთიან და მაღალმთიან ზონებში 300°C და მეტს. აღნიშნული შესაძლოა ხელსაყრელი აღმოჩნდეს მთიან და მაღალმთიან ზონებში აგროკულტურების განვითარება-პროდუქტიულობისათვის (შესაბამისი ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში).

ცხრილი 1. აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ) ტრენდების მიხედვით

რეგიონი/ ზონა	მეტეო- სადგური	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C)					
		პერიოდის დასაწყისი	პერიოდის დასასრულ ი	მატება	კლება	საშუალო სიჩქარე ყოველ 10 წელში	
						მატება	კლება
სამეგრელო-ზემო სვანეთი, ტენიანი სუბტროპიკული	ზუგდიდი	4156	4584	428		61,1	
მთიანი	ხაიში	3178	3470	292		41.7	
მაღალმთიანი	მესტია	1877	2134	257		36.7	
სამეგრელო-ზემო სვანეთი, ტენიანი სუბტროპიკული	ზუგდიდი	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ)					
		974	1175	201		28.7	
მთიანი	ხაიში	690	655		35		5.0
მაღალმთიანი	მესტია	449	430		19		2.7

საკვლევ ტერიტორიაზე აგროკლიმატური ზონების გამოყოფის სცენარისათვის გათვალისწინებულია ტემპერატურის 1°C-ით მატება (ცხრ. 2), რისთვისაც გამოყენებული იქნა ჰაერის დღეღამური საშუალო ტემპერატურის >10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღები, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები და ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ).

აღნიშნული მონაცემები დამუშავებული იქნა აგრომეტეოროლოგიაში მიღებული მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით და დამყარებული იქნა მჭიდრო კორელაციური კავშირები. მიღებული საიმედო კავშირებიდან გამომდინარე, შედგენილია რეგრესიის განტოლებები (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. რეგრესიის განტოლებები ჰაერის დღეღამური საშუალო ტემპერატურების >10°C-ის ზევით თარიღის დადგომის და აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების განსაზღვრისათვის

>10°C-ის თარიღის დადგომის და ΣT განსაზღვრა	საბაზისო, ტენიანი სუბტროპიკული ზონისათვის	სცენარი, 1°C-ით მატება ტენიანი სუბტროპიკული ზონისათვის	საბაზისო, მთიანი და მაღალმთიანი ზონებისათვის	სცენარი, 1°C-ით მატება, მთიანი და მაღალმთიანი ზონებისათვის
თარიღის განსაზღვრის	$n=0.025h+57$	$n=0.028h+51$	$n=0.029h+55$	$n=0.021h+54$
ΣT განსაზღვრის	$T=-36.53n-0.75h+6537$	$T=-16.711n-1.127h+5496$	$T=-30.923n-0.57h+6085$	$T=-63.98n-0.0113h+7920$

განტოლებებში: n - დღეთა რიცხვია 1 თებერვლიდან ტემპერატურის >10°C-ის ზევით დადგომის თარიღამდე; h - ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ); T - აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C).

მოცემული განტოლებებით, საბაზისო და მომავლის (2020-2050) სცენარის (1°C-ით მატება) გათვალისწინებით განსაზღვრულია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები, რის საფუძველზეც გამოყოფილია კულტურების გავრცელების აგროკლიმატური ზონები. ტენიან სუბტროპიკულ I ზონაში 500 მ სიმაღლემდე ყოველ 100 მ გრადაციით გამოყოფილია

ციტრუსოვანი კულტურების გავრცელებისათვის 5 მიკროზონა. მოცემული მიკროზონა ხელსაყრელია აღნიშნული კულტურების პროდუქტიულობის და ნაყოფების სრული მომწიფებისათვის [4].

I - მიკროზონა მოიცავს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მიმდებარე ტერიტორიას ზღ.დონიდან 100 მ სიმაღლემდე, სადაც აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 4450-4300°C (საბაზისო). ხოლო სცენარით 1°C-ის მატებისას 4650-4500°C. მანდარინის კულტურის ნაყოფებს ხარისხიანად სრული მომწიფებისათვის სჭირდება 4100°C და მეტი აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი, ფორთოხლის და გრეიპფრუტს - 4300°C და მეტი, ლიმონს 4000°C-მდე.

II - მიკროზონა მდებარეობს I მიკროზონის მაღლა ზღ.დონიდან 200 მ სიმაღლეზე, სადაც საბაზისო ტემპერატურის ჯამია 4300-4120°C, სცენარით (1°C-ით მატება) ტემპერატურის ჯამი შეადგენს 4500-4300°C. ამ ზონაშიც შესაძლებელია ლიმონის და მანდარინის ნაყოფების ხარისხიანი, სრული მომწიფება ყოველ წელს, ხოლო ფორთოხლის და გრეიპფრუტის 2-3-ჯერ ყოველ 10 და მეტ წელში (საბაზისო), სცენარის მიხედვით, აღნიშნული კულტურების სრული სიმწიფე მოსალოდნელია I მიკროზონის ანალოგიურად. ზონაში რეკომენდებულია სხვა სახის ერთწლიანი და მრავალწლიანი აგროკულტურების წარმოება.

III - მიკროზონა მდებარეობს II მიკროზონის მაღლა ზღ.დონიდან 300 მ სიმაღლეზე, სადაც საბაზისო ტემპერატურის ჯამია 4120-3960°C. სცენარის მიხედვით (1°C-ით მატება) იგი შეადგენს 4300-4100°C. ლიმონის და მანდარინის სრული სიმწიფე მოსალოდნელია 6-5-ჯერ (შესაბამისად) ყოველ 10 წელში, ხოლო ფორთოხლის და გრეიპფრუტის ერთხელ ყოველ 10 წელში (საბაზისო). სცენარით, ლიმონის და მანდარინის სრული სიმწიფე შესაძლებელია ყოველ წელს, ფორთოხლის და გრეიპფრუტის 6-ჯერ ყოველ 10 წელში.

IV - მიკროზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 400 მ სიმაღლეზე. ამ ზონაში საბაზისო ტემპერატურის ჯამია 3960-3790°C, სცენარით (1°C-ით მატება) - 4100-4000°C შეადგენს. ზონაში ლიმონის სრული სიმწიფე მოსალოდნელია 2-ჯერ ყოველ 10 წელში (საბაზისო), ხოლო სცენარის მიხედვით ლიმონი 10-ჯერ დამწიფდება, ფორთოხალი და გრეიპფრუტი 2-ჯერ, მანდარინი 7-ჯერ ყოველ 10 წელში.

V - მიკროზონა ვრცელდება ზღ.დონიდან 500 მ სიმაღლემდე. ამ ზონაში საბაზისოს მიხედვით ციტრუსების გავრცელება საწარმოო მიზნით არ არის რეკომენდებული, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის ნალკლებობის (3790-3620°C) გამო. სცენარით (1°C-ით მატება) ტემპერატურის ჯამი შეადგენს 4000-3800°C. აღნიშნული ტემპერატურის პირობებში ლიმონის სრული სიმწიფე შესაძლებელია 8-ჯერ, თუ ზამთრის ყინვებისაგან საიმედოდ იქნება დაცული, ფორთოხლის და გრეიპფრუტის ერთხელ, მანდარინის 2-ჯერ ყოველ 10 წელში, თუმცა ნაკლებად რენტაბელური იქნება.

ზემოაღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტემპერატურის 1°C-ით მატებისას მოცემულ მიკროზონებში ციტრუსოვანი კულტურების ნაყოფების ხარისხიანად სრული მომწიფების უზრუნველყოფის შეფასების მიხედვით, ყოველ 10 და მეტ წელში გვაძლევს გარანტიას, მოცემული კულტურების საწარმოო გავრცელების შესაძლებლობაზე, ზღ.დონიდან 300-400 მ და მეტ სიმაღლეზე. სცენარით, ტემპერატურის 1°C-ის გათვალისწინებით ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში 500 მ სიმაღლემდე შესაძლებელია, სხვა სახის აგროკულტურების (სამარცვლე სიმინდი, ხორბალი, ბოსტნეულ-ბაღჩეული, ჩაი, ვაზი, ტექნიკურ-ზეთოვანი და ეთერზეთოვანი, კივი (აქტინიდი), თხილი და სხვა) მაღალი პროდუქტიულობა ნიადაგის შესაბამისი ტენიანობის პირობებში.

სამეგრელო - ზემო სვანეთის ტენიანი სუბტროპიკული ზონის, 500 მ სიმაღლის ზევით 1500 მ სიმაღლემდე ვრცელდება რეგიონის მთიანი ტერიტორია. სადაც გამოყოფილია ორი აგროკლიმატური ზონა (II და III).

II - აგროკლიმატური ზონა ვრცელდება 500 მ-დან 1000 მ სიმაღლემდე. საბაზისოს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 3620-2790°C, სცენარის მიხედვით ტემპერატურის 1°C-ით მატებისას 3800-3110°C ფარგლებშია. მოცემულ ზონაში გავრცელებულია კაკლოვანი, ხეხილოვანი, ბოსტნეული და სხვა კულტურები. მომავლის სცენარით (1°C-ით მატება) შეიძლება გავრცელებული იქნას ვაზის ჯიშები (ცოლიკაური, ციცქა და სხვა) 700-800 მ-დან 1000 მ და ოდნავ მეტ სიმაღლემდე, ჩაის კულტურა 600-700 მ სიმაღლეზე.

III - აგროკლიმატური ზონა ვრცელდება 1000 მ-დან 1500 მ სიმაღლემდე. საბაზისო აქტიური ტემპერატურის ჯამია 2790-1960°C, ხოლო სცენარით შეადგენს 3110-2430°C. მომავლის

სცენარით ხორბალი (საშემოდგომო, საგაზაფხულო), ქერი, შვრია, კარტოფილი, ბოსტნეული კულტურები 1400-1500 მ-დან (საბაზისო) აიწვეს მაღლა 1600-1750 მ და მეტ სიმაღლემდე, სამარცვლე სიმინდი 900 მ-დან (საბაზისო), საწარმოო მიზნით შესაძლებელი იქნება გავრცელებას 1200 მ-მდე, ხეხილოვანები 1300 მ-დან (საბაზისო) 1400-1550 მ და მეტ სიმაღლემდე.

მოცემული რეგიონის მთიანი ტერიტორიის ზემოთ 1500 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე ვრცელდება რეგიონის მაღალმთიანი ტერიტორია, სადაც ასევე გამოყოფილია ორი აგროკლიმატური ზონა (IV-V).

IV - აგროკლიმატური ზონა ვრცელდება 1500 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე. აღნიშნულ ზონაში საბაზისოს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი რამდენადმე შემცირებულია, საშუალოდ შეადგენს 1960-1130°C, სცენარის მიხედვით - 2430-1760°C. ზონაში სითბოს რეჟიმის მხრივ ხელსაყრელი პირობები შეიქმნება საბაზისოსთან შედარებით ხორბლის (საშემოდგომო, საგაზაფხულო), ქერის, შვრის, კარტოფილის, კენკროვანების (შავი და წითელი მოცხარი, ქაცვი, ჟოლო, კუნელი) გავრცელებისათვის. შესაძლებელი იქნება მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვევების და სათიბ-საძოვრების არეალის გაფართოება.

V - აგროკლიმატური ზონა ვრცელდება 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე. ამ ზონაში საბაზისოს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 1130-300°C. ტემპერატურათა ჯამი აშკარად შემცირებულია. 2300 მ სიმაღლეზე კი ტემპერატურის ჯამი შეადგენს 630°C. მოცემულ ტემპერატურაზე ზემოაღნიშნული კულტურების წარმოება არარენტაბელურია. სცენარით (1°C-ით მატება) აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C) შეადგენს 1760-1080°C. ტემპერატურის ჯამი 2300 მ სიმაღლეზე 1350°C-მდეა, რაც საბაზისოსთან შედარებით ხელსაყრელია მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვევების წარმოებისა და სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგებიდან გამომდინარე, დასტურდება გლობალური დათბობის გავლენა სამეგრელო-ზემო სვანეთის ტენიან სუბტროპიკულ, მთიან და მაღალმთიან რეგიონზე. იგი აშკარად მოქმედებს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მატებაზე, სავეგეტაციო პერიოდის გახანგრძლივებაზე, ატმოსფერული ნალექების, ძირითადად შემცირებაზე. გლობალური დათბობის პირობებში გათვალისწინებული მომავლის (2020-2050) სცენარი, ტემპერატურის 1°C-ით მატება საკვლევი რეგიონის ზონებში აგროკულტურებზე არსებით ნეგატიურ გავლენას ვერ მოახდენს თუ გლობალური დათბობისას ტემპერატურა სცენარით გათვალისწინებულ ტემპერატურაზე მაღალი არ აღმოჩნდება (1-2°C). პირიქით, შეიძლება ხელსაყრელი იყოს ზღ.დონიდან სიმაღლეების მიხედვით აგროკულტურების გავრცელებისათვის. სადაც, მომავლისათვის 1°C-ით მატებისას აგროკულტურების გავრცელება შესაძლებელი იქნება 100-200 მ-ით მაღლა, ამჟამად არსებულ საბაზისოსთან შედარებით.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Harpel S. Mavi, Graeme J. Agrometeorology: Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Binghamton, NY, USA, 2004, 364 p.
2. The Third National Communication Climate Change of Georgia, UNDP, 2015, 288 p.
3. 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, 8(7) India, 2016, pp. 35403-35409
4. Meladze G., Meladze M., Tutarashvili M. Influence of climate global warming on Productivity of subtropical technical crops and agriclimate zone changes. Annals of Agrarian Science, Vol.6, №1, 2008, pp. 50-55

უაკ 551.583

გლობალური დათბობა: სამეგრელო-ზემო სვანეთის აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილების ტენდენციები /მელაძე გ., მელაძე მ./ სტუპ-ის ჰმ-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.46-52. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონის ტენიანი სუბტროპიკული, მთიან და მაღალმთიან ტერიტორიებზე ჩატარებული მეტეოროლოგიური დაკვირვებების (1948-2017) საფუძველზე, გამოვლენილია გლობალური დათბობის გავლენით აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილების ტენდენცია. მოცემული განტოლებებით, მიმდინარე (საბაზისო) და მომავლის (2020-2050) სცენარის (ჰაერის ტემპერატურის 1°C-

=====

ით მატება) გათვალისწინებით, განსაზღვრულია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$), რის საფუძველზეც გამოყოფილია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების აგროკლიმატური ზონები. სადაც, ტემპერატურის 1°C -ით მატებისას მათი გავრცელება შესაძლებელი იქნება ზღ. დონიდან 100-200 მეტრით უფრო მაღლა, არსებულ ზონებთან შედარებით.

UDC 551.583

Global warming: tendency of change the agroclimatic features of Samegrelo-Zemo Svaneti /Meladze G., Meladze M./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.46-52. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Based on the meteorological observations (1948-2017) carried out in the areas of humid subtropical, mountainous and high-mountainous of Samegrelo - Zemo Svaneti region, a trend of changing the agroclimatic features has been identified under the impact of global warming. By the equations there are defined the sums of active temperatures ($>10^{\circ}\text{C}$) according to current and future scenario (2030-2050), in case of temperature increase by 1°C and there are allocated the agroclimatic zones for distribution of crops. where a 1°C temperature increase will make it possible to grow the crops 100-200 m higher as compared to the present zones.

УДК 551.583

Глобальное потепление: тенденции изменений агроклиматических характеристик Самегрело - Земо Сванетии /Меладзе Г.Г., Меладзе М.Г./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.46-52. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. На основании метеорологических наблюдений (1948-2017 гг.), проведенных во влажных субтропических, горных и высокогорных районах региона Самегрело - Земо Сванетии, под влиянием глобального потепления, выявлены тенденции изменений агроклиматических характеристик. С учетом текущего (базового) и будущего (2025-2050 гг.) сценария (повышение температуры воздуха на 1°C), данными уравнениями определены суммы активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$), на основании которых выделены агроклиматические зоны, где при повышении температуры на 1°C распространение сельскохозяйственных культур будет возможно на 100-200 м выше над уровнем моря по сравнению с существующими зонами.

შპს 551.59

ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური სვლა კლიმატის ცვლილების პირობებში საქართველოს მთიან რეგიონებში
ფიფია მ.* ბეგლარაშვილი ნ.* ჭინჭარაშვილი ი.**

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.

**ი. გოგებაშვილის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი, საქართველო.
m.pipia@gtu.ge

საქართველოს ტერიტორიაზე ქარბუქები დაკავშირებულია ცივი ჰაერის მასების შემოჭრასთან, როგორც დასავლეთიდან ასევე, აღმოსავლეთიდან. ფრონტების გავლა განაპირობებს ქარბუქების გაძლიერებას. ქარბუქი, რომელიც დაკავშირებულია დასავლეთის პროცესებთან, მოიცავს თითქმის საქართველოს მთელ ტერიტორიას. დასავლეთ საქართველოში მას თან ახლავს თოვლი, დანარჩენ რაიონებში შეიძლება ქონდეს მიწისპირა ქარბუქის ხასიათი [1].

აღმოსავლეთის პროცესებისას ქარბუქი მოიცავს მთელ აღმოსავლეთ საქართველოს და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის მნიშვნელოვან ნაწილს, ასევე, გამონაკლის შემთხვევებში ვრცელდება დასავლეთ საქართველოს მაღალმთიან რაიონებში [2].

ქარბუქთა ხასიათს განაპირობებს პირობების მთელი კომპლექსი: მყარი სახით წამოსული ნალექების რაოდენობა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ამინდის ცვალებადობა, რელიეფის კონფიგურაცია და მასთან დაკავშირებული პუნქტების დაცულობა. ქარბუქის გადატანის ინტენსივობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული თოვლის ქარების დინების სიჩქარეზე, თოვლის საფარის სიმყარეზე, თოვლის ნაწილაკების ზომაზე და ჰაერის ტემპერატურასა და სინოტივეზე [3,4].

საქართველოს მთის კურორტების განვითარებისთვის ხელის შეწყობის მიზნით, მნიშვნელოვანია სხვადასხვა საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენების, მათ შორის ქარბუქის შედეგად მიყენებული ზიანის დროულად აღმოფხვრა, შეაძლებლობის ფარგლებში წინასწარი ზომების გატარება აღნიშნული ზიანის მინიმუმამდე დაყვანისათვის და ამ კუთხით უსაფრთხო გარემოს ჩამოყალიბება. ასევე, მნიშვნელოვანია საქართველოს, როგორც რეგიონალური სატრანსპორტო (საავტომობილო, სარკინიგზო და საჰაერო) „ჰაბის“ შეუფერხებელი ფუნქციონირებისთვის ქარბუქის ეფექტურად მართვის ღონისძიებების გატარება [5].

როგორც ცნობილია კლიმატის ცვლილება, რომელიც 1990 წლიდან გამოიხატება კლიმატის ინტენსიურ გლობალურ დათბობაში, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სხვადასხვა საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენების ჩამოყალიბებასა და განვითარებაზე. აქედან გამომდინარე დღის წესრიგში დგება ქარბუქის, როგორც ერთ-ერთი საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენის შესწავლა, მათ შორის ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ქარბუქიანობის ცვლილების კუთხით.

კვლევის მიზანს წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების ფონზე ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობის გამოკვლევა საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო 50 წლის განმავლობაში.

მიზნის მიღწევას დასჭირდა შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

1. ქარბუქიან დღეთა საშუალო და უდიდესი წლიური რიცხვის განსაზღვრა და ანალიზი 1966-1989 წლებში საქართველოში;
2. ქარბუქიან დღეთა საშუალო და უდიდესი წლიური რიცხვის განსაზღვრა და ანალიზი 1990-2017 წლებში საქართველოში.

კვლევის მასალებად გამოყენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში არსებული საარქივო მასალა და ლიტერატურა ქარბუქიანობის შესახებ. ასევე, საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტოს დაკვირვებათა მონაცემები და კლიმატური ცნობარები [6,7,8,9,10].

კვლევის მეთოდოლოგიად გამოყენებულ იქნა მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდები.

შრომაში გამოყენებულია 7 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები ქარბუქიანობის შესახებ, რომლებზეც დაკვირვებათა შედარებით გრძელი რიგი მოგვეპოვება. სამწუხაროდ 90-იანი წლებიდან მკვეთრად შემცირდა მეტეოროლოგიური სადგურებისა და საგუშაგოების რიცხვი, რის შედეგადაც დაკვირვებები სხვადასხვა მეტეოროლოგიურ მოვლენაზე თითქმის

აღარ მიმდინარეობდა, ამიტომაც 1993 წლიდან მონაცემები მათ შესახებ მწირია და ნაკლებ-საიმედოა [11].

ქარბუქის მრავალწლიური სვლა შეფასებულია ორი პერიოდის – 1966-1989წწ. და 1990-2017წწ. – ერთმანეთთან შედარებით. შესწავლილ იქნა ამ პერიოდებში ქარბუქიან დღეთა საშუალო და უდიდეს დღეთა რიცხვის მსვლელობა. ქარბუქიან დღეთა საშუალო წლიური და უდიდესი წლიური რიცხვის მდგომარეობა შესაბამის პუნქტებზე მოყვანილია ცხრილის სახით (ცხრ. 1, 2).

ცხრილი 1. ქარბუქიან დღეთა რიცხვი (წლიური) 1966-1989წწ.

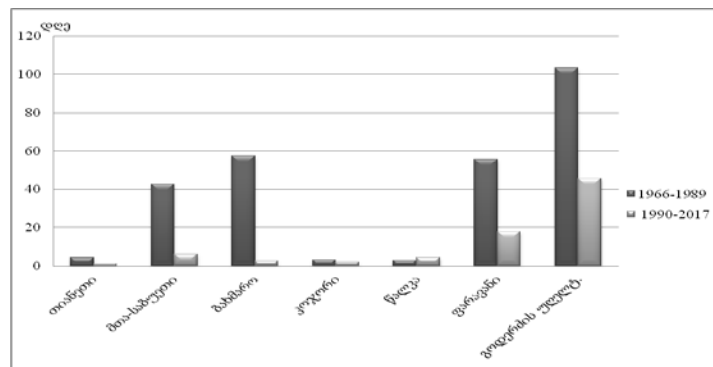
პუნქტი	საშუალო	უდიდესი	სიმაღლე ზ/დ. მ.
თიანეთი	4.2	16	1099
მთა-საბუეთი	42.5	105	1242
ბახმარო	57.3	135	1926
კოჯორი	3	16	1338
წალკა	2.9	21	1457
ფარავანი	55.7	117	2100
გოდერძის უღელტ.	103.3	162	2025

ცხრილი 2. ქარბუქიან დღეთა რიცხვი (წლიური) 1990-2017წწ.

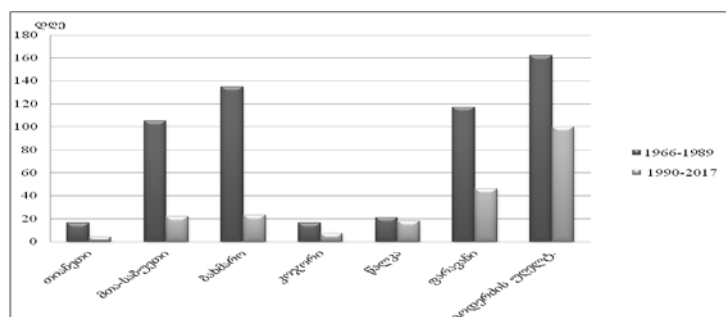
პუნქტი	საშუალო	უდიდესი	სიმაღლე ზ/დ. მ.
თიანეთი (1990-2014)	1	4	1099
მთა-საბუეთი (1993-2001)	6	22	1242
ბახმარო (1990-2010)	2.5	23	1926
კოჯორი (1990-2005)	1.7	7	1338
წალკა (1990-2017)	4.3	18	1457
ფარავანი (1990-2006)	18	46	2100
გოდერძის უღელტ. (1990-2006)	45.6	100	2025

როგორც უკვე ავღნიშნეთ 90-იანი წლებიდან დღემდე მონაცემები ქარბუქიან დღეთა რიცხვის შერსახებ არ არის სრულყოფილი, სხვადასხვა სადგურზე სხვადასხვა პერიოდს მოიცავს (ცხრ. 2).

ცხრ. 1, 2 – ზე დაყრდნობით ჩვენს მიერ შედგენილ იქნა გრაფიკები სადაც ნაჩვენებია ქარბუქიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური წლიური რიცხვის განაწილება 1966-1989წწ. და 1990-2017წწ. პერიოდში (ნახ. 1, 2).



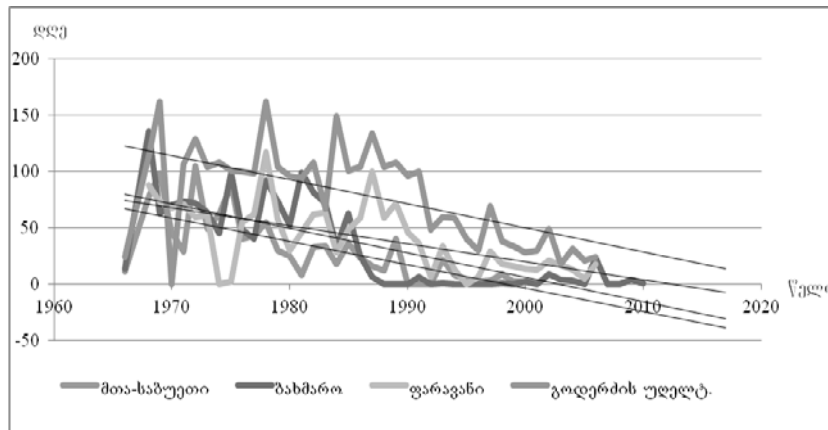
ნახ. 1. ქარბუქიან დღეთა საშუალო წლიური რიცხვის განაწილება



ნახ. 2. ქარბუქიან დღეთა მაქსიმალური წლიური რიცხვის განაწილება

როგორც ნახ. 1, 2 – დან ირკვევა ქარბუქიან დღეთა როგორც საშუალო ასევე მაქსიმალური რიცხვის მანვენებელი 1990-2017 წლებში გაცილებით დაბალია 1966-1989 წლების პერიოდთან შედარებით.

ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობა 1966-2010 წლების პერიოდისთვის ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე. ჩვენს მიერ შერჩეულ იქნა ქარბუქიანობის მაღალი მანვენებლის მქონე 4 მეტეოროლოგიური სადგური საქართველოს მაშტაბით სადაც მოგვეპოვება დაკვირვებათა გრძელი რიგი. შედგენილ იქნა გრაფიკი შესაბამისი ტრენდის აღმწერი ხაზით.



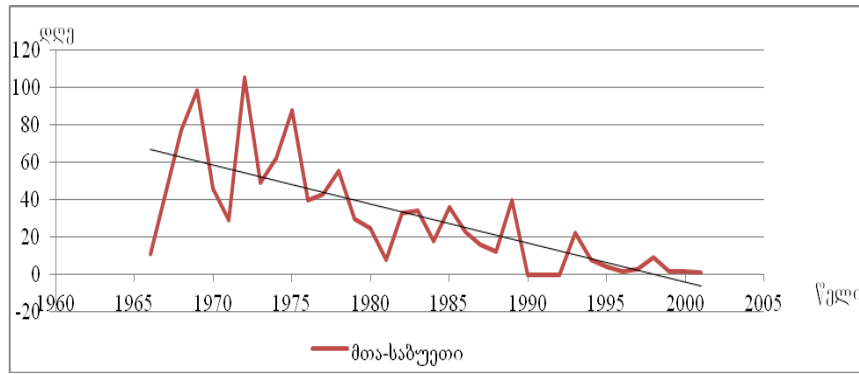
ნახ. 3. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობა

როგორც ნახ. 3-დან ირკვევა ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიურ მსვლელობას 1966-2010 წლებში ოთხივე სადგურზე ახასიათებს დადმავალი ტრენდი.

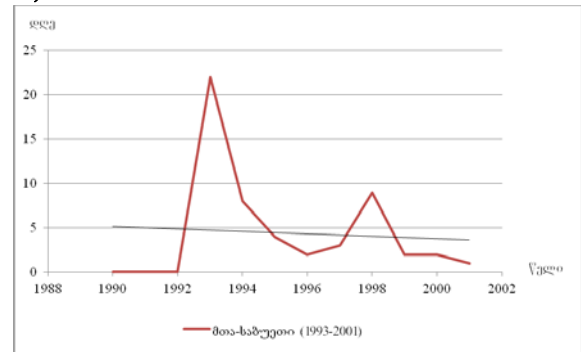
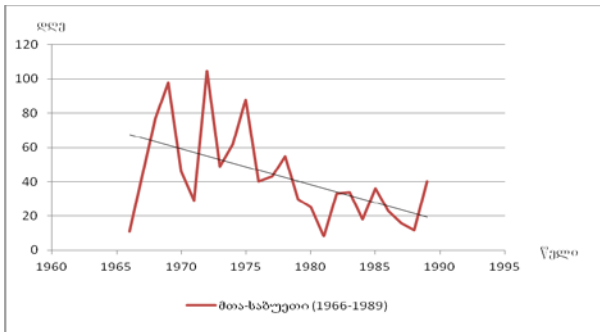
მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ 1990 წელი მიჩნეულია ინტენსიური გლობალური დათბობის დაწყების თარიღად.

ნახ. 3-ზე ნაჩვენები ტრენდები ქარბუქიანობას ახასიათებს მთლიანად საკვლევი პერიოდისთვის, სადაც რთულია განსაზღვრო როგორ ზემოქმედებს გლობალური დათბობის დაწყების შემდგომი პერიოდი ქარბუქის მრავალწლიური მსვლელობის ერთიან ტრენდზე. საინტერესოა თუ როგორ ვითარდება ქარბუქიანობის მრავალწლიური სვლა 1990 წლიდან, ანუ ინტენსიური გლობალური დათბობის დაწყებიდან. ამ მიზნით ნახ. 3-ში მოყვანილი მეტეოსადგურებისთვის შედგენილ იქნა გრაფიკები, რომლებზეც ნაჩვენებია როგორც ქარბუქიან დღეთა რიცხვის ერთიანი მრავალწლიური სვლა 1966 წლიდან კლიმატის ცვლილების პერიოდის ჩათვლით, ასევე, ცალცალკე გლობალური დათბობის დაწყების პერიოდამდე (1966-1989 წწ.) და მას შემდეგ (1990 წლიდან იმ წლამდე სადამდეც არსებობს სადგურზე მონაცემები). მოყვანილია აგრეთვე, ამ პერიოდებისთვის შესაბამისი ტრენდის აღმწერი ხაზები (ნახ 4, 5, 6, 7). ქარბუქიან დღეთა მრავალწლიური სვლის დაყოფა პერიოდებად საშუალებას გვაძლევს შევადაროთ ერთმანეთს ისინი და განვსაზღვროთ ქარბუქიანობის დინამიკა კლიმატის ცვლილების ფონზე გლობალური დათბობის პირობებში.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ საკვლე ტერიტორიებზე 1966 წლიდან მოყოლებული ზოგადად დაიკვირვება დადმავალი ტრენდი (ნახ. 4, 5, 6, 7). რაც შეეხება საკვლევი პერიოდებს 1966-1989 წლებში ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მსვლელობა არაერთგვაროვანია. მთა-საბუეთსა და ბახმაროში დაიკვირვება დადმავალი სვლა (ნახ. 4, 5), ფარავანსა და გოდერძის უღელტეხილზე აღმავალი (ნახ. 6, 7). ხოლო, ინტენსიური გლობალური დათბობის დაწყებიდან (1990 წ.) ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიურ სვლას თითქმის ყველგან აქვს დადმავალი ტრენდი. გამონაკლისია ბახმარო (ნახ. 5გ), სადაც ქარბუქიან დღეთა რიცხვის აღმავალ ტრენდს გლობალური დათბობის პერიოდში განსაზღვრავს 2006 წლის მონაცემი, როდესაც დაფიქსირდა ქარბუქიან დღეთა რიცხვის ყველაზე მაღალი მანვენებელი (23 დღე), რაც ამ პერიოდისთვის გამონაკლისს წარმოადგენს.



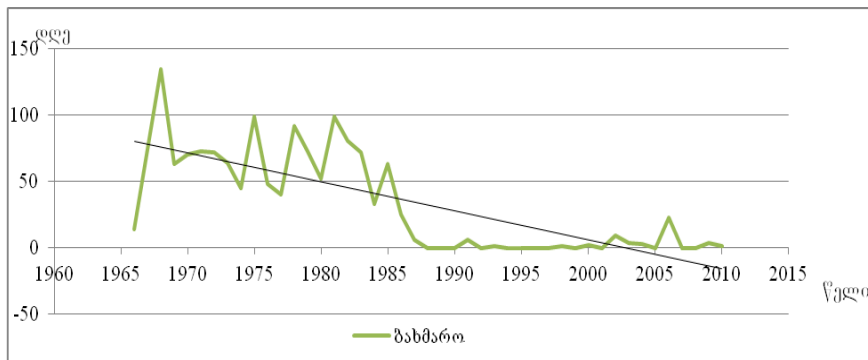
ა)



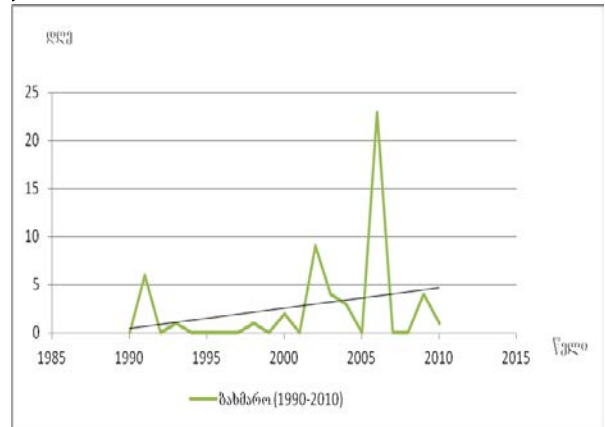
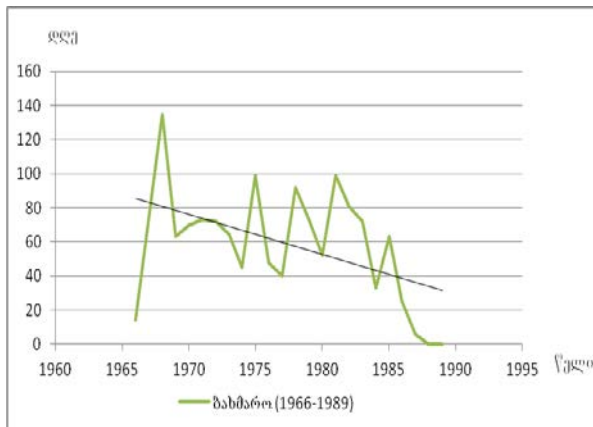
ბ)

გ)

ნახ.4. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსგელობა მთა-საბუეთისთვის.
 ა) 1966-2001 წწ. ბ) 1966-1989 წწ. გ) 1990-2001 წწ.



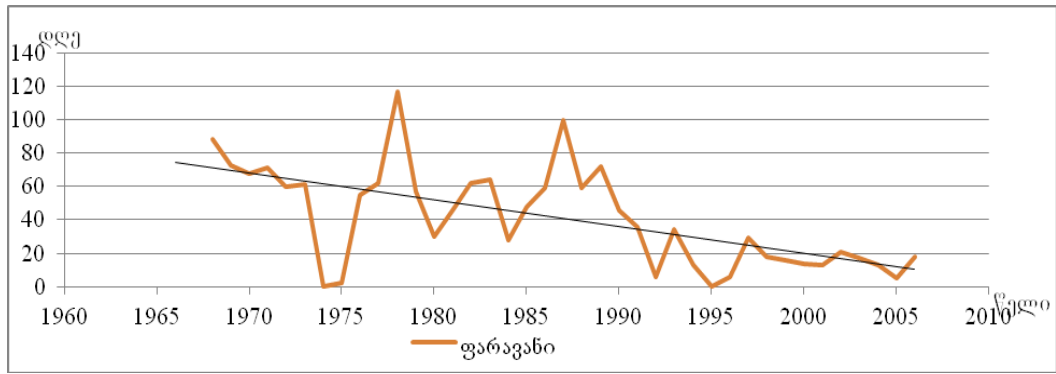
ა)



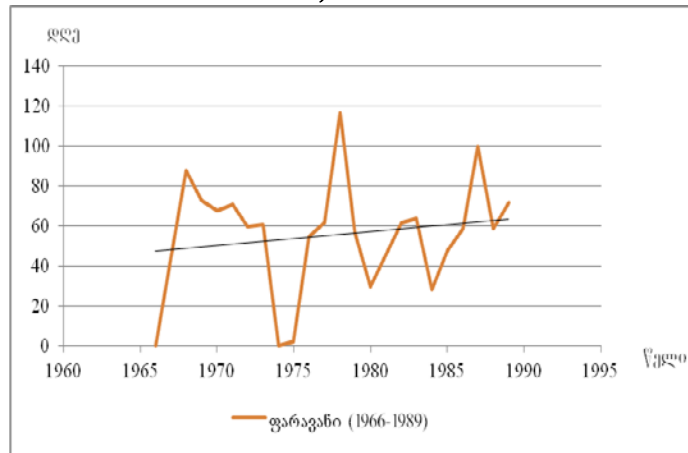
ბ)

გ)

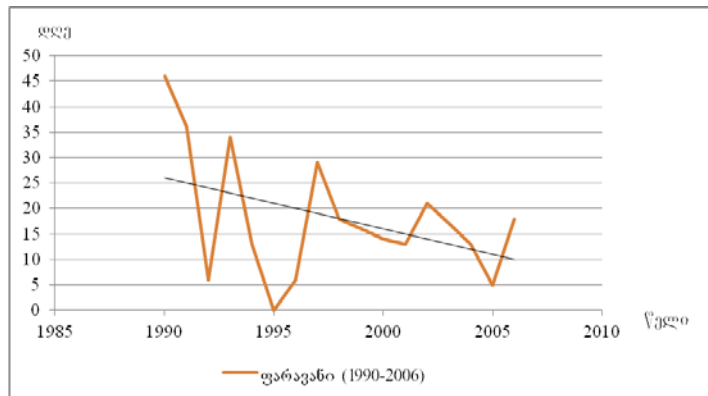
ნახ.5. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსგელობა ბახმაროსთვის.
 ა) 1966-2010 წწ. ბ) 1966-1989 წწ. გ) 1990-2010 წწ.



ა)

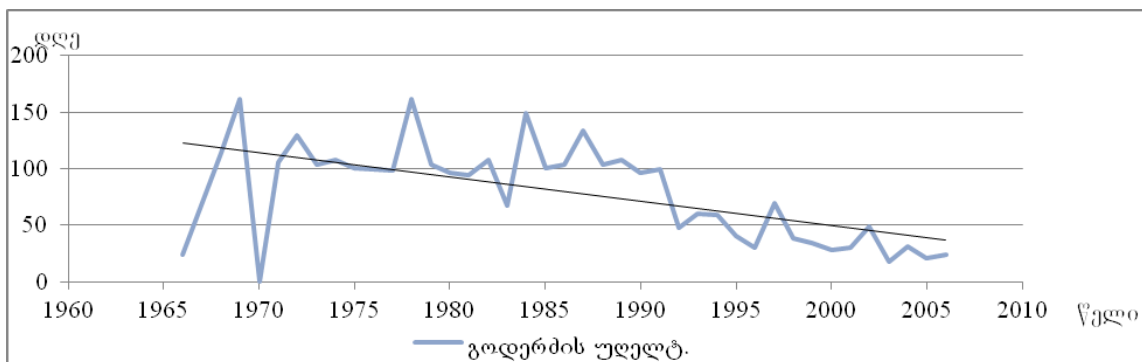


ბ)

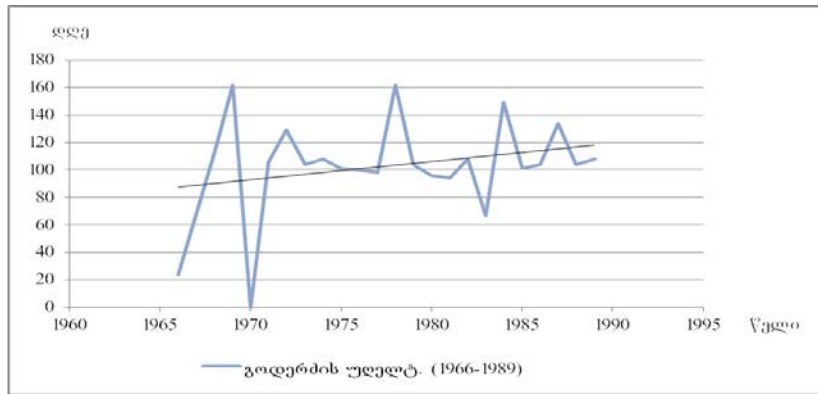


გ)

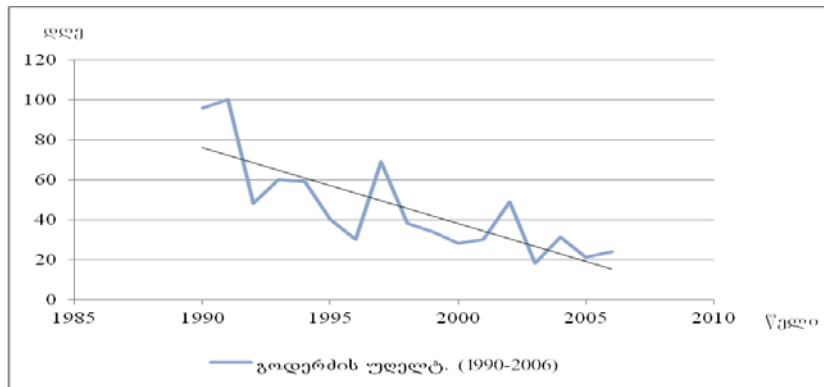
ნახ.6. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობა ფარავანისთვის. ა) 1966-2006 წწ. ბ) 1966-1989 წწ. გ) 1990-2006 წწ.



ა)



ბ)



გ)

ნახ.7. ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსგელობა გოდერძის უღელტეხილისთვის. ა) 1966-2006 წწ. ბ) 1966-1989 წწ. გ) 1990-2006 წწ.

დასკვნა

ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური სგლა 1966 წლიდან დღემდე ზოგადად ხასიათდება დაღმავალი ტრენდით.

კლიმატის ცვლილების პირობებში, განსაკუთრებით, ინტენსიური გლობალური დათბობის დაწყებიდან (1990 წ.) ქარბუქიან დღეთა რიცხვის როგორც საშუალო ასევე მაქსიმალური წლიური მაშვენებელი კლებულობს.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Pipia M., Beglarashvili N., Ground blizzard as a dangerous for the agricultural sector meteorological phenomenon. Agriculture and Food, Volume 7, ISSN 1314-8591(online), 2019, pp. 259-264.
2. Elizbarashvili E.,Elizbarashvili M. and etc., Blizzards on the Territory of Georgia. European Geographical Studies, E-ISSN 2413-7197(online), 2018, pp.50-60.
3. Pipia M., Beglarashvili N., Blizzard duration on the territory of Georgia. Ecology and Safety, Volume 13, ISSN 1314-7234(online), 2019, pp. 120-126.
4. Метель – Метель [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Метель>
5. მ. ფიფია, ნ. ბეგლარაშვილი და სხვ., ქარბუქიან დღეთა რიცხვის განაწილების მნიშვნელობა საქართველოს მთიანი ლანდშაფტის პირობებში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2018, 201-203 გვ.
6. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Стихийные метеорологические явления на территории Грузии. Зеон,Тбилиси, 2012. 104 с.
7. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград. Гидрометеиздат. 1983, 263с.
8. Климат и климатические ресурсы Грузии. Ленинград.: Гидрометеиздат, 1971. 383 с.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6, вып. 14. Ленинград. Гидрометеиздат, 1979. 347 с.
10. Справочник по климату СССР. Вып.14, часть 2. Ленинград. Гидрометеиздат, 1979. 373 с.

11. მ. ფიფია, ნ. ბეგლარაშვილი, ქარბუქიან დღეთა რიცხვი საქართველოში 1966-2017 წლების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 125, თბილისი, 2018, 63-67 გვ.

უაკ 551.59

ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური სვლა კლიმატის ცვლილების პირობებში /

ფიფია მ. ბეგლარაშვილი ნ. ჭინჭარაშვილი ი./ სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.53-59. -ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. გამოკვლეულია კლიმატის ცვლილების ფონზე ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობა საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო 50 წლის განმავლობაში. განსაზღვრულია და გაანალიზებულია ქარბუქიან დღეთა საშუალო და უდიდესი წლიური რიცხვი 1966-1989 და 1990-2017 წლებში საქართველოში. ნაჩვენებია ქარბუქიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიური მსვლელობა 1966-2010 წლების პერიოდისთვის.

შრომაში გამოყენებულია 7 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები ქარბუქიანობის შესახებ, რომლებზეც დაკვირვებათა შედარებით გრძელი რიგი მოიპოვება.

UDC 551.59

Multiyear move of the number of blizzard days in the conditions of climate change in the mountainous regions of Georgia /Pipia M., Beglarashvili N., Chincharashvili I./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.53-59. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Against the backdrop of climate change the number of blizzard days over the last 50 years in Georgia have been studied . Average and largest annual numbers of blizzard days in Georgia in 1966-1989 and 1990-2017 are defined and analyzed. Shown is the multi-year trend of the number of blizzard days for the period 1966-2010.

The work uses data from 7 meteorological stations on blizzards, which have a relatively long range of observations.

УДК 551. 59

Многолетнее изменение числа дней с метелью в условиях изменения климата в горных районах Грузии /Пи́пия М., Бе́гларашви́ли Н., Чи́нчарашви́ли И./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.53-59. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. На фоне изменения климата было изучено количество снежных дней за последние 50 лет в Грузии. Определены и проанализированы средние и наибольшие годовые количества снежных дней в Грузии в 1966-1989 и 1990-2017 годах. Показана многолетняя тенденция количества снежных дней за период 1966-2010 гг.

В работе используются данные семи метеостанций о метелях, которые имеют относительно большой диапазон наблюдений.

UDC 551.576

Analysis of 2016-18 Geo-space
Marika Tatishvili, Zurab Khvedelidze, Inga Samkharadze, Ana Palavandishvili
Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University
Tbilisi, Georgia, m.tatishvili@gtu.ge

Introduction

Since the discovery of the solar activity periodicity, attempts have been made to find a connection between the solar cycle and the terrestrial climate. However, the results are ambiguous. For different periods and locations, both positive and negative correlations have been found between solar activity parameters and meteorological elements like surface air temperature, sea level pressure, precipitation, etc. Solar transients; Solar Flares, Coronal Mass Ejections (CMEs), Solar Energetic Particles (SEPs) are the drivers of the Space Weather Effect in Geo-Space. When the gigantic cloud of plasma released through solar transient phenomena interacts with the Earth's magnetic environment it leads to the geomagnetic storms. Geomagnetic storms can be characterized by a depression in the H component of geomagnetic field. This depression in H component of earth's magnetic field is caused by the Ring Current encircling the Earth in a westward direction. Earth's ionosphere responds to varying solar and magnetospheric conditions. The ionospheric electron density over an altitude and location depends variably on the solar EUV Flux, X-ray Flux and the dynamic effects of neutral winds and electric fields. During geomagnetic storm due to the compression of earth's magnetosphere by solar wind electric fields have been observed along the geomagnetic field lines to the high latitude ionosphere. Sometimes this electric field penetrates to low latitudes and energetic particles precipitate into the lower thermosphere and below, increasing ionospheric conductivity and expanding the auroral zone. These intense electric currents are responsible for the coupling of high latitude ionosphere with magnetosphere and the enhanced energy input leads to considerable heating of the ionized and neutral gases. There are two types of effects, in time scale, on the Earth produced by solar transients; prompt and delayed. Geomagnetic Storm effects are delayed effects due to cloud of particles ejected from Sun [1].

Solar flares are magnetically driven explosions on the surface of the sun. Approximately 8 minutes after a solar flare occurs on the surface of the sun, a powerful burst of electromagnetic radiation in the form of X-ray, extreme ultraviolet rays, gamma ray radiation and radio burst arrives at Earth. The ultraviolet rays heat the upper atmosphere which causes the outer atmospheric shell to expand. The x-rays strip electrons from the atom in the ionosphere producing a sudden increase in total electron content. Solar flares produce satellite communications interference, radar interference, shortwave radio fades and blackout and atmospheric drag on satellite producing an unplanned change in orbit and other disturbances in upper atmosphere.

CMEs are vast clouds of seething gas, charged plasma of low to medium energy particles with imbedded magnetic field, blasted into interplanetary space from the Sun. When a CME strikes Earth, the compressed magnetic fields and plasma in their leading edge smash into the geomagnetic field. This produces a temporary disturbance of the Earth's magnetosphere called a geomagnetic storm and an equatorial ring of currents, differential gradient and curvature drift of electrons and protons in the Near Earth region. The birthplace of CMEs are often seen to originate near the site of solar flares

The severity of a geomagnetic storm depends on the orientation of Earth's magnetic field in relation to the solar storm magnetic orientation. If the particle cloud has a southward directed magnetic field it will be severe, while if northward the effects are minimized.

A CME can produce the following affects: electrostatic spacecraft charging, shifting of the Van Allen radiation belt, space track errors, launch trajectory errors, spacecraft payload deployment problems, surveillance radar errors, radio propagation anomalies, compass alignment errors, electrical power blackouts, oil and gas pipeline corrosion, communication landline & equipment damage, electrical shock hazard, electrical fires, heart attacks, strokes, and workplace & traffic accidents A magnetospheric storm is a 1–3 day long phenomenon spanning all the magnetosphere regions, and it features sharp depressions in the magnetic field. During storms and substorms, the ionosphere undergoes rather significant Joule heating with a great power of precipitating energetic particles. Huge energy increases the ionosphere temperature and causes large-scale ion drifts and neutral winds.

The solar wind conditions that are effective for creating geomagnetic storms are sustained (for several to many hours) periods of high-speed solar wind, and most importantly, a southward directed solar wind magnetic field (opposite the direction of Earth's field) at the dayside of the magnetosphere. This condition is effective for transferring energy from the solar wind into Earth's magnetosphere.

The largest storms that result from these conditions are associated with solar coronal mass ejections (CMEs) where a billion tons or so of plasma from the sun, with its embedded magnetic field, arrives at Earth.

=====

CMEs typically take several days to arrive at Earth, but have been observed, for some of the most intense storms, to arrive in as short as 18 hours. Another solar wind disturbance that creates conditions favorable to geomagnetic storms is a high-speed solar wind stream (HSS). HSSs plow into the slower solar wind in front and create co-rotating interaction regions, or CIRs. These regions are often related to geomagnetic storms that while less intense than CME storms, often can deposit more energy in Earth's magnetosphere over a longer interval.

Data and methods

Geomagnetic indices are a measure of geomagnetic activity occurring over short periods of time. They are useful for studies of upper atmospheric physics, solar terrestrial relationships or removal of disturbed-time magnetic variations when studying the Earth's deep interior. They have been constructed in order to study the response of the Earth's ionosphere and magnetosphere to changes in solar activity [2].

Solar activity can be measured through a number of indices or combinations of indices, such as sunspot number WN and radio flux $F10.7$ that vary with the electromagnetic output of the Sun, and interplanetary magnetic field strength B and solar wind speed v at Earth's distance that are measures of solar wind properties.

Kp has been continuously calculated since 1932 by the GFZ in Potsdam. The Kp index is probably the most widely used of all magnetic indices. It is intended to express the degree of "geomagnetic activity," or disturbance for the whole Earth, for intervals of three hours in Universal Time. In order to allow for simple averaging operations, the Kp indices are next converted, by use of a table, from their quasi-logarithmic scale to a roughly linear scale (in nT), yielding the so-called 3-h ap index. Finally, index Ap is defined as the average of the eight 3-h ap indices.

The disturbance storm time (Dst) index, has been used historically to characterize the size of a geomagnetic storm. In addition, there are currents produced in the magnetosphere that follow the magnetic field, called field-aligned currents, and these connect to intense currents in the auroral ionosphere. All of these currents, and the magnetic deviations they produce on the ground, are used to generate a planetary geomagnetic disturbance index called Kp . This index is the basis for one of the three NOAA Space Weather Scales, the Geomagnetic Storm, or G-Scale, that is used to describe space weather that can disrupt systems on Earth.

The intensity of a geomagnetic storm is commonly defined by the **minimum Dst value**, or the maximum depressed Dst magnitude. The depression of the magnetic field during the main phase is explained as the effect of the ring current in the magnetosphere. Dst index below $_50$ nT is indicative of moderate disturbance, which turns to intense when $_100$ nT threshold is passed (Gonzalez et al. 1994) and superintense or extreme if Dst reaches less than $_250$ nT (Echer et al. 2008). The Dst index, which was introduced as a measurement of the ring current encircling the Earth (Dessler & Parker 1959; Scokopke 1966), is considered as a good estimation of the geomagnetic disturbance at mid-low latitudes. Besides the local or global character of the index, its temporal resolution is also an important issue. K-indices are the typical approach to local indices [3,4].

The basic data for further analysis are either the occurrence frequencies of Kp index in different magnitude ranges or the daily Ap index. Apart from conventional harmonic analysis of the monthly values which yields amplitudes and phases of the annual and semiannual components, we use also the standard techniques of obtaining spectra through fast Fourier transform (**FFT**) or the maximum entropy method (**MEM**), singular spectrum analysis (**SSA**).

The Quasi-Biennial Oscillation

One of the main problems in solar-climatic influences is the instability of the relations found. Different authors have reported both positive and negative correlations between solar activity and surface air temperature. Data from individual meteorological stations with long measurement records show that the sign of the correlation changes regularly in consecutive centennial solar cycles and seems determined by the North-South asymmetry of solar activity: the correlation is positive when the Northern solar hemisphere is the more active one, and negative when more active is the Southern solar hemisphere. On the other hand, the sign of the correlation between solar activity and different climatic elements reveals a similar dependence on the phase of the quasibiennial oscillation of stratospheric winds (**QBO**). QBO signals have been identified in a number of geophysical parameters, e.g. sea level pressure, ozone distribution, Earth's rotation, and its existence has been shown in solar activity parameters as sunspot numbers, solar radio flux at 10.7 cm, green coronal activity, solar neutrino flux, etc.

The weather we experience on Earth typically occurs in the troposphere, the lowest layer of the atmosphere. But the stratosphere, which envelops the planet just above the troposphere, is home to winds of its own. In a new study, *Newman et al.* report an anomalous interruption in an otherwise reliable stratospheric wind pattern known as the quasi-biennial oscillation.

Each cycle of the quasi-biennial oscillation begins with strong westerly winds that flow through the stratosphere in a belt around the equator. Over the course of about 1 year, these winds gradually weaken and descend in altitude to the lower stratosphere as easterly winds replace them. These easterly winds slowly sink and weaken, too, as westerly winds return. The cycle repeats roughly once every 28 months.

Since 1953, scientists have observed equatorial winds by instruments known as radiosondes, which are carried skyward by weather balloons. The quasi-biennial oscillation was discovered in the early 1960s. Although the timing of each cycle has sometimes varied by a few months, the pattern as a whole has remained uninterrupted—until now.

Using radiosonde data from several equatorial locations around the world, the scientists discovered that the quasi-biennial oscillation began to deviate from its usual pattern in late 2015. At that time, westerly winds were descending in altitude and should have continued to sink and weaken as easterlies replaced them. Instead, the westerly winds shifted upward and seemed to cut off the descent of high-altitude easterlies before they could begin their usual dominance. Additional easterly winds developed at lower altitudes in the stratosphere, beneath the rising westerlies. However, by June, the westerlies appeared to have resumed their normal descent.

The North Atlantic Oscillation

Many variations in the weather in the European and North Atlantic regions are linked with changes in the North Atlantic Oscillation (NAO). The NAO is measured using a south-minus-north index of atmospheric surface pressure variation across the North Atlantic and is closely connected with changes in the North Atlantic atmospheric polar jet stream and wider changes in atmospheric circulation. The physical, human, and biological impacts of NAO changes extend well beyond weather and climate, with major economic, social, and environmental effects. The NAO index based on barometric pressure records extends as far back as 1850. A greater than normal pressure difference between the Azores and Iceland is a positive NAO, and a weaker than normal pressure difference is a negative NAO. During the winter months, a positive NAO is associated with warmer and wetter conditions across northwest Europe and cooler and drier conditions across southern Europe as the stronger pressure gradient between the Azores and Iceland drives the storm tracks poleward. The opposite is generally true for negative NAO conditions as the weaker pressure gradient generally results in southward-shifted storm tracks, and sea-level pressure (SLP) reversal will typically result in more easterly conditions.

The prominent increase in the NAO between the 1960s and 1990s was thought to be related to human-induced greenhouse gas forcing. However, since then this trend has reversed, with a significant decrease in the summer NAO since the 1990s and a striking increase in variability of the winter—especially December—NAO that has resulted in four of the six highest and two of the five lowest NAO Decembers occurring during 2004–2015 in the 116-year record. These NAO changes are related to an increasing trend in the Greenland Blocking Index (GBI; equals high pressure over Greenland) in summer and a significantly more variable GBI in December. Such NAO and related jet stream and blocking changes are not generally present in the current generation of global climate models. Several plausible climate forcings and feedbacks, including changes in the sun’s energy output and the Arctic amplification of global warming with accompanying reductions in sea ice, may help explain the recent NAO changes.

The solar impact on the NAO-like circulation anomalies is primarily originate from the stratosphere as a result of the variability of solar ultraviolet irradiance (Haigh 1994), with possible contributions from the presence of solar wind driven high energy particles (Andersson *et al* 2014, Seppälä and Clilverd 2014). These anomalies drive temperature and circulation anomalies in the upper stratosphere (Frame and Gray 2010) that can be transferred downward to the surface through wave-mean flow interactions (Kodera and Kuroda 2002, Lu *et al* 2017a), ultimately projecting onto the NAO-like pattern.

The lower troposphere and the stratosphere is known to be sensitive to changes in solar radiation. The lower troposphere is heated due to adsorption of visible light, while heating of the stratosphere is caused by ozone adsorbing ultraviolet radiation (Kodera & Kuroda 2002). Variations in the spectral solar irradiance affect the production and destruction of ozone. Studies show that spectral changes may result in increased or decreased ozone in the atmosphere (Haigh *et al.* 2010). The Ozone production in the stratosphere increases during solar maximum and decreases during solar minimum (Rind *et al.* 2008). The variation in total solar irradiance during the 11 year cycle is approximately 0.1 %. The variations of solar irradiance in the ultraviolet wavelength (200 – 250 nm) are considerably larger, with a range from 4– 8 % between solar minimum and solar maximum.

According to observations of the spatial structures of the NAO, they vary during the different phases of the 11-year solar cycle (Kodera 2002). These observations show that the NAO has a larger hemispherical structure, extending to the stratosphere during solar maximum. During solar minimum the spatial structure is instead restricted to the eastern Atlantic and the troposphere (Kodera 2002). Periods with many sunspots and faculae

correspond with periods with higher irradiance in the visual spectrum and even stronger response in the ultraviolet, which acts on the ozone level. It is also proposed that galactic cosmic rays can act as cloud condensation nuclei, which may link variations in the cloud coverage to solar activity, since more cosmic rays penetrate the Earth's magnetic field when the solar activity is low and resulted in the following- lower magnetic field strength means few sunspots, fewer sunspots means less solar wind, less solar wind means more galactic cosmic rays, more galactic cosmic rays means more low level cloud formation, more low level clouds means more sunlight reflected back into space, which in turn means less heating of the Earth's surface and atmosphere.

As energetic particles are injected into the inner magnetosphere on the night side, they are influenced by forces due to curvature and gradient of the magnetic field. Because of these forces, protons drift westward from midnight toward dusk and electrons drift eastward from midnight toward dawn, comprising the net effects as a ring current encircling the Earth westward. A geomagnetic storm is nothing but an enhancement of this ring current.

The solar cycle 24 is a relatively weak cycle (Tan2011; Basu 2013). The birth of solar cycle 24 was remarkable in that the Sun emerged from an extremely deep minimum. The maximum phase of cycle 24 is of particular interest because of the sunspot number was rather small (roughly half of the cycle-23 peak). The weak solar cycle resulted in milder space weather, but there were other complications such as longer-living space debris due to the reduced atmospheric drag.

The primary link between a geomagnetic storm and a CME is the out of the ecliptic component (Bz) of the interplanetary magnetic field (Gonzalez et al., 1994; Zhang et al., 2007; Echer 2008a,b, 2013). Echer et al. (2008a) conclusively showed that for all 90 major (Dst < -100 nT) storms that occurred during cycle 23, it was the Bz component that was responsible for the storms (some people have thought that it was possible that the IMF By component was also important). When Bz is negative (south pointing), then the CME field reconnects with Earth's magnetic field (Dungey, 1961) causing the geomagnetic storm. While the Bz component is negligible in the quiet solar wind, CMEs contain Bz by virtue of their flux rope structure. Fast CMEs drive shocks, so the compressed sheath field between the flux rope and the shock can also contain Bz (Tsurutani et al., 1988). Thus both the flux rope and sheath can be source of Bz and hence cause geomagnetic storms. One of the common indicators of the strength of geomagnetic storms is the Dst index (expressed in nT), which is computed as the horizontal component of Earth's magnetic field measured at several equatorial stations (now a SYM-H index is available which is essentially a one min resolution Dst index). The southward magnetic component of ICMEs (and their upstream sheaths) creates magnetic storms, which are enhancements in the Earth's outer radiation belts. The magnitude is measured by ground based magnetometers near the equator giving the Dst and SYM-H indices. CMEs/magnetic storms also cause severe ionospheric effects

SABER instrument is onboarded on NASA's TIMED satellite. SABER monitors infrared emissions from carbon dioxide (CO₂) and nitric oxide (NO), two substances that play the key role in energy balance of air 100 to 300 km. above Earth surface. By measuring the infrared radiance of these molecules, SABER can assess the thermal state of gas at the very top of the atmosphere. When the thermosphere cools, it shrinks, decreasing the radius of Earth's atmosphere. Thermosphere Climate Index (TCI)—a number expressed in Watts that tells how much heat NO molecules are dumping into space. During Solar Maximum, TCI is high (“Hot”); during Solar Minimum, it is low (“Cold”). The state of the thermosphere can be discussed using a set of five plain language terms: Cold, Cool, Neutral, Warm, and Hot.

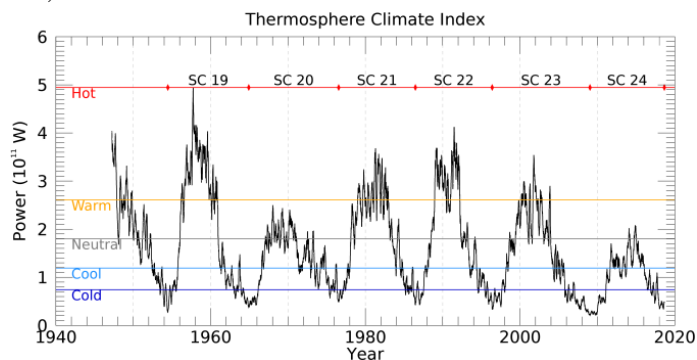


Fig.1. The historical record of Thermosphere Climate Index [9].

As 2018 comes to an end, the Thermosphere Climate Index is on the verge of setting Space Age record for **Cold**.

Discussion

In order to understand influence of geomagnetic activity on the formation of weather pattern geomagnetic indices achieve [5,6,7,8] and meteorological observation database for 2018-19 have been analyzed. The 3 location were chosen; namely: Tbilisi- (Kartli Region), Batumi- Adjara Region and Telavi-Kakheti Region. The results showed that always weather pattern change: increasing of wind velocity; temperature change (decrease); precipitation amount increasing follows geomagnetic activity. The correlation between meteorological parameters and Geo-storm for Tbilisi is presented in Tab.1 [6,7,8].

Table 1. The correlation between meteorological parameters and Geo-storm for Tbilisi 2018

Date	Temp. (C)	Precipitation	Wind (m/sec)	Geo. magn. index
17.12.18	+4	Drizzle, Mist.	3	G1-G2
16.12.18	+6	Rain showers, slight	6	G1-G2
13.12.18	+6	Rain showers, slight	14	G1-G2
09.11.18	+8	Rain. Mist.	4	G1
03.11.18	+10	Rain. Mist.	3	G1-
23.10.18	+17	Rain, showers	10	G1
25-26.10.18	+13	Rain, showers	17	G1
14.09.18	+24	Thunderstorm.	4	G2
11.09.18	+20	Rain, showers	11	G2
26.08.18	+24	Rain, showers	4	G1
27.08.18	+24	Thunderstorm. Rain.	4	G3
23.08.18	+26	Thunderstorm.	7	G3
20.08.18	+22	Rain, showers	6	G3
11.08.18	+20	Rain, showers. Thunderstorm.	5	G1
17.08.18	+26	Rain, showers	4	G1
23-24.07.18	+26	Rain, showers Thunderstorm	7	G1
06.07.18	+25	Thunderstorm	13	C
07.07.18	+24	Rain, showers.	12	C
23.06.18	+23	Thunderstorm, moderate.	8	C
24.06.18	+26	Thunderstorm, moderate.	9	C
17,18,19,20.06.18	+22	Rain, showers ,Thunderstorm	10	C
01.06.18	+19	Thunderstorm	14	G1
02.06.18	+19	Rain, showers ,Thunderstorm	9	G2
17.05.18	+21	Rain, showers	5	G1
19.05.18	+21	Rain, showers	6	G1
14.05.18	+19	Thunderstorm	9	G2
06.05.18	+23	Thunderstorm	6	G2
20.04.18	+13	Rain showers	16	G1
14-15-16.04.18	+10	Rain.	8	G1
11.04.18	+15	-	4	G1
12-13.04.18	+17	Thunderstorm	7	G1
23.03.18	+10	Rain. Fog	7	G1
17-18.03.18	+10	Rain showers.	11	G1; G2
13.03.18	+4	Mist	6	G1
08-09-10.03.18	+10	Rain showers	24	G1
03.03.18	+6	Mist	4	G1
27.02.18	+5	Rain.	5	G1
26.02.18	+7	Rain shower,slight.	14	G1
19.02.18	+6	Mist, fog,	8	G1
18.02.18	+4	Rain	2	G1
14.02.18	+6	Rain, Mist.	8	G1
12.02.18	+6	Mist	14	C1.5
10.02.18	+6	Mist, fog. Rain showers	5	C4
08.02.18	+6	Mist	3	C8
28.01.18	+1	Rain, snow slight.fog.	4	G1
19.01.18	+5	Rain, Mist, snowflakes.	15	G1
14.01.18	+2	Rain and snow	4	G1

In addition from analyzing of historical records of meteorological observations and geomagnetic activity this correlation became more obvious. Many dangerous hydrometeorological event (flood, landslide) occurred over Georgian territory has driven by this activity, as the result of intensification of precipitation amount. Even hail processes intensification are the result of increasing atmosphere electricity and thunderstorm activity, that are produced by high energy charged particles intrusion into upper atmosphere.

It is not fully clear the physical mechanism of this correlation and the issue needs further investigation applying quantum field theory that is more suitable for description of photon-photon or photon-charged particle interaction [10]. But it may be assumed that for weather forecasting the only existed numerical weather models aren't sufficient and they have to be enhanced by electromagnetic models to make forecasting more precise.

ლიტერატურა- REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. THE CONNECTION OF GEOMAGNETIC ACTIVITY AND WEATHER FORMATION IN GEORGIAN REGION. Tatishvili M., Khvedelidze Z., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Kokosadze Kh International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“ .Proceedings, ISSN 1512-1976, v. 6, Kutaisi, Georgia. 2018
2. Impact of solar coronal mass ejections (CME) on formation of Earth climate and weather pattern. M/ Tatishvil, I. Mkurnalidze, I. Samkharadze, N. Tsintsadze. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. v.7. issue 1. pp1-5. 2018
3. Wind field distribution in Georgia M. Tatishvili, D. Demetrashvili, I. Samkharadze. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. v.7, issue 5. DOI:10.4172/2090-4541.10002389. 2017
4. Local disturbances and wind field distribution modeling in Georgia. M. Tatishvili, I. Samkharadze. ISJ. Journal of Environmental Science. Vol. 6, Issue 2. 2017
5. Toshitaka Tsuda, Marianna Shepherd and Nat Gopalswamy. Advancing the understanding of the Sun–Earth interaction—the Climate and Weather of the Sun–Earth System (CAWSES) II program. // .Progress in Earth and Planetary Science (2015) 2:28 DOI 10.1186/s40645-015-0059-0..
6. www.spaceweather.gov
7. SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS. Space Environment Center. 2012
8. <http://SunSpotWatch.com>
9. Martin G. Mlynczak, Linda A. Hunt, James M. Russell, B. Thomas Marshall, Thermosphere climate indexes: Percentile ranges and adjectival descriptors, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.04.004>
10. Developing Weather Forecasting System in Georgia. Marika Tatishvili. Ecology & Environmental Sciences 2 (7) DOI:10.15406/mojes.2017.02.00046 2017

უაკ 551.576

2016-18 წლების გეოსივრცის ანალიზი /მ.ტატიშვილი, ზ.ხვედელიძე, ი.სამხარაძე, ა.ფალავანდიშვილი/ სტუპ-ის შპი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.60-66. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. დედამიწის კლიმატის ცვლილება მზე-დედამიწის ფიზიკის კვლევის ფოკუსური წერტილია და განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ტროპოსფეროს, შუა ატმოსფეროს, გეოსივრცის (მეზოსფეროს, თერმოსფეროს, იონოსფეროს და მაგნეტოსფეროს), და მზის აქტივობის შეკავშირებას. მზის ქარი, კორონალური მასიური ამოფრქვევები (CMEs), მზის ენერგეტიკული ნაწილაკები (SEPs) წარმოქმნიან კოსმოსურ ამინდს გეო-სივრცეში. მათ შეუძლიათ წარმოქმნან შემდეგი ზემოქმედებები: საფრენი აპარატების ელექტრობის ცვლილება, ვან ალენის რადიაციული ღვედის წანაცვლება, დაგეგმილი კოსმოსური ტრაექტორიის შეცვლა, გაშვების ტრაექტორიის შეცდომები, რადარული შეცდომები, რადიო ტალღების გავრცელების ანომალიები, ელექტროენერჯის ბლოკირება, ნავთობისა და გაზის მილსადენის კოროზია, ელექტროშოკის საშიშროება, ელექტრო ხანძარი, გულ-სისხლძარღვთა დავადებების გამწვავება და საგზაო შემთხვევები. მზე, დედამიწის ორბიტაზე მოძრაობასთან ერთად, მართავს მზე- დედამიწის გარემოს ცვლილებებს.

dst, kp, aa გეომაგნიტური ინდექსები და შტორმამდე და შტორმის შემდეგ 3 დღის მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, ნალექების, წნევის) დაკვირვების მონაცემები გამოიყენება კორელაციური ანალიზისთვის. ასევე გაანალიზდება ექსტრემალური მეტეოროლოგიური პარამეტრების სეზონური ცვლილებების კავშირი NAO-QBO-მზის-გეოაქტიურობასთან დაკავშირებით.

UDC 551.576

Analysis of 2016-18 Geo-space /Marika Tatishvili, Zurab Khvedelidze, Inga Samkharadze, Ana Palavandishvili/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU - 2019 - vol.127 - pp.60-66. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Changes in Earth's climate have been the focal point of recent research in the solar-terrestrial physics and special emphasis has been placed on the coupling between the troposphere, middle atmosphere, near Earth Geospace (mesosphere, thermosphere, ionosphere, and magnetosphere), and solar activity. Solar transients; Solar Flares, Coronal Mass Ejections, Solar Energetic Particles are the drivers of the Space Weather Effect in Geo-Space. Huge energy increases the ionosphere temperature and causes large-scale ion drifts and neutral winds. They can produce the following affects on the Earth: electrostatic spacecraft charging, shifting of the Van Allen radiation belt, space track errors, launch trajectory, radar errors, radio propagation anomalies, electrical power blackouts, oil and gas pipeline corrosion, communication landline and equipment damage, electrical shock hazard, electrical fires, heart attacks, and traffic accidents. The Sun, together with the Earth's motion along its orbit, govern changes in the solar-terrestrial environment. Geomagnetic indices dst, kp, aa and meteorological parameter (temperature, precipitation, pressure) observation data and pre and after storm 3 days are used for correlation analysis. Also seasonal changes in extreme meteorological parameters will be analyzed in connection with NAO-QBO-Solar-Geoactivity.

УДК 551.576

Анализ Гео-пространства 2016-18 /М.Р. Татишвили, З.В. Хведелидзе, И.Н. Самхарадзе, А.М. Палавандишвили/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.60-66. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Изменения климата Земли были центром недавних исследований в области солнечно-земной физики, и особое внимание было уделено связи между тропосферой, средней атмосферой, околоземным пространством (мезосфера, термосфера, ионосфера и магнитосфера) и солнечной энергией. Солнечные процессы; Солнечные вспышки, выбросы корональной массы, солнечные энергетические частицы являются движущими силами эффекта космической погоды в геопространстве. Огромная энергия повышает температуру ионосферы и вызывает масштабные дрейфы ионов и нейтральные ветры. Они могут оказывать следующие воздействия на Землю: заряд электростатического космического корабля, смещение радиационного пояса Ван Аллена, ошибки космической навигации, траектория запуска, радиолокационные ошибки, аномалии распространения радиосигнала, отключение электроэнергии, коррозия нефте- и газопроводов, наземная линия связи и оборудование повреждения, опасность поражения электрическим током, электрические пожары, сердечные приступы и дорожно-транспортные происшествия. Солнце вместе с движением Земли вдоль своей орбиты управляет изменениями в солнечно-земной среде. Геомагнитные индексы dst, kp, aa и данные наблюдений за метеорологическими параметрами (температура, осадки, давление) и до и после шторма через 3 дня используются для корреляционного анализа. Также будут проанализированы сезонные изменения экстремальных метеорологических параметров в связи с NAO-QBO солнечной геоактивностью.

შპს 551.501.8

ელჭექების შესწავლის მოკლე ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა ირინე მკურნალიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო i.mkurnalidze@gmail.com

ელჭექი ადამიანების კვლევით ყურადღებას უძველესი დროიდან იპყრობდა. ერთერთმა პირველმა, ვინც ელჭექის ბუნებაზე თავისი მოსაზრება გამოთქვა იყო ბერძენი ფილოსოფოსი ანაქსიმენი. ის განიხილავდა ელჭექს როგორც ღრუბელში ჰაერის შეკუმშვის შედეგს. შემდგომ ანაკსიგორმა ეცადა ელჭექის წარმოქმნის და განვითარების პროგნოზირება. სოკრატე და დემოკრიტე ელჭექის წარმოქმნის მიზეზს ხედავდნენ ღრუბლების შეჯახებასა და გაერთიანებაში. არისტოტელემ განაზოგადა მათი წარმოდგენები. ლუკრეციუსი ელჭექების გენერაციას აბრალებდა ქარს, რომელიც ღრუბლიდან განდევნის „ცეცხლოვან სხეულებს“, ანუ ელვებს. [1]

შემდგომ პერიოდში ელჭექების შესწავლას ძირითადად აღმწერლობითი ხასიათი ჰქონდა. XVIII საუკუნეში დაიწყო ელჭექების შესწავლის ახალი ეტაპი. ამერიკელი მკვლევარი ფრანკლინი მივიდა დასკვნამდე, რომ ელვა და ქუხილი არის ატმოსფეროში ელექტრული ძალების გამოვლინება. ასეთმა მიდგომამ პრაქტიკული შედეგიც მიიღო. ფრანკლინმა მეხამრიდი დააპატენტა. რუსმა მეცნიერმა რიხმანმა სანქტ-პეტერბურგში პირველი ელექტრო გამზომი ხელსაწყო შექმნა. თითქმის ერთდროულად ფრანკლინთან სხვა მეცნიერებმა - დე-რომმა, დელიბორმა, რიხმანმა და ლომონოსოვმა ექსპერიმენტალურად დაამტკიცეს ელვის ბუნებაში ელექტრული მდგენელის არსებობა. [2-5] ლომონოსოვი განსაკუთრებით აღნიშნავდა, რომ ღრუბელში მუხტების გადანაწილება და ძლიერი ელექტრული ველის წარმოქმნა ხდება ინტენსიური ვერტიკალური, როგორც აღმავალი ასევე დაღმავალი, ჰაერის ნაკადების არსებობისას; რაც ბევრად ესადაგება თანამედროვე წარმოდგენებს. [6] შემდეგ ძალიან ბევრი მეცნიერი იკვლევდა ელჭექების წარმოქმნის მექანიზმს - ვოლტი, ლავუაზიე, ლაპლასი, ფარადეი, სოსური, პაღმიერი და სხვა. 1883 წელს სიმენსმა გამოთქვა ვარაუდი, რომ დედამიწის ელექტრიზაცია ხდება ინდუცირებით დადებითად დამუხტული მზის ზედაპირიდან. ამ ჰიპოტეზის თანახმად ელჭექის წარმოქმნა აიხსნება როგორც დედამიწის დამუხტული ზედაპირიდან ელექტროობის ე.წ. მეორადი ინდუცირება ღრუბელში. [1] ამ ჰიპოტეზამაც ბოლომდე ვერ გასცა პასუხი ყველა კითხვაზე, რომელიც ეხებოდა ელჭექის წარმოქმნა-განვითარებას.

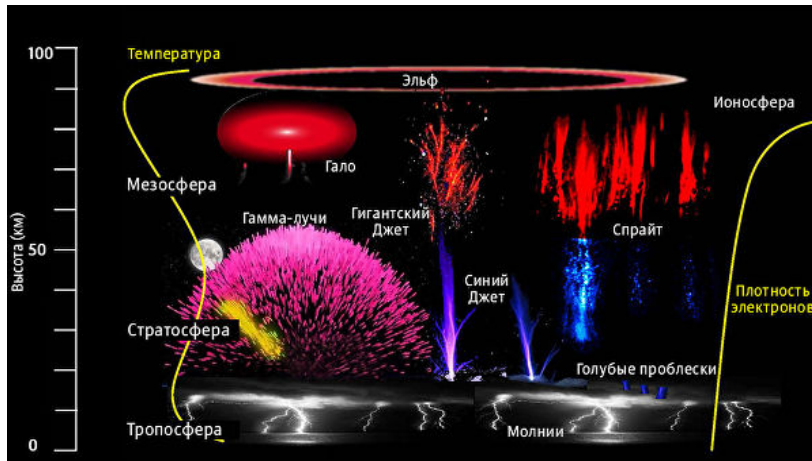
XX საუკუნეშიც გრძელდება კვლევები და ჩნდება სხვადასხვა ჰიპოტეზები და მოსაზრებები. მათი ავტორებია ვილსონი, ფინდაიზენი, მეისონი, განნი, მუჩნიკი. არაბაჯი, ჩალმერსი და სხვა. [1-5] ბოლო ნახევარსაუკუნის განმავლობაში ყველაზე პოპულარულია შემდეგი წარმოდგენა: ელჭექი წარმოიქმნება გროვა-საწვიმარ ღრუბელში. ზემოთ ასვლისას ღრუბელი ფართოვდება და ცივდება. მასში ჩნდება წყლის წვრილი წვეთები, ფიფქები, სეტყვის ჩანასახები და უამრავი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკები. ფაქტიურად ღრუბელში ფორმირდება აეროზოლი. ღრუბელში წარმოებს სხვადასხვა მიკროფიზიკური პროცესები - კონდენსაცია, კოაგულაცია, სუბლიმაცია, აორთქლება. ამ პროცესების დროს ჰიდრომეტეორები ეჯახებიან და ეხებიან ერთმანეთს და იძენენ მუხტს. შემდეგ ფორმირდება დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ფენები. იწყება წვიმა, ჩნდება შიდაღრუბლიანი განმუხტვები, რომლებიც აღწევენ დედამიწის ზედაპირს ელვის სახით. ელვა აჩენს არხს, რომელშიც გადის ძლიერი ელექტრული დენი. არხი ფაქტიურად წარმოადგენს მძლავრად იონიზირებულ აირს, ანუ პლაზმას. მაღალჩაროსნული კამერით გადაღებისას ჩანს როგორ განშტოვდება ელვა (სურ. 1). როდესაც ის უახლოვდება დედამიწას მის შესახვედრად დედამიწიდან (როგორც წესი მაღლადმყოფობიექტებიდან) მიემართება აღმავალი ლიდერი. მათ შეხვედრისას ჩვენ უკვე ვიხუალებოდ ვხედავთ ელვას. არხში დენის სიჩქარე სინათლის სიჩქარის რიგისაა. ასეთ ელვას მოაქვს დიდი ზარალი და მსხვერპლი. [9]

უამრავი კვლევების შედეგად უახლესი ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით უფრო მეტი კითხვა ჩნდებოდა ელვის წარმოშობა-განვითარებაზე. მაგალითად, იმისათვის რომ ჰაერში 1 სმ-ზე მოხდეს 1 განმუხტვა საჭიროა 30000ე ძაბვა. თანამედროვე გაზომვების თანახმად, ასეთი პოტენციალი ღრუბელს არ გააჩნია. გასულ საუკუნის ბოლოს აღმოჩენილ იქნა ელვის უცნობი სახეები, ე.წ. სპრაიტები - ხილული ამოფრქვევები 70-85კმ სიმაღლეებზე, რომლებიც ჩნდება მაშინ როცა დედამიწაზე მოხდება ძლიერი განმუხტვა, ანუ როდესაც მოხდება ღრუბლის ქვედა ნაწილის განმუხტვა. კოსმოსიდან დაფიქსირდა ცისფერი ჯეტები და გიგანტუ-

რი ჯეტები - დიდი გაჭიმულობის ელექტრული განმუხტვები, რომლებიც ამოფრქვევა ღრუბ-
 ლის ზედა ნაწილიდან 90-95კმ სიმაღლეზე. (სურ. 2)



სურათი 1



სურათი 2

გასული საუკუნის მიწურულს 1991 წელს ამერიკულმა თანამგზავრებმა ელჭექის დროს დააფიქსირეს გამა-კვანტების მძლავრი ჩქაფუნები, ანუ ძლიერი რენტგენული გამოსხივება. ასეთი ენერგეტიკული კვანტები ძალიან იშვიათია მზის ამოფრქვევების დროსაც კი. ე.ი. გამოდის, რომ ღრუბელი ელემენტარული ნაწილაკების ამაჩქარებელია. ასე გაჩნდა ახალი დარგი - ატმოსფერული მაღალი ენერგიების ფიზიკა. 2000 წელს აღმოაჩინეს, რომ ღრუბელში, სადაც 10 კმ სიმაღლეზე ჩნდება მძლავრი რადიოგამოსხივების კერა ბევრად ძლიერი იმაზე, რაც თანსდევს ელვას. ის სულ მიკროწამი არსებობს. ამ კერებს დაარქვეს კომპაქტური შიდაღრუბლიანი განმუხტვა.

ცალკე ამოცანას წარმოადგენს ე.წ. სფერული ელვა. ცნობილია ათასობით მისი არსებობის ფაქტი სხვადასხვა ისტორიულ ერფოქაში. მეცნიერებმა ლაბორატორიაშიც მიიღეს პლაზმური “სფერული წარმონაქმნები”, მაგრამ იმის დამტკიცება, რომ ის ნამდვილად არის ბუნებრივი ელვა დღემდე ვერ შეძლეს. ძირითადი კითხვა მდგომარეობს იმაში, თუ რატომ არსებობს პლაზმის დამუხტული შესქელება ატმოსფეროში ასე დიდხანს, წამების და წუთების განმავლობაში, როცა ის გარე „კვების“ გარეშე წამის მეთასყედის განმავლობაშიც ვერ იარსებებს, გაცივდება.

ერთერთი საკმაოდ საშიში ელჭექია ე.წ. მშრალი ელჭექი. ის ჩნდება უღრუბლო ცაში. ის სველ ელჭექთან შედარებით 6-8-ჯერ უფრო მძლავრია და ის დადებითადაა დამუხტული. სველი, როგორც წესი, უარყოფითად არის დამუხტული. ამ ტიპის ელჭექები ფართო მასშტაბიან

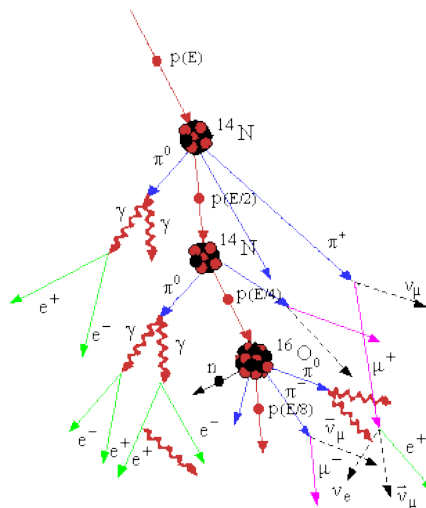
სანძრებს იწვევენ, განსაკუთრებით მცენარეულ საფარზე. (სურ. 3) ყველა ზემოთაღწერილ მოვლენას დღემდე ერთმნიშვნელოვანი თეორიული ახსნა არ გააჩნია.



სურათი 3

ამრიგად მეცნიერების წინაშე ისევ და ისევ ზოგადად დგას სამი პრობლემა: ელექტის წარმოშობა, ელვის ინიციაცია, მისი განვითარება და ე.წ. ფინალური ნახტომი. რაც ეხება პირველს, როგორც ზემოთ ვახსენეთ ღრუბელს არ გააჩნია ისეთი პოტენციალი, რომ გაჩნდეს ნაპერწკალი და წარმოიშვას ელვა. მაშინ რა ანთებს ელვას?

1992 წელს რუსმა მეცნიერმა გურევიჩმა [7] გამოთქვა მოსაზრება, რომ ღრუბელში ნაპერწკლის გაჩენის მიზეზს წარმოადგენს კოსმოსური სხივები და შექმნა ამჟამად აღიარებული თეორია, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: მრავალრიცხოვანმა დაკვირვებებმა და გამოთვლებმა აჩვენეს, რომ ჰაერში ელექტრონების უმრავლესობას გააჩნია ე.წ. თავისუფალი გარბენის სიგრძე, რომელიც არ აღემატება 1 სმ-ს, მაგრამ ჰაერში ფიქსირდება ე.წ. ჩქარი ელექტრონები, რომლებიც თითქმის სინათლის სიჩქარით მოძრაობენ და მათი გარბენის სიგრძე 1 მეტრს აღწევს. მათ უწოდებენ გაქცეულ ელექტრონებს. ეს ელექტრონები ეჭახებიან ჰაერის მოლეკულებს და ჩნდება უამრავი ასეთივე ელექტრონები. ველი აჩქარებს ნელ ელექტრონებსაც და წარმოიქმნება ამ გაქცეული ელექტრონების ზეავისებური ნაკადი (სურ. 4).



სურათი 4

ეს ნაკადი სწრაფად ზრდის გარემოს ელექტროგამტარობას და ჩნდება ელექტრო „ნაპერწკალი“. ამ მოვლენის დროს მუხტის მატარებელი გარბენის სიგრძის გასწვრივ იძენს ენერგიას, რომელიც ხელს უწყობს ჰაერის მოლეკულების ძლიერ იონიზაციას, რაც აჩენს კიდევ და კიდევ თავისუფალ მუხტის მატარებლებს. ამ მოვლენის შედეგად წარმოიქმნება მრავალკილომეტრიანი პლაზმის ფენა. ამას კი შეუძლია შექმნას ელექტური განმუხტვა ანუ ელვა. [8] ჩვეულებრივ პირობებში ნაპერწკლის გაჩენისათვის საჭიროა ძაბვა 23კვ/სმ და

გაქცეულ ელექტრონების გარემოში კი საკმარისია 2,16 კვ/სმ ძაბვა. მაშასადამე ე.წ. გაქცეულ ელექტრონებს ნამდვილად შეუძლიათ ელვის წარმოქმნა.

ევროპაში ბოლო ათწლეულში განხორციელდა გრანდიოზული პროექტი LOFAR (Low Frequency Array) [10] რომელიც წარმოადგენს რადიოტელესკოპებისაგან შემდგარ ინტერფერომეტრიულ ბადეს გადანაწილებულს ევროპის ქვეყნებში - ნიდერლანდებში, გერმანიაში, საფრანგეთში, დიდ ბრიტანეთში და შვედეთში. რადიოტელესკოპი LOFAR-ი მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესი სადამკვირვებლო სისტემაა. სისტემა დამუშავდა და განხორციელდა ნიდერლანდების ასტრონომიულ ფონდის ASTRONOM-ის მიერ. სხვა მსგავსი ტელესკოპებისგან განსხვავებით ის ერთ დიდ ტელესკოპს კი არ იყენებს, არამედ 15000 ყველამხრივ მიმართულ ანტენას და ასტრონომიული სადგურების 77 უფრო მსხვილ ანტენას. ყველა ეს ანტენა განლაგებულია 1000 კმ-ან რადიუსში ზემოთ ხსენებულ ქვეყნებში. სისტემა დაკვირვებებს აწარმოებს ინფრაწითელ, რადიო და რენტგენულ დიაპაზონებში, ანუ 10-დან 240 მეგაჰერცამდე. ეს იძლევა შესაძლებლობას გაიხსნას სამყაროს ბევრი საიდუმლო. მას წარსულშიც კი შეუძლია “ჩახედვა”. ის იჭერს რადიოტალღებს, რომელთა ასაკი მილიონ და მილიარდ წელს აღწევს. (სურ. 5, 6)



სურათი 5



სურათი 6

ყველა ანტენის ეფექტური ფართობი შეადგენს 1 კმ-ს, რაც უზრუნველყოფს სისტემის მაღალ მგრძობიარობას და გარჩევადობას. დაკვირვება ხდება ყველა მიმართულებით. მონაცემები ყველა ანტენიდან გროვდება გრინინგენის უნივერსიტეტის სუპერკომპიუტერში BLUE Gene/P, მუშავდება სპეციალური პროგრამებით და მიიღება საბოლოო გამოსახულება. მონაცემების რაოდენობა ასტრონომიული ერთეულებით იზომება. სისტემა აკვირდება მზის მდგომარეობას, დედამიწის და სხვა პლანეტების და პლანეტაშორის მაგნიტური ველების მდგომარეობას, ახლო და შორეული გალაქტიკების მდგომარეობას და ა.შ. ცალკე პროგრამა შეიცავს დაკვირვებებს დედამიწის ამინდსა და კლიმატზე. LOFAR-ი დაკვირვებას აწარმოებს ელექტურ დრუბლებზეც. პროექტში მონაწილე მეცნიერებმა ექსპერიმენტალურად დაადასტურეს, რომ ელვის წარმოქმნა კოსმოსურ სხივებთან არის დაკავშირებული. ზემოთ აღწერილ თეორიის თანახმად ატმოსფეროს ძლიერ იონიზაციას იწვევს მაღალენერგიული კოსმოსური გამოსხივება. როცა კოსმოსური ნაწილაკი ურთიერთობს ჰაერის მოლეკულებთან, იწყება ჯაჭვური რეაქცია და მილიონობით დამუხტული ნაწილაკი ეშვება დედამიწაზე. მათი ურთიერთქმედება პლანეტის გეომაგნიტურ ველთან აჩენს ტალღებს, რომლებსაც აფიქსირებს LOFAR-ის რადიოტელესკოპი. დაკვირვების სამწლიან პერიოდში დაფიქსირდა 762 მაღალსიხშირიანი ე.წ. ელ-

ექტრონების ზეავი. როგორც ამბობენ პროექტის შემსრულებლები, კარგი ამინდის დროს რადიოტალღები ერთნაირად პოლარიზებული არიან და მოწესრიგებულად მოდიან, როგორც კი სადმე ახლოს ელექტი გაჩნდება, მდგომარეობა მკვეთრად იცვლება. მეცნიერებმა კომპიუტერულ მოდელში ჩართეს ელექტიან ღრუბელში წარმოქმნილი მაღალეფექტური ელექტრონები. გამოთვლები დაემთხვა რადიოტელესკოპით მიღებულ მონაცემებს.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Арабаджи В.И. Грозы и грозовые процессы. Изд. БГУ. Минск. 1960
2. Мучник В.М. Физика грозы. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1974. 351
3. Чалмерс Дж.А. Атмосферное электричество. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1974.
4. Роджерс Р.Р. Краткий курс физики облаков. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1979. 231.
5. Mason В.И. Physics of cloud. Clarendon Press. Oxford. 1971.671pp
6. Хромов С.П. и др. Метеорология и климатология. МГУ. 2006. 584
7. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и разряды во время грозы. ж. Успехи Физических Наук т.171. 1177-1199
8. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Роль космических лучей в образовании молний. ФИАН. Краткие сообщения по физике. №9. 2003.43-50
9. Википедия
10. LOFAR for Space Weather. Projects H2020 EU.1.4.1.1. CORDIS. 2018

უაკ 551.501.8

ელექტების შესწავლის მოკლე ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა /ი. მკურნალიძე/სტუპ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.67-71. –ქართ.; რეზ. წარმოდგენილ ნაშრომში მოკლედ მიმოხილულია ელექტების შესწავლის ისტორია უძველეს დროიდან დღემდე. განხილულია ელექტების წარმოქმნის და განვითარების შესახებ არსებული ძირითადი ჰიპოტეზები შეთავაზებული სხვადასხვა ქვეყნის და დროის მეცნიერების მიერ.

მოყვანილია უახლესი აღმოჩენები განხილულ დარგში. აღწერილია ელვის ისეთი სახეობები, რომლებიც აღმოაჩინეს მხოლოდ ათწლეულების წინ.

ჩამოყალიბებულია კითხვები, რომლებიც ამჟამადც დგას მეცნიერების წინაშე.

წარმოდგენილია უახლესი საერთაშორისო, მრავალპროფილიანი პროექტი LOFAR, რომლის კვლევის ერთ-ერთ მიმართულებას წარმოადგენს დედამიწის კლიმატის და ამინდის შესწავლა. თვალსაჩინოებისათვის მოცემულია შესაბამისი სურათები.

UDC 551.501.8

Brief history of thunderstorm research and current status /I.Mkurnalidze/Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.67-71. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. The presented work gives a brief history of studies of thunderstorm from ancient times to the present day. The most interesting hypotheses about the origin and evolution of thunderstorm processes proposed by scientist from different countries at different times are presented.

The latest discoveries in this area are reviewed. Lightning types which have been known only recently are described. The questions that have yet to be solved by scientists are formulated.

The latest multipurpose international project LOFAR is presented of which directions of research is climate and weather on Earth. For clarity the relevant photos are presented.

УДК: 551.501.8

Краткая история исследования гроз и современное состояние /И. П. Мкурналидзе/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.67-71. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. В представленной работе дана краткая история исследования гроз с древнейших времен и до наших дней. Изложены наиболее интересные гипотезы ученых разных стран и времен о происхождении и развитии грозовых процессов. Рассмотрены новейшие открытия в этой области. Описаны такие типы молний, о которых только недавно стало известно. Сформулированы вопросы, которые еще предстоит решить ученым.

Представлен новейший международный многопрофильный проект LOFAR, одним из направлений исследований которого является климат и погода на Земле. Для наглядности представлены соответствующие фотографии.

შპს: 504.064.36

**ატმოსფერული მტვრის ნაწილაკების მედიკო-ბიოლოგიური
და ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებათა მონიტორინგის ასპექტები**
გუნია გარი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
garrygunia@yahoo.com

გერმანელი მეცნიერის ვ. გიბსის მიერ შემოთავაზებული მცნება “აეროზოლი” მოიცავს აეროდისპერსული სისტემების ფართო ნაირსახეობას, რომელთა შორის მტვერი, ნისლი და ბოლი არიან [1].

ატმოსფერული ჰაერის ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ მინარევს წარმოადგენს მტვერი, რომლის მახასიათებლები უკვე კარგადაა ცნობილი და შემოფთვებასაც იწვევენ. უმთავრესად ეს ქვედა ატმოსფეროსა და ჰაერის მიწისპირა ფენაში გავრცელებულ მტვრის ნაწილს ეხება.

ცნობილია, რომ ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ატმოსფეროში ამ მინარევის რაოდენობის მნიშვნელოვანი მატება აღინიშნება, რამაც უკვე არა მარტო სამრეწველო ცენტრებსა და ქალაქებში, არამედ მათგან მნიშვნელოვნად დაშორებულ რაიონებშიც კი საშიშ სიდიდეებს მიაღწია.

ხშირად ატმოსფერული მტვრის დაყოფას თავისი თვისებების მიხედვით აწარმოებენ, მათ შორის: ჰიგიენურად - ბიოლოგიური ზემოქმედებით; მეტეოროლოგიურად - ატმოსფეროში განაწილებით; ტექნოგენურად - ადამიანის სამეურნეო და სამრეწველო ქმედებით.

მტვრის ნაწილაკები, ასევე, ელექტროდამუხტვისა და რადიოაქტიურობის მიხედვითაც იყოფიან. ნაწილაკები, რომლებიც მთლიანად ან ნაწილობრივ რადიოაქტიური ნივთიერებისაგან შედგებიან, რადიოაქტიურ მტვრად იწოდებიან.

ატმოსფერული მტვრის მნიშვნელოვან თავისებურებას მისი ელექტრული თვისებები წარმოადგენენ. ჰაერში დანაწევრებულ წვრილდისპერსულ მტვერზე ელექტრული მუხტის არსებობა შეიძლება იყოს გამოწვეული, როგორც ატმოსფერული იონების პირდაპირი მიტაცებით, ისე მტვრის ნაკადში ურთიერთხახუნით, იმ შემთხვევაშიც კი, როცა აეროზოლი თავდაპირველად არც კი იყო დამუხტული. ამასთან, მიღებული მუხტის სიდიდე ურთიერთმოქმედ ნაწილაკთა ზომებისა და მასების სხვაობებზეა დამოკიდებული. ატმოსფერული მტვრის ზომების განსაზღვრას ქვეფენილი ზედაპირის დაბინძურებისა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოქმედების საკითხების შესწავლისას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა.

გამოვლენილია, რომ ადამიანის ფილტვებში, უმთავრესად, ისეთი ნაწილაკები ხვდებიან, რომელთა ზომები 5 მკმ-ს არ აღემატება. 10 მკმ-ზე (PM₁₀-აშშ) უფრო მსხვილი ნაწილაკები მთლიანად ცხვირის ღრუში იღეპებიან, ხოლო, პირით სუნთქვისას, ისინი ზედა ბრონქების იქით არ შედიან. 5 მკმ-ს ტოლი ნაწილაკების მცირე რაოდენობისა და მათი უფრო დიდი ზომის უმეტესი ნაწილის დაკავება ხდება ცხვირში, ხოლო დანარჩენი ნაწილი კი, სედიმენტაციის ხარჯზე ბრონქებში იღეპება და მხოლოდ მათი მცირე ნაწილი აღწევს ალვეოლებს. მტვრის ნაწილაკები 0.8-1.6 მკმ-ს დიამეტრით, ძირითადად, ბრონქებსა და ალვეოლებში იღეპებიან, ხოლო 0.2-0.3 მკმ-ს დიამეტრის მქონე ნაწილაკების, დაახლოებით, 80% ისევ უკან ამოსუნთქებიან. ამ ზომებზე უფრო მცირე სიდიდის ნაწილაკების დაღეპვა ფილტვებში დიფუზიის ხარჯზე არის შესაძლებელი [2].

სუნთქვის პროცესში ელექტრული მუხტების მატარებელი მტვრის ნაწილაკები გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით დაიკავება, ვიდრე ნეიტრალური. ამასთან, ელექტროდამუხტული ნაწილაკების დაკავება 54%-ს შეადგენს, ხოლო ნეიტრალურებისა კი, მხოლოდ -18%-ს.

არსებული კვლევების მონაცემების ანალიზის შედეგად შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის თაობაზე, რომ ეკოლოგიური თვალსაზრისით საჭიროა ატმოსფერული მტვერი, ნაწილაკების დისპერსიულობის მიხედვით, დაიყოს ოთხ ჯგუფად:

- I ჯგუფს, ატმოსფეროში მუდმივად დისპერგირებული წვრილდისპერსიული, 15 მკმ-მდე ზომების, ნაწილაკები შეადგენენ. ჰიგიენური თვალსაზრისით, ამ ჯგუფში 5 მკმ-მდე ზომების ფრაქციის გამოყოფა არის მიზანშეწონილი, როგორც სასუნთქი ორგანოებისათვის

განსაკუთრებით მანვე ნაწილაკებისა;

- II-ე ჯგუფში 15-40 მკმ დიამეტრის ზომების მტვრის ნაწილაკებია გაერთიანებული, რომლებიც გამუდმებით მოიპოვებიან სამრეწველო ცენტრებისა და მსხვილი ქალაქების ატმოსფეროში.

რულ ჰაერში. ხელშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობების არსებობას, ისინი ჰაერის ნაკადით ამ რაიონებიდან რამდენიმე ასეულ კილომეტრზეც კი გადაიტანებიან.

- III-ე ჯგუფს 40-100 მკმ ზომების მსხვილდისპერსიული ნაწილაკები შეადგენენ, რომლებიც სამრეწველო ობიექტებიდან 2-3 კმ დაშორებით და აგრეთვე მტვრიანი ქარბუქის პირობებში დაიკვირვებიან.

- IV-ე ჯგუფს 100 მკმ-ზე უფრო დიდი ზომების ნაწილაკები შეადგენენ. ამ სახის ნაწილაკები სამრეწველო ცენტრების საჰაერო აუზში და მტვრიანი ქარბუქის პირობებში დაიკვირვებიან.

ცხრ.1-ში ცემენტისა და ალუმინის საწარმოთა და თიხამიწის გადამამუშავებელი კომბინატის მიმდებარე რაიონებში, ემისიების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე, მტვრის ნაწილაკთა ზომების მიხედვით რიცხვითი კონცენტრაციის განაწილების კვლევათა გასაშუალოებული შედეგებია მოცემული, პროცენტებში.

ცხრილი 1. ემისიების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე მტვრის ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაციის განაწილება ზომების მიხედვით, %-ში

ნაწილაკთა ზომები, მკმ	მანძილი გამონაბოლქვთა წყაროდან, კმ					
	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	12.0
0 – 3	26.3	20.2	21.2	44.5	37.0	45.8
3 – 6	41.5	39.0	40.0	35.2	24.0	25.1
6 – 9	10.9	14.6	12.7	7.2	10.4	11.4
9 – 12	9.9	11.2	10.5	6.4	8.4	11.8
12 – 15	3.6	4.1	4.4	2.6	6.2	3.4
15 – 18	3.5	3.5	4.4	1.5	3.2	1.9
18 – 21	1.4	1.9	2.4	0.9	4.5	0.2
21 – 24	1.2	1.6	2.3	0.8	2.5	0.1
24 – 27	0.5	1.3	0.4	0.4	1.9	0.1
27 – 30	0.5	0.6	0.4	0.3	1.4	0.1
30 – 33	0.1	0.8	0.6	0.1	0.3	0.1
33 – 40	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1	-
40 – 100	0.3	0.6	0.1	-	-	-
100 და მეტი	0.2	-	-	-	-	-

როგორც მოცემული ცხრილიდან ირკვევა, მინარევთა ემისიების წყაროებიდან 4-12კმ დაშორებით შესამჩნევად ჭარბობს 3 მკმ-მდე დიამეტრის მქონე ნაწილაკები. ზომების 6 მკმ-მდე გადიდებისას მათი რიცხვითი კონცენტრაციების მაქსიმალური სიდიდეების გადანაცვლება გამონაბოლქვების წყაროდან 0.5-2 კმ-ით დაშორებულ რაიონებში შეინიშნება. ამასთან, უფრო დიდ მანძილებზე ასეთი ნაწილაკების კონცენტრაციებს კლებადი ხასიათი გააჩნია.

უფრო დიდი ზომის ნაწილაკები, დისპერსიულობის მიხედვით, დაახლოებით, თანაბრად არიან განაწილებული გამონაბოლქვთა ჩირადნის თითქმის მთელ სიგრძეზე. ამის გამო გაძნელებულია ფრაქციების მიხედვით მათი დაგროვების რაიონების გამოყოფა.

ატმოსფეროს გამტვრიანების შესწავლისას, უნდა განვასხვავოთ ერთმანეთისაგან ბუნებრივი - “ფონური” და სამრეწველო წარმოშობის აეროზოლური მინარევები.

ბუნებრივი აეროზოლები, უმთავრესად, ზღვის მარილებისაგან, ტყის ხანძრის ბოლისაგან, ვულკანური წარმოშობის მინერალური მტვრისა და ქარის მიერ მიწის ზედაპირის ეროზიის პროდუქტების შემცველი (ეოლური მტვერი) ნაწილაკებისაგან შედგება. რომლებიც შეიცავენ: მცენარეთა ლპობის პროცესში წარმოქმნილ ორგანულ ნივთიერებებს; ცოცხალ ორგანიზმებს, როგორცაა, მაგალითად, ბაქტერიები; მცენარეთა სპორებს; ყვავილების მტვერს და, ნაწილობრივ, სამრეწველო რაიონებიდან ჰაერის ნაკადით გადმოტანილ ნივთიერებებს.

სამრეწველო რაიონების ჰაერი ძალზე დიდი რაოდენობის რთული ქიმიური შედგენილობის მტვრის ნაწილაკებს შეიცავს, რომლებიც, ძირითადად, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის პროდუქტებისაგან შედგება. მისი განსაზღვრა ყველა შემადგენელი ქიმიური კომპონენტის გათვალისწინებით თითქმის შეუძლებელია.

ამ სახის მტვერში ორგანული წარმოშობის ნაწილაკთა შორის ფენოლისა და კარბოქსილის შემცველი, დიდი მოლეკულარული წონის შენაერთები ჭარბობენ, ანტრაცენების, პირენებისა და ნაფთოლების ჩათვლით, რომელთა ზოგადი ბუნება ყველა სამრეწველო რაიონისათვის, ალბათ, ერთნაირი უნდა იყოს, ხოლო არაორგანული ნივთიერებებიდან ლითონური

შენაერთების დიდი რიცხვია აღმოჩენილი. აღნიშნული საკითხის შესწავლის მიზნით, მრავალი წლის განმავლობაში სრულდებოდა სპეციალური გამოკვლევები ემისიური სპექტრალური ანალიზისა და ატომურ-აბსორბციული მეთოდების გამოყენებით [3, 4].

განსახილველი საკითხის გაშუქების მიზნით, კავკასიის სხვადასხვა რეგიონში მრავალი წლის განმავლობაში ქვეყნილ ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის სინჯების ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის შედეგად მიღებული მიკრომინარევა შემცველობა იქნა შესწავლილი და შეფასებული. ამასთან, დედამიწის ზედაპირზე მოსული აეროზოლების სინჯების შეგროვება ხორციელდება სელიმენტაციის მეთოდის დახმარებით. მიღებულ სინჯებში კი, მიკრომინარევების განსაზღვრა, ამ მიზნებისათვის ჩვენს მიერ შემუშავებული, ემისიური სპექტრალური ანალიზის მეთოდის გამოყენებით სრულდებოდა. ამ კვლევების ზოგიერთი შედეგი ცხრ.2-შია მოტანილი, სადაც საკვლევი ელემენტების სიდიდეები წარმოდგენილია მათი მთლიანი ჯამის წილების სახით, პროცენტებში.

ცხრილი 2. ქვეყნილ ზედაპირზე მოსულ ატმოსფერულ მტვერში ლითონური მიკრომინარევების შემცველობა, % -ში

მინარევი	სინჯების შეგროვების პუნქტები							ჩრდილო კავკასია
	საქართველო			აზერბაიჯანი		სომხეთი		
	ქალაქის	ზღვის პირა	საქართ. მთიანი	ქალაქის	აზერბ. მთიანი	ქალაქის	სომხეთი მთიანი	
Si	10.1	16.7	15.4	15.8	13.1	9.2	3.6	30.6
Ca	8.9	12.9	31.8	13.4	13.1	29.3	16.0	13.9
Al	2.8	5.7	5.8	2.9	2.1	3.2	2.4	2.7
Mg	3.0	3.3	1.9	3.8	3.5	2.3	5.9	3.1
Fe	2.3	2.4	3.9	1.0	1.1	1.4	1.2	0.8
Mn	0.4	0.2	0.7	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1
Sr	0.4	0.2	0.2	0.8	0.5	0.8	0.6	0.2
Ti	0.4	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.03	0.2
Ni	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.001
Pb	0.04	0.02	0.04	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02
Cr	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	-	0.01
V	0.01	0.01	0.01	0.003	0.003	0.004	-	0.004
Zr	0.02	0.003	0.06	0.02	0.003	0.1	-	0.03
Sn	0.01	0.01	0.01	0.003	0.01	0.01	0.001	0.01
Ag	0.01	0.001	0.001	0.001	0.003	-	0.0002	-
Ga	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	-	0.001	0.001
Be	0.001	0.0003	0.0004	0.0002	0.0001	0.0003	0.0002	-

ზემომოტანილიდან კარგად ჩანს, რომ ატმოსფერული მტვერი ქიმიური ელემენტების საკმაოდ ფართო სპექტრს შეიცავს, რაც მისი მიკროსტრუქტურის სირთულეზე მეტყველებს. გარდა ამისა, სხვადასხვა რეგიონებიდან მიღებული სინჯების, მიახლოებით, მსგავსი ქიმიური შედგენილობა სამრეწველო წარმოშობის მტვრის ნაწილაკების ჰაერის ნაკადით ერთი ქვეყნიდან მეორეში, ტარანსსასაზღვრო გადატანის არსებობაზე მიუთითებს. ეს კი, აღნიშნული პროცესების შედეგად, ატმოსფერული ჰაერისა და ქვეყნილი ზედაპირის ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოლოგიური და სხვა თვისებების ფართომასშტაბური ცვლილებების შესაძლებლობაზე მეტყველებს.

როგორც საანალიზო ცხრილის მონაცემებიდან ირკვევა, საკვლევი რეგიონის სხვადასხვა ადგილში მტვრის ერთი და იგივე მიკრომინარევის შემცველობა, პრაქტიკულად, ერთნაირი ხარისხისაა, ხოლო დედამიწის ზედაპირზე მოსული მათი აბსოლუტური სიდიდეები, სინჯების აღების ადგილმდებარეობაზე დამოკიდებულებით, მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან.

მაგალითად, ცხრ.3-ში მოტანილი მასალიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ, საქართველოს სამრეწველო ქალაქებში, ატმოსფეროდან მოსული საკვლევი მიკრომინარევების რაოდენობა, რიგ შემთხვევაში, რამოდენიმეჯერ აღემატება ქვეყნის ზღვისპირა და მთიან რაიონებში აღრიცხულ მათ სიდიდეებს. ამაზე, განსახილველი ცხრილის ბოლო ორ სტრიქონში შესაბამის მონაცემთა შეფარდებების სახით მოტანილი, შეფასებები საკმაოდ მკაფიოდ მეტყველებენ.

საკვლევი მიკრომინარეგების კონცენტრაციათა სიდიდეები სამრეწველო საწარმოთა გამონაბოლქვების სახეობაზე, მეტეოროლოგიურ პირობებზე და საკვლევი რეგიონის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე და ოროგრაფიაზე არის დამოკიდებული.

ატმოსფერული მტვრის თავისებურებანი მარტო აღნიშნულით არ შემოიფარგლება. მაგრამ, გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის წარმოებისას, ზემოთ განხილულ მახასიათებლებს ეთმობა განსაკუთრებული ყურადღება. ისინი მიეკუთვნებიან ამ მინარევის ძირითად თავისებებს და ატმოსფეროს აეროდისპერსიული სისტემების დიდი რიცხვიდან მისი გამოყოფის საშუალებას იძლევიან.

ცხრილი 3. საქართველოს რეგიონებში ატმოსფეროდან ქვეფენილ ზედაპირზე მოსული მიკრომინარეგების რაოდენობები, ტ/კმ²წლ.

რეგიონები	ინარეგები														
	Si	Ca	Al	Mg	Fe	Mn	Ti	Sr	V	Cr	Zr	Pb	Ar	Sn	Ni
ქალაქის	14.1	12.5	4.0	4.2	3.2	0.6	0.6	0.6	0.01	0.01	0.03	0.06	0.01	0.01	0.04
ზღვისპირა	11.7	9.0	4.0	2.3	1.7	0.1	0.1	0.1	0.01	0.01	0.002	0.01	0.001	0.01	0.01
მთიანი	6.2	12.7	2.3	0.8	1.6	0.3	0.1	0.1	0.004	0.01	0.02	0.02	0.0004	0.004	0.01
ქალ/ზღვ.პირა	1.2	1.4	1.0	1.8	1.8	6.0	6.0	6.0	1.0	1.0	15.0	6.0	10.0	1.0	4.0
ქალ/მთიანი	2.3	1.0	1.7	5.3	2.0	2.0	6.0	6.0	2.5	1.0	1.5	3.0	25.0	2.5	4.0

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Gibbs W. E. Clouds and Smoke. – N.Y. Blakiston, 1924. – 261p.
2. Guniya G.S. Study of the Physicochemical Properties of Dust in the Ground Layer of the Atmosphere and of Methods of Measuring its Concentration. In: Air Pollution and Atmospheric Diffusion./Edit. M.E. Berlyand. – John Wiley & Sons, New York-Toronto, Jerusalem-London, 1974, N.2, pp.110-122.
3. Aleksandrov N.N., Guniya G.S., Konkov S.A. Methods for the Automatic Recording of Atmospheric Dust Concentrations and some of the Results Obtained. In: Special Environmental Report N3, Helsinki, 30 July-4 August 1973. - Geneva, WMO, 1974, N368.
4. გუნია გარი. ეკოლოგიური მონიტორინგი. თბილისი, ჰმი, 2019, 244გვ.

უაგ: 504.064.36

ატმოსფერული მტვრის ნაწილაკების მედიკო-ბიოლოგიური და ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებათა მონიტორინგის ასპექტები. /გუნია გ./ სტუპ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.-2019 - ტ.127 - გვ.72-75. – ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. ნაშრომში განხილულია, ავტორის მიერ დამუშავებული, ატმოსფერული მტვრის მედიკო-ბიოლოგიური და ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებათა საკითხები, მათ შორის, მოტანილია:

- მაგნე ნივთიერებათა ემისიების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე მტვრის ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაციების განაწილება ზომების მიხედვით; - ატმოსფერულ მტვერში ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობა; - საქართველოს სამრეწველო და რეკრეაციულ რეგიონებში ატმოსფეროდან ქვეფენილ ზედაპირზე მოსული მიკრომინარეგების მრავალწლიური საშუალო წონითი კონცენტრაციები.

UDC: 504.064.36

Aspects of monitoring biomedical and physico-chemical characteristics of atmospheric dust particles.

/Gunia G.S./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.72-75. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. The article discusses, worked out by the author, issues of biomedical and physico-chemical properties of atmospheric dust, including: - distribution of numerical concentrations of dust particles at various distances from emission sources; - the content of metallic trace elements in atmospheric dust; long-term average values of weight concentrations of microimpurities, falling from the atmosphere on the underlying surface of industrial and recreational areas of Georgia.

УДК: 504.064.36

Аспекты мониторинга медико-биологических и физико-химических особенностей частиц атмосферной пыли. /Гуния Г.С./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2019. вып.127 - с.72-75. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. В статье рассматриваются, проработанные автором, вопросы медико-биологических и физико-химических свойств атмосферной пыли, в том числе: - распределение численных концентраций частиц пыли на различных расстояниях от источников выбросов; - содержание металлических микропримесей в атмосферной пыли; - многолетние средние значения весовых концентраций микропримесей, выпадающих из атмосферы на подстилающую поверхность в промышленных и рекреационных районах Грузии.

უაკ 504.3.054

დ. ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხნიდან ბაზრქვეული აეროზოლების ბაზრცვლების მოდელირება და მისი ეპოლობიური შეშასება

ბ. გიგაური², ლ. გვერწითელი¹, ა. სურმაგა²

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი
2. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი, natiagigauri18@yahoo.com

ქ.ზესტაფონი არის საქართველოს ერთ-ერთი ინდუსტრიული ცენტრი. იქ ფუნქციონირებს მძიმე მრეწველობის მსხვილი საწარმო – შპს „ჯორჯიან მანგანეზი“, ამავე პროფილის რამდენიმე შედარებით წვრილი საწარმო. ევროპა-აზიის დამაკავშირებელ სატრანსპორტო მაგისტრალზე ყოველდღიურად მოძრაობს ათასობით მსუბუქი და მძიმეწონიანი ავტომობილი. შედეგად ყოველდღიურად ქალაქის ატმოსფეროში გაიფრქვევა დიდი რაოდენობის მტვერი, მანგანუმის ოქსიდები და ჰაერის დამაბინძურებელი აეროზოლები.

ქ.ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხანა ყოველთვის ითვლებოდა და ახლაც ითვლება ერთ-ერთ ძლიერ დამაბინძურებლად. ქ.ზესტაფონში მტვრის და მანგანუმის ოქსიდების კონცენტრაციები 10–ჯერ და უფრო მეტად აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებს [1].

ქალაქში გაფრქვეული მტვერი, მეტეოროლოგიური პროცესების გავლენით ვრცელდება დიდ მანძილზე და იწვევს მიმდებარე ტერიტორიების დაბინძურებას, განსაკუთრებით ქ. ზესტაფონის მახლობლად განლაგებულ საკურორტო და კულტურულ–რეკრეაციულ ობიექტებში (კურორტი წყალტუბო, ბორჯომი–ხარაგაულის ნაკრძალი, და სხვ). ამიტომ, ატმოსფერული ჰაერის დაცვის მიზნით, მნიშვნელოვანია ქ. ზესტაფონსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ატმოსფეროში გაფრქვეული მტვრის განაწილების ცოდნა.

ამოცანის დასმა. წარმოდგენილ ნაშრომში რიცხობრივად მოდელირებული და შესწავლილია ქ.ზესტაფონში არსებული მტვრის გავრცელების მექანიზმი და არეალი. ამ მიზნით, მოდელირებისათვის გამოყენებულია საქართველოს ტერიტორიაზე მეზომასშტაბის რეგიონში ატმოსფერული პროცესების განვითარების და დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა გავრცელების რეგიონალური მოდელი [2]. მოდელში მტვრის გავრცელება აღიწერება უწყვეტ გარემოში პასიური ინგრედიენტის გადატანა–დიფუზიის განტოლების საშუალებით [3], რომელიც რაიონის რელიეფის სირთულის გათვალისწინებით ჩაწერილია რელიეფის მიმყოლ კოორდინატთა სისტემაში [4]

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{w_0}{h}) \frac{\partial C}{\partial \zeta} = \mu \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial C}{\partial \zeta} \quad (1)$$

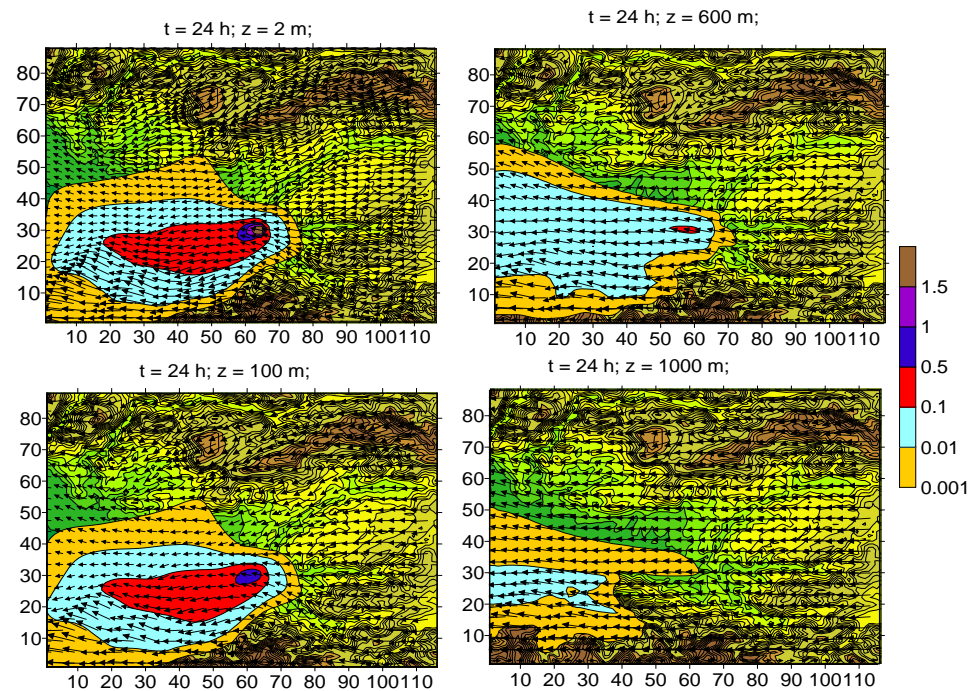
სადაც t დროა, x, y , და z - დეკარტეს მართკუთხა საკოორდინატო დერძებია, $\zeta = (z - \delta) / h$ - რელიეფის მიმყოლი დერძი, $\delta(x, y)$ - რელიეფი, $h = H - \delta$ ატმოსფეროს სისქეა, $H(t, x, y)$ - ტროპოპაუზის სიმაღლე, C - მტვრის კონცენტრაცია, u, v , და \tilde{w} - ქარის სიჩქარის მდგენელები x, y და ζ დერძების გასწვრივ, შესაბამისად. მათი მნიშვნელობები გამოითვლება რეგიონალური მოდელის [2] გამოყენებით ყოველ კონკრეტულ სინოპტიკურ სიტუაციაში, რიცხვით ექსპერიმენტში დასახული მიზნის შესაბამისად. w_0 არის მტვრის გრავიტაციული დაღეჟვის სიჩქარე. ის გამოითვლება სტოქსის ფორმულის საშუალებით. μ და ν პორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კინემატიკური კოეფიციენტებია.

(1) განტოლება რიცხობრივად ინტეგრირდება კრანკლ–ნიკოლსონის სქემითა და გახლენის მეთოდის გამოყენებით 118x90x31 კვანძისაგან შემდგარ სივრცულ ბადეზე პორიზონტალური 0.8 კმ და ვერტიკალური 1/31 ბიჯებით. ატმოსფეროს მიწისპირა 100 მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯი იცვლება 2–დან 15 მ–მდე, 17 წერტილიან ბადეზე. დროითი ბიჯი 5 წამია. **მოდელირების შედეგები.** საქარის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით, ქ. ზესტაფონის მიდამოებში გაბატონებულია აღმოსავლეთისა და დასავლეთის ფონური ქარები, თითოეულის განმეორადობა აღემატება 40%–ს, სხვა მიმართულების ქარების განმეორადობა არ აღემატება 2%–ს. კონცენტრაცია ქალაქის ტერიტორიაზე მუდმივია და უდრის 0.8 მგ/მ³.

ჩატარებულია რიცხვითი ექსპერიმენტები, რომელთა მიზანი იყო გამოგვეკვლია ქ. ზესტაფონის ჰაერში არსებული მტვრის გავრცელება რაიონისათვის დამახასიათებელი გაბატონებული – აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში.

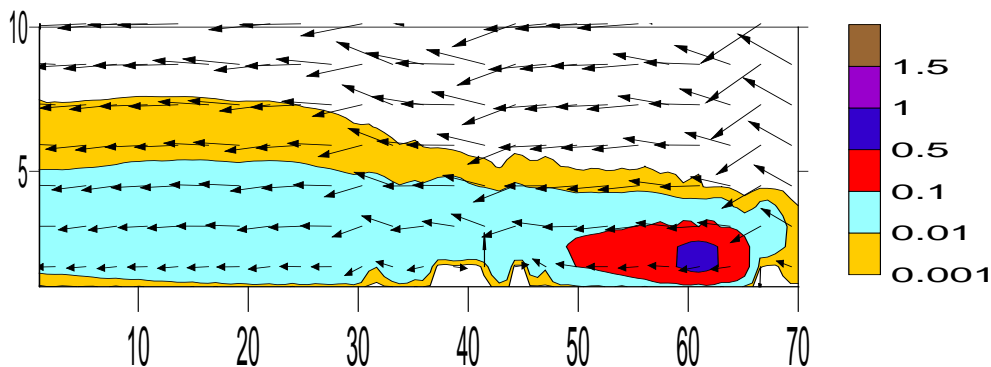
ნახ. 1 ნაჩვენებია რიცხვითი მოდელირების შედეგად მიღებული მიწისპირა ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება როცა $t=24$ სთ აღმოსავლეთის სუსტი ფონური ქარის შემთხვევაში ($u_{back} = -1$ მ/წმ). ნახაზზე მტვრის კონცენტრაციის იზოზოლები მოცემულია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (ზდკ) ერთეულებში (ზდკ=0.5 მგ/მ³).

ნახაზიდან ჩანს, რომ ქ. ზესტაფონში არსებული მტვერი 24 სთ-ის განმავლობაში ვრცელდება დასავლეთის მიმართულებით წაგრძელებული ელიფსისმაგვარი ზოლის სახით. დამტვერიანების ზოლი სუსტადაა დეფორმირებული, რაც გადატანის მიმართულებით შედარებით არართული რელიეფითაა გამოწვეული.

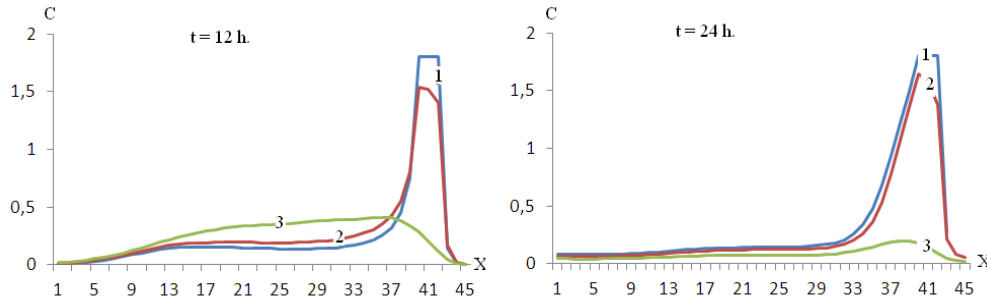


ნახ. 1. ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება მიწის ზედაპირიდან $z=2, 100, 600$ და 1000 მ სიმაღლეზე სუსტი აღმოსავლეთის ქარის დროს, როცა $t = 24$ სთ.

დამტვერიანებული ჰაერის არე მოიცავს დიდ სივრცეს კოლხეთის დაბლობის თავზე და გურიის ქედის მიდამოებში. ვერტიკალურ სიბრტყეში მტვერი გავრცელებულია დაახლოებით 2 კმ-სიმაღლემდე (ნახ.2,3). კონცენტრაცია 1-0.1 ზდკ მიღებულია ქ. ზესტაფონიდან დაახლოებით 4 კმ მანძილზე, მთელ დარჩენილ სივრცეში კონცენტრაცია 0,1 ზდკ-ზე ნაკლებია და გადის რიცხვითი მოდელირების არედან.



ნახ. 2. ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება XOZ სიბრტყეში

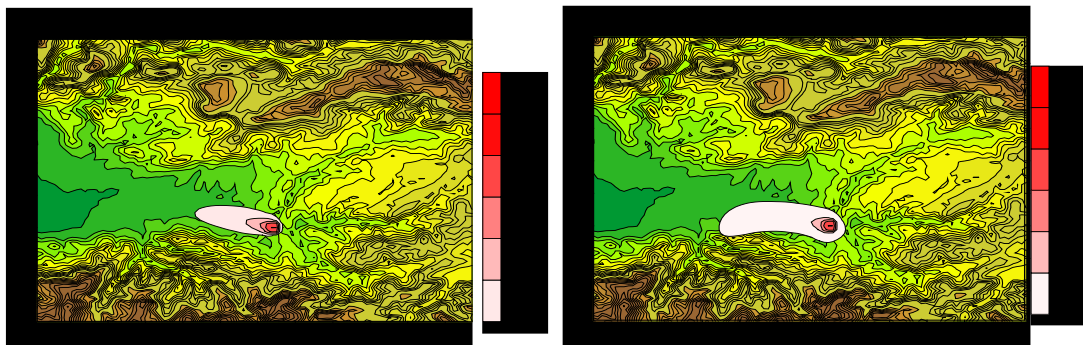


ნახ.3. ქ.ხესტაფონის ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაციები $C(x)$ (ზღვ ერთეულში) $z=2, 100$ და 600 მ სიმაღლეებზე (წირები 1, 2 და 3) XOZ სიბრტყეში, როცა $t=12$ და 24 სთ

ნახ. 2- ზე ნახვენებია ქარის სიჩქარისა და კონცენტრაციის განაწილება ვერტიკალურ XOZ სიბრტყეში, რომელიც გადის ქ. ხესტაფონზე. ნახ. 1 და 2-დან ვასკნით, რომ მტვრის ძირითადი მასა კონცენტრირებულია დაახლოებით 32 კმ სიგრძის, 10 კმ სიგანისა და 1 კმ სიმაღლის არეში. მტვერი გავრცელებულია ქ. ხესტაფონიდან უფრო დიდ მანძილზე, სადაც კონცენტრაცია $100 - 1000$ -ჯერ ნაკლებია ზღვ-ზე.

კონცენტრაციის x ღერძის გასწვრივ განაწილება (ნახ. 3) გვიჩვენებს, რომ წყაროდან დაახლოებით 8 კმ-ზე მეტ მანძილზე მისი სიდიდე $t=12$ სთ მეტია ვიდრე სიდიდე, რომელიც მიღებულია, როცა $t=24$ სთ. უფრო მცირე მანძილებზე სურათი საწინააღმდეგოა - კონცენტრაციები 12 სთ-ისთვის ნაკლებია 24 სთ-ზე მიღებულ კონცენტრაციებზე. აღნიშნული ეფექტი დაკავშირებულია ტემპერატურის დღეღამური სვლით გამოწვეულ სტრატეფიკაციის ცვლილებასთან და შესაბამის დინამიკური და კინემატიკური პროცესების განვითარებასთან.

აღმოსავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში ნიადაგზე მტვერი ეფინება ვიწრო ჰორიზონტალურ ჩირადნის მსგავს ზოლზე (ნახ.4). მაქსიმალური დაღეჟვა ხდება უშუალოდ ქალაქის ტერიტორიაზე, სადაც 1 მ ფართობზე 12 სთ და 24 სთ-ის განმავლობაში დაღეჟილი მტვრის მაქსიმალური მასა შეადგენს 210 და 420 მგ-ს, შესაბამისად. მტვრის დაღეჟვის ინტენსივობა სწრაფად მცირდება, განსაკუთრებით დინების პერპენდიკულარული მიმართულებით.



ნახ. 4. ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე (მგ/მ²) აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს, როცა $t=12$ და 24 სთ.

დასკვნა

ჩატარებულმა რიცხვითმა მოდელირებამ გამოავლინა ზოგიერთი მეტეოროლოგიური თავისებურება, რომელიც ახასიათებს მტვრის გავრცელების პროცესს ქ. ხესტაფონში გაბატონებული აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში. ნახვენებია, რომ ატმოსფეროს მიწისპირა 100მ ფენაში ქ. ხესტაფონის ტერიტორიაზე მტვრის განაწილება ერთგვაროვანია. მიწისპირა ფენის ზევით კონცენტრაცია სწრაფად მცირდება და 2-2,5 კმ პრაქტიკულად ხდება ნულის ტოლი.

აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს დაბლობი რელიეფი ვერ ახდენს ძლიერ ზემოქმედებას მტვრის გავრცელებაზე. შედეგად მტვრის ძირითადი მასა ვრცელდება წაგრძელებული ელიფსისმაგვარი ზოლის სახით.

ქალაქის მტვრის გავლენა საგრძნობია ქალაქიდან 8–10 კმ მანძილზე. გამოთვლებით მიღებულია, რომ სუსტი ფონური ქარის დროს ქალაქის მტვერი 24 სთ განმავლობაში მცირე კონცენტრაციით ვრცელდება 50 კმ-ზე და უფრო მეტ მანძილებზე.

მადლობა

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დოქტორანტურის საგანმანათლებლო კონკურსის ფარგლებში (გრანტი № PhD-F-17-192).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გარემოს ეროვნული სააგენტო. გარემოს დაბინძურება. <http://nea.gov.ge/ge/service/garemos-dabindzureba/7/biuleteni/>
2. N. Gigauri, A. Surmava. Spatial Distribution of the Local Meteorological Fields and Dust Concentration in Kakheti Atmosphere in Case of the Northern Background Wind. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. 2017, v. 20 A, pp.37-43.
3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Гидрометеоизда, Ленинград, 1982
4. Кордзадзе А. А., Сурмава А. А., Деметрашвиди Д. И., Кухалашвили В. Г. Численное исследование влияния рельефа Кавказского региона на распределение гидрометеорологических полей. Известия РАН, сер. физика атмосферы и океанаю 2007, т. 43, с. 783-791.

უაკ 504.3.054

ქ. ზესტაფონის უმროშენადნობის ქარხნიდან გაშვებული აეროზოლების გავრცელების მოდელირება და მისი ეკოლოგიური შეფასება /ნ. გიგაური, ლ. გვერდთელი, ა. სურმავა/ სტუ-ის ჰმ-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.76-79. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. რიცხობრივად მოდელირებული და შესწავლილია ქ. ზესტაფონში მტვრის გავრცელება ამ რაიონისათვის დამახასიათებელი გაბატონებული ფონური აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში. მიღებულია მტვრის სივრცული განაწილების სურათები, გაანალიზებულია ოროგრაფიის, ჰორიზონტალური, ვერტიკალური ტურბულენტობისა და ადვექციური პროცესების გავლენა მტვრის გავრცელებაზე ატმოსფეროში.

UDC 504.3.054

MODELING OF AEROSOLS EMITTED FROM ZESTAFONI FERRO ALLOY PLANT AND ITS ECOLOGICAL ASSESSMENT / N. Gigauri, L. Gverdtsiteli, A. Surmava/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.76-79. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Dispersion of dust emitted in the atmospheric air of Zestafoni city is numerically modelled and studied in case of prevalent eastern wind. Dust spatial distribution patterns are obtained, and the influence of orography, horizontal and vertical turbulence and advective processes on dust distribution in the atmosphere is analyzed.

УДК 504.3.054

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫДЕЛЯЕМЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ЗАВОДА ФЕРРОСПЛАВОВ Г. ЗЕСТАФОНИ /Л.В. Гвердтсители, Н.Г. Гигаური, А.А. Сурмава/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.76-79. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус Численно смоделировано и изучено распространение в воздухе городской пыли г. Зестафони при господствующем фоновом восточном ветре. Получены картины пространственного распределения пыли, проанализированы влияния орграфии, горизонтальной и вертикальной турбулентности и процесса адвекции на диффузии пыли в атмосфере.

უკ 504.5.054

თბილისის მტვრის ატმოსფეროში რეგიონალური გავრცელების რიცხვითი ექსპერიმენტი

აღ.სურმავა^{1,2}, ღ.ინწკირველი¹, ნ.გიგაური¹, გ.კუხალაშვილი², ს.მდივანი¹

¹სტუპ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო, aasurmava@yahoo.com

²ივ.ჯავახიშვილის თსუ მ.ნიდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო,
intskirvelebi2@yahoo.com

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებისაგან დაცვა თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. დამაბინძურებელ ინგრედიენტებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია მტვერს. ის ატმოსფეროში გვხვდება ბუნებრივი და ანტროპოგენული პროცესების შედეგად და იწვევს ადამიანთა ჯანმრთელობის გაუარესებას, ხშირად ლეტალური შედეგით. ოფიციალური მონაცემებით 2010წელს ატმოსფეროს მტვრით დაბინძურების შედეგად გარდაიცვალა დაახლოებით 3,1 მლ ადამიანი და სიცოცხლის ხანგრძლივობა კი შემცირდა 3,1 %-ით. ამ ნაწილაკების მოქმედებას უკავშირებს ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია გულ-სისხძარღვთა (3%) და კიბოთი (5%) დაავადებების შემთხვევებს [1].

განსაკუთრებით მაღლია მტვრით მეგაპოლისებისა და დიდი ქალაქების დაბინძურება. ქ.თბილისში ატმოსფეროს მტვრით დაბინძურებაზე რეგულარული დაკვირვება მიმდინარეობს წლების განმავლობაში. დაკვირვების მონაცემების ანალიზის და მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის დასკვნის თანახმად თბილისი მიეკუთვნება იმ ქალაქების რიცხვს, სადაც დაბინძურების დონე ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობებს აღემატება. ამიტომ, ქ.თბილისის ატმოსფეროს მტვრით დაბინძურების ეკოლოგიური პრობლემის მეცნიერული შესწავლა ძალზედ მნიშვნელოვანია. ატმოსფეროში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა გავრცელების კვლევის ერთ-ერთი ფართოდ გამოყენებული მეთოდია რიცხვითი მოდელირება [2-7].

წარმოდგენილი ნაშრომის ძირითადი მიზანია კავკასიაში ატმოსფერული პროცესების განვითარების რეგიონალური რიცხვითი მოდელისა [8] და უწყვეტ გარემოში ნივთიერებათა გადატანა-დიფუზიის განტოლების გამოყენებით, დამუშავდეს ქ.თბილისის რთული რელიეფის პირობებისათვის ატმოსფეროში მტვრის გავრცელების მაღალი გარჩევის უნარის მქონე რიცხვითი მოდელი.

ქ.თბილისის რელიეფი ძალზედ რთულია. ის მდებარეობს ქვაბულში და შემოსაზღვრულია საგურამოს, თრიალეთის ქედების განშტოებებითა და ქართლის ზეგნით. ქალაქის და მისი მიმდებარე ტერიტორიების სიმაღლე იცვლება 380-დან 1200-1300 მ-მდე. ამიტომ, ატმოსფერული პროცესების ზუსტად აღწერისათვის მოსახერხებელია გამოვიყენოთ რელიეფის მიმყოფი კოორდინატთა სისტემა $\zeta = (z - \delta) / h$, სადაც z არის ვერტიკალური ორთოგონალური კოორდინატი, $\delta = \delta_0(x, y)$, δ_0 - რელიეფის სიმაღლე; $h = H - \delta$; $H(t, x, y)$ - ტროპოპაუზის სიმაღლე; t არის დრო; x და y - აღმოსავლეთით და ჩრდილოეთით მიმართული ორთოგონალურ კოორდინატთა ღერძებია. მიღებულ კოორდინატთა სისტემაში ატმოსფეროში მტვრის გავრცელების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

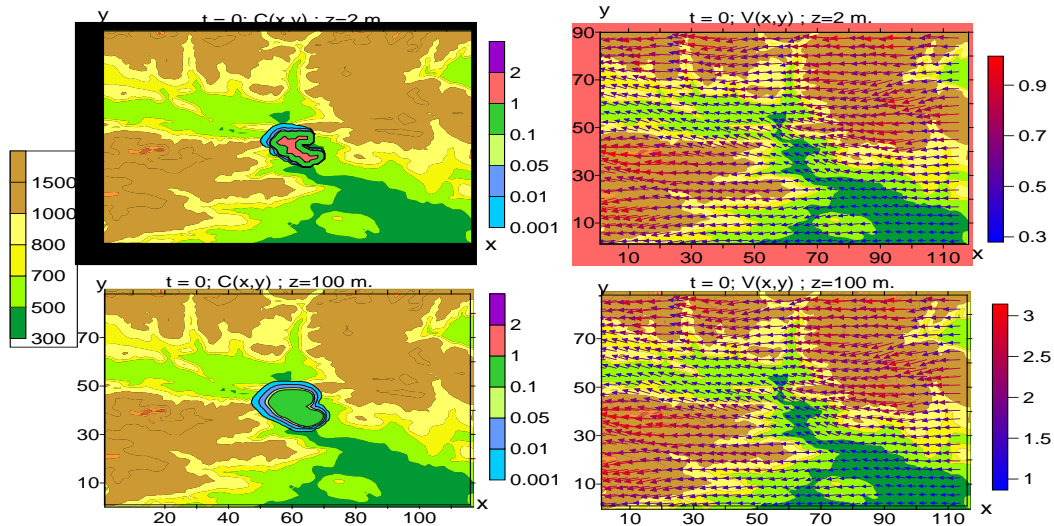
$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{w_0}{h}) \frac{\partial C}{\partial \zeta} = \mu \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial C}{\partial \zeta} \quad (1)$$

სადაც, C არის ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაცია; u , v , w და \tilde{w} - ქარის სიჩქარის კომპონენტები x , y , z და ζ ღერძების გასწვრივ; w_0 - სტოქსის ფორმულით განსაზღვრული მტვრის ნაწილაკების დაღეჟვის სიჩქარე; μ და ν - ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კინემატიკური კოეფიციენტები; ქარის სიჩქარის და ტურბულენტობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები მიწისპირა და თავისუფალ ატმოსფეროში განისაზღვრება რეგიონალური მოდელის გამოყენებით [8, 9].

კრანკ-ნიკოლსონის და გახლჩევის მეთოდებით, ასევე მონოტონური სქემის გამოყენებით ხდება განტოლების (1) რიცხვითი ინტეგრირება როგორც თავისუფალ ატმოსფეროში, ასევე

მიწისპირა ფენაში შესაბამისი საწყისი და ზღვრული პირობებით. გამოვიყენეთ მართკუთხა რიცხვითი ბადე 118x90x31 წერტილებით და ბიჯებით: ჰორიზონტალურად 0.8კმ და ვერტიკალურად 1/31-ის ტოლი. მიწისპირა ფენაში აღებულია ბადის 17 ვერტიკალური წერტილი 2-დან 15 მ ბიჯით. დროის ბიჯი 10 წმ-ია. რიცხვითი ინტეგრირება გრძელდება 3 დღეზე მეტი.

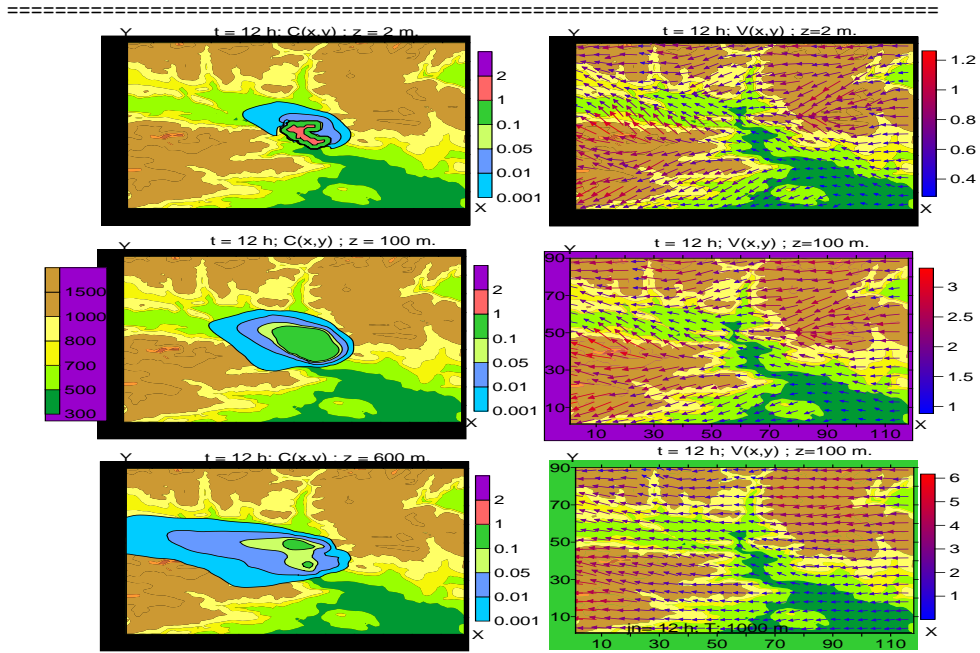
რიცხვითი ექსპერიმენტის საშუალებით მოდელირებული და გაანალიზირებულია ქ.თბილისის რთული რელიეფის პირობებში წარმოშობილი მტვრის გავრცელების თავისებურება და მიმდებარე ტერიტორიების დაბინძურება სუსტი აღმოსავლეთის სტაციონალური ფონური ქარის შემთხვევაში. ფონური ქარის სიდიდე იცვლება 1-დან (მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე) 20 მ/წმ-მდე - ტროპოპუზაზე. დაბინძურების წყაროა ქალაქის ცენტრალურ ავტომაგისტრალზე მოძრავი ავტოტრანსპორტი, რომელის მიერ შექმნილი მტვრის კონცენტრაცია მოდელირების პერიოდში მუდმივია და უდრის 2016 წლის საშუალო წლიურ მნიშვნელობას - 0.59 მგ/მ³ [10]. გამოთვლები ჩატარდა 72 სთ-ის პერიოდისათვის. ნახ.1 ნაჩვენებია თბილისის რეგიონის რელიეფის ფონზე მტვრის კონცენტრაციის და ქარის სიჩქარის ველები როცა $t=0$ სთ მიწის ზედაპირიდან 2 და 100 მ სიმაღლეებზე. კონცენტრაციის სიდიდე მოცემულია მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის (ზდკ) 0.5 მგ/მ³ ერთეულებში.



ნახ. 1. რეგიონის რელიეფის სიმაღლის, მტვრის კონცენტრაციების იზოზოლების და ქარის სიჩქარის ვექტორის განაწილება დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ და 100 მ სიმაღლეებზე, როდესაც $t=0$ სთ.

ნახ.1-დან ჩანს, რომ მაქსიმალური კონცენტრაცია (1.2 ზდკ) მიღებულია ქალაქის ურბანულ ნაწილში. ამ ნაწილის ირგვლივ კონცენტრაცია სწრაფად კლებულობს და ქალაქის აღმოსავლეთ, დასავლეთ და სამხრეთ ნაწილებში 2-3 კმ ზოლის ფარგლებში ეცემა 0.001 ზდკ-მდე. ქალაქის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში მტვრის ხეობის გასწვრივ ფორმირებული სუსტი სამხრეთ-აღმოსავლეთის ჰაერის ნაკადის გავლენით ადგილი აქვს დამტვერიანების გავრცელებას დაახლოებით 1-2 კმ ზოლში. ამ ნაწილში კონცენტრაცია 0.1 ზდკ-დან მცირდება 0.001 ზდკ-მდე. კონცენტრაციის ანალოგიური განაწილება მიღებულია მიწის ზედაპირიდან 100მ სიმაღლეზე. განსხვავება რაოდენობრივია. კონცენტრაცია ქალაქის ურბანული ნაწილის თავზე იცვლება 0.1-1 ზდკ-მდე.

$t = 12$ სთ-ზე იზრდება ლოკალური ქარის სიჩქარე და მასთან ერთად მტვრის ადვექციური გადატანა, როგორც ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ასევე ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში (ნახ.2). მტვრის უპირატესი გავრცელება ხდება ჩრდილო დასავლეთის მიმართულებით მდ. მტვრის გასწვრივ მდებარე ქართლის ვაკეზე.

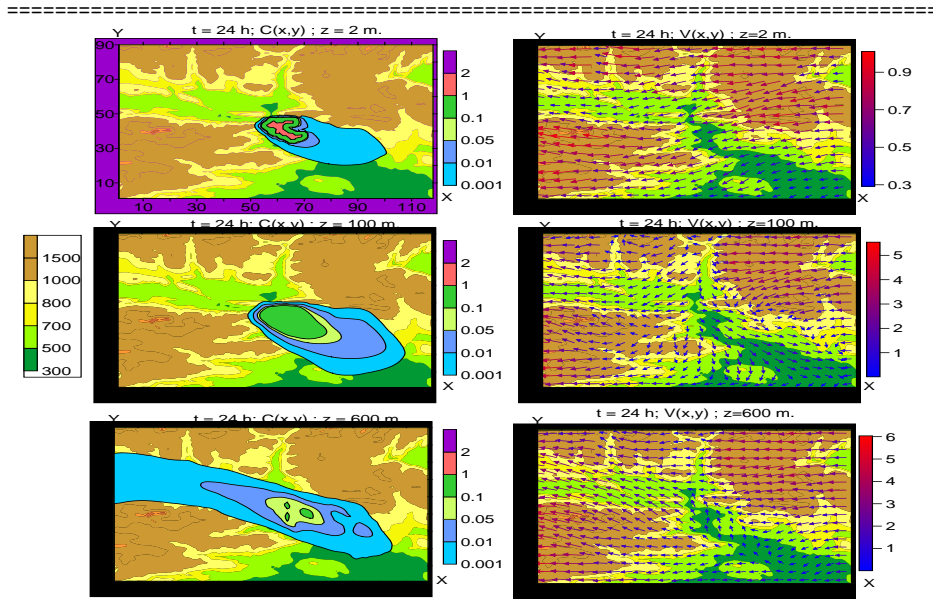


ნახ. 2. რეგიონის რელიეფის სიმაღლის, მტვრის კონცენტრაციების იზოზოლების და ქარის სიჩქარის ვექტორის განაწილება დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ, 100მ და 600 მ სიმაღლეებზე, როდესაც $t = 12$ სთ.

დამტვერიანების დრუბელს გააჩნია ელიფსის მაგვარი ფორმა. ქ.თბილისის მტვერი 2მ სიმაღლეზე გავრცელებულია დაახლოებით 10, 100 მ სიმაღლეზე - 12-14 და 600 მ სიმაღლეზე - 30 კმ-ზე მეტ მანძილებზე. მტვრის კონცენტრაციის მიღებული განაწილება აჩვენებს, რომ ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში უპირატესად ხდება მტვრის ვერტიკალური ტურბულენტური დიფუზია, ხოლო 100 მ სიმაღლის ზევით, სიმაღლის ზრდასან ერთად იზრდება მტვრის ჰორიზონტალური ადვექციური გადატანა.

თერმიული რეჟიმით გამოწვეული ლოკალური ცირკულაცია ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში იწვევს ქარის სიჩქარის ვერტიკალური განაწილების ცვლილებას. სადამოსა და დამის საათებში ადგილი აქვს ქ. თბილისის მიდამოებში წარმოშობილი თბილი ჰაერის მასის კონვექციურ აღმასვლას. მის ადგილს იკავებს მიმდებარე ქედების ფერდობებზე დამის საათებში გაციებული ჰაერი. ფორმირებული მთა-ბარის ცირკულაცია, ქ.თბილისის მიდამოებში არსებული რელიეფის ფორმასთან ერთად, ატმოსფეროს ქვედა 200 მ ფენაში წარმოშობს ჩრდილო-დასავლეთის ქარს. აღწერილი თერმოდინამიკური პროცესის შედეგად იცვლება მტვრის გავრცელების მიმართულება და ის, მიწისპირა 200 მ სისქის არეში, გადაიტანება მდ.მტკვრის ხეობის გასწვრივ არსებულ ვაკე ტერიტორიაზე სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ.3). უფრო მეტ სიმაღლეებზე რელიეფის გავლენა ლოკალურ ცირკულაციაზე თანდათანობით მცირდება და 600-1500 მ ფენაში მტვერი გადაიტანება დასავლეთით ვიწრო 16 კმ-იანი სივანის ზოლის სახით. შემდეგად, 24 სთ-ის განმავლობაში მტვრის დიფუზიის პროცესი მეორდება კვაზიპერიოდულად, რომლის დროსაც მტვრის გადატანის მიმართულება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში იცვლება სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო - დასავლეთისაკენ. მიწისპირ ფენის ზედა ნაწილში მტვრის გადატანა ხდება ფონური ქარის მიმართულებით - დასავლეთისაკენ.

ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტით შესწავლილია რელიეფით გამოწვეული მტვრის გავრცელების კინემატიკა. ნაჩვენებია, რომ სუსტი დასავლეთის ქარის დროს ფორმირებული მთა-ბარის ცირკულაცია არის ძირითადი მექანიზმი, რომელიც განსაზღვრავს მტვრის გადატანას ატმოსფეროს ქვედა 200 მ ფენაში. ამ ფენის ზევით მტვრის გავრცელება ხდება ფონური ქარის მიმართულებით და არის მცირედ დეფორმირებული ოროგრაფიით გამოწვეული მეზომასშტაბის ტალღური პროცესებით.



ნახ. 3. რეგიონის რელიეფის სიმაღლის, მტვრის კონცენტრაციების იზოზოლების და ქარის სიჩქარის ვექტორის განაწილება დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ, 100მ და 600 მ სიმაღლეებზე, როდესაც $t = 24$ სთ.

გამოკვლეულია ქ.თბილისში წარმოქმნილი მტვრის გავრცელების არეალი. მიღებულია, რომ მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით ქალაქის გაგლეხა ჰაერის სისუფთავეზე ვრცელდება დაახლოებით 10 კმ ნტვრის გავრცელებას განსაზღვრავს ფონური მოძრაობა. შედეგად, დამტკვრიანება ვრცელდება დასავლეთის მიმართულებით 50 კმ-ზე მეტ მანძილებზე.

სამეცნიერო სამუშაო ჩარტარებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული გრანტის ღ-3667-18 ფარგლებში.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. World health organization. Global Health Risk: Mortality and Burden of Diseases Attributable to Selected Major Risks. 23-53, 2009.
2. Novak L, Bizjan B., Pražnikar J., Horvat B., Orbančić A. A., Širok B., Numerical Modeling of Dust Lifting from a Complex-geometry Industrial Stockpile. Journal of Mechanical Engineering. 611: 621-631. DOI:10.5545/sv-jme.2015.2824, 2015.
3. Fedotov V., Gorbacheva A., Dorodnikova A., Yerokhina M., Cleaning of Atmospheric Air in a City Street and Road Network as an Environmental Safety Technology for Road Transport. Transportation Research Procedia. 20: 200 – 204, 2017.
4. Ginoux P, Chin M, Tegen I, Prospero J. M, Holben B. et al. Sources and Distributions of Dust Aerosols Simulated with the GOCART Model. Journal of the Geophysical Research. 106: 255-273, 2001.
5. Shlichkov V. A, Malbakhov V. M, Leghenin A. A., Numerical Modeling of Atmospheric Circulation and Transfer of Contaminating Impurities in Norilsk Valley. Atmospheric and Oceanic Optic. 18: 490-496, 2013 (in Russian).
6. Surmava A.A., Mishveladze B.A, Davitashvili T., Numerical Modeling of the Pollution Transfer in the Caucasus Atmosphere from Hypothetical Source in Case of the Background Western Wind. Journal of the Georgian Geophysical Society. 13B: 15-21, 2009.
7. Surmava A.A., Numerical Investigation of the Modeling of Transportation and Deposition of the Radioactive Pollution in the Caucasian Region in Case of the Hypothetical Accident on the Armenian Nuclear Power Plant. Journal of the Georgian Geophysical Society. 15B: 32-45, 2012.
8. Kordzadze, A.A., Surmava, A.A., Demetrashvili, D.I., Kukhalashvili, V.G. 2007. Numerical investigation of impact of Caucasus region relief on distribution of hydrometeorological fields. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 43:783-791.

9. Kazakov, A.L., Lazriev, G. L. 1978. On parametrization of atmospheric boundary layer and active soil layer. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 15: 257-265.
10. ჰაერი-წელიწადეული-2016. <http://nea.gov.ge/ge/service/garemosdabindzureba/7/biulete>

უკ 504.5.054

თბილისის მტვრის ატმოსფეროში რეგიონალური გავრცელების რიცხვითი მქსპერიმენტი/ალ.სურმავა, ლ.ინცკირველი, ნ.გიგაური, ვ.კუხალაშვილი, ს.მდივანი/ სტუპ-ს კმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.80-84. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. შესწავლილია რელიეფით გამოწვეული მტვრის გავრცელების კინემატიკა. ნაჩვენებია, რომ სუსტი დასავლეთის ქარის დროს ფორმირებული მთა-ბარის ცირკულაცია არის ძირითადი მექანიზმი, რომელიც განსაზღვრავს მტვრის გადატანას ატმოსფეროს ქვედა 200 მ ფენაში. ამ ფენის ზევით მტვრის გავრცელება ხდება ფონური ქარის მიმართულებით და არის მცირედ დეფორმირებული ოროგრაფიით გამოწვეული მეზომასშტაბის ტალღური პროცესებით.

გამოკვლეულია ქ.თბილისში წარმოქმნილი მტვრის გავრცელების არეალი. მიღებულია, რომ მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით ქალაქის გავლენა ჰაერის სისუფთავეზე ვრცელდება დაახლოებით 10 კმ მაბძილზე, 100 მ სიმაღლეზე - 12-14 კმ-ზე. სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით არსებული ვაკე ტერიტორია არ უშლის ხელს მტვრის გავრცელებას, ამიტომ ზევით მოყვანილი მანძილები გაცილებით მეტია და ისინი ტოლია დაახლოებით 20 და 25 კმ-ის. 600 მ სიმაღლეზე მტვრის გავრცელებას განსაზღვრავს ფონური მოძრაობა. შედეგად, დამტვერიანება ვრცელდება დასავლეთის მიმართულებით 50 კმ-ზე მეტ მანძილებზე.

UDC 504.5.054

Numerical Experimentation of Regional Distribution in the Atmosphere of Tbilisi Dust /Al.Surmava, L.Intskirveli, N.Gigauri, V.Kukhalashvili, S.Mdivani/Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.80-84. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. Was studied the kinematics of the dust distribution under the influence of the relief. It was shown that the mountain-valley circulation formed with a weak westerly wind is the main mechanism that determines the dust transport in the lower 200 meter zone of the atmosphere. Over this zone, dust spreads in the direction of the background wind and undergoes a slight deformation under the influence of mesoscale wave processes caused by orography.

The dust spread occurring in Tbilisi was studied. It was found that about 2 meters from the surface of the earth in the north-western direction, the influence of the city on the air purity is observed at about 10 km, and at an altitude of 100 m - at 12-14 km. The region of the valley in the south-east direction does not prevent the spread of dust, so in this direction the dust is carried longer, approximately from 20 to 25 km. At an altitude of 600 m, the spread of dust causes background movement. As a result, dustiness spreads in the western direction at the distance of 50 km.

УДК 504.5.054

Численный эксперимент по региональному распределению Тбилисской пыли в атмосфере. /А. Сурмава, Л. Инцкирвели, Н. Гигаури, В. Кухалашвили, С.Мдивани/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ-2019. вып.127 - с.80-84. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Изучена кинематика распространения пыли под влиянием рельефа. Показано, что сформированный при слабом западном ветре горно - долинная циркуляция является основным механизмом, который определяет перенос пыли в нижней 200 метровой зоне атмосферы. Над этой зоной пыль распространяется по направлению фонового ветра и подвергается слабой деформации под влиянием мезомасштабных волновых процессов, вызванных орографией.

Исследовано распространение пыли возникающий в г.Тбилиси. Получено, что примерно в 2-х метрах от поверхности земли по северо-западному направлению влияние города на чистоту воздуха наблюдается примерно на 10 км, а на высоте 100 м- на 12-14 км. Область долины в юго-восточном направлении не препятствует распространению пыли, поэтому в этом направлении пыль переносится дальше, примерно от 20 до 25 км. На высоте 600 м распространение пыли обуславливает фоновое движение. В результате запыленность распространяется по западному направлению на расстоянии 50 км.

უაკ 504.03, 504.054, 330.123.72

ძ. თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ენერგოეფექტურობის სოციალური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება ნათელა დვალიშვილი¹, გიორგი შავგულიძე², ნილ ანდრიუ გრირი³, დიმიტრი ერისთავი⁴

¹სტუ-ს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, n.dvalishvili@gtu.ge

²თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის სამსახური, shavgulidze1976@gmail.com

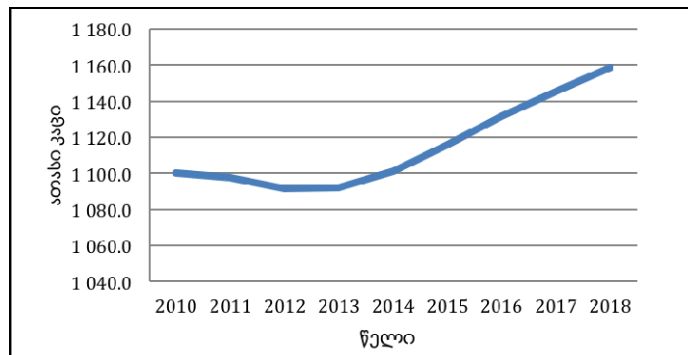
³ესტერნ ანალიტიკსი, neilgreer@easternanalytics.com

⁴სტუ, d.eristavi@gtu.ge

დღეისათვის, საქართველოში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (მსნ) მართვის გაუმჯობესება ქვეყნის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა, რაც ითვალისწინებს საქართველოში ნარჩენების მართვის განვითარების პროცესის ჰარმონიზებას ევროპის ნარჩენების მართვის პოლიტიკასთან.

1994 წელს საქართველომ ხელი მოაწერა გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ჩარჩო კონვენციას კლიმატის ცვლილების შესახებ (UNFCCC), მოგვიანებით 1996 წლის 16 ივნისს კიოტოს ოქმს, ხოლო 2010 წლის ოქტომბერში თბილისში გაიმართა მერების შეთანხმებისადმი მიძღვნილი კონფერენცია, სადაც ხაზი გაესვა ქალაქების, როგორც კომპლექსური სისტემების, მნიშვნელობას სათბურის გაზების ემისიების შემცირებაში. სათბური გაზების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ანთროპოგენული წყაროა - მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სექტორი. კლიმატის ცვლილების შესახებ მესამე ეროვნული შეტყობინების შესაბამისად ნარჩენების სექტორიდან სათბური აირების ემისია შეადგენს ეროვნული ემისიის 7%-ს რაც საკმაოდ მაღალი შედეგია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ მეტანის ემისიის ღირებულება საშუალოდ შეადგენს 1 ტონა სერტიფიცირებული CO₂-ის ეკვივალენტის ფასის შესაბამისად მინიმუმ 5 აშშ დოლარს [1].

ამჟამად ქვეყანაში აღირიცხება 60-მდე ოფიციალური ნაგავსაყრელი, რომელთაც დღეისათვის მართავენ: რეგიონებში (აჭარის გარდა) – შპს “საქართველოს მყარი ნარჩენების მართვის კომპანია”, აჭარაში - შპს “სანჰიგიენა”, ხოლო თბილისში კი შპს „თბილსერვის ჯგუფი“. 2010 წლიდან დღემდე 20-ზე მეტი ნაგავსაყრელი დაიხურა, ხოლო 30-ზე მეტი ნაგავსაყრელი კეთილმოეწყო [2]. ამასთან აღსანიშნავია, რომ საქართველოში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების 98% ყველანაირი დამუშავების გარეშე (არასისტემატური, ძირითადად ერთჯერადი გამონაკლისების გარდა) გვხდება სხვადასხვა ტიპის ნაგავსაყრელებზე, ხოლო მოსახლეობის რაოდენობის ზრდასთან (დაახლოებით 1.1% წელიწადში, ნახ.1) და ცხოვრების დონის გაუმჯობესებასთან ერთად იზრდება ნარჩენების რაოდენობაც - საქართველოში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების რაოდენობის 2010-2018 წლების დინამიკიდან გამომდინარე აღნიშნული ზრდა შეადგენს - 1.7% წელიწადში [3].



ნახაზი 1. ქ. თბილისის მოსახლეობის ზრდის დინამიკა

უკანასკნელ წლებში საქართველოს მთავრობა აქტიურად მუშაობს, ნარჩენების მართვის სფეროში არსებული პრობლემების გადასაჭრელად. შესრულებული სამუშაოების და მიღებული კანონპროექტების მიუხედავად საქართველოს მხოლოდ ორ ოფიციალურ (რუსთავის და თბილისის ნაგავსაყრელზე მოწყობილია ნაგავსაყრელი აირების შემკრები მიღები - კოლექ-

ტორები, მაგრამ ნაგავსაყრელი გაზის შეგროვების/გადაამუშავების სისტემის მოწყობა ეკონომიკური სირთულეების გამო ამ ეტაპისათვის ვერ ხორციელდება.

საქართველოში ყველაზე დიდი ნაგავსაყრელი (ლილოს მყარი საყოფასოფრებო ნარჩენების (მსნ) პოლიგონი) 2010 წლის ნოემბერში გაიხსნა, იგი მდებარეობს ქ. თბილისის სამხრეთ აღმოსავლეთით, სოფ. დიდი ლილოს აღმოსავლეთით, ყოფილი ძველი თბილისი-მარტყოფი საავტომობილო გზის ჩრდილო ნაპირზე (სურ.1). პოლიგონის ტერიტორიის მთლიანი ფართი შეადგენს 84 ჰა-ს. 2010 წლის 10 ნოემბრიდან 2019 წლის 24 ივნისამდე ნაგავსაყრელზე ფუნქციონირებდა 2 უჯრედი (150 000 კვ.მ), ორივე უჯრედში დღესდღეობით გამთავსებულია 3 040 000 ტონა ნარჩენი, რომელიც გროვდებოდა ქ. თბილისის და ლილოს მაშტაბით. პოლიგონზე მსნ-ის ღპობის შედეგად წარმოქმნილი აირის შეკრება ხდება გაბონისებური შახტების მეშვეობით (პლასტმასის მილები), ორივე უჯრედზე მოწყობილია 100 გაზგამყვანი მილი. ამა წლის 24 ივნისს აღნიშნული უჯრედები დაიხურა (დაიფარა დამცავი ჰიდროსაიზოლაციო ფენით) და დაიწყო მესამე უჯრედის ოპერირება [4].



სურ. 1 ნორიოს (ლილოს) ნაგავსაყრელი

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს თბილისის ნაგავსაყრელიდან მეთანის ემისიის განსაზღვრა და ბიოგაზის რაციონალური გამოყენების შემდგომი შეფასება, რისთვისაც პირველ ეტაპზე 2015-2017 წლებში მსნ-ს მიღებული მონაცემების საფუძველზე [5], საქართველოს სტატისტიკური მონაცემების (მოსახლეობა) [6] და IPCC-2006 მეთოდოლოგიის საქართველოსათვის დამახასიათებელი ტიპური პარამეტრების გამოყენებით, გამოითვლა ემისიებისა ნარჩენების სექტორიდან 2011 წლიდან 2040 წლამდე, 2006 წლის IPCC მეთოდოლოგიის გამოყენებით (ცხრილი 1). ამასთან აღნიშნულ გათვლებში გაკეთებულია დაშვება, რომ ნაგავსაყრელიდან ბიოგაზის ჩაჭერის და გამოყენების მაქსიმალური შესაძლებლობა შეადგენს 70-75% [3].

ცხრილი 1. მეთანის ემისია გამოყოფილი ლილოს (ნორიოს) ნაგავსაყრელიდან 2011-2020 წლებში (IPCC-2006) [7]

წელი	გგ	მლნ მ ³	წელი	გგ	მლნ მ ³	წელი	გგ	მლნ მ ³
2011	0.24	0.34	2021	8.71	12.09	2031	13.71	19.05
2012	1.66	2.31	2022	9.24	12.84	2032	14.22	19.75
2013	2.87	3.98	2023	9.76	13.56	2033	14.73	20.46
2014	3.89	5.40	2024	10.27	14.26	2034	15.25	21.18
2015	4.76	6.61	2025	10.77	14.95	2035	15.78	21.91
2016	5.55	7.71	2026	11.26	15.64	2036	16.32	22.66
2017	6.27	8.71	2027	11.75	16.31	2037	16.87	23.43
2018	6.94	9.64	2028	12.23	16.99	2038	17.43	24.21
2019	7.56	10.50	2029	12.72	17.67	2039	18.01	25.02
2020	8.15	11.32	2030	13.22	18.36	2040	18.60	25.84

ცხრილ 1 -იდან ჩანს, რომ ლილის/ნორიოს პოლიგონიდან მხოლოდ მეთანის გამოყოფის პოტენციალი 2011-2040 წლების პერიოდში შეადგენს 442.7 მლნ.მ-ს, ამასთან ბიოგაზის სრული რაოდენობა, საერთო ჯამში, გამოიყოფა 75 წლის განმავლობაში. როგორც უკვე აღინიშნა, ნაგავსაყრელზე შერეული შედეგნილობის ნარჩენების განთავსებისა და შესაბამისად მისი გახრწნის შედეგად წარმოქმნილი ნაგავსაყრელის გაზი წარმოადგენს ფართო სპექტრის არაორგანული და ორგანული აირების ნარევეს ($CH_4 - 40-50\%$; $CO_2 - 35-40\%$; $H_2O - 10-20\%$; $SO_x - 2-5\%$; $H_2 - <1\%$; $H_2S - 1-2\%$; $N_2 - 1-2\%$; $C_nH_{2n-6} - <1\%$.) [8], რომლის ემიტირება ატმოსფერულ ჰაერში იწვევს ნეგატიურ გავლენას როგორც კლიმატზე ისე მთელ ეკოსისტემაზე, ვნებს როგორც ფლორას ისე საფრთხეს უქმნის ცოცხალ ორგანიზმებს და რაც მთავარია ადამიანების ჯანმთველობას, ამასთან იკარგება ჩვენი ქვეყნისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ალტერნატიული ენერჯის წყარო. გარდა ამისა მეტეოროლოგიური პირობებმა (მაღალი ტემპერატურა და შტილი) და ბიოგაზის მაღალი კონცენტრაციების აკუმულირებამ ნაგავსაყრელის სხეულთან მიმართებაში ($>15\%$) შესაძლებელია გამოიწვიოს თვითააღება და აფეთქება. ნაგავსაყრელი გაზის კალორიულობა დაახლოებით 17-20 ათასი.კჯ/მ. წინასწარ შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება ითქვას, რომ მაგალითად დედაქალაქისათვის 2010 წლის ნოემბერში მოწოდებულ ნორიოს ნაგავსაყრელზე მხოლოდ 2018 წლის განმავლობაში წარმოიქმნა 14 000 ტონა ბიოგაზი და ეს მაჩვენებელი ნარჩენების ზრდასთან ერთად ყოველწლიურად გაიზრდება (ცხ. 1), ამასთან აღსანიშნავია, რომ თუ მოხდება ნარჩენების ბიოდეგრადირებადი ფრაქციების სეპარირება (რაც ამ ეტაპისათვის არ არის დაგეგმილი და არც გათვლებშია გათვალისწინებული) ბიოგაზის გამოყოფა შესაბამისად შემცირდება. ბიოგაზის ემისიისა და ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარების მიზნით საქართველოს მთავრობის №160 დადგენილების მიხედვით, თბილისის მერიას ევალებოდა თბილისის ნაგავსაყრელზე ბიოგაზის შეგროვების/გადამუშავების სისტემის მოწყობა. მაგრამ ეს საკითხი დღემდე რჩება ღიად, რადგან არსებული ტექნოლოგია ძალიან ძვირადღირებულია და ამასთან ორიენტირებულია ადგილობრივი მომხმარებლის არსებობაზე (გაზშემკრები მიღების მიერთება დიდი ზომის რეზერვუარზე, ბიოგაზის გამდიდრება სხვადასხვა რეაგენტების დახმარებით და პირდაპირ ადგილობრივ მომხმარებელზე (არსებობის შემთხვევაში) მიწოდება ან კოგენერატორის დაყენება და ელექტროენერჯის გამომუშავება). დღეისათვის თბილსერვის ჯგუფის მიერ 2019 წლის დასაწყისში ჩატარებული ტენდერის შესაბამისად (CPV 7150000 “ქ. თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის 1-ლი და მე-2 -ე უჯრედების სრული იზოლაციის, რეკულტივაციისა, გაზშემკრები სისტემის მოწყობის და ბიოგაზის ღირებულ პროდუქტად გარდაქმნის, მე-3-ე უჯრედის ექსპლუატაცია-განვითარების და საბოლოო რეკულტივაციის კონცეპტუალური პროექტის მომზადება, შესყიდვების ორგანიზება, სამშენებლო ზედამხედველობა და პროექტის მართვა”) ნორიოს ნაგავსაყრელზე დაგეგმილია პოლიგონის პირველი და მეორე უჯრედების ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით გაფართოების ბიოგაზის შეგროვების სისტემის ცენტრალურ კოლექტორზე ბიოგაზის შეგროვების და გადამუშავების სისტემასთან მიერთების კონცეპტუალური პროექტის შემუშავება რომლის ღირებულება სხვა ნაკლებად მნიშვნელოვან აქტივობებთან ერთად შეადგენს 1 178 514 ლარს, ამასთან იგი არ მოიცავს კო-გენერირების სადგურის მშენებლობას და ექსპლუატაციაში გაშვების ხარჯებს [4]. ჩვენი კვლევის მეორე ეტაპს წარმოადგენდა ნაგავსაყრელი გაზის გადამუშავების შედეგად მიღებული ენერჯის წყაროს (ბიომეთანი და ელექტროენერჯია) სასარგებლოდ გამოყენების ხარჯებისა და მოგების შეფასება Internal Rate of Return (IRR) [9] მეთოდოლოგიის გამოყენებით (ცხრილი 2-3).

2-3 ცხრილებიდან ჩანს, რომ ლილოს/ნორიოს პოლიგონზე გენერირებული ნაგავსაყრელი გაზის/ბიოგაზის ბიომეთანის გამოყენებისას ხარჯების ანაზღაურება მოხდება 8 წელიწადში, ხოლო ელექტროენერჯიად გადამუშავებისას – 16 წელიწადში.

გრძელვადიანი ხარჯების ანაზღაურების მიუხედავად ნაგავსაყრელი გაზის/ბიოგაზის სასარგებლო უტილიზაცია მნიშვნელოვან გარემოსდაცვით მექანიზმს წარმოადგენს, ეკონომიკური აღმავლობის და შედეგად ნარჩენების რაოდენობის ზრდის პარალელურად, ამასთან პროექტის რეალიზაციის შედეგად დანახარჯის კომპენსაცია, პროექტის რენტაბელურობა და ფინანსური რისკი დამოკიდებულია ტექნოლოგიის წარმატებულობაზე.

ცხრილი 2. ბიოგაზი - ბიომეთანის ალტერნატივა (Internal Rate of Return (IRR) მეთოდოლოგია)

ა	წლები	2019-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2040
	ბიომეთანი მილიონი მ ³	8.25	9.75	12.75	15.00
გასაყიდი ფასი (USD)	0.14	0.14	0.14	0.14	
შემოსავლები, (USD)	1 113 750	1 316 250	1 721 250	2 025 000	
ცვლადი ღირებულება, (USD)	111 375	131 625	172 125	202 500	
ფიქსირებული ღირებულება, (USD)	90 000	90 000	90 000	90 000	
ანალიზური მაჩვენებელი EBITDA, (USD)	912 375	1 094 625	1 459 125	1 732 500	
ინტერესები (7%), (USD)	193 603	169 103	144 603	72 301	
ამორტიზაცია, (USD)	213 333	213 333	213 333	213 333	
საგადასახადო (15%), (USD)	75 816	106 828	165 178	217 030	
ფულადი სახსრების დინება, (USD)	642 957	818 694	1 149 344	1 443 169	
სუფთა შემოსავალი, (USD)	429 623	605 361	936 011	1 229 836	

ბ	კაპიტალური ხარჯები (USD)		შემოსავალი		
	ადგილის მოწყობა	500 000	წელი	წელიწადში, (USD)	ჯამურად, (USD)
	გაზის ექსტრაქცია	350 000	1	429 623	429 623
	გაზის გასუფთავება	750 000	2	429 623	859 247
	კომპრესია	600 000	3	605 361	1 464 607
	ტრანსპორტი	1 000 000	4	605 361	2 063 968
	სამუშაო კაპიტალი	500 000	5	605 361	2 675 329
	სულ	3 700 000	6	605 361	3 280 690
			7	605 361	3 886 051
	გაუთვალისწინებელი ხარჯი	555 000	8	936 011	4 822 061
	სრული ღირებულება	4 255 000	9	936 011	5 758 072
			10	936 011	6 694 083
	კაპიტალი (35%)	1 489 250	11	936 011	7 630 094
	დავალიანება	2 765 750	12	1 229 836	8 859 929

ცხრილი 3. ბიოგაზი - ელექტროენერჯის გამოიმუშავება (Internal Rate of Return (IRR) მეთოდოლოგია)

წლები	2019-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2040
ბიომეთანი მილიონი მ ³	8.25	9.75	12.75	15.00
ელექტროენერჯის წარმოება, წილი	1.00	1.00	1.00	1.00
კვტ/საათში წელიწადში	8 760 000	8 760 000	8 760 000	8 760 000
უტილიზაციის მოცულობა, წილი	0.90	0.90	0.90	0.90
გასაყიდი ფასი (USD)	0.100	0.100	0.100	0.100
შემოსავლები, (USD)	788 400	788 400	788 400	788 400
ცვლადი ღირებულება, (USD)	60 000	60 000	60 000	60 000
ფიქსირებული ღირებულება, (USD)	60 000	60 000	60 000	60 000
ანალიზური მაჩვენებელი EBITDA, (USD)	668 400	668 400	668 400	668 400
ინტერესები (7%), (USD)	182 000	157 500	133 000	66 500
ამორტიზაცია, (USD)	233 333	233 333	233 333	233 333
საგადასახადო (15%), (USD)	37 960	41 635	45 310	55 285
ფულადი სახსრების დინება, (USD)	448 440	469 265	490 090	546 615
სუფთა შემოსავალი, (USD)	215 107	235 932	256 757	313 282

ცხრილი 3-ის გაგრძელება

კაპიტალური ხარჯები (USD)		შემოსავალი		
აღივლი მონაცემი	300 000	წელი	წელიწადში, (USD)	ჯამურად, (USD)
კონტროლი/გასუფთავება	3 000 000	1	215 107	215 107
ტრანსპორტი	200 000	2	215 107	430 213
საბრუნავი	500 000	3	235 932	666 145
სულ	4 000 000	4	235 932	902 077
		5	235 932	1 138 008
კაპიტალი (35%)	1 400 000	6	235 932	1 373 940
დავალიანება	2 600 000	7	235 932	1 609 872
		8	256 757	1 866 628
		9	256 757	2 123 385
		10	256 757	2 380 142
		11	256 757	2 636 898
		12	256 757	2 893 655
		13	313 282	3 206 937
		14	313 282	3 520 218
		15	313 282	3 833 500
		16	313 282	4 146 782

აღსანიშნავია აგრეთვე ის ფაქტიც, რომ ლილოს/ნორიოს ნაგავსაყრელზე 2025 წლისათვის ბიოგაზის უტილიზაცია ალტერნატიული ენერჯეტიკის გამოყენების გარდა თავის წვლილს შეიტანს ქვეყნის ეკონომიკის გააუმჯობესებაში (1 ტონა სერტიფიცირებული CO₂-ის ეკვივალენტის ფასის 5 აშშ დოლარი) და შესაბამისად ხელს შეუწყობს საქართველო-ევროკავშირის ასოცირების შესახებ შეთანხმებით აღებული ვალდებულებების შესრულებას.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, ის რომ ნაგავსაყრელი გაზის/ბიოგაზის უტილიზაციის სახელმწიფო პროექტი ხელს შეუწყობს ქვეყნის ნარჩენების მართვის ჰარმონიზაციას ევროკავშირის სტანდარტებთან და გაამუჯობებს რეგიონის ეკოლოგიურ და შემდგომ ეკონომიკურ მდგომარეობას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://remissia.ge>, დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიების შესაძლებლობათა გაძლიერება სუფთა ენერჯის პროგრამა, ქალაქ ბათუმის ენერჯეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა;
2. <http://waste.gov.ge>;
3. <http://remissia.ge>, დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიების შესაძლებლობათა გაძლიერება სუფთა ენერჯის პროგრამა, ქალაქ თბილისის ენერჯეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა;
4. <http://tbilisi.gov.ge>, თბილისერვის ჯგუფის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის სამსახური, 2019;
5. <http://ecohydmet.ge/narchenebi.html>, SRNSFG-პროექტი, FR/88/9-220/14 საქართველოში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დაგროვების რაოდენობის და მორფოლოგიური შემადგენლობის დადგენის მეთოდოლოგიის შემუშავება და მონაცემთა ბაზის შექმნა, 2015-2017;
6. <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/41/mosakhleoba>;
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616301062>; N.L.Dvalishvili, Establishment of Energy Potential of Norio Landfill of Municipal Solid Waste of Tbilisi, Procedia Environmental Sciences, Volume 35, 2016, Pages 377-380;

8. ს. მდივანი, ნ. ნასყიდაშვილი, ნ. ვაშაყმაძე, ს. მამულია “ნორიოს მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის დახურული სექტორიდან გამოყოფილი აირების რაოდენობრივი შეფასება”, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2015;
9. <https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>.

უაკ 504.03, 504.054, 330.123.72

ქ. თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ენერგოეფექტურობის სოციალური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება/დვალისვილი ნ., შავგულიძე გ., გრირი ნ., ერისთავი დ./სტუპ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ.- 2019 - ტ.127 - გვ.85-90. –ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. შესწავლილია ქ. თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო განთავსების ადგილიდან მეთანის ემისია ენერგოეფექტურობის სოციალური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასების მიზნით, დადგენილია, რომ ელექტროენერჯის სახით ბიოგაზის გამოყენების შემთხვევაში ხარჯების დაფარვა მოხდება 16 წელიწადში, ხოლო ბიომეთანად გამოყენებისას – 8 წელიწადში. ამასთან აღნიშნულ გათვლებში არ არის გათვალისწინებული 1 ტონა ნახშირორჟანგის ექვივალენტის ემისიის საფასური, ხოლო ბიომეთანისა და ელექტროენერჯის ფასი ნაწილობრივ სუბსიდირებულია.

UDC 504.03, 504.054, 330.123.72

Social and Environmental-Economic Assessment of the Energy Efficient of the Municipal Solid Waste Landfill of Tbilisi /Dvalishvili N., Shavgulidze G., Greer N., Eristavi D./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.85-90. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Russ. To assess the social and ecological-economic energy efficiency, the emission of methane produced from Tbilisi solid waste landfill has been studied. It has been established that in the case of using biogas as electricity, the costs will be paid off after 16 years, and with the use of biomethane - after 8 years. In addition, the calculations do not take into account the price per ton of emissions of carbon dioxide equivalent, and the prices for biomethane and electricity are partly subsidized.

УДК 504.03, 504.054, 330.123.72

Социальная и эколого-экономическая оценка энергоэффективности свалки твердых бытовых отходов Тбилиси. /Двалишвили Н., Шавгулидзе Г., Грир Н., Эристави Д. / Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.85-90. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. С целью оценки социальной и эколого-экономической энергоэффективности изучена эмиссия метана гинеруруемого со свалки твердых бытовых отходов Тбилиси. Установлено, что в случае использования биогаза в качестве электроэнергии, затраты будут окуплены через 16 лет, а при использовании биометана - через 8 лет. Кроме того, в расчетах не учитывается цена за тонну выбросов эквивалента углекислого газа, а цены на биометан и электроэнергию частично субсидированные.

ბაკურ ბერიტაშვილი



ბაკურ ბერიტაშვილი დაიბადა 1940 წლის 22 სექტემბერს ქ. თბილისში, ცნობილი მხატვრის - შალვა ბერიტაშვილისა და უცხო ენების უზადლო სპეციალისტის - ლიდია მოძელვესკაიას ოჯახში. 1958 წელს, სკოლის ოქროს მედლით დამთავრების შემდეგ, სწავლა გააგრძელა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ფიზიკის ფაკულტეტზე, რომელიც 1964 წელს დაამთავრა გეოფიზიკის სპეციალობით. 1963 წელს სადიპლომო შრომის შესასრულებლად გაგზავნილი იქნა ლენინგრადში, მთავარ გეოფიზიკის ობსერვატორიაში (მგო), სადაც შემდგომში 1969 წლამდე სწავლას დაუსწრებლად აგრძელებდა ასპირანტურაში. 1963 წლის ბოლოს იმედის მომცემი სტუდენტი ჩაირიცხა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შტატში

უმცროსი მეცნ. თანამშრომლის თანამდებობაზე.

1966 წლიდან ბ. ბერიტაშვილს დაევალა ფარავნის პოლიგონზე წარმოებულ მეტეოროლოგიური და აგრომეტეოროლოგიური სამუშაოების ხელმძღვანელობა, ხოლო 1971-1973 წლებში იგი დანიშნული იქნა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სევანის ექსპედიციის ხელმძღვანელად, რომელიც საკავშირო პროგრამით იკვლევდა სევანის ტბის აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის შესაძლებლობას.

1971 წლის დასაწყისში ბატონმა ბაკურიმ მგო-ში დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა ხარისხის მოსაპოვებლად, სადაც შეჯამებული იქნა ფარავნის პოლიგონზე ღრუბელთა დინამიკის შესწავლის მიზნით მის მიერ ჩატარებულ სამუშაოთა შედეგები.

1975-1976 წლებში ბ. ბერიტაშვილმა მოღვაწეობა გააგრძელა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მ.ნოდინას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში, სადაც მისი ხელმძღვანელობით მომზადდა ჯავახეთის კომპლექსური გეოფიზიკური პოლიგონის შექმნის გეგმა.

1977-1978 წლებში იგი კვლავ დაუბრუნდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს და სათავეში ჩაუდგა აკად. გ.სვანიძის დავალებით მდ. იორის აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ორგანიზაციას. მისი მიერ მომზადდა პროექტ "იორის" სამეცნიერო-ტექნიკური დასაბუთება, რომელიც საფუძვლად დაედო აღნიშნულ რეგიონში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის 1992 წლამდე წარმოებულ ეკონომიკის სხვადასხვა დარგებისათვის მეტად მნიშვნელოვან სამუშაოებს.

1978 წელს ბ. ბერიტაშვილი მიწვეული იქნა სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის საქმიანობის შემსწავლელ სახელმწიფო კომისიაში, ერთი წლის შემდეგ კი, ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების პრაქტიკულ სამუშაოებში მონაწილეობის მიზნით, სამუშაოდ გადავიდა აღნიშნულ სამსახურში (თელავში), სადაც პარალელურად კითხულობდა ლექციებს ი. გოგებაშვილის სახელობის პედაგოგიურ ინსტიტუტში.

1987 წლიდან ბ. ბერიტაშვილი დაუბრუნდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს და კვლავ გააგრძელა იორის პოლიგონსა და აღმოსავლეთ საქართველოს სხვა რაიონებში ნალექთა გაზრდის მიზნით წარმოებულ სამუშაოების სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობა. აღნიშნულ დარგში თავისი მოღვაწეობა ბატონმა ბაკურიმ დააგვირგვინა 1994 წელს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში აღნიშნულ თემატიკაზე სადოქტორო დისერტაციის დაცვით.

1995 წლიდან ბ. ბერიტაშვილი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილეა სამეცნიერო დარგში. იგი კურირებდა ეკოლოგიის განყოფილებაში შემაჯალ 4 ლაბორატორიას, ინსტიტუტის სარედაქციო კოლეგიაში ასრულებდა მთავარი რედაქტორის

=====

მოადგილის მოვალეობას და პასუხისმგებელი იყო ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ მომზადებული სადისერტაციო ნაშრომების ავტორეფერატების სარედაქციო კონტროლზე.

ინსტიტუტის თემატიკაში ბ. ბერიტაშვილი ხელმძღვანელობდა დრუბელთა და ნალექთა ველების მონიტორინგის სისტემის დამუშავების მიმართულებას, აგრეთვე აქტიურად მონაწილეობდა სხვადასხვა ორგანიზაციების მიერ ინსტიტუტისთვის დაკვეთილი პროექტების შესრულებაში. ამავე პერიოდში (1995 წლიდან) მისმა ინტერესებმა გადაინაცვლა კლიმატის ცვლილების პრობლემებზე. იგი დაინიშნა კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის კორდინატორის მოადგილის თანამდებობაზე და მისი უშუალო მონაწილეობით 1977-2015 წლებში შესრულდა გაეროს განვითარების პროგრამის მხარდაჭერით საქართველოს პირველი, მეორე და მესამე ეროვნული შეტყობინებები გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის მიმართ. იყო ათეულობით პროექტის მონაწილე, ხელმძღვანელობდა მოწყვლადობისა და ადაპტაციის ჯგუფების მუშაობას, მასვე დაევალია ნაშრომებისა და პროექტების რედაქტირება. მისი აქტიური მონაწილეობით შესრულდა „სუფთა მექანიზმის“ დასანერგად ევროკომისიის მიერ ჩატარებული პროექტი.

2006 წლიდან ბ. ბერიტაშვილი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ თანამშრომელია, მისი ინიციატივით შესრულდა მრავალი გამოკვლევა, რომელიც გამოყენებული იქნა კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ სხვადასხვა პროექტის შესრულებისას.

გამოქვეყნებული აქვს 100-ზე მეტი სამეცნიერო შრომა, მათ შორის 5 მონოგრაფია, 3 სახელმძღვანელო, კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული მოკლე განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიისა და მის ბაზაზე წარმოქმნილი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის განვითარების მოკლე ისტორია.

მისი ხელმძღვანელობით შესრულდა 5 სადოქტორო დისერტაცია. 2001 წელს დაჯილდოვდა ღირსების ორდენით.

ფართო ერუდიციამ, ენების ბრწყინვალე ცოდნამ, შრომისმოყვარეობამ, მაღალმა საშემსრულებლო კულტურამ, თავმდაბლობამ, კომუნიკაბელურობამ და კოლეგიალობამ ბატონ ბაკურის ინსტიტუტის ერთ-ერთი წამყვანი მეცნიერის სახელი შეუქმნა და კოლექტივში მისი მაღალი ავტორიტეტი განაპირობა. იგი სიცოცხლის ბოლო წუთებამდე ერთგულად ემსახურებოდა თვის საყვარელ საქმეს. ამაზე ისიც მეტყველებს, რომ ზუსტად გარდაცვალებამდე ერთი დღით ადრე დაუსვა წერტილი თავის უკანასკნელ, მეექვსე მონოგრაფიას.

ბატონი ბაკურის სახით ქართველ გეოფიზიკოსების რიგებს გამოაკლდა თვალსაჩინო მეცნიერი და პედაგოგი, მაღალი ინტელექტისა და კულტურის ადამიანი, რომლის მიერ განვლილი გზა და სამეცნიერო შემოქმედება არის ნიმუში იმისა, თუ როგორ უნდა იცხოვროს და იღვაწოს ადამიანმა, რომ სამუდამოდ დარჩეს ოჯახის, კოლეგებისა და მეგობრების მეხსიერებაში. ბატონმა ბაკურმა დატოვა მდიდარი სამეცნიერო მემკვიდრეობა, რომელიც დიდ სამსახურს გაუწევს მომავალ თაობებს.

კოლეგებისაგან