



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

№ 131



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

თბილისი _TBILISI _ ТБИЛИСИ

2021

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული
ტომი № 131

ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური
პრობლემები

SCIENTIFIC REVIEWED PROCEEDINGS
OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
VOL.№131

PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

НАУЧНЫЙ РЕФЕРИРУЕМЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ
ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТОМ №131

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

©	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	2021
---	---	------

თბილისი _ TBILISI _ ТБИЛИСИ

2 0 2 1

გამოიცემა 1953 წლიდან
Published since 1953
Издаётся с 1953 года

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

სარედაქციო კოლეგია

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

მდივნები

ნ.კაპანაძე
ნ.არუთინიანი

წევრები

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

სარედაქციო საბჭო

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

სარედაქციო კოლეგიის მისამართი: საქართველო, 0112, თბილისი, დ.აგმაშენებლის 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

დამფუძნებლები:

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

УЧРЕДИТЕЛИ:

Грузинский технический университет
Институт гидрометеорологии
Национальная академия наук Грузии
Сельскохозяйственная академия наук Грузии

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.Капанაძე
Н.Э.Арутюнян

ЧЛЕНЫ

Г.Н.Алексидзе
Абд-Алла Гад (Саудовская Аравия)
Ц.З.Басиლაშვილი
Н.Г.Бегларაშვილი
Н.С.Буачиძე
Г.Л.Гриგოლია
Г.С.Гუნია
Х.Т.Эгамбердиев (Узбекистан)
Б.М.Холматжанов (Узбекистан)
Н.Л.Двалишвили
К.Лашаური (Канада)
Шунлин Лиан (США)
Р.Н.Махмудов (Азербайджан)
М.Г.Меладзе
А.Н.Паранина (Россия)
М.П.Салукваძე
Р.Д.Самукашвили
А.А.Сурмава
М.Г.Пипия
Садхан Кумар Гош (Индия)
Л.У.Шавлиаშვილი
Л.Д.Шенгелиა
З.В.Хведелиძე

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Г.Г.Меладзе (Зам. гл. редактора)
Н.Г.Бегларაშვილი
Г.Л.Гриგოლია
М.П.Салукваძე
З.В.Хведелиძე

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)
B.Kholmatjanov (Uzbekistan)
N.Dvalishvili
K.Lashauri (Canada)
Shunlin Liang (USA)
R.Mahmudov (Azerbaijan)
M.Meladze
A.Paranina (Russia)
M.Salukvadze
R.Samukashvili
A.Surmava
M.Pipia
Sadhan Kumar Ghosh (India)
L.Shavliashvili
L.Shengelia
Z.Khvedelidze

EDITORIAL COUNCIL

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

წინამდებარე კრებულში შესულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის 68-ე მისის სამეცნიერო სესიაზე მოხსენილი 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 68-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 68-ой майской научной сессии Института Гидрометеорологии, посвященной актуальным проблемам 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.

ს ა რ ზ ე ვ ი CONTENTS СОДЕРЖАНИЕ

1	ს.გორგიჯანიძე. მდინარის ჩახერგვებით გამოწვეული დაგუბებები და მათ გარღვევებთან დაკავშირებული ნაზღველვი წყალმოვარდნები ზემო სვანეთის რეგიონში.....	7
	S.Gorgijanidze. Swamps caused by the river trappings and collapsed flash-flooding associated to their breakthrough in the Upper Svaneti region.....	
	Горгиджанидзе С. Н. Завальные паводки, вызванные заграждением и затором на реках Верхней Сванетии.....	
2	ც.ბასილაშვილის. მდინარეთა წყლის დეფიციტი - თანამედროვეობის უდიდესი პრობლემა.....	12
	Ts. Basilashvili. Freshwater Shortage is a Major Problem of Modern Times.....	
3	ო. შველიძე. აორთქლებადობა და მორწყვის რეჟიმი.....	17
	O.Shvelidze. Potetial evaporation and irrigation regime.....	
	Швелидзе О.Г. Испаряемость и режим орошения.....	
4	მ. ალუკვაძე, ნ.კობახიძე. საქართველოს ტერიტორიის ზვავსაშიშროების შეფასება ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის მიხედვით.....	20
	M.Salukvadze, N.Kobakhidze. Avalanche hazard assessment of the territory of Georgia by the frequency of avalanches.....	
5	ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. მცინვარების დეგრადაციის დინამიკა პირიქითი ალაზნის მცინვარულ აუზში.....	24
	L.Shengelia, G.Kordzakhia, G.Tvauri, M.Dzadzamia. Degradation dynamics of the Pirikiti Alazani river basin glaciers on the background of current climate change.....	
	Шенгелия Л.Д., Кордзахия Г.И., Тваური Г.А., Дзадзамия М. Ш. Динамика деградации ледников бассейна реки Пирикити Алазани на фоне современного изменения климата.....	
6	რ.სამუკაშვილი, ც.დიასამიძე. ნისლი მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში.....	32
	R.Samukashvili, Ts. Diasamidze. A fog of the teritory Mtskheta-Mtianeti.....	
7	გ.მელაძე, მ.მელაძე. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალ სუბტროპიკებში.....	36
	G.Meladze, M.Meladze. Distribution of agricultural crops in the dry subtropics of Eastern Georgia.....	
	Меладзе Г.Г. Меладзе М.Г.Распространение сельскохозяйственных культур в сухих субтропиках Восточной Грузии.....	
8	მ.ფიფია ნ.ბეგლარაშვილი გ.ჯინჩარაძე. სეტყვიანობა და მისგან მუყენებული ზიანი საქართველოს ტერიტორიაზე 2014-2018 წლებში.....	40
	M.Pipia, N.Beglarashvili, G. Jincharadze . Hail and damage caused by it on the territory of Georgia in 2014-2018.....	
9	პიპია მ. გ., ბეგლარაშვილი ნ.გ., ჯინჩარაძე გ.ა. Град и ущерб, нанесенный им на территории Грузии в 2014-2018 гг.....	44
	ნ. გიგაური, ვ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინცირველი, მ. ფიფია. ქ.თბილისის ატმოსფეროში PM2.5 და PM10 -ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით.....	
	Gigauri N., Kukhalashvili V., Surmava A., Intskirveli L., Pipia M. Spatial distribution of PM ₁₀ and PM _{2.5} concentrations in the atmosphere of Tbilisi according to regular observations and experimental measurements.....	
10	გ.გუნია. ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები.....	51
	G.Gunia. Modern ecological problems of sustainable economic development of the country.	
10	გუნია გ.С. Современные экологические проблемы устойчивого экономического развития страны.....	51
	

11	მ.ტატიშვილი, ზ.ხვედელიძე, ი.სამხარაძე, ა.ფალავანდიშვილი. ატმოსფეროს ცირკულაციური ანომალიების გავლენა ამინდზე და კლიმატზე საქართველოში.....	56
	M.Tatishvili, Z.Khvedelidze, I.Samkharadze, A.Palavandishvili. Influence of atmospheric circulation anomalies on weather and climate in Georgia.....	
	Татишвили М.Р., Хведелидзе З.В., Самхарадзе И.Н., Палавандишвили А.М..Влияние аномалий атмосферной циркуляции на погоду и климат Грузии.....	
12	დ.დემეტრაშვილი. მეზომასშტაბური ატმოსფერული პროცესების რიცხვითი მოდელის ენერგეტიკული ბალანსის განტოლებათა შესახებ.....	59
	D. Demetrashvili. On the energy balance equations of the numerical model of mesoscale atmospheric processes.....	
	Деметрашвили Д.И. Об уравнениях энергетического баланса численной модели мезомасштабных атмосферных процессов.....	
13	ნ.კაპანაძე, თ.ციცაძე. მდინარეთა აუზების ძირითადი რესურსები, ფუნქციები და ინტეგრირებული მართვის მექანიზმები.....	67
	N.Kapanadze, T.Tsintsadze. Major resources of river basins, functions and integrated management systems.....	
	Капанაძე Н.И., Цицадзе Т.Н. Основные ресурсы речных бассейнов, функции и механизмы интегрированного управления.....	
14	ნ.კაპანაძე, ი.მკურნალიძე. ღრუბლიანობა და კოსმოსური სხივებ.....	72
	N.Kapanadze, I.Mkurnalidze. Cloudiness and cosmic rays.....	
	Капанაძე Н.И., Мкурналидзе И.П. Облачность и космические лучи.....	
15	გ. გელაძე, ნ.ბეგალიშვილი. სმოგის რიცხვითი მოდელის შესახებ.....	77
	G. Geladze, N. Begalishvili. About numerical model of smog.....	
	Г. Н Геладзе, Н. Н Бегалишвили О численной модели смога.....	
ავტორთა საძიებელი.....		82
AUTHOR'S INDEX.....		
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....		

უკ. 551.578.46.

მდინარის ჩახერგვებით გამოწვეული დაგუბებები და მათ გარღვევებთან დაკავშირებული ნაზღვლევი წყალმოვარდნები ზემო სვანეთის რეგიონში

ს. გორგიჯანიძე

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

საქართველო ბუნებრივი პირობების მიხედვით მრავალფეროვანია, რის გამოც აქ მუდამ ხდებოდა და ხდება სტიქიური მოვლენები. ამ სტიქიური მოვლენებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მდინარის ხეობების ჩახერგვები, დაგუბებები და მათ გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნები. ამ პერიოდში ხდება მდინარის გადაკეცვა, რის შედეგადაც ზოგჯერ დაგუბებული ტბა განაგრძობს არსებობას, ზოგჯერ კი ირღვევა, რასაც თან მოსდევს კატასტროფული ნაზღვლევი წყალმოვარდნები. ასეთი პროცესები შეიძლება გამოიწვიოს მდინარემ, როცა იგი გადაიკეცება კლდეზვავით, მეწყერით, ღვარცოფული ნაკადით, ზვავებით, მდინარის დანაყინით ან სულაც მყინვარის პულსაციის მოქმედებით.

საქართველოსთვის ყველა ამგვარი პროცესით გამოწვეული კატასტროფული წყალმოვარდნაა დამახასიათებელი. ეს პროცესები კი ხშირია კავკასიონის ქედზე. მისი განშტოებებიდან გამოირჩევა როგორც დასავლეთი ასევე ცენტრალური კავკასიონის განშტოებები. განსაკუთრებით ეს მოვლენები გააქტიურდა სვანეთის კავკასიონზე.

თავად სვანეთი კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ კალთაზე მდებარეობს და საქართველოს ყველაზე მაღალმთიანი კუთხეა. სვანეთი დასავლეთიდან ისაზღვრება კოდორის (სვანეთ-აფხაზეთის), სამხრეთიდან – სამეგრელოსა და ლეჩხუმის, ჩრდილოეთიდან – კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედებით. ადმინისტრაციულად მოიცავს მესტიის და ლენტეხის მუნიციპალიტეტებს. მისი სიგრძე, კოდორის ქედიდან ფასის მთამდე, 125 კმ-ია. სწორედ აქ არის თავმოყრილი კავკასიონის მთავარი ქედის უმაღლესი მწვერვალები: გისტოლა, თეთნულდი, ჯანდა, შოთა რუსთაველის პიკი, შხარა და სხვ. ამ მონაკვეთშივეა განლაგებული კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის უდიდესი მყინვარები: ლეხზირი, წანერი, ტვიბერი და სხვ. სვანეთის კავკასიონის ტერიტორიაზეა 18 ცნობილი უღელტეხილი. ყოველივე აქედან გამომდინარე, სვანეთის ტერიტორია წარმოადგენს საკმაოდ საშიშ ზონას სტიქიური მოვლენების მოქმედებისათვის. აქ ფიქსირდება წყალდიდობები, მეწყერები, ქვათაცვენები და თოვლის ზვავების გააქტიურებები.

ამ ბოლო დროს გახშირებული სტიქიური მოვლენების შედეგად ამ ტერიტორიაზე დაინგრა 225 საცხოვრებელი სახლი, დაზიანდა მრავალი სასოფლო-სამეურნეო სავარგული, ხიდი და საავტომობილო გზა.

აღსანიშნავია, რომ ზემო სვანეთი გამოირჩევა წლის განმავლობაში სტიქიური მოვლენების სიხშირით. ზვავსაშიში ზონები მოცემულია სოფ. ლუხიდან დაწყებული ხაიში-ჭუბერის მონაკვეთამდე [1]. აღსანიშნავია, რომ ყველა ამ პროცესს ხელს უწყობს კლიმატური პირობები და ამასთანავე ანთროპოგენური ფაქტორები. ყოველი სტიქიური მოვლენის გავრცელების ზონა საშუალო და მაღალმთიანი რეგიონებია.

სტიქიური მოვლენები, წყალდიდობის სახით, დიდი მასშტაბით მოხდა 2003 წელს, რამაც დიდი ზიანი მიაყენა მესტიის მუნიციპალიტეტს, ხოლო 2011 წელს მთლიანად მოიცვა მულახი-ჯაბუშის ტერიტორია, მდ. მესტიაჭალის ხეობა, გადაკეცა გზები, დაანგრა მდინარეებზე არსებული ხიდები. საბედნიეროდ, მოსახლეობაში მსხვერპლი არ ყოფილა, თუმცა განადგურდა მრავალი სათიბ-სამოვარი ტერიტორია. 2019 წლის 25 ივლისს მდ. მესტიაჭალის აუზში განმეორდა სტიქიური მოვლენა, რომლის დროსაც ღვარცოფმა ორი ხიდი წაიღო, ხოლო მულახის თემში დააზიანა საკარმიდამო ტერიტორია. უფრო მნიშვნელოვანია ის, რომ დაზიანდა „მესტიაჭალა-1“ ჰესის ტერიტორია, სადაც მიმდინარეობდა სამშენებლო სამუშაოები. დაიტბორა იქ არსებული ტექნიკა და და რამდენიმე ავტომანქანა. საბედნიეროდ, ამ შემთხვევას მსხვერპლი არ მოჰყოლია (სურ 1 და 2).

ეს შემთხვევა გამოწვეული იყო უხვი ატმოსფერული ნალექების მოსვლით, რომლის დროსაც დაიწყო იქ არსებული მყინვარების ინტენსიური დნობა. შედეგად მდინარეში ჩამოვიდა ყინულოვან-მორენული მასალა, რის შედეგადაც მდ. მესტიაჭალა დაგუბდა. აღსანიშნავია რომ ტბის დაგუბება დიდხანს არ გაგრძელდებოდა, რამაც უფრო გააძლიერა ნაზღვლევი წყალმოვარდნა. შეგუბების ადგილას მოხდა წყლის დონის უცვარი მატება, რამაც კიდევ უფრო მეტად დააზიანა მიმდებარე ტერიტორია. წყალმოვარდნის ტალღის დონემ 70-100 სმ-ით მოიმატა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დაგუბებული ტბის გარღვევას ორჯერ ჰქონდა ადგილი.



სურ.1. 2019 წლის 25 ივლისს მდ. მესტიაჭალის აუზში მომხდარი ნაზღვლევი წყალმოვარდნა.



სურ.2. 2019 წლის 25 ივლისს მდ. მესტიაჭალის აუზში მომხდარი ნაზღვლევი წყალმოვარდნა.

2018 წლის 5 ივლისს, მდ. ნენსკრას აუზში მოსული უხვი ნალექების შედეგად, მოხდა თოვლ-ზვავის გამოზიდვის კონუსისა და მყინვარების დნობა, რის შედეგადაც მოხდა მდ. ნენსკრაზე ქვა-ტალახიანი ღვაცოფული ნაკადების წარმოშობა.

მდ. ნენსკრაზე წყლის მაქსიმალური ხარჯი დაანგარიშებული იქნა გავლილი კვალის მიხედვით. სოფ. ქვემო მარდთან წყლის ხარჯმა 220 მ³/წმ შეადგინა, რაც ექსტრემალური მაჩვენებელია ამ მდინარისათვის.

მდ. ნენსკრას ადიდების შედეგად ჭუბერის თემის სოფლებში დაინგრა და დაზიანდა საცხოვრებელი სახლები, დამხმარე ნაგებობები და ინფრასტრუქტურული ობიექტები (მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზები, საავტომობილო გზები, ხიდები და სხვ.). სტიქიამ სრულად მოწყვიტა გარე სამყაროს სოფელი ტიტა (სურ. 3 და 4.).



სურ. 3. მდ. ნენსკრას შედეგები, 2018 წლის 5 ივლისი.



სურ. 4. მდ. ნენსკრას შედეგები, 2018 წლის 5 ივლისი.

მნიშვნელოვანია ასევე გარემოსა ეროვნული სააგენტოს მიერ დათვალიერებული ბუნებრივი ტბა „შავდელეს“ მონაკვეთზე, მესტიის გზის მიმდებარე ტერიტორიები ზემო სვანეთში, სადაც ნათლად ჩანს მეწყრული უბანი, რომელიც საშიშია. მას 40-45მ-იანი ქანობი აქვს. დათვალიერების დროს ამ მონაკვეთიდან გამოედინებოდა 0.5 ლიტრი დებეტის მქონე წყალი, რაც 1 საათში შეადგენს 1800 ლ წყალს. რადგანაც ჩაგუბებიდან საავტომობილო გზის მიმართულებით ხდება ამავე მოცულობის წყლის გადინება, ჩაგუბებაში წყლის დონის ცვლილება არ შეინიშნება. თუმცა ადგილობრივი მოსახლეობის გამოკითხვის საფუძველზე გამოიკვეთა ის ინფორმაცია, რომ როდესაც ხდება ატმოსფერული ნალექების სიჭარბე, მუდამ ხდება ამ ტერიტორიაზე წყალმოვარდნა და მუდამ ხდება საავტომობილო გზის დატბორვა, რისი გაწმენდაც უმეტესად ადგილობრივებს უხდებათ, რაც ასევე საშიშია.

პრაქტიკისათვის მნიშვნელოვანი საკითხის გადაჭრა ემყარება ვ. ცომაიას გამოთვლათა სისტემას [2, 3], რომელიც მრავალჯერაა გამოყენებული. გამოთვლის სისტემა უზრუნველყოფს, რომ მდინარის კალაპოტის ჩახერგვის დროიდან გავცეთ პროგნოზი დაგუბებული უბნის წყლით ავსების ხანგრძლივობაზე, დაგუბებული ტბის მოცულობაზე, მის ფარგლებში დატბორვის სიგრძეზე, გარღვევის შემდეგ გარღვევის ადგილას და დინების ტრანზიტულ კვეთებზე ნაზღველვეი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურ ხარჯზე.

მდინარის დაგუბებული უბნის მორფომეტრული პარამეტრების დადგენისათვის, მსხვილმასშტაბიან ტოპოგრაფიულ რუკაზე (1 : 25 000 – 1 : 100 000) ადგილზე დააქვთ ჩახერგილი კაშხლის თხემის მდებარეობა $a-b$; იზოხაზების საშუალებით განსაზღვრავენ ჩახერგილი კაშხლის თხემის სიმაღლეს (h), ისევე რუკის საშუალებით ჩახერგილი კაშხლის სიმაღლეზე გამოითვლება დაგუბების სიგრძე (l) და სიგანე (B) ჩახერგილი მასისა თხემზე. მიღებული მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრავენ ჩახერგვის შედეგად წარმოშობილი ქვაბულის მოცულობას (w) ფორმულით:

$$w = \frac{l * B * h}{k}$$

სადაც k არის ტოპოგრაფიული კოეფიციენტი; იგი იცვლება 2,7 -3,3-ის ფარგლებში [1]; გამოთვლებისათვის საშუალოდ ვიღებთ $k = 3,0$.

მდინარის ხეობის ჩახერგვისას უნდა გაიზომოს მდინარისა და მისი შენაკადების წყლის ხარჯი ჩახერგვის ზემოთ, ჰიდროლოგიაში ცნობილი მეთოდების გამოყენების საფუძველზე. თუ ავლნიშნავთ მდინარისა და მისი შენაკადების წყლის ჯამურ ხარჯს ΣQ მ/წმ, მაშინ ქვაბულის ავსების ხანგრძლივობა (T) იქნება:

$$T = \frac{W}{\Sigma Q}$$

ამ შემთხვევაში T გამოითვლება წამებში, შემდეგ გადაიყვანება ჩვეულებრივი წესით წუთებში, საათებში და დღე-ღამეში.

მდინარის კალაპოტში ჩახერგილი მასა ქვაბულში დაგროვილი წყლის მასის დაწოლის შედეგად ირღვევა. გარღვევისას წარმოიშვება ტრაპეციოდალური ფორმის კალაპოტი, რომელსაც ამსგავსებენ ჰიდრომეტრიაში ცნობილ წყალ საშვს, რომლითაც ზომავენ წყლის ხარჯს. ამ მხრივ იყენებენ ჰიდრაულიკაში ცნობილ ფორმულას:

$$Q_{\theta} = 1.9 B * h_1^{2/3}$$

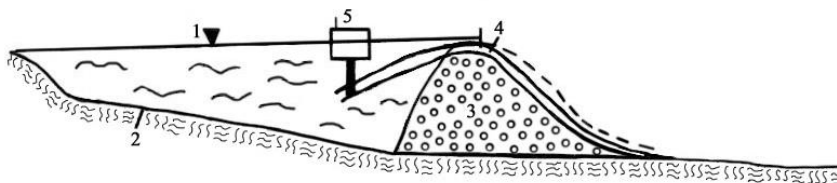
სადაც, Q_{θ} არის ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი გარღვევის ადგილას. ასევე ხდება ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯის გამოთვლა მდინარის ტრანზიტულ უბნებზე. პროცესი წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც წყლის მაქსიმალური ხარჯი განიცდის ტრანსფორმაციას მისი „გაშლართვის“ გავლენის გამო. ამისათვის კი უკეთეს შედეგს გვაძლევს დინების იზოქრონული თეორიის გამოყენება, რომლის თანახმად:

$$Q_{\theta\theta} = \frac{l}{l+1\theta} * Q_{\theta}$$

სადაც $Q_{\theta\theta}$ – არის ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი ტრანზიტული უბნის მოცემულ კვეთში; l – არის მანძილი ჩახერგილი კაშხლიდან მდინარის ტრანზიტული უბნის მოცემულ კვეთამდე. [2, 3, 4]

ასევე უნდა მოხდეს დაგუბებული ტბის უბანში, ჩახერგილ კაშხალში ჩამდინარე წყლის ხარჯის გამოთვლა, რომელიც ასევე გვაძლევს ინფორმაციას ჩახერგილ უბანში რა რაოდენობის წყალი გროვდება გარკვეული დროის განმავლობაში.

ყოველივე აქედან გამომდინარე, სვანეთი მუდამ იქნება ის რეგიონი, სადაც უხვი ნალექის დროს შესაძლებელია სხვადასხვა მოვლენების გამო მოხდეს მდინარეების გადაკეტვა, დაგუბება და ნაზღვლევი წყალმოვარდნების საშიშროების წარმოშობა, რაც მოითხოვს მუდმივ მეთვალყურეობას, დაკვირვებას, არსებული მონაცემების მოპოვების შემთხვევაში კი მათ დამუშავებას და საჭირო პროგნოზების გაცემას. ასევე მუდამ უნდა ხდებოდეს ყოველწლიური სავსე სამუშაოები. სასურველია განგაშის სისტემების დაყენება, სადამკვირებლო ქსელის გაშლა ხეობების ლოკალურ ფერდობებზე. ასევე იმ დამცავი საშუალებების გამოყენება, რომელიც მდინარეთა ხეობებში ერთგვარად შეაფერხებდა ნალექის დროს წარმოქმნილი საშიშროების შედეგებს. ასევე აუცილებელია მდინარის ჩახერგვის უბანზე მოეწყოს დროებითი ჰიდრომეტეოროლოგიური საგუშაგოები, სადაც გაიზომება ატმოსფერული ნალექები და ტემპერატურები. ასეთ ობიექტებზე ასევე შესაძლებელია დაბომბვის მეთოდი, ხელოვნური არხის და გადამგდები საშუალებების დაყენება ჩახერგვის ადგილას და ა. შ. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია საფონური წყალამოღობის სქემა, რომელიც იგება ჩახერგილი მასის თხემზე და ასევე ძალიან ეფექტურია ამ დროს.



ნახ. 1. ხეობის ჩახერგილი წყალდაგუბების უბანი და მისი საფონური წყალამოღობის სქემა.

ყველაზე მისაღები და ადვილად მისაწვდომი მეთოდია ნაზღვლევი წყალმოვარდნის ან წყალდიდობის საზღვრების დადგენა და დადგენილი ტერიტორიის საშიშ ზონად გამოცხადდება, სადაც

აიკრძალება ყოველგვარი სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საქმიანობა. მნიშვნელოვანია აგრეთვე დაკვირვებისა და გაზომვის მასალების დამუშავება და ანალიზი, რაც ყოველდღიურად უნდა მოხდეს - წყლის დონეების, წყლის ხარჯებისა და ინფლიტრაციის ინტენსიური მატების შემთხვევების სათანადო შეფასების საფუძველზე. ყველა ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე, სადაც უნდა გაიაროს დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული ნაზღვევი წყალმოვარდნის ტალღამ, ეწყობა დაკვირვება წყლის დონეზე, ყოველ ორ საათში, წყალმოვარდნის დაწყების, მაქსიმუმისა და დამთავრების დროის ჩვენებით.

ყოველივე აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მდინარის ჩახერგვის და მისი გარღვევის შემთხვევაში წარმოშობილი ნაზღვევი წყალმოვარდნის შერბილების მეთოდებით შესაძლებელია მოსალოდნელი კატასტროფის თავიდან აცილება.

ლიტერატურა - References – Литература

1. სალუქვაძე მ. „ზემო სვანეთის ზვავსაშიშროება“. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. გვ. 67. 2011
2. ცომია ვ. „გადაუდებელი საქმე - მდ. ქსანი ორი საპირისპირო მოვლენის დროს და მათი თავიდან აცილების გზები“. საქართველოს ბუნება. # 8., თბ., 1990., გვ. 9-10.
3. ცომია ვ. ცინცაძე თ. გორგიჯანიძე ს. „ნაზღვევი წყალმოვარდნები საქართველოში და მათი საშიშროების თავიდან აცილების რეკომენდაციები“. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. თბ., 2003., გვ.185
4. Глациологический словарь. Гидрометеоиздат., Л., 1984., с. 210-217

უაკ 551.578.46

მდინარის ჩახერგვებით გამოწვეული დაგუბებები და მათ გარღვევებთან დაკავშირებული ნაზღვევი წყალმოვარდნები ზემო სვანეთის რეგიონში. ს./გორგიჯანიძე/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.7-11. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში მოყვანილია მონაცემები სვანეთში მომხდარი წყალმოვარდნების შესახებ. ასევე ასახულია მდინარის ხეობების ჩახერგვის გამომწვევი მიზეზები და დაგუბებული ტბების გარღვევის შემთხვევაში მომხდარი წყალმოვარდნების შედეგები. განსაზღვრულია ის პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფს დაგუბების შემთხვევაში, მოსალოდნელი წყალმოვარდნის განვითარებისას, როგორ ავიცილოთ თავიდან მოსალოდნელი კატასტროფა. ასევე სტატიაში მოცემულია ის რეკომენდაციები, რომლებიც საჭიროა განხორციელდეს ამ სტიქიური მოვლენის დროს.

UDC 551.578.46

Swamps caused by the river trappings and collapsed flash-flooding associated to their breakthrough in the Upper Svaneti region. /Gorgidzhanidze S./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.7-11. - Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus.

The article provides data on flash-floods in Svaneti. It also presents the causes of river valley trapping and the flooding consequences of a break in swampy lakes event. Those parameters are defined that in case of expected flooding provide how to avoid anticipated disaster. The article also gives the recommendations that need to be implemented during this natural disaster

УДК 551.578.46

Завальные паводки, вызванные заграждением и затором на реках Верхней Сванетии /Горгиджанидзе С.Н./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.7-11. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье приводятся данные о наводнениях в Сванетии. Также отражены причины заторов долины рек и последствия наводнения в случае прорыва завальных озер. Определены параметры, которые помогут избежать катастрофические последствия ожидаемых завальных паводков в случае прорыва заторов. В статье также даются рекомендации, которые необходимо выполнить во время этого стихийного бедствия.

უკ. 627. 1. 215

**მტკნარი წყლის დეფიციტი - თანამედროვეობის უდიდესი პრობლემა
ც. ბასილაშვილი**

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

წყალი არის დედამიწაზე არსებული ის ძირითადი რესურსი, რომელიც განაპირობებს ცოცხალი სამყაროს არსებობასა და განვითარებას. ჩვენს პლანეტაზე წყლის საერთო რესურსი 1400 მლნ კმ³-ია, რომელიც ქმნის ერთიან მსოფლიო ოკეანის სტრუქტურას ზღვებით, ტბებით, მდინარეთა აუზებითა და სხვ. მთელი წყლის რესურსების 94 % ანუ 1320 მლნ კმ³ წყალი, მოქცეულია უშუალოდ ოკეანეებსა და ზღვებში, რომელთაც უკავიათ დედამიწის ზედაპირის 70 %.

წყალი ახდენს მზის ენერჯის აკუმულაციას და ამრიგად ასრულებს დედამიწის ზედაპირზე თერმული რეჟიმის რეგულატორის როლს. ჰიდროსფეროს ზედა 1 სმ-იანი ფენა შთანთქავს მასზე მოხვედრილი მზის თბური ენერჯის 94 %-ს. შედეგად ოკეანეთა ზედაპირიდან ყოველწლიურად ორთქლდება 3,35×10¹⁴ მ³ წყალი. ამ წყლის 90 % ატმოსფერული ნალექების სახით უბრუნდება თვით ოკეანეებს, 10 % კი ხმელეთზე მოდის. გარდა ამისა, წყალში არსებული ფიტოპლანქტონი ფოტოსინთეზის პროცესის შედეგად ამარაგებს ატმოსფეროს ჟანგბადით. სწორედ ჟანგბადი და მტკნარი წყალი არის აუცილებელი ელემენტები ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისათვის [1, 2].

მტკნარ წყლად, იწოდება წყალი, რომლის მარილიანობა არ აღემატება 0,1 ‰-ს. ჩვენს პლანეტაზე მტკნარი წყალი არის ზედაპირული, დანალექი და მიწისქვეშა. ზედაპირულს მიეკუთვნებიან: მდინარეები, მტკნარი ტბები, მყინვარები და ნაკადულები; დანალექები: თოვლი, წვიმა და სეტყვა; მიწისქვეშაა - წყაროები და მინერალური წყლები. გემოს მიხედვით, მტკნარ წყალს განასხვავებენ ჩვეულებრივს და მინერალურს, რომელიც ჩვეულებრივი სასმელი წყლისაგან განსხვავდება მასში განსაზღვრული რაოდენობის სხვადასხვა მინერალებით. ესენია - სამკურნალო, სამკურნალო-სასადილო და სასადილო.

1 ცხრილში მოცემულია დედამიწაზე არსებული ჰიდროსფეროს კომპონენტების რაოდენობრივი მახასიათებლები [3] ინფორმაციის მიხედვით. დედამიწაზე არსებული წყლის საერთო რესურსების მხოლოდ 2,5 % ანუ 35 მლნ კმ³ არის მტკნარი წყალი, რომლის უდიდესი ნაწილი ანტარქტიდისა და გრენლანდიის ყინულებში და თოვლშია, ხოლო ნაწილი მიწისქვეშა მოქცეული [1]. მტკნარი წყალი, ტერიტორიულად ხმელეთზე, მეტად არათანაბრადაა განაწილებული. ევროპაში და აზიაში, სადაც მთელი მსოფლიოს მოსახლეობის 70 % ცხოვრობს, მტკნარი წყლის მარაგის 39 %-ია, რომელთა უდიდესი რაოდენობა კონცენტრირებულია მდინარეებში და ტბებში [4].

2 ცხრილში მოცემულია დედამიწაზე არსებული მტკნარი წყლის წყაროები - მათი რაოდენობა (კმ³) და წილი (%) საერთო ჯამიდან [5] ინფორმაციის მიხედვით.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ მტკნარი წყლის უდიდეს ნაწილს დედამიწაზე შეიცავს მყინვარები, აისბერგები და მუდმივი თოვლის საფარი, რომელთა წილი საერთო ჯამის 69 %-ს შეადგენს. მეორე ადგილზე, ამ მხრივ, არის მიწისქვეშა წყლები (30 %). ამასთან ერთად, მტკნარი წყალი მარად მზრალ ზონაში, მტკნარ ტბებში, ღრუბლებში, მდინარეებში და ნაკადულებში.

ცხრილის მიხედვით მტკნარი წყლის ყველაზე მცირე მოცულობა (2120 კმ³) არის მდინარეებში, რომელიც მთელი ჯამის მხოლოდ 0,006 %-ია, მაგრამ საჭიროა აღინიშნოს, რომ ყველა სხვა წყაროებისაგან განსხვავებით, მდინარეთა მტკნარი წყალი არის მუდმივ განახლებადი და ყველაზე ხელმისაწვდომი. ამიტომ უძველესი დროიდან დღემდე, ხალხი თავის საცხოვრისს აშენებს მდინარეთა სანაპიროებთან და ახდენს მათი ხეობებისა და ტერასების ათვისებას, როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ასევე სამეურნეო საქმიანობისათვის, შენობების ასაგებად, გზებისა და ელექტროგადამცემი ხაზების გასაყვანად და სხვ.

ცნობილია, რომ თითოეული ადამიანი ყოველდღიურად დაახლოებით 3-4 ლ წყალს. გარდა ამისა, ადამიანების მიერ ფართოდ გამოიყენება მინერალური წყლები სამკურნალოდ, სასმელად და ბალნეოლოგიური მიზნით. წყალი აუცილებელია აგრეთვე ხმელეთის მცენარეთა და ცხოველთა სიცოცხლისა და განვითარებისათვის. წყალი მონაწილეობს ყველა ბიოლოგიურ პროცესებში და წყლის გარეშე შეუძლებელია ეკონომიკის ნებისმიერი დარგის განვითარება. მას ეკუთვნის ყველაზე მნიშვნელოვანი და გადამწყვეტი როლი, როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე მრეწველობაში, ენერჯეტიკაში და ა.შ. მაგალითად, მეცნიერთა გამოთვლებით XX საუკუნეში, მსოფლიო მასშტაბით წყლის წლიური მოხმარება შეადგენდა მრეწველობაში 400 კმ³, ენერჯეტიკაში - 250 კმ³, სოფლის მეურნეობაში კი

მოხმარება წყლის რესურსების 70 %. საერთო ჯამში მოხმარებული წყლის რაოდენობა შეადგენს 3200 – 3300 კმ³-ს წელიწადში [2, 5].

ცხრილი 1. დედამიწის ჰიდროსფეროს კომპონენტები

№	ობიექტის დასახელება	ფართობი 10 ⁶ გ ²	მოცულობა 10 ¹² გ ³	წილი, %	
				საერთო მარაგიდან	მტკნარი წყლის
1	მსოფლიო ოკეანე	361	1 338 000	96,4	
2	მიწისქვეშა წყლები	135	23 400	1,7	
3	მიწისქვეშა მტკნარი წყლები	134	10 530	0,76	28,6
4	ნიადაგის სინოტივე	133	40	0,003	0,11
5	მყინვარები და მუდმივი თოვლი	16,2	25 779	1,86	70,1
6	ჩრდ. ყინულოვანი ოკეანის კუნძულები	0,24	71,8	0,005	0,2
7	მთის რეგიონები	0,27	40,5	0,003	0,11
8	მარადმზრალი ზონის მიწისქვ. წყლები	21,0	300	0,022	0,82
9	მარილიანი ტბების წყლები	0,82	85,4	0,013	
10	მტკნარი ტბების წყლები	1,24	91,0	0,007	0,25
11	ჭაობის წყლის მარაგი	2,68	11,5	0,0008	0,03
12	მდინარეთა წყლები	149	2,12	0,0002	0,006
13	წყალსაცავები	0,37	6,37	0,0006	0,018
14	ბიოლოგიური წყლები	510	1,12	0,0001	0,003
15	ატმოსფეროს წყლები	510	12,9	0,001	0,04
წყლის საერთო მარაგი			1 387 723	100	
მტკნარი წყლის მარაგი			36 769	2,65	100

ამრიგად წყალი არის უდიდესი განძი ჩვენს პლანეტაზე როგორც ცხოვრების საწინდარი. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ თუ მტკნარი წყლის მარაგი გამოილევა, მთელ დედამიწაზე სიცოცხლე დასრულდება.

დედამიწაზე მტკნარი წყლების საექსპლუატაციო რესურსები 200 000 კმ³-ს შეადგენს, რაც მთელი წყლის მასის 0,02 % და მტკნარი წყლის რესურსების 1 %-ია. აღსანიშნავია, ის ფაქტი, რომ მტკნარი წყლების მსოფლიო მარაგები დედამიწაზე ტერიტორიულად არათანაბრადაა განაწილებული. მაგალითად, ანტარქტიდიდან, გრენლანდიდან და სხვა პოლარული ტერიტორიებიდან 2150 კმ³ გამოუყენებელი (უხმარი) წყალი ოკეანეებში ჩაედინება. ჭარბი წყალია აგრეთვე ზოგიერთ დასახლებულ რეგიონებშიც. მაგალითად მდ. ამაზონის აუზში, სადაც მოსახლეობის სიმჭიდროვე 1 კმ² ფართობზე 4 – 5 კაცია, მდინარის წყლის ჩამონადენი 3800 კმ³-ია, მაშინ როდესაც მრავლადაა უწყლო ქვეყნები, სადაც დიდია მტკნარი წყლის დეფიციტი: საჰარაში, ყარაყუმში და სხვა უდაბნოებში [5].

ცხრილი 2. დედამიწაზე არსებული მტკნარი წყლის წყაროები

წყაროს დასახელება	წყლის მოცულობა (კმ ³)	წილი (%)
მყინვარები, აისბერგები, მუდმივი თოვლი	24 000 000	68,7
მიწისქვეშა მტკნარი წყალი	10 500 000	30,1
მუდმივ გაყინული (მზრალი)	300 000	0,86
მტკნარი ტბები	91 000	0,26
ატმოსფერული ორთქლი	12 000	0,04
მდინარეები	2 120	0,006
ჯამი	35 000 000	100

3 ცხრილში მოცემულია მდინარეთა მტკნარი წყლის ხვედრითი ჩამონადენი ევრაზიის ქვეყნებში [6] ცნობარის მიხედვით, საიდანაც ჩანს, რომ ტერიტორიულად 1 კმ² ფართობზე უდიდესი წყლის ჩამონადენით (1739 ათასი მ³/კმ²) გამოირჩევა დასავლეთ საქართველო. ამ მხრივ მეორე ადგილზეა ნორვეგია (1188 ათასი მ³/კმ²), მესამეზე კი არის შვეიცარია (1046 ათასი მ³/კმ²). საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ხვედრითი ჩამონადენი 944 ათასი მ³/კმ²-ია, აღმოსავლეთ საქართველოში კი 394 ათასი მ³/კმ². რაც შეეხება 1 სულ

მოსახლეზე წყლის ჩამონადენის მიხედვით ყველაზე მდიდარია ისლანდია (338 ათასი მ³/1 სული), მეორე ადგილზე კი არის ნორვეგია (104 ათასი მ³/1 სული), მესამეზეა დიდი ბრიტანეთი (63,6 ათასი მ³/1 სული).

ცხრილი 3. წყლის ხვედრითი ჩამონადენი ევრაზიის ქვეყნებში

ქვეყანა	მთლიანი კმ ³	ათასი მ ³ /კმ ²	ათასი მ ³ /1 სულ	ქვეყანა	მთლიანი კმ ³	ათასი მ ³ /კმ ²	ათასი მ ³ /1 სულ
ისლანდია	65,8	619	338	საფრანგეთი	298	540	6,1
ნორვეგია	391	1 188	104	ლიტვა	15,3	235	4,4
დიდი ბრიტანეთი	204	670	63,6	ყაზახეთი	64,8	23,9	4,3
რუსეთი	40	234	29,1	პორტუგალია	35,4	385	3,9
შვედეთი	200	444	26,0	ბელორუსია	36,4	175	3,8
ფინეთი	107	319	23,3	დანია	15,0	349	3,2
ყირგიზეთი	52,8	266	14,5	იტალია	143	542	3,1
ტაჯიკეთი	51,2	358	12,8	ესპანეთი	93,0	185	3,0
საქართველო	65,8	944	12,1	სომხეთი	6,5	218	2,1
დას. საქართველო	51,1	1 739	23,2	პოლონეთი	56,5	181	1,8
აღმ. საქართველო	14,7	394	4,9	გერმანია	85,6	345	1,5
ალბანეთი	20,2	697	11,5	აზერბაიჯანი	8,7	100	1,4
ავსტრია	67,6	805	9,4	უკრაინა	49,9	82,6	1,0
საბერძნეთი	67,3	506	7,9	ბელგია	9,6	288	1,0
ესტონეთი	11,7	259	7,9	ნიდერლანდები	10,2	249	0,8
შვეიცარია	42,9	1 046	7,3	უზბეკეთი	11,1	24,7	0,7
ლატვია	17,1	268	6,7	თურქმენეთი	1,0	2,0	0,4

მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმი განპირობებულია კლიმატწარმომქმნელი ფაქტორებითა და მათ შორის ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციით, რაც დაკავშირებულია მზის აქტივობასთან. მზის მინიმალური აქტივობის დროს, როდესაც მზის ზედაპირზე აღინიშნება ლაქები და მათი რაოდენობა (ვოლფის რიცხვი) აღწევს 30-ს, მაშინ დედამიწაზე არ აღინიშნება სინოტივის ნაკლებობა და გვალვიანობა. აღსანიშნავია აგრეთვე ის ფაქტიც, რომ მდინარეთა წყლის ხარჯები, გრუნტის წყლისა და გაუდინარი ტბების დონეები ასევე დაკავშირებულია მზის აქტივობაზე.

ცნობილია, რომ ბუნებაში მიმდინარე წყალბრუნვის პროცესის შედეგად, სხვა ბუნებრივი რესურსებისაგან განსხვავებით, ხდება მტკნარი წყლის მარაგის მუდმივი განახლება, ამიტომ ის ითვლება ამოუწურავ ბუნებრივ რესურსად და მას შეუზღუდავად იყენებდნენ. მაგრამ სადღეისოდ, მზის აქტივობის გაზრდისა და კლიმატის გლობალური დათბობის, ადამიანთა საქმიანობის გაზრდისა და ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად, სასიცოცხლო მნიშვნელობის მტკნარი წყლის რესურსებს მოელის აღუდგენელი დანაკლისი, რაც შეიძლება გახდეს ეკონომიკის განვითარების მთავარ შემზღუდველ ფაქტორად.

სადღეისოდ მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, მართლაც ადგილი აქვს მტკნარი წყლის წყაროების თანდათანობით გამოლევის. მაგალითად, აშშ-ში განახლებადი მიწისქვეშა წყლების მარაგები 50 წლის განმავლობაში 490 კმ³-დან შემცირდა 63 კმ³-მდე. სასმელი წყლის დეფიციტს განიცდის მსოფლიოს მრავალი ისეთი ქვეყნების მოსახლეობა, როგორცაა აზიისა და აფრიკის დიდი ნაწილი, აშშ-ის დასავლეთი შტატები, ჩილესა და არგენტინის ნაწილები, ავსტრალია, თურქმენეთი, მოლდოვა, უზბეკეთი და აზერბაიჯანი.

გაეროს მონაცემებით 2000-იანი წლების დასაწყისში 1,2 მლრდ ადამიანი ცხოვრობდა მტკნარი წყლის მუდმივი დეფიციტის პირობებში, 2 მლრდ ადამიანი კი რეგულარულად იტანჯება უწყლოობით. 2010 წლის მონაცემებით, კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დედამიწაზე ყოველწლიურად ილუპება 300 ათასი ადამიანი, ხოლო 2030 წლისათვის ეს რიცხვი გაიზრდება 500 ათასამდე [7].

წყლის რესურსების შემცირების ტენდენცია თანდათან იზრდება და ამის გამო XXI საუკუნე გამოცხადებულია მტკნარი წყლისა და ხორბლის დეფიციტის საუკუნედ.

წყლის დეფიციტის მიზეზი მრავალია, რომელთაგან ერთ-ერთია ის ფაქტი, რომ სასმელი წყლის მოხმარება ორჯერ და მეტად უსწრებს პლანეტის მოსახლეობის ზრდის ტემპს. მსოფლიოს მოსახლეობის ზრდა კი დიდია. ამას გარდა, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების გამო, წყალზე მოთხოვნილება ისევე გაიზრდება.

გაეროს პროგნოზების მიხედვით 2025 წელს წყალმოთხოვნილება გაიზრდება 40 %-ით და კაცობრიობის 2/3 იცხოვრებს სასმელი წყლის მკაცრი უკმარისობის პირობებში. 2030 წლისთვის წყლის

დეფიციტი 40 %-მდე იქნება. 2032 წელს დედამიწის მოსახლეობას ემუქრება გვალვიანობა და 70 % ცხოველთა სახეობები იქნება განადგურების ზღვარზე. გვალვიანობის გამო, მომავალი 30 წლის განმავლობაში, მილიონი ადამიანის სიცოცხლე იქნება საფრთხის ქვეშ. XXI საუკუნის შუა ხანებში წყლის მუდმივი უკმარისობით იქნება 4 მლრდ ადამიანი [8].

გარდა ამისა, მსოფლიოს მოსახლეობის 1/3 ცხოვრობს იმ რეგიონებში, სადაც სოფლის მეურნეობა ეფუძნება ხელოვნურ მორწყვას, მაგრამ ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის მომატებისა და კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების შედეგად, მომავალში გვალვები შეიძლება გახდეს უფრო სერიოზული პრობლემების მიზეზი, რადგან უკვე აღინიშნება სარწყავი წყლის დიდი დეფიციტი. წლიდან წლამდე კი მატულობს სარწყავი სასოფლო - სამეურნეო კულტურების ფართობი, რომელთა პროცენტული წილი ამჟამად შეადგენს დედამიწის ტერიტორიის 17 %-ს.

კლიმატის გლობალური დათბობა ხელს შეუწყობს სავეგეტაციო პერიოდისა და ისეთი ექსტრემალური მოვლენების გაზრდას, როგორცაა წყალდიდობები, ტყის ხანძრები, გვალვიანობა, გაუდაბნობა და სხვ. მდინარეებზე მოსალოდნელია გაზაფხულის წყალდიდობის ცვლილება ადრეულ ვადებში და სავეგეტაციო პერიოდის წყლის ჩამონადენის შემცირება. ამის შესაბამისად გაიზრდება სარწყავი მიწების ფართობები და საჭირო საირიგაციო წყლის რესურსები. სარწყავი წყლის უკმარისობა უარყოფითად მოქმედებს როგორც მოსავლის რაოდენობაზე, ისე მის ხარისხზეც.

იმის გამო, რომ სოფლის მეურნეობაში მოხმარებული წყლის 22 % იკარგება და არ ბრუნდება, ამიტომ მეცნიერება ეძებს წყლის დანაკარგების შემცირების ხერხებს. ამ მხრივ პირველ რიგშია სარწყავი წყლის რაციონალური გამოყენება, სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისა და ხე-მცენარეთა ისეთი ჯიშების შერჩევა, რომლებიც მდგრადია წყლის სტრესთან დაკავშირებით.

ექსპერტთა პროგნოზების მიხედვით, თუ კაცობრიობა უახლოეს ხანებში ვერ იპოვნის მტკნარი წყლის ბუნებრივი მარაგის ალტერნატივას, მაშინ წყლის უკმარისობის პრობლემა გლობალურ მასშტაბებს მიაღწევს, რაც გამოიწვევს ეკონომიკის დაცემას იმ ქვეყნებში, სადაც მცირეა წყლის რესურსები, საზოგადოებაში კი გამოიწვევს არასტაბილურობას, ომებსა და მსოფლიო კატაკლიზმებს. ამრიგად, სუფთა წყლის დეფიციტმა მოსალოდნელია საფრთხე შეუქმნას თანამედროვე ცივილიზაციას.

ეს რომ არ მოხდეს, აუცილებელია ყველა ქვეყნის მთავრობამ პრიორიტეტად აქციოს სუფთა წყლის საკითხი, როგორც გარემოს დაცვის მთავარი პრობლემა. საჭიროა მიღებულ იქნეს შესაბამისი ღონისძიებები წყლის რესურსების დაზოგვისა და მისი გადანაწილების მიზნით. თითოეულმა მოქალაქემ კი უნდა იზრუნოს მტკნარი წყლის რესურსების დაცვაზე, მის რაციონალურად და ყაირათიანად გამოყენებაზე. უნდა ამაღლდეს ადამიანთა თვითშეგნება წყლის ობიექტების გაფრთხილებასთან დაკავშირებით.

ლიტერატურა - References – Литература

1. ც. ბასილაშვილი. წყლის რესურსები და მათი გამოყენების ძირითადი საკითხები. I საერთაშორისო კონფერენცია „კოლხეთის დაბლობის წყლის ეკოსისტემები - დაცვა და რაციონალური გამოყენება“, შრომათა კრებული, თბ., 2013, გვ. 21-24.
2. ი. მიქაძე, საქართველოს ჰიდროსფერო და მისი რესურსები. „მერიდიანი“, თბ., 2016, 64 გვ.
3. Шикломанов И.А. Водные ресурсы России и их использование. ГГИ, Санкт-Петербург, 2008.
4. http://www.o8ode.ru/article/oleg2/precnaa_voda.htm
5. <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>. water.usgs.gov.
6. Кадастр водных запасов Грузии. Изд. Универсал, Тб., 2018, 260 с.
7. Глобальная экологическая перспектива. ЮНЕП, 2009, 540 с.
8. Вода для людей, вода для жизни. Доклад ООН о состоянии водных ресурсов мира. Москва, 2003.

უაკ 627. 1. 215

მტკნარი წყლის დეფიციტი - თანამედროვეობის უდიდესი პრობლემა /ც. ბასილაშვილი/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021 - - ტ.131. -გვ.12-16. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია მსოფლიოში არსებული ყველაზე მნიშვნელოვანი და აქტუალური ეკოლოგიური პრობლემა მტკნარი წყლის რესურსების შესახებ. დახასიათებულია მათი წყაროები და არათანაბარი ტერიტორიული განაწილება. მსოფლიოში მოსახლეობისა და მეურნეობის გაზრდამ, კლიმატის დათბობის ფონზე, გამოიწვია მათი გამოყენების მასშტაბების გაზრდა, რის გამოც მნიშვნელოვნად შემცირდა მათი რესურსები. ამას შეიძლება მოჰყვეს მოსავლიანობისა და ეკონომიკის დაცემა, რაც გამოიწვევს არასტაბილურობას, ომებსა და კატაკლიზმებს. ეს რომ არ მოხდეს, საჭიროა ყველა ქვეყანაში პრიორიტეტად იქცეს სუფთა წყლის საკითხი, მისი დაზოგვა და რაციონალურად გამოყენება. ცხრ. 1, ლიტ. 8.

UDK 627. 1. 215

Freshwater Shortage is a Major Problem of Modern Times. /Ts. Basilashvili/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.12-16. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

The paper deals with the most important and urgent ecological problem of our times - global shortage of fresh water resources. Their sources and unequal territorial distribution are characterized. The rapid increase in the population and world economy, against the background of global warming, has led to an increase in the scale of use of fresh water resources, which has significantly reduced them. This, in turn, can lead to declining yields and the economy, instability, wars and cataclysms. In order to preclude the worst scenario, the issue of clean water, its saving and rational use must become a priority in all countries. Tabl. 3, Ref. 8

УДК 627. 1. 215

Дефицит пресной воды – величайшая проблема современности. /Басилашвили Ц.З./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып. 131. - с.12-16. – Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

Рассмотрено существующая всемирная, самая важная и актуальная проблема о ресурсах пресной воды. Охарактеризованы их источники и неравномерное распределение по территории. Увеличение в мире населения и хозяйства, на фоне потепления климата, вызвал увеличение масштабов их использования, в результате чего значительно уменьшились водные ресурсы. Это может привести упадок урожайности и экономики, что вызовет нестабильность, войны и катаклизмы. Чтобы этого не случилось, нужно во всех странах приоритетным стал вопрос чистой воды, их сбережение и рациональное использование. Табл. 1, Лит.8.

აორთქლებადობა და მორწყვის რეჟიმი

ო.შველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი

ჰიდროლოგიური მეცნიერების განვითარების ყოველ ეტაპზე განსაკუთრებული ყურადღება ექცეოდა ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების შესწავლას. ეს განპირობებული იყო ერთი მხრივ იმით, რომ იგი წარმოადგენს მოცემული ტერიტორიის ორი ძირითადი განტოლების სითბური და წყლის ბალანსის ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს, ხოლო მეორე მხრივ ჯამური აორთქლება ნიადაგის ზედაპირიდან წარმოადგენს შემაკავშირებელ რგოლს მეტეოროლოგიურ და ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებს შორის. დღეისათვის ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების რიცხვითი მნიშვნელობის საანგარიშოდ დამუშავებულია ასობით მეთოდი. მათი ნაწილის გამოყენება კონკრეტულ პირობებში შეზღუდულია დაკვირვების მასალების ნაკლებობის გამო, ნაწილი შეიცავს რიცხვით კოეფიციენტებს რომელთა შინაარსი საკმაოდ ბუნდოვანია.

გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების სიდიდის საანგარიშოდ ფართო გავრცელება ჰპოვა მეთოდებმა რომლებშიც იგი წარმოდგენილია ორი ფუნქციის ნამრავლის სახით [1-5]:

$$E = E_0 \cdot F(w) \quad (1)$$

სადაც პირველი თანამრავლი E_0 - აორთქლებადობა, ხოლო მეორე $F(w)$ - ნიადაგის სინოტივის ფუნქციაა.

აორთქლებადობას უწოდებენ ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების სიდიდეს, როდესაც ნიადაგში ტენის რაოდენობა შეუზღუდავია. იგი წარმოადგენს მოცემული ტერიტორიის კომპლექსურ კლიმატურ მახასიათებელს, რადგან მეტეოროლოგიური ელემენტების ფუნქციაა. რაც შეეხება (1) ტოლობის მეორე თანამრავლს, მეცნიერები ეყრდნობოდნენ რა ჰიპოტეზას, რომ ნიადაგის ტენიანობის გარკვეული სიდიდის შემთხვევაში, რომელსაც თავდაპირველად „კრიტიკული“ უწოდეს, აორთქლება ნიადაგის ზედაპირიდან ტოლია აორთქლებადობის, ხოლო „კრიტიკული“ ტენიანობის ქვემოთ ნელ-ნელა მცირდება და ბოლოს ნულის ტოლი ხდება.

ანალოგიური მეთოდით საქართველოს სარწყავი რაიონების ექსპერიმენტალური მასალის საფუძველზე დამუშავებული იქნა ჩვენს მიერ [4]. აღნიშნულ მეთოდში ნიადაგის ზედაპირიდან ჯამური აორთქლების თვიური სიდიდე იანგარიშება შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$E = E_0, \text{ როცა } (w_1 + w_2) / 2w_0 \geq 1 \quad (2)$$

$$E = (w_1 + w_2) E_0 / 2w_0, \text{ როცა } (w_1 + w_2) / 2w_0 < 1 \quad (3)$$

სადაც w_1 და w_2 - ნიადაგის პროდუქციული ტენია საანგარიშო პერიოდის თავსა და ბოლოში; w_0 - ნიადაგში პროდუქციული ტენის სიდიდე უმცირესი წყალტევადობის დროს. ნიადაგის ტენიანობაზე დაკვირვების მონაცემების არ არსებობის შემთხვევაში w_2 იანგარიშება ფორმულით:

$$W_2 = [w_1(1-a) + x - y] / (1+a) \quad (4)$$

სადაც $a = E_0 / 2w_0$; x - ატმოსფერული ნალექების განსახილვევ პერიოდში; y - ზედაპირული ჩამონადენი.

აკონსტანტინოვმა აორთქლებადობის თვიური მნიშვნელობების დასადგენად წლის თვითოეული თვისთვის ააგო გრაფიკები, რომლებიც ამყარებს კავშირს ჰაერის სინოტივის დეფიციტსა და აორთქლებადობას შორის, ჩვენს მიერ აორთქლებადობის თვიური სიდიდის საანგარიშოდ შემოთავაზებულია შემდეგი ფორმულებით:

$$E_0 = 5.6t + 5.1, \text{ როცა } d > 7.0$$

$$E_0 = 7.8t + 5.1, \text{ როცა } d \leq 7.0$$

(5)

სადაც t ჰაერის ტემპერატურის საშუალო თვიური მნიშვნელობა; d - ჰაერის სინოტივის საშუალო თვიური დეფიციტი.

ცხრილში 1. მოცემულია ვეგეტაციის თვეებში აორთქლებადობის თვიური სიდიდეები და მათი ჯამები გათვლილი ა. კონსტანტინოვის და ჩვენი მეთოდით. თითოეული სადგურის პირველ ჰორიზონტალურ გრაფაში შეყვანილია კონსტანტინოვის მეთოდით, ხოლო მეორეში - ჩვენი მეთოდით მიღებული შედეგები, ხოლო მესამეში მათი გადახრები პროცენტებში. როგორც ცხრილიდან ჩანს ორივე მეთოდით მიღებული შედეგები საკმაოდ ახლოსაა ერთმანეთთან, განსაკუთრებით V-VIII თვეებში, გადახრა ძირითადად 10%-მდე მერყეობს, დანარჩენ თვეებში სხვაობა იზრდება.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის მიზანია შინარჩუნოს ნიადაგში ტენის სიდიდე მაქსიმალურად მიახლოებადი w_0 -თან. ამიტომ (5) ფორმულით გამოთვლილი აორთქლებადობა ფაქტიურად

წარმოადგენს მცენარის წყალმოთხოვნილების საშუალო მნიშვნელობას, ხოლო აორთქლებადობა-წყალმოხმარებას. ბუნებრივია მათი სხვაობა იქნება წყალმოთხოვნილების დეფიციტი.

ცხრილი 1. აორთქლებადობის საშუალო თვიური მნიშვნელობები და მათი ჯამი ვეგეტაციის პერიოდში (მმ)

მეთოდის დასახელება	თვეები								ჯამი
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
დედოფლისწყარო									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	49	82	109	146	158	143	108	52	857
ეშველიძე	51	78	101	138	147	138	95	58	806
$E_{03}/E_{08} \%$	96	105	108	106	107	104	114	104	106
გურჯაანი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	62	94	117	152	167	152	104	67	915
ეშველიძე	64	82	104	136	156	147	97	69	855
$E_{03}/E_{08} \%$	97	115	112	112	107	103	107	97	107
თელავი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	64	96	118	151	168	157	109	67	930
ეშველიძე	71	87	108	137	158	150	103	78	930
$E_{03}/E_{08} \%$	90	110	109	110	106	105	106	84	100
წნორი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	62	95	122	150	172	157	107	69	944
ეშველიძე	57	79	107	142	152	143	103	64	847
$E_{03}/E_{08} \%$	109	120	114	113	113	110	104	108	111
საგარეჯო									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	60	93	117	146	156	143	107	63	885
ეშველიძე	57	84	112	137	162	141	96	62	851
$E_{03}/E_{08} \%$	105	111	104	106	96	101	111	102	104
ბოლნისი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	64	99	124	158	181	164	120	72	982
ეშველიძე	76	101	119	150	174	168	115	81	984
$E_{03}/E_{08} \%$	84	98	104	105	104	98	104	89	100
გორი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	58	95	118	148	161	147	106	62	895
ეშველიძე	71	87	123	138	150	148	106	74	897
$E_{03}/E_{08} \%$	82	109	96	107	107	99	100	84	100
ქუთაისი									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	77	109	132	147	153	141	109	83	951
ეშველიძე	68	83	122	132	132	125	98	82	842
$E_{03}/E_{08} \%$	113	131	108	111	116	113	111	101	113
საჩხერე									
ეკონსტანტის მნიშვნელობა	68	106	123	145	151	127	97	77	874
ეშველიძე	50	92	107	126	141	143	116	87	862
$E_{03}/E_{08} \%$	136	115	115	115	107	89	84	88	101

მორწყვის რეჟიმი ორი ნაწილისაგან შედგება. პირველია მორწყვის ნორმა, მეორე მორწყვის ვადა. მორწყვის ნორმა M ითვლება ფორმულით:

$$M = w_0 - w_2 \quad (6)$$

ხოლო მორწყვის ნორმა (4) ფორმულით. მორწყვის ვადა დადგება მაშინ როცა w_2 მიუახლოვდება ნიადაგის ოპტიმალური ტენიანობის ქვედა ზღვარს. აორთქლებადობის პროგნოზირების შეთავაზებული მეთოდი ხელს შეუწყობს სოფლის მეურნეობისათვის ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემის გადაწყვეტას როგორცაა ნიადაგის ტენიანობის რეგულირება ვეგეტაციის პერიოდში.

ლიტერატურა -REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. Будыко М.И. Теповой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеиздам, 1956, 124 с.
2. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеиздам, 1968, 532 с.
3. Константинов А.Р. Определение оптимальных влагозапасов почвы по периодам развития озимой пшеницы - "Гидротехника имелиорация", №2, 1975, с.38-43.
4. Швелидзе О.Г. Режим испарения с сельскохозяйственных полей на территории Алазанской долины - "Мр.закნიგმი", 1976, вып. 52(58), с.111-117.
5. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. Л., Гидрометеиздам, 1968, 246 с.

უკ 551.

აორთქლებადობა და მორწყვის რეჟიმი. /ო.შველიძე/ სტუ-ის კმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.17-19. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

მოცემულია თეორიული საფუძვლები აორთქლებადობის განსაზღვრისა და პროგნოზების როგორც ვეგეტაციის მთელ პერიოდში, ასევე ცალკეულ თვეებში. მოცემულია პრაქტიკული რეკომენდაციები აორთქლებადობის პროგნოზირებისა და შედეგების გამოყენებისათვის ნიადაგის ზედაპირიან ჯამური აორთქლების საანგარიშოდ, მორწყვის ნორმების დასაზუსტებლად და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილებისა და წყალზრუნველყოფის დასადგენად. აორთქლებადობის პროგნოზირების შეთავაზებული მეთოდი ხელს შეუწყობს სოფლის მეურნეობისათვის ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემის გადაწყვეტას როგორცაა ნიადაგის ტენიანობის რეგულირება ვეგეტაციის პერიოდში.

UDC 551.

Potential evaporation and irrigation regime. /Shvelidze o./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.17-19. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

This study sets forth theoretical principals of a long-range forecast of potential evaporation for a whole vegetative period. Practical recommendations are given on its making and use for the calculation of evapotranspiration from irrigated fields, the correction of irrigated rates, the estimation of the lack of water consumption in plants and the conditions of yields formation of some crops. The proposed method of potential evaporation prediction contributes to the solution of moisture balance for a forthcoming growing season which is important from the water economy point of view.

УДК 551

Испаряемость и режим орошения. /Швелидзе О.Г./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.17-19. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

В работе изложены теоретические основы долгосрочного прогноза испаряемости в целом за вегетационный период. Приведены практические рекомендации по его составлению и использованию для расчета суммарного испарения с орошаемых полей, корректировки оросительных норм, оценки недостатка водопотребления растениями. Предлагаемый метод прогноза испаряемости содействует решению важной с водохозяйственной точки зрения проблемы оценки расходной части баланса влаги на предстоящий вегетационный период.

უკ. 551.578.46.

საქართველოს ტერიტორიის ზეგვსაშიშროების შეფასება ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირის მიხედვით

მ.სალუქვაძე, ნ.კობახიძე

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

მთიანი ტერიტორიების ზეგვსაშიშროების ხარისხის დადგენა ზეგვსაშიშროების ერთ-ერთი მახასიათებლის-ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირით განისაზღვრება. ცალკეულ მთიან რეგიონში ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირის დადგენა არსებული ფაქტიური მასალებით არის შესაძლებელი. ჩამოსვლის სიხშირის მიხედვით ზეგვები არის სისტემატური და სპორადული. ფაქტობრივი მასალების და თოვლიანობის მიხედვით ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირის გრადაცია შემდეგნაირად ხასიათდება: მრავალჯერ წელიწადში, ერთხელ 10 ან 100 წელიწადში და ა.შ.

მთიან რეგიონებში, სადაც ზეგვების რეჟიმზე არსებული დაკვირვების მასალები მოიცავს მცირე პერიოდს ან საერთოდ არ სწარმოებს სისტემატური დაკვირვება, ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირის დადგენა შესაძლებელია ფერდობების დახრილობის, მყარი ნალექების რაოდენობის, თოვის ინტენსივობის და განმეორადობის, თოვლის სიმკვრივის ანალიზის საფუძველზე. ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების ანალიზით ლ.ქალდანმა შეიმუშავა ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირის განსაზღვრის მეთოდი [4].

საქართველოს ტერიტორიაზე განსაკუთრებით დიდი გავრცელებით ახალმოსული თოვლის ზეგვები ხასიათდება, რომელთა რაოდენობა, ჩამოსვლილი ზეგვების საერთო რაოდენობის, 80%-ს შეადგენს [3].

ზამთრის განმავლობაში ახალმოსული თოვლის ნამატის რაოდენობა უშუალოდ არ იზომება. მრავალწლიანი პერიოდის ყოველი ზამთრის ახალმოსული თოვლის სიმაღლეთა ნამატის გამოთვლა მეტად შრომატევადია. ყოველი თოვის დროს მოსული თოვლის საფარის სიმაღლეთა ნამატის ჯამის მიღება, მეტეოროლოგიური სადგურებსა და საგუშაგოებზე გაზომილი სიდიდეების ანალიზზე დამოკიდებული. როგორც აღმოჩნდა ზამთრის განმავლობაში ახალმოსული თოვლის რაოდენობა დამოკიდებულია თოვლის საფარის მაქსიმალურ სიმაღლეზე. ამ ორ მონაცემს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენის მიზნით საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიულ და კლიმატურ პირობებში არსებული მეტეოსადგურების მრავალწლიური მონაცემები გამოვიყენეთ. ამ მასალების საფუძველზე გამოვთვალეთ 10 სმ-ზე, 20 სმ-ზე, 30 სმ-ზე და ა.შ. მეტი ახალმოსული თოვლის სიმაღლეთა ნამატის ჯამები.

ზემოთ აღნიშნული დამოკიდებულება შეიძლება გამოისახოს ტოლობით:

$$\sum h_{sb} = k(h_g - \Delta h), \quad (1)$$

სადაც $\sum h_{sb}$ - ზამთრის განმავლობაში ახალმოსული თოვლის სიმაღლეთა ნამატის ჯამია სმ-ში;

h_g - ზამთარში თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე სმ-ში; Δh - ერთი თოვისას მოსული თოვლის სიმაღლე სმ-ში; k - კოეფიციენტი, რომლის ცვლილება Δh -ის ცვლილებაზე დამოკიდებული და გამოისახება შემდეგნაირად:

$$k = 2,55e^{-0,006\Delta h} \quad (2)$$

სადაც e - ნატურალური ლოგარითმის ფუნქცია ($e=2,72$).

თუ k - ს მნიშვნელობას შევიტანთ ტოლობაში მივიღებთ, რომ

$$\sum h_{sb} = 2,55e^{-0,006\Delta h} (h_g - \Delta h) \quad (3)$$

ზამთრის განმავლობაში მოცემულ ფერდობსა და ზეგვმემკრებში იმდენჯერ წარმოიშვება ზეგვი, რამდენჯერაც მოვა ზეგვის წარმოქმნისათვის საჭირო სიმაღლის თოვლი ან კრიტიკულ მნიშვნელობაზე მეტი სიმაღლის მქონე თოვლი. ცხადია, რომ ერთ ზამთარში მოცემულ ფერდობსა და ზეგვმემკრებში ზეგვის ჩამოსვლის სიხშირე შეიძლება დავადგინოთ ზეგვის წარმოქმნისთვის საჭირო ახალმოსული თოვლის სიმაღლეთა ნამატის ჯამის შეფარდებით თოვლის კრიტიკულ სიმაღლესთან. თუ ერთი ზამთრის განმავლობაში ზეგვების ჩამოსვლის სიხშირეს აღვნიშნავთ r - ით, მაშინ:

$$r = \frac{\sum h_{sb}}{h_{კრ}}, \quad (4)$$

სადაც $h_{კრ}$ - ფერდობზე თოვლის მდგრადობა ანუ თოვლის კრიტიკული სიმაღლეა სმ-ში.

თოვლის კრიტიკული სიმაღლის გამოთვლის მრავალი მეთოდიდან და ფორმულიდან, ჩვენს პირობებისთვის სიმარტივითა და სიზუსტით გამოირჩევა ვ ცომიას ფორმულა [5]:

$$h_{gr} = 17200\alpha^{-2} \left[(0,9 + \rho)^6 + (0,99 + \rho^2)^6 \right], \quad (5)$$

სადაც α - ფერდობის დახრილობაა გრადუსებში, ρ -თოვლის სიმკვრივე გ/სმ³- ში;
 თუ (6) ფორმულაში ჩავსვამთ (3) და (5) მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

$$r = \frac{2,55 e^{0,006\Delta h} (h_g - \Delta h)}{17200\alpha^{-2} \left[(0,9 + \rho)^6 + (0,99 + \rho^2)^6 \right]} \quad (6)$$

ზვავების ჩამოსვლის სიხშირეზე დეტალური დაკვირვება მხოლოდ ჯვრის უღელტეხილის თოვლ-საზვავე სადგურის მიმდებარე ტერიტორიაზე წარმოებდა. სხვადასხვა აბსოლუტურ სიმაღლეზე მდებარე და სხვადასხვა დახრილობის მქონე 15 ზვავშემკვრების ყოველი ზამთრის ზვავების ჩამოსვლის 20 წლიანი მონაცემების სიხშირე შევადარეთ ლ. ქალდანის [4] მეთოდით, იმავე ზვავშემკვრებისათვის გამოთვლილ ზვავების ჩამოსვლის სიხშირეს. აღმოჩნდა, რომ ყველა გენეზისის ზვავის ჩამოსვლის ფაქტიურ და გამოთვლილ სიხშირეს შორის სხვაობა არ აღემატებოდა 10%-ს. ამდენად, ამ მეთოდით გამოთვლა კარგ შედეგს იძლევა.

ზვავების ჩამოსვლის სიხშირეზე დიდ გავლენას ახდენს თოვლის სიმკვრივე. დასავლეთ საქართველოში ნოტიო კლიმატი და ახალმოსული თოვლის სიმკვრივე მეტია აღმოსავლეთ საქართველოს, კონტინენტურ, მშრალ კლიმატთან შედარებით. დასავლეთ საქართველოს განსაკუთრებით უხვთოვლიან და უხვთოვლიან რაიონებში, ახალმოსული თოვლის სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობა 0,12 გრ/ სმ³-ს, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს საშუალოთოვლიან და მცირეთოვლიან რაიონებში - 0,10 გრ. სმ³-ს შეადგენს.

ზვავსაშიშ პერიოდში, ინტენსიური თოვის დროს გადაადგილება ჯვრის უღელტეხილის გზაზე აკრძალულია, ჩამოსული ზვავების ფიქსირება შესაძლებელია მხოლოდ თოვის დამთავრების შემდეგ, ერთი და იმავე ზვავის კერიდან ჩამოსული ზვავების რაოდენობის დადგენა შეუძლებელია და ითვლება, რომ ერთი ზვავი ჩამოვიდა. ამ უღელტეხილზე ხშირია ინტენსიური თოვა თოვლის საფარის სიმაღლის დიდი ნამატი, ასე მაგალითად, 1976 წლის 14-დან 19 იანვრამდე, ერთი თოვისას, 5 დღეში, თოვლის სიმაღლის ნამატი 177 სმ-ი იყო, ხოლო 1987 წლის 5-დან 11 იანვრამდე, 6 დღეში, -205 სმ. ცხადია, რომ ახალმოსული თოვლის ასეთი რაოდენობა 30-35^o დახრილობის ფერდობებზე აუცილებლად გამოიწვევდა ზვავების რამდენჯერმე ჩამოსვლას. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ზვავის კერების ციკაბო ფერდობების ახალმოსული თოვლის ზვავების მნიშვნელოვანი ნაწილი ვერ აღწევს საავტომობილო გზას, ასევე ხეობის ძირს. ჯვრის უღელტეხილზე (2395 მ) თოვლის მაქსიმალური სიმაღლე, არსებული მონაცემებით, 455 სმ-ია. დასავლეთ საქართველოს უხვთოვლიან რაიონებში, საშუალომთიან ზონაშიც კი თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე 580-615 სმ-ია (ბახმარო, ცისკარა).

თოვისას, ერთი და იგივე ზვავის კერიდან, ზვავის რამდენჯერმე ჩამოსვლა საქართველოს მთიან რაიონებში ხშირი მოვლენაა, ასე მაგალითად, 1976 წლის 14 იანვარს, 10 საათის განმავლობაში, მესტიის მუნიციპალიტეტის ჭუბერის თემის სოფელ ლარილარში ერთსა და იმავე ფერდობიდან ზვავი სამჯერ ჩამოვიდა [1]. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ კოლორადოს შტატში (აშშ), ერთ ზამთარში, ერთსა და იმავე ფერდობიდან ზვავი 74-ჯერ ჩამოვიდა [6].

საქართველოს ტერიტორიაზე დიდ ფარგლებში იცვლება, როგორც ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე, ისე სხვადასხვა სიხშირის მქონე რაიონების გავრცელების საზღვრები და ფართობი. მაქსიმალურთოვლიან ზამთარში, ერთი ზამთრის განმავლობაში ერთი ან მეტი ზვავის ჩამოსვლა საქართველოს 56%-ზე, საშუალოთოვლიან ზამთარში-49%-ზე, ხოლო მინიმალურთოვლიან ზამთარში - მხოლოდ 20 %-ზე შესაძლებელი (ცხრ.1)

ცხრილი 1. ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე საქართველოს ტერიტორიაზე

ზვავების ჩამოსვლის რ-ბა ერთ ზამთარში	მაქსიმალური (% საერთო რ-დან)	საშუალო (% საერთო რ-დან)	მინიმალური (% საერთო რ-დან)
0	44	51	80
<5	15	20	14
5-10	11	15	6
10-15	12	14	-
>15	17	-	-

ნულოვანი სიხშირის მქონე რაიონი დასავლეთ საქართველოში მოიცავს 15^o-ზე ნაკლები დახრილობის ტერიტორიას (კოლხეთის დაბლობი და მისი მიმდებარე მთისწინები, შავი ზღვის მიმდებარე ვიწრო ზოლი, ცალკეული მდინარეების ტერასები). აღმოსავლეთ საქართველოს საშუალოთოვლიან რაიონში, ნულოვანი სიხშირე 16-17^o, ხოლო მცირეთოვლიანში -19-20^o-ზე ნაკლები დახრილობის ფერდობებზე გვხვდება

(ახალციხისა და წალკის ქვაბულის, შიდა ქართლისა და ალაზნის ვაკის, ივრისა და ჯავახეთის ზეგანის უმეტესი ნაწილი).

საქართველოს ტერიტორიის 15%-ზე ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე ერთ ზამთარში 5-ზე ნაკლებია, 11%-ზე -5-10, 12%-ზე -10-15, ხოლო რაიონს, სადაც მაქსიმალური სიხშირე ერთ ზამთარში აღემატება 15-ს უკავია დიდი ტერიტორია-17%, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოში (კავკასიონის, გაგრის, ბზიფის, აფხაზეთის, კოდორის, სვანეთის, ეგრისის, ლეჩხუმის, რაჭის და მესხეთის ქედების მაღალმთიანი ზონის ფერდობები და საშუალომთიანი ზონაში მდებარე ფერდობების უმეტესი ნაწილი; აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე ტერიტორია აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანი ზონის დასავლეთი ნაწილი).

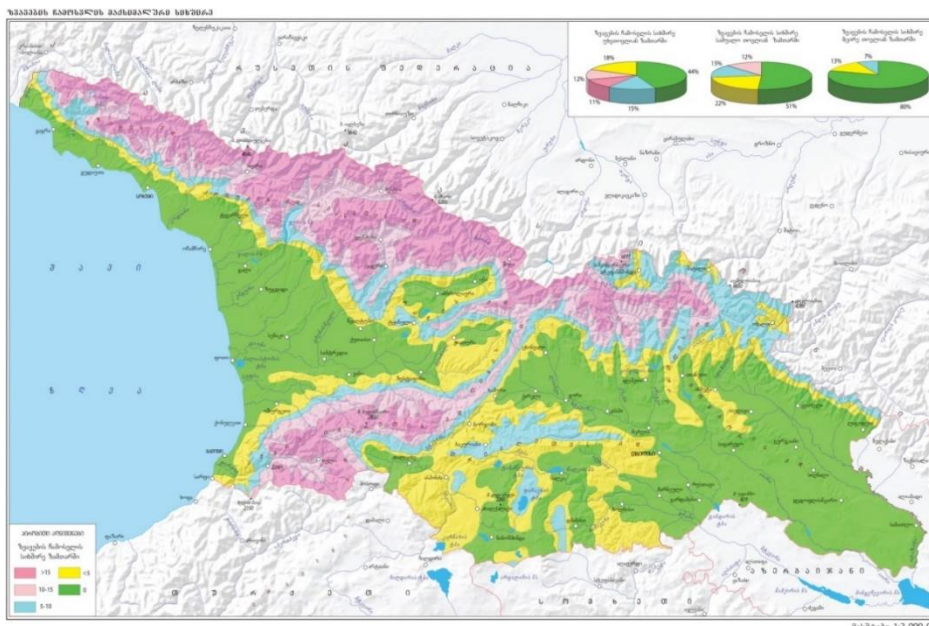
ზვავების ჩამოსვლის დიდი სიხშირის რაიონს (15-ზე მეტი ერთ ზამთარში) დასავლეთ საქართველოში, აღმოსავლეთ საქართველოსთან შედარებით, გაცილებით მეტი ტერიტორია უკავია. ეს განპირობებულია თოვლის საფარის სიმკვრივითა და სიმძლიერით, ასევე ფერდობების დახრილობით. დასავლეთ საქართველოში უხვთოვლიანობა განაპირობებს ზვავების ჩამოსვლის დიდი სიხშირეს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის თავისებურებებს კარგად წარმოაჩენს ზვავების ჩამოსვლის მაქსიმალური სიხშირის რუკა (ნახ.1) [2,3].

რუკაზე დიაგრამების სახით (რუკის მარჯვენა ზედა ნაწილი) წარმოდგენილია ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე საშუალოთოვლიან და მცირეთოვლიან ზამთრებში.

ზვავების ჩამოსვლის საშუალო სიხშირის დროს, საქართველოს ტერიტორიის 51%-ზე, ზვავები არ წარმოიქმნება (ცხრ.1, ნახ.1). ნულოვანი სიხშირის რაიონი დასავლეთ საქართველოში მოიცავს 15⁰-ზე ნაკლები დახრილობის ფერდობებს. ერთ ზამთარში 5-ზე ნაკლები ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე დასავლეთ საქართველოს დაბალმთიან და აღმოსავლეთ საქართველოს ჩრდილოეთი ნაწილის საშუალომთიან ზონას მოიცავს, ხოლო სამხრეთ ნაწილში-საშუალომთიან და მაღალმთიან ზონებს. აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიანი ზონის უმეტეს ნაწილზე და დასავლეთ საქართველოს საშუალომთიან ზონაში, საქართველოს მთლიანი ფართობის 15%-ზე, ზვავების ჩამოსვლის საშუალო სიხშირე 5-10-ს შეადგენს, ხოლო 14%-ზე აღემატება 10 -ს.

მინიმალურთოვლიან ზამთარში, საქართველოს ტერიტორიის 80%-ზე, ზვავების წარმოიქმნა არ ხდება. თრიალეთის, სამსარისა და ჯავახეთის ქედების მაღალმთიანი ზონაში მდებარე ფერდობები, კავკასიონის ქედის აღმოსავლეთი ნაწილის მაღალმთიანი ზონაში ფერდობების უმეტესი ნაწილი, ამავე ქედის დასავლეთი და ცენტრალური ნაწილისა და მისი სამხრეთი განშტოებების, ასევე მესხეთის ქედის საშუალო მთიანი ზონის ფერდობების მნიშვნელოვან ნაწილზე (საქართველოს მთლიანი ფართობის 14%), ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე, ძირითადად, ერთია, მაგრამ ხუთ შემთხვევას არ აღემატება. საქართველოს მთლიანი ფართობის 6%-ზე, მინიმალურთოვლიან ზამთარში, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე 5-ზე მეტია.



ნახ. 1. ზვავების ჩამოსვლის მაქსიმალური სიხშირის რუკა (ლ.ქალღანი, მ.სალუქვაძე)

ამრიგად, საქართველოს მთლიანი ფართობის 44%-ზე ზვავების წარმოიქმნა საერთოდ არ ხდება, 36%-ზე ზვავები წარმოიქმნება 2-3 წელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად, ხოლო 20%-ზე - ყოველწლიურად.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. სალუქვაძე მ., ზემო სვანეთის ზვავსაშიშროება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2011, 67 გვ.
2. ქალდანი ლ., სალუქვაძე მ. თოვლის საფარისა და ზვავსაშიშროების რუკები. საქართველოს ეროვნული ატლასი, თბილისი, 2012, გვ.93-98.
3. ქალდანი ლ., სალუქვაძე მ. თოვლის ზვავები საქართველოში. თბილისი, 2015, 169 გვ.
4. Калдани Л.А. Методика определения частоты схода снежных лавин из свежевыпавшего снега (на примере Аджаро=Имеретинской горной системы), Тр. ЗакНИГМИ, 1979, вып.68(74), с. 39-48.
5. Цомаи В.Ш. Характеристика твёрдых осадков и распределение их на территории Кавказа. Тр. ЗакНИГМИ, 1979, вып.68(74), с.48-56.
6. Флянг Вальтер. Внимание лавины. М., из-во иностранной литературы. 1960, 224 с.

უაკ 551.578.46

საქართველოს ტერიტორიის ზვავსაშიშროების შეფასება ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის მიხედვით. /მ.სალუქვაძე, ნ.კობახიძე./ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.20-23. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის თავისებურება მაქსიმალურთოვლიან, საშუალოთოვლიან და მცირეთოვლიან ზამთრებში. საქართველოს ტერიტორიის 15%-ზე ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე ხუთზე ნაკლებია, 11% - ხუთიდან ათამდეა, 12% - ათიდან თხუთმეტამდე, ხოლო 17% - მაქსიმალური ჩამოსვლის სიხშირე აღემატება თხუთმეტს. დადგენილია, რომ საქართველოს ტერიტორიის მხოლოდ 44% არის არაზვავსაშიში, 36% - ზვავები ყოველწლიურად არ ჩამოდის, ხოლო ტერიტორიის 20% - ჩამოდის ყოველწლიურად. შედგენილია ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის რუკა.

UDC 551.578.46

Avalanche hazard assessment of the territory of Georgia by the frequency of avalanches. /M.Salukvadze, N.Kobakhidze./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.20-23. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus
The peculiarity of the frequency of avalanches of heavy snow, medium snow and little snow winters has been studied. On 15% of the territory of Georgia, the frequency of avalanches is less than five, by 11% - from five to ten, by 12% - from ten to fifteen, and by 17% - the maximum frequency of avalanches is more than fifteen. It was found that only 44% of the territory of Georgia is not avalanche hazardous, 36% of the avalanches do not fall annually, but 20% of the territory - annually. A map of avalanche frequency has been compiled.

УДК 551.578.46

Оценка лавиноопасности территории Грузии по частоте схода лавин. /Салуквадзе М.Е., Кобахидзе Н.Ш./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.20-23. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

Изучена особенность частоты схода лавин многоснежных, среднеснежных и малоснежных зим. На 15%-ов территории Грузии частота схода лавин менее пяти, на 11%- от пяти до десяти, на 12%- от десяти до пятнадцати, а на 17%максимальная частотасхода более пятнадцати. Установлено, что только 44% территории Грузии не лавиноопасна, на 36% лавины сходят не ежегодно, а на 20%территории – сходят ежегодно. Составлена карта частоты схода лавин.

უკ 551.50.501.7

პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე

ლ. შენგელია*, გ. კორძაია*, 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 ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო, gena_tvauri@yahoo.com

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

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედებით მყინვარების დეგრადაციის პრობლემას მეცნიერულად დასაბუთებული პასუხი, რომ გაეცეს საჭიროა მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) გამოყენება, რადგან თდზ დიდ ტერიტორიებზე არსებული მყინვარების ერთდროული შესწავლის საშუალებას იძლევა მაღალი გარჩევადობითა და სიზუსტით შეზღუდული რესურსებისა და დროის პირობებში.

კვლევაში გამოყენებული მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათების სხვადასხვა ხელმისაწვდომი წყარო. მათგან Google-ის ვებ-პროგრამა Google Earth 0.5–0.8 მ-ის სივრცითი გარჩევადობის სურათებს გთავაზობს, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დიგიტალიზაციის საშუალებას იძლევა.

ზოგიერთი მყინვარისათვის აღნიშნული პროგრამა არ იძლევა საუკეთესო შედეგებს და ამდენად დამატებით გამოყენებულია Landsat-ის თანამგზავრული სურათები, კერძოდ თანამგზავრების Landsat8, Landsat7 და Landsat5 მონაცემები.

თდზ-ის მონაცემებით, მყინვარების მახასიათებლების განსაზღვრისათვის საჭიროა მათი კონტურების დადგენა. მყინვარების კონტურების გავლება განხორციელებულია მანუალური დიგიტალიზაციით, რომლის დროსაც დამატებით გათვალისწინებულია საექსპერტო ცოდნა. შესასწავლი მყინვარების იდენტიფიკაციისათვის და კონტურების დასაზუსტებლად გამოყენებულია ASTER DEM რელიეფის ციფრული მოდელი და გასული საუკუნის 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები (1:50000), რომლებსაც თავის დროზე ყოფილი საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის (შემდგომში კატალოგი) შექმნისას იყენებდნენ.

კვლევის ძირითადი მიზანია შესწავლილ იყოს პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების დეგრადაციის საკითხი კლიმატის მიმდინარე ცვლილების პირობებში. პირიქითი ალაზანი მდებარეობს აღმოსავლეთ საქართველოში. საქართველოს მყინვარების ფართობებისა და მყინვარების რაოდენობის შესახებ ინფორმაცია მოცემულია კატალოგში.

გასული საუკუნის 60–70-იან წლებში ყოფილ სსრ კავშირში დიდი მოცულობის გლაციოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა და შეიქმნა საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგი (შემდგომში კატალოგი). საქართველოს მყინვარებზე საუკუნოვანი დაკვირვების და კვლევის შედეგები (დაწყებული 1860 წლიდან [1,2]) შეჯამდა და მოყვანილია კატალოგის სხვადასხვა გამოცემაში [3–6]. ამ კატალოგის მნიშვნელობიდან გამომდინარე ის შემდგომ განთავსდა მყინვარების მსოფლიო კატალოგში [7].

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები კატალოგში ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი ყოფილი სსრ კავშირის კავკასიის მყინვარულ სისტემაშია მოქცეული და კატალოგის სამ სხვადასხვა გამოშვებაშია შესული [4–6]. მათი ამოკრება ჩატარდა მყინვარული აუზების მიხედვით.

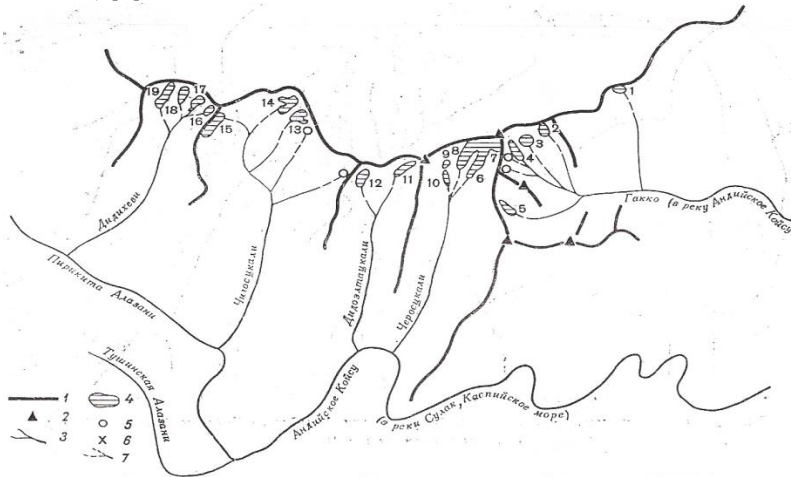
დღესდღეობით მყინვარების უკანდახევის და დნობის გამო მნიშვნელოვნადაა შეცვლილი მყინვარების კონტურები, ფართობები და სხვა მახასიათებლები. ყოველივე აღნიშნული მყინვარების და მათი ცვლილების დაწვრილებით შესწავლას მოითხოვს. ამავდროულად კატალოგში არაა აღრიცხული ყველა მცირე მყინვარი, ზოგჯერ ზუსტი არაა მყინვარების ფართობების მონაცემები, რაც დაზუსტებას მოითხოვს და ჩვენს მიერ არის განხორციელებული გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით [8].

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მყინვარებზე ზემოქმედების დასახასიათებლად ერთ-ერთი გზაა საქართველოს მყინვარული აუზების დეგრადაციის დინამიკის განხილვა. ეს შესაძლებელია წარსულში ხელმისაწვდომი ინფორმაციის შედარებით ამჟამად არსებულ ინფორმაციასთან.

სტატიაში წარმოდგენილია მცინვარების რაოდენობისა და ფართობების შესახებ კატალოგის მონაცემების შედარება დაახლოებით 50 წლის შემდგომ და 2020 წლის თანამგზავრულ მონაცემებთან, აგრეთვე მათი სტატისტიკურ ანალიზი.

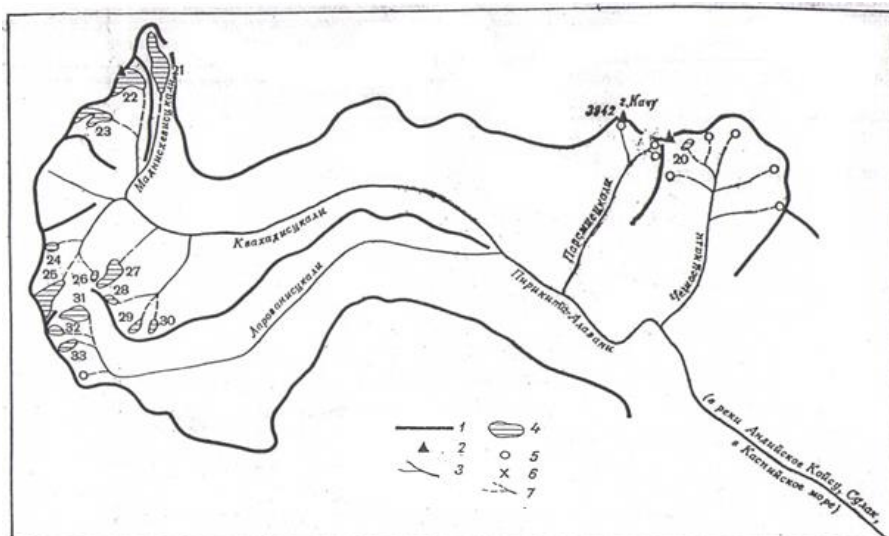
პირიქითი ალაზნის მცინვარების იდენტიფიცირებისათვის (აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ განლაგების მიხედვით) გამოვიყენეთ მცინვარების კატალოგებში მოყვანილი სქემები.

პირიქითი ქედის (თუშეთის ქედის) მდინარეების ჩეროსწყლის და დიდოელთაწყალის ხეობებში მდებარე მცინვარების, აგრეთვე მდინარეების ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში მდებარე მცინვარების იდენტიფიკაციისათვის, გამოვიყენეთ სქემა, რომელიც მოცემულია სსრ კავშირის კატალოგში (ნახ. 1). ამ სქემის მიხედვით განსახილველი მცინვარებია №6-დან №19-ის ჩათვლით (სულ 14), რომლებიც მიეკუთვნებიან მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზის მცინვარებს. შესაბამისი სქემა წარმოდგენილია კატალოგში (იხ. გვ. 50, ნახ. 11) [4].



ნახ. 1. მცინვარების განლაგების სქემა მდინარეების გაკოსა და პირიქითი ალაზნის აუზებში; № 6–19 მცინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. აღნიშვნები: 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მცინვარი თავისი ნომრით, 5 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მცინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი

პირიქითი ალაზნის აუზის მცინვარებს მიეკუთვნებიან აგრეთვე, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის №20-დან №33-ის ჩათვლით მცინვარები. მათი განლაგების სქემა მოცემულია მე-2 ნახ-ზე. ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში (იხ. გვ. 51, ნახ. 12) [4].



ნახ. 2. პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის მცინვარების განლაგების სქემა; № 20–33 მცინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. აღნიშვნები: 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მცინვარი თავისი ნომრით, 5 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მცინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი

მცინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტის დასადასტურებლად გამოყენებულია მეორე გზაც. ყველა მცინვარისათვის Google Earth-ის საშუალებით განისაზღვრა მათი მდებარეობის კოორდინატები, რომლებიც შედარდა მსოფლიო კატალოგში მოცემულ კოორდინატებს (სსრ კავშირის მცინვარების კატალოგში კოორდინატები არ არის მოცემული). მსოფლიო კატალოგში საორიენტაციო მცინვარების მახლობლად მითითებულია თითოეული მცინვარის საიდენტიფიკაციო კოდი, რის საფუძველზეც შესაძლებელია სსრ კავშირის მცინვარების კატალოგში მათი საიდენტიფიკაციო ნომრებისა და შესაბამისი მახასიათებლების განსაზღვრა.

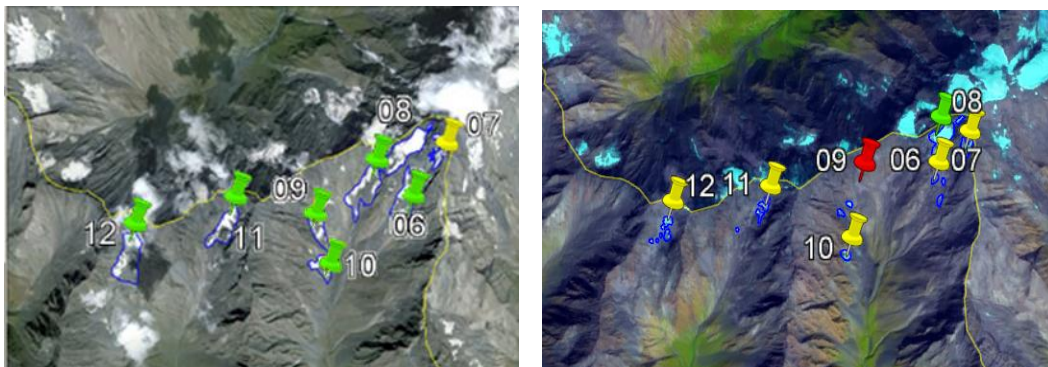
Google Earth-ის მიხედვით შესასწავლი მცინვარების გეოგრაფიული კოორდინატები იდენტური აღმოჩნდა მსოფლიო მცინვარების კატალოგის (WGI) მონაცემების, რამაც მცინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტე დაგვიდასტურა.

განვიხილოთ აღმოსავლეთ საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილის მცინვარები № 6–19, რომლებიც მდებარეობენ თუშეთში, მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში, პირიქითი ქედის (თუშეთის ქედის) სამხრეთ ფერდობზე, დიკლოს მთის სამხრეთ-დასავლეთით, მდინარეების ჩეროსწყლის და დიდოელთაწყლის, აგრეთვე ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში (ნახ. 1).

მცინვარების კონტურების გასავლენად გამოყენებულია Google Earth-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათები. კერძოდ, პირიქითი ქედის, ანუ თუშეთის ქედის მდინარეების აუზის მცინვარებისათვის 2006 წლის 26 აგვისტოთი დათარიღებული სურათები [9, 10] პირობითად, ამ სურათებს ვუწოდოთ თდზ 1.

საინტერესოა მიღებული შედეგების შედარება 2020 წლის მონაცემებთან. ამისათვის გამოვიყენეთ 2020 წლის თანამგზავრე LANDSAT 8-ის 13 სექტემბერის სურათები. პირობითად, 2020 წლის სურათებს ვუწოდოთ თდზ 2.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩეროსწყლის, დიდოელთაწყლის ხეობებში მდებარე მცინვარები №6–12. ვიზუალიზაცია და კონტურები Google Earth-ის და LANDSAT 8-ის მიხედვით (Google Earth-ის სურათებზე მცინვარები თეთრდაა გამოსახული, ხოლო LANDSAT 8-ის სურათებზე ცისფრად).

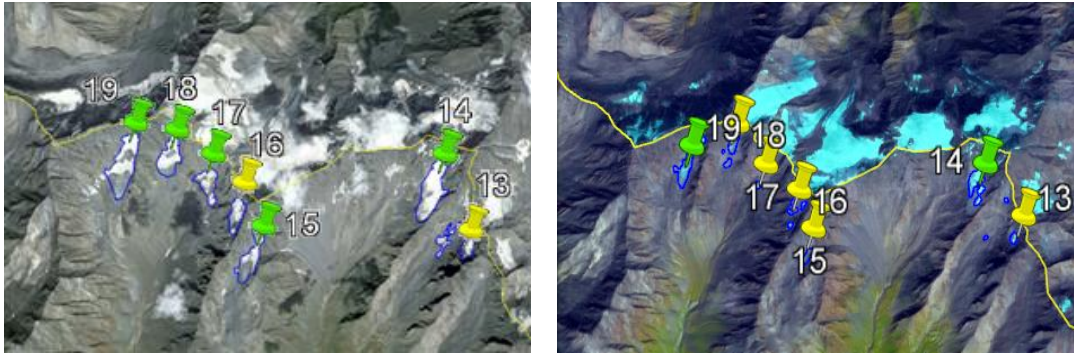


ნახ. 3. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩეროსწყლის, დიდოელთაწყლის ხეობებში მდებარე №6–12 მცინვარების ვიზუალიზაცია და კონტურები: ა–Google Earth-ის (თდზ 1); ბ – LANDSAT 8-ის (თდზ 2) მიხედვით

ნახ. 4-ზე წარმოდგენილია პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში მდებარე მცინვარები №13–19. ვიზუალიზაცია და კონტურები Google Earth-ის და LANDSAT 8-ის მიხედვით და მიღებული მცინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამისი მცინვარების კონტურებთან.

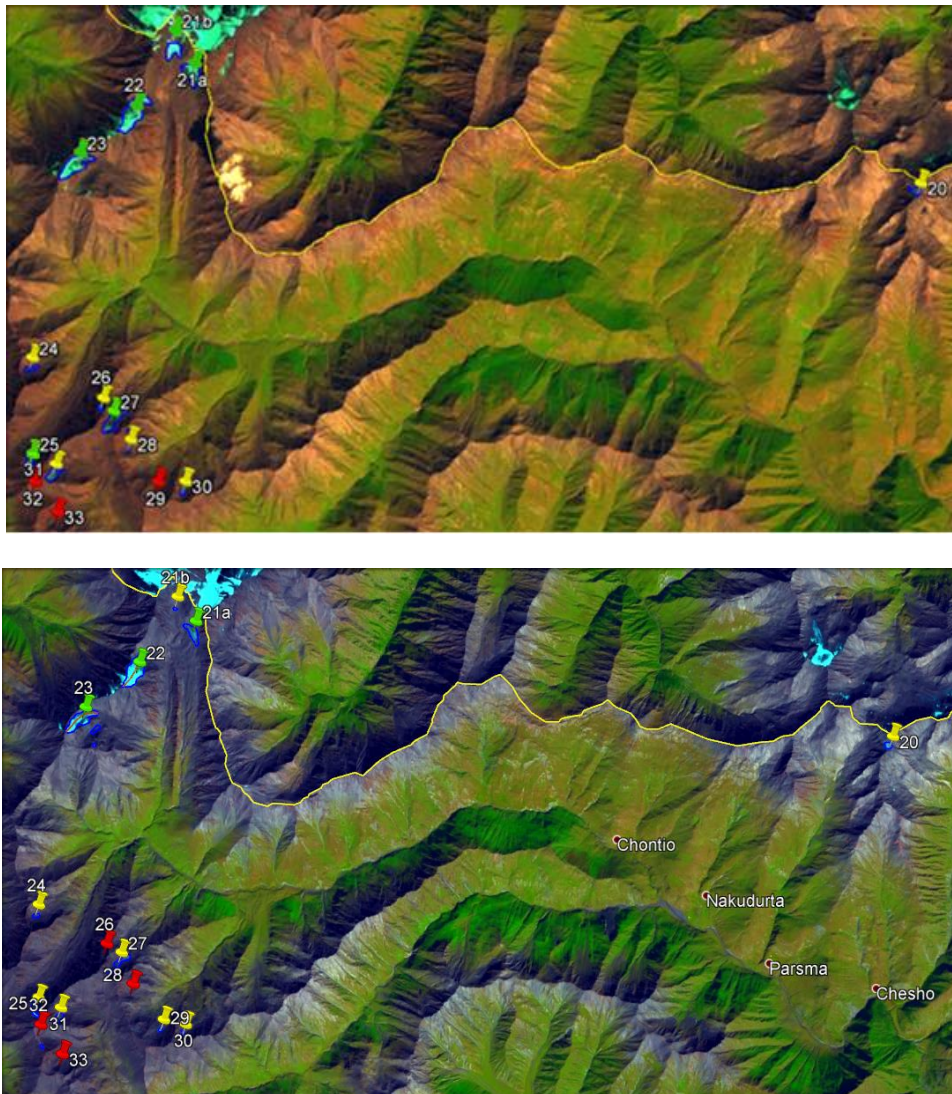
ფართობის მიხედვით მცინვარები იყოფა სამ გრადაციად: მცირე (0,1-დან 0,5 კმ²), საშუალო (0,5-დან 2,0 კმ²) და დიდი (2,0 კმ² და მეტი). 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მცინვარები მიეკუთვნება თოვლნარებს. თანამგზავრულ სურათებზე ქინძისთავეები შეფერილია: წითელი ფერით – გამქრალი მცინვარი, ყვითელი ფერით – თოვლნარად ქცეული მცინვარი, ხოლო მწვანე ფერით – არსებული მცინვარი.

განვიხილოთ მე-2 სქემაზე (ნახ. 2) მოცემული №20–33 მცინვარები. თდზ-ის საფუძველზე ამ მცინვარების კონტურების და მახასიათებლების დადგენისას, გამოყენებულია LANDSAT 8-ის 2014 წლის 28 აგვისტოს თანამგზავრული სურათი (თდზ 1).



ნახ. 4. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში მდებარე №13-19 მყინვარების თანამგზავრული სურათების ვიზუალიზაცია და კონტურები: ა–Google Earth-ის (თდზ 1); ბ – LANDSAT 8–ის (თდზ 2) მიხედვით

ნახ. 5-ზე წარმოდგენილია პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის LANDSAT 8-ის თდზ 1 და თდზ 2 თანამგზავრული სურათები და აგებული კონტურები



ნახ. 5. პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის №20-33 მყინვარების თანამგზავრული სურათების ვიზუალიზაცია და კონტურები: ა – თდზ 1; ბ – თდზ 2 მიხედვით

ქვემოთ მოყვანილია ცხრილი შედგენილი კატალოგის, თდზ 1-ის და თდზ 2-ის მიხედვით მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდების, ფართობების მნიშვნელობების შესახებ.

ცხრილი 1. მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, ფართობების მნიშვნელობები კატალოგის, თდზ 1-ის და თდზ 2-ის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თდზ 1-ის მიხედვით	ფართობი კატალოგის მიხედვით (კმ ²)	ფართობი თდზ 1-ის მიხედვით (კმ ²)	ფართობი თდზ 2-ის მიხედვით (კმ ²)
1	6	92a	SU4G09301006	6	0.4	0.2	0.01
							0.01
							0.005
2	7	92b	SU4G09301007	7	0.1	0.02	0.05
3	8	ჩერო, 92	SU4G09301008	8	0.6	0.4	0.1
							0.009
4	9	92c	SU4G09301009	9	0.1	0.1	0.0
5	10	92d	SU4G09301010	10	0.2	0.1	0.018
							0.009
							0.007
6	11	აღმ. დიკლო, 93	SU4G09301011	11	0.2	0.1	0.013
							0.011
							0.006
							0.003
7	12	დას. დიკლო, 94	SU4G09301012	12	0.3	0.2	0.02
							0.01
							0.003
							0.003
8	13	ჩიგოს მყინვარი №5, 96	SU4G09301013	13a	0.4	0.3	0.016
							0.005
							0.005
				13b		0.04	0.004
9	14	ჩიგოს მყინ. №4, 97	SU4G09301014	14	0.3	0.2	0.1
10	15	ჩიგოს მყინვარი №1, 100	SU4G09301015	15	0.3	0.1	0.027
11	16	სამხ-დას. დიდიხევი, 101a	SU4G09301016	16	0.1	0.1	0.013
							0.009
							0.007
							0.007
							0.005
12	17	აღმ. დიდიხევი, 101b	SU4G09301017	17	0.1	0.1	0.008
13	18	ცენტ. დიდიხევი, 101c	SU4G09301018	18	0.2	0.1	0.033
							0.012
							0.002
14	19	დას. დიდიხევი, 101	SU4G09301019	19	0.3	0.3	0.1

ცხრილი 1-ის გაგრძელება							
15	20	დასავ. კომიტო, 104	SU4G09301020	20	0.3	0,04	0,026
16	21	დაკვეხის მყინვარი, 106	SU4G09301021	21a	0.9	0,2	0,1
				21b		0,2	0,006
17	22	დასავლეთ თებულო, 106a	SU4G09301022	22	0.5	0,4	0.3
18	23	აცუნტა, 107	SU4G09301023	23	0.4	0,3	0.2
19	24	პირჩიტას მყინვარი, 108	SU4G09301024	24	0.2	0.03	0.015
20	25	ჩრდილოეთ ამუგო, 109	SU4G09301025	25	0.6	0.1	0.03
							0.012
							0.005
21	26	109a	SU4G09301026	26	0.1	0.01	0.0
22	27	კვახიდის მყინვარი, 110a	SU4G09301027	27	0.5	0.1	0.047
							0.017
23	28	კვახიდის მყინვარი, 110b	SU4G09301028	28	0.1	0.005	0.0
24	29	კვახიდის მყინვარი, 110c	SU4G09301029	29	0.2	0.0	0.008
25	30	კვახიდის მყინვარი, 110d	SU4G09301030	30	0.1	0.01	0.009
26	31	აღმოსავლეთ ამუგო	SU4G09301031	31	0.5	0.1	0.039
27	32	ლაროვანის მყინვარი, 112	SU4G09301032	31	0.2	0.0	0.0
28	33	ლაროვანის მყინვარი, 112b	SU4G09301033	33	0.2	0.0	0.0

უნდა აღინიშნოს, რომ პირიქითი ალაზნის აუზში კატალოგის მიხედვით არცერთი დიდი მყინვარი არ იყო აღრიცხული. იყო სამი საშუალო მყინვარი: №8-ჩერო, №21-დაკვეხი და №25-ჩრდილოეთ ამუგო და 25 მცირე მყინვარი. თდზ 1-ის მონაცემით მცირე მყინვარი იყო 20, აქედან 4 წარმოქმნილია საშუალო მყინვარის დეგრადაციის შედეგად, რაც იმას ნიშნავს, რომ 25 მცირე მყინვარიდან მხოლოდ 16 მყინვარი დარჩა მცირე მყინვარად. დანარჩენი მცირე მყინვარები ან თოვლნარად იქცა, ან საერთოდ გაქრა. თდზ 2-ის მონაცემით პირიქითი ალაზნის აუზში საშუალო ზომის მყინვარები აღარ არსებობენ და 20 მცირე მყინვარიდან დარჩენილია მხოლოდ 6.

ამგვარად, პირიქითი ალაზნის აუზში კატალოგის მიხედვით სულ 28 მყინვარი იყო. მათ რიცხვში სამი საშუალო ზომის მყინვარია. ამ მყინვართა საერთო ფართობი შეადგენდა 8.4 კმ²-ს. 50 წლის შემდგომ არცერთი საშუალო მყინვარი აღარ არის და 28 მყინვარიდან დარჩა მხოლოდ 20 მცირე მყინვარი, რაც პროცენტულად 28.6%-ს შეადგენს. დროის ამ პერიოდში ფართობი შემცირდა 8.4 კმ²-დან 3.7 კმ²-დე, რაც პროცენტულად შეადგენს 56%-ს. როგორც ცნობილია კლიმატის გლობალური დათბობა არაწრფივი ხასიათისაა, რაც ნათლად გამოიხატება პირიქითი ალაზნის მყინვარული აუზის დეგრადაციაშიც; კერძოდ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში წინა 5 ათეულ წელთან შედარებით მყინვარების რაოდენობა კიდევ უფრო სწრაფად შემცირდა - 20 მყინვარიდან დარჩა 6 მყინვარი, რაც პროცენტულად 70%-ს შეადგენს. რაც შეეხება მყინვარების საერთო ფართობს მეორე პერიოდის განმავლობაში ფართობი 3.7კმ²-დან შემცირდა 0.9 კმ²-დე, რაც პროცენტულად 75.7%-ს შეადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ მყინვარების ასეთ სწრაფ დეგრადაციას მეორე პერიოდში ხელს უწყობს ის ფაქტიც, რომ შემცირებული ფართობის მყინვარებზე კლიმატის ცვლილება უფრო ინტენსიურ ზემოქმედებას ახდენს [11, 12].

შეიძლება დავასკვნათ, რომ ინტეგრალური კვლევის საფუძველზე მოყვანილია ამ აუზში შემავალი მყინვარების მდგომარეობა საწყის (კატალოგის მონაცემები 60-იანი წლებისა), საშუალო (2006 წ.), და საბოლოო (2020 წ.) დროით მომენტებში. მყინვარების მახასიათებლები (რიცხვი, ფართობი) საშუალო და ბოლო მომენტებში განისაზღვრება მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრების გამოყენებით. ამ მდგომარეობების შედარებამ და ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ მყინვარების დეგრადაცია უფრო ინტენსი-

ურია მეორე პერიოდში, ვიდრე პირველში. თუ განხილული დაახლოებით 60 წლიდან პირველი 50 წლის განმავლობაში მყინვარების რაოდენობა 28.6%-ით შემცირდა, ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ეს შემცირება 70%-ია. თუ პირველი პერიოდის განმავლობაში მყინვარებით დაფარული ტერიტორია 56%-ით შემცირდა, მეორე პერიოდში ის 75,7%-ით შემცირდა. ეს აიხსნება ორი ფაქტორით: პირველი, რომ კლიმატის ცვლილებას არაწრფივი ხასიათი აქვს და მეორეს მხრივ კლიმატის ზემოქმედება უფრო მცირე ზომის მყინვარებზე უფრო ინტენსიურია.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Хатисян Г. С. Краткий очерк действий двух комиссий для исследования Казбекских ледников в 1862 и 1863 гг. Зап. КОРГО, 1864, кн. 6, № 2, с. 220–230.
2. Статковский Б. И. Краткая записка о действиях в 1865 г. экспедиции для исследования причин происхождения периодического Казбекского завала. Зап. КОРГО, 1866, кн. 7, вып. 1, с. 1–28.
3. Марушвили Л. И., Курдгелаидзе Г. М., Лашхи Т. А., Инашвили Ш. В. Каталог Ледников СССР. Т. 9, вып. 1, ч. 2–6, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеоиздат, 1975. - 86 с.
4. Цомая В.Ш. Каталог Ледников СССР, Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеоиздат, 1975. - 95 с.
5. Цомая В.Ш., Дробышев О.А. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л: Гидрометеоиздат, 1977. - 71 с.
6. Панов В.Д., Боровик Э.С. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л: Гидрометеоиздат, 1977. - 51 с.
7. WGMS and NSIDC World glacier inventory. Compiled and made available by the World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, and the National Snow and Ice Data Center, Boulder CO, USA. Digital media. 1989, updated 2012.
8. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგში მოცემული საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემების კორექტირება. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2020, №2 (731), გვ. 9-26.
9. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2015, №2 (719), გვ. 9-18.
10. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Satellite Earth Observations Processing to Determine Main Characteristics of Small Glaciers of East Georgia. The 4th International Geography Symposium Book of Proceedings, 23-26 May, 2016, Kemer-Antalya, Turkey. ISBN 978-605-66576-1-04. Turkey, Kemer-Antalya, 2016, pp. 505-514.
11. 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. ISSN – 0132 – 1447. Georgia, Tb., 2016, Vol. 10, №4, pp. 56-63.
12. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. 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 UNESCO–IUGS–IGCP 610 project „From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary“ (2013-2017), 2-9 October, 2016. ISSN 978-9941-0-9178-0. Georgian National Academy of Sciences, Georgia, Tb., 2016, pp. 96–100.

უაკ 551.50.501.7

პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე. /შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., ძაძამია მ. სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.24-31. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში მდინარე პირიქითი ალაზნის მყინვარული აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა განხილულია თანამედროვე კლიმატის ცვლილების ფონზე. ინტეგრალური კვლევის საფუძველზე მოყვანილია ამ აუზში შემავალი მყინვარების მდგომარეობა საწყის (კატალოგის მონაცემები 60-იანი წლებისა), საშუალო (2006 წ.) და საბოლოო (2020 წ.) დროით მომენტებში. მყინვარების მახასიათებლები (რიცხვი, ფართობი) საშუალო და ბოლო მომენტებში განისაზღვრება მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრების გამოყენებით. ამ მდგომარეობების შედარებამ და ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ

მყინვარების დეგრადაცია უფრო ინტენსიურია მეორე პერიოდში, ვიდრე პირველში. თუ განხილული დაახლოებით 60 წლიდან პირველი 50 წლის განმავლობაში მყინვარების რაოდენობა 28.6%-ით შემცირდა, ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ეს შემცირება 70%-ია. თუ პირველი პერიოდის განმავლობაში მყინვარებით დაფარული ტერიტორია 56%-ით შემცირდა, მეორე პერიოდში ის 75,7%-ით შემცირდა. ეს აიხსნება ორი ფაქტორით: პირველი, რომ კლიმატის ცვლილებას არაწრფივი ხასიათი აქვს და მეორეს მხრივ კლიმატის ზემოქმედება უფრო მცირე ზომის მყინვარებზე უფრო ინტენსიურია.

UDC 551.50.501.7

Degradation dynamics of the Pirikiti Alazani river basin glaciers on the background of current climate change. / Shengelia L., Kordzakhia G., Tvauri G., Dzadzamia M./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.24-31. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

In the article the degradation dynamics of the Pirikiti Alazani river basin glaciers is discussed on the background of current climate change. Based on the integrated study, the state of the glaciers in this basin at the initial (catalog data on 60th), middle (2006) and final (2020) time moments are given. The characteristics of the glaciers (number, area) at the middle and final moments are determined using high resolution satellites. The comparison of these conditions showed that climate change is non-linear, making glacier degradation more intense in the second period than in the first one. If the number of glaciers has shrunk by 28.6% in the first 50 years of the 60 years period, correspondingly this reduction is 70% over the last decade. If during the first period the area covered by glaciers has been decreased by 56%, in the second period it decreased by 75.7%. This can be explained by two factors: first, that climate change has non-linear character and second, that climate change impact on smaller glaciers is more intense.

УДК 551.50.501.7

Динамика деградации ледников бассейна реки Пирикити Алазани на фоне современного изменения климата/ Шенгелия Л.Д., Кордзахия Г.И., Тваური Г.А., Дзадзамия М. Ш./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.24-31. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

В статье рассмотрена динамика деградации ледников бассейна реки Пирикити Алазани на фоне современного изменения климата. На основании комплексного исследования, приводятся состояние ледников в этом бассейне на начальном (данные каталога относятся к 60-м годам), среднего (2006) и конечных (2020) моментов времени. Характеристики ледников (количество, площадь) в средний и конечный моменты времени определяются с помощью спутников высокого разрешения. Сравнение этих условий показало, что изменение климата носит нелинейный характер, что делает деградацию ледников более интенсивной во второй период, чем в первый. Если количество ледников сократилось на 28,6% за первые 50 лет из 60 рассмотренных лет, то значение этого сокращения составляет 70% за последнее десятилетие. Если в первый период площадь, покрытая ледниками, уменьшилась на 56%, то во второй период это уменьшение составляет 75,7%. Это можно объяснить двумя факторами: во-первых, современное изменение климата носит нелинейный характер, а во-вторых, влияние изменения климата на малые ледники более интенсивно.

ნისლი მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში

რ. სამუკაშვილი, ც. დიასამიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი თბილისი, საქართველო.

m.pipia@gtu.ge

ნისლი წარმოადგენს საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენათა სახეობას. ძლიერი ნისლი მხედველობის სიშორეს ამცირებს 50 მეტრამდე და მეტად, რითაც უარყოფითად მოქმედებს ტრანსპორტის ყველა სახეობის (სახმელეთო, საზღვაო, საჰაერო) ნორმალურ ფუნქციონირებაზე. იგი ასევე უარყოფითად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებში (მათ შორის ადამიანის ორგანიზმში) მიმდინარე ნორმალური თერმორეგულაციის პროცესებზე. წარმოშობის პირობებზე დამოკიდებულებით ნისლები იყოფა ორ ჯგუფად: შიდამასიურ და ფრონტალურ ნისლებდ. შიდამასიური ნისლის სახეობებია: ადვექციური და რადიაციული ნისლი. მთიანი რელიეფის პირობებში არსებობს ადვექციური ნისლის ნაირსახეობა-ფერდობების ნისლი.

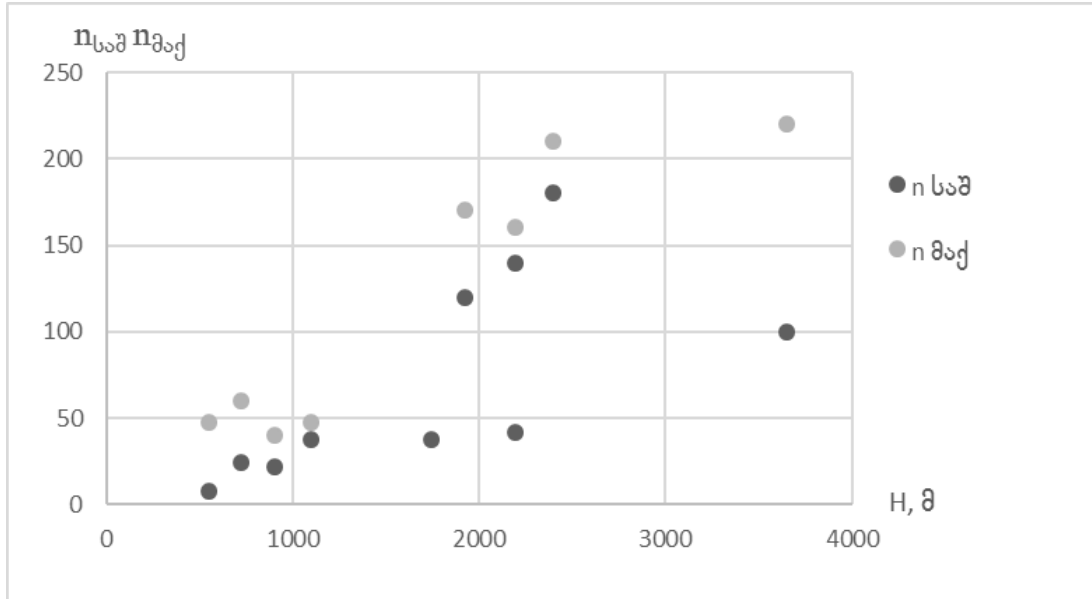
მცხეთა-მთიანეთის მხარეში ნისლიან დღეთა საშუალო \bar{n} და მაქსიმალური n_{max} რაოდენობა მოცემულია ცხრილ 1-ში.

ცხრილი 1. ნისლიან დღეთა საშუალო \bar{n} და მაქსიმალური n_{max} რაოდენობა

სადგური		თ ვ ე												წელი
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ყაზბეგი მ/მთ	\bar{n}	2	3	5	9	14	15	14	13	12	8	6	3	104
	n_{max}	18	16	18	19	26	27	24	22	24	19	18	15	214
დაბა ყაზბეგი	\bar{n}	3	2	4	4	3	1	2	2	3	4	4	2	34
	n_{max}													
კობი	\bar{n}	4	5	6	7	3	3	3	3	5	5	4	5	53
	n_{max}													
ჯვრის უღ.	\bar{n}	13	14	19	19	18	14	17	14	19	18	16	13	194
	n_{max}	28	23	27	26	26	24	24	24	28	26	26	21	239
ბურსაჭირი	\bar{n}	12	12	16	13	8	7	6	6	10	12	13	11	126
	n_{max}	25	23	25	21	16	15	12	12	18	28	22	15	161
გუდაური	\bar{n}	12	12	15	15	13	10	9	8	13	14	13	11	145
	n_{max}	24	23	25	22	21	18	17	18	22	26	23	27	178
თიანეთი	\bar{n}	4	4	4	3	1	0,6	0,4	0,5	1	2	4	4	28
	n_{max}	10	16	13	8	5	3	2	3	3	6	13	17	534
დუშეთი	\bar{n}	4	3	3	2	2	0,8	0,6	0,7	0,6	1	2	4	24
	n_{max}	15	8	9	4	6	3	5	6	3	4	6	10	42
მუხრანი	\bar{n}	0,7	0,3	0,1		0,07						0,3	0,7	2
	n_{max}	3	3	1		1						3	38	65
თბილისი, ჰმო	\bar{n}	8	6	3	0,9	0,3	0,1	0,1	0,03	0,3	1	4	9	33
	n_{max}	19	16	14	6	3	1	1	1	2	10	11	23	62

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ნისლიან დღეთა საშუალო \bar{n} და მაქსიმალური n_{max} რაოდენობის ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H დამოკიდებულების გრაფიკული სახე

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, ნისლიან დღეთა ეს მაჩვენებლები (წელიწადში საშუალო და მაქსიმალური რაოდენობები, ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის ზრდისას აჩვენებენ მატებას, მაგრამ რა კანონზომიერებით ხდება მათი მატება ამის დადგენა შეუძლებელია. ნისლიან დღეთა მაქსიმალური რაოდენობით პირველ ადგილზეა ჯვრის ურელტეხილი (239 დღე წელიწადში), მეორე ადგილზეა მ/მთ ყაზბეგი (214 დღე), მესამეზე- გუდაური (178 დღე), ასევე ნისლიან დღეთა მაქსიმალური რაოდენობის შედარებით დიდი მაჩვენებელი აღნიშნულია სადგურ ბურსაჭირში (161 დღე წელიწადში). რაც შეეხება დანარჩენ სადგურებს მათთვის ნისლიან დღეთა მაქსიმალური მაჩვენებელი წელიწადში არ ღემატება 65 დღეს.



ნახ. 1. წელიწადში ნისლიან დღეთა საშუალო \bar{n} და მაქსიმალური n_{max} რაოდენობის ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე H დამოკიდებულება

გარდა ნისლწარმოქმნელი ზოგადი პროცესებისა, როგორცაა შედარებით ცივ ქვეფენილ ზედაპირზე თბილი ჰაერის მასის გადაადგილება, როდესაც ადგილი აქვს წყლის ორთქლის კონდენსაციას და შედეგად ადვექციური ნისლის წარმოქმნას, მოწმენდილი ცის პირობებში ქვეფენილი ზედაპირის და ჰაერის მიწისპირა ფენის გაციება გრძელტალღიანი გამოსხივების შედეგად და მასში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაცია მთავრდება რადიაციული ნისლის წარმოქმნით. როგორც ნახ. 1-დან ჩანს მცხეთა-მთიანეთის მხარეში ნისლიან დღეთა რაოდენობა წელიწადში ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის გარდა დამოკიდებულია ოროგრაფიის თავისებურებაზე.

მცხეთა-მთიანეთის მხარეში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების ქსელის მრავალწლიური ინფორმაციის ანალიზის შედეგად (გარდა ნისლიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური მახასიათებლებისა) დადგენილია ნისლიან დღეთა გრადაციების განმეორადობა თვეების და წელიწადის მიხედვით, ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა, ნისლების ხანგრძლივობა დღე-ღამის სხვადასხვა საათებში, თვეების მიხედვით ნისლიან დღეთა გრადაციების (ინტერვალით 2 დღე) განმეორადობა.

ნისლიან დღეთა გრადაციების (ინტერვალით 2 დღე) განმეორადობა მაქსიმალურია 1-2 დღიანი გრადაციისათვის. წელიწადში იგი იცვლება მ/მთ ყაზბეგზე 20-45%-დან (XI,XII)-61%-მდე (I), თიანეთში 23-31%-დან (XI,XII)-75%-მდე (II), ახმეტაში 13-24%-დან (XI,XII)-36%-მდე (II), დაბა ყაზბეგში 22%-დან (X)-75%-მდე (VI). წელიწადში ნისლიან დღეთა სხვადასხვა რიცხვის განმეორადობა, % მოცემულია ცხრილ 2-ში.

ცხრილი 2. წელიწადში ნისლიან დღეთა სხვადასხვა რიცხვის განმეორადობა, %

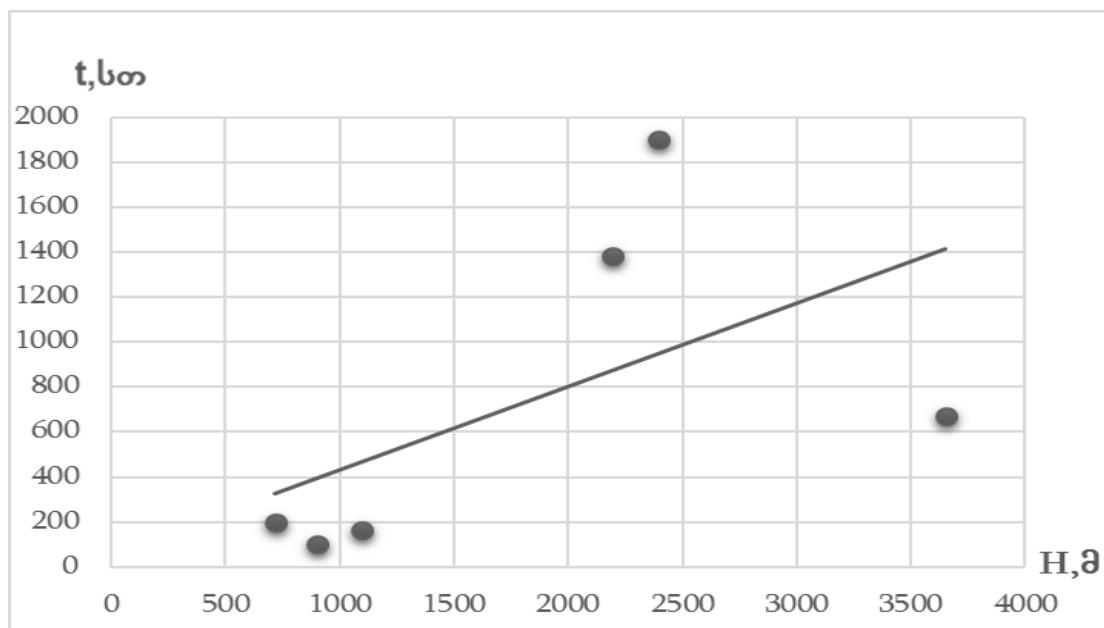
თ ვ ე											
1-5	6-10	11-15	16-20	21-26	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
მ/მთ ყაზბეგე											
		21	21	25	11		11	11			
თიანეთი											
		7	10	21	28	7	14	3	3	7	
ახმეტა											
	21	12	4	22	17		4	4	4	4	4
დუშეთი											
3	3	3	38	10	27	10	3	3			
თბილისი											
			10	32	28	10	7	7		3	3

ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა მოცემულია ცხრილ 3-ში

ცხრილი 3. ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა

თ ვ ე												წელი	ნისლის ხანგრძლივობა დღეში		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		X-III	IV-IX	წელი
მ/მთ ყაზბეგი															
21,4	26,7	35,6	62,5	91,9	82,6	85,1	84,2	70,9	45,3	38,4	26,0	670,6	7,2	6,2	6,4
ჯვრის უღ.															
156,2	177,0	214,1	216,8	141,4	94,4	132,2	99,8	162,6	173,8	191,0	144,0	1903,3	11,4	8,4	9,8
გუდაური															
128,1	119,0	173,5	152,8	115,2	49,8	66,1	56,2	113,3	135,8	129,4	143,9	1383,1	10,8	8,1	9,5
თიანეთი															
28,9	20,4	28,7	15,6	4,1	3,0	0,9	2,2	3,7	10,5	22,5	21,4	161,9	6,0	4,9	5,8
დუშეთი															
20,8	15,8	17,2	5,6	6,6	1,5	2,5	1,7	1,3	3,3	10,3	16,5	103,1	4,9	2,7	4,3
თბილისი, ჰმო															
60,2	23,1	17,6	3,5	1,8	0,1	0,3	0,2	0,6	4,3	19,8	68,8	200,3	6,3	3,2	6,1

როგორც ცხრილ 3-დან და ნახ. 2-დან ჩანს, მცხეთა-მთიანეთის მხარეში ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის მატების სინქრონულად ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა წელიწადში იზრდება. ჯვრის უღელტეხილზე ის აღწევს აბსოლუტურ მაქსიმუმს (1903,3სთ). ნისლების საშუალო ხანგრძლივობის დიდი მნიშვნელობებით გამოირჩევა სადგური გუდაური (1383,1სთ), რაც შეეხება სადგურ მ/მთ ყაზბეგს აქ ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა წელიწადში ორჯერ ნაკლებია ვიდრე გუდაურში და თითქმის სამჯერ ნაკლებია ვიდრე ჯვრის უღელტეხილზე, რაც განპირობებულია იმით, რომ კავკასიონის მთიან რეგიონში ჰკმ სიმაღლეზე ზევით ადგილი აქვს ღრუბლიანობის (და ნისლიანობის) შემცირებას, მათი ხანგრძლივობის ჩათვლით.



ნახ. 2 ნისლების საშუალო ხანგრძლივობის დამოკიდებულება ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე, წელიწადი

დამოკიდებულება $t=f(H)$, სადაც t არის ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა წელიწადში (სთ) H -სადგურის აბსოლუტური სიმაღლე (კმ) მცხეთა-მთიანეთის მხარის შემთხვევაში ანალიზურად წარმოიდგინება წრფივი ფუნქციის სახით (სადგურ მ/მთ ყაზბეგის გამოკლებით).

$$t=870,0H-266,7 \quad (1)$$

ამ გამოსახულების თანახმად, როდესაც $H=1$ კმ, $t=603$ სთ; $H=2$ კმ, $t=1480$ სთ; $H=2,5$ კმ, $t=1910$ სთ.

ლიტერატურა-REFERENS-ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს სამეცნიერო გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი, ნაწ. 1, თბილისის, 2004.
2. Справочник по климату СССР, вып. 14, Облачность и атмосферные явления, Л., Гидрометеиздат, 1970.

უკ 551. 5521

ნისლი მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში./რ.სამუკაშვილი, ც.დიასამიძე./ სტუ-ის კმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.32-35. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

გამოკვლეულია ნისლის ტერიტორიული განაწილების რეჟიმი.

UDC 551. 5521.

A fog of the territory Mtshketa-mtianeti./ Samukashvili R., Diasamidze Tsi. / Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.32-35. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus
Regime characteristics of the fog are investigated.

УДК 551. 5521.

Туман на территории Мцхета-мтианети./Самукашвили Р.Д, Диасамидзе Ц.О/ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.32-35. - Груз.; Рез. Груз., Анг., Рус

Исследованы режимные характеристики

უაკ. 551.583

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალ სუბტროპიკებში

გ.მელაძე, მ.მელაძე.

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

საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული ტიპის აგროკლიმატური მაჩვენებლები ხელსაყრელია მემარცვლეობის, მევენახეობის, მეხილეობის, მებოსტნეობის და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დარგების განვითარებისათვის. აღნიშნული დარგების წარმატებით განვითარება კი გულისხმობს არსებული აგროკლიმატური მაჩვენებლების საფუძვლიან შეფასებას და მათ ეფექტურად გამოყენებას [1].

ცხრილში 1 მოყვანილია საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მრავალწლიანი (1948-2017 წწ.) მეტეოროლოგიური დაკვირვებების საფუძველზე, გამოთვლილი საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული ტიპის კლიმატის პირობებში არსებული რეგიონების აგროკლიმატური მაჩვენებლები [2]. კერძოდ, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები ($>10^{\circ}\text{C}$), ატმოსფერული ნალექები (მმ), ჰიდროთერმული კოეფიციენტები, როგორც მთლიან სავეგეტაციო პერიოდში (IV-X), ასევე აქტიური ვეგეტაციისას (VI-VIII).

ცხრ. 1 საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული ზონების აგროკლიმატური მახასიათებლები (1948-2017 წწ.)

მშრალი სუბტროპიკული ზონა/რეგიონი, მუნიციპალიტეტი	ტემპ-ის $>10^{\circ}\text{C}$ -ზე გადასვლის თარიღი	ტემპ-ის $<10^{\circ}\text{C}$ -ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი ($>10^{\circ}\text{C}$)	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), IV-X	ჰოვ (IV-X)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი ($>10^{\circ}\text{C}$), VI-VIII	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), VI-VIII	ჰოვ (VI-VIII)
კახეთი, ყვარელი	2.IV	4.XI	216	4086	707	1.8	2131	292	1.4
მცხეთა-მთიანეთი, მცხეთა	8.IV	26.X	201	3542	403	1.1	1980	178	0.9
ქვემო ქართლი, გარდაბანი	30.III	4.XI	219	4294	278	0.7	2370	117	0.6
შიდა ქართლი, გორი	11.IV	25.X	197	3489	335	1.0	1959	139	0.7

ცხრილში 1 მოცემული საკვლევი რეგიონებიდან კახეთის, მცხეთა-მთიანეთის, შიდა ქართლის და ქვემო ქართლის მშრალი სუბტროპიკული ტიპის კლიმატით წარმოდგენილი ზონები ზღვის დონიდან მდებარეობს 300 მ-დან 600 მ სიმაღლემდე.

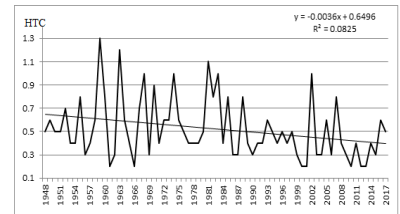
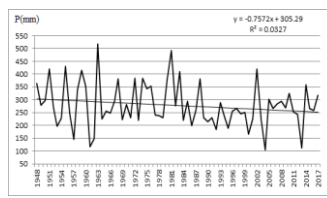
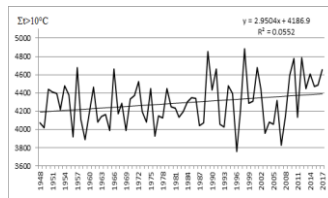
კახეთი მნიშვნელოვანი რეგიონია სოფლის მეურნეობის მრავალი დარგის განვითარებისა და წარმოებისათვის. მას გააჩნია მნიშვნელოვანი პოტენციალი მემარცვლეობის, მევენახეობის, მეხილეობის, ეთერზეთოვანი და ზეთოვანი ტექნიკური კულტურების, მებოსტნეობა-მებაღეობის და სოფლის მეურნეობის სხვა დარგების განვითარებისათვის. მოცემულ ზონაში საშუალო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა $-11, -12^{\circ}\text{C}$ არ აღემატება, რაც მშრალი სუბტროპიკული კულტურების კრიტიკულ (დამაზიანებელ) ზღვართან ახლოსაა. თუმცა, აღნიშნული ზონის ფარგლებში მითითებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების შესაძლებლობას არ ზღუდავს.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში მშრალი სუბტროპიკული ზონაში საშუალო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა -12°C -მდეა, რაც კრიტიკულია (დამაზიანებელია) მშრალი სუბტროპიკული კულტურებისათვის [3].

ქვემო ქართლის რეგიონის მშრალ სუბტროპიკულ ზონაში აბსოლუტურმა მაქსიმალურმა ტემპერატურამ ცალკეულ წლებში შეიძლება მიაღწიოს 40°C და მეტს [4]. რეგიონში აღნიშნული ჰავის ტიპი ჩვენს მიერ გამოყოფილი მშრალი სუბტროპიკული ტიპის კლიმატის არსებობას სრულიად ადასტურებს, რაც ხელსაყრელია მშრალი სუბტროპიკული კულტურების განვითარებისა და პროდუქტიულობისათვის. ზამთრის პერიოდში საშუალო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურები ($-11, -12^{\circ}\text{C}$) არ ზღუდავს მშრალი სუბტროპიკული კულტურების გავრცელებას.

შიდა ქართლის მშრალ სუბტროპიკულ ზონაში ხელსაყრელი ნიადაგურ-კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, აწარმოებენ ვაზის სხვადასხვა ჯიშებს (საადრეო და საგვიანო), მარცვლეულს, ბოსტნეულ-ბაღჩეულს, ხეხილოვანებს, ტექნიკურ ეთერზეთოვან და სხვა კულტურებს. მოცემულ ზონაში საშუალო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა დაიკვირვება -11°C , -12°C -მდე. ეს უკანასკნელი ტემპერატურა (-12°C) ახლოსაა მშრალი სუბტროპიკული კულტურების კრიტიკული (დამაზიანებელი) ტემპერატურის ზღვართან. თუმცა, აღნიშნული ტემპერატურის პირობებში მითითებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება არ იზღუდება.

საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული ზონებისათვის მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების საფუძველზე, ზემოაღნიშნული რეგიონების მიხედვით, ჩვენს მიერ გამოთვლილი იქნა აგროკლიმატური მახასიათებლები, კერძოდ, აქტიური ტემპერატურათა ($>10^{\circ}\text{C}$) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამები, თბილ პერიოდში (IV-X). აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) გამოთვლილია ჰიდროთერმული კოეფიციენტები, რაც გამოსახული იქნა ტრენდებით. რეგიონების საკვლევი მუნიციპალიტეტების შესაბამისად, გამოვლენილია აქტიური ტემპერატურათა ჯამების მატების, ხოლო ატმოსფერული ნალექების ჯამების და ჰიდროთერმული კოეფიციენტების კლების ტენდენციები, გამონაკლისია ყვარელისა და გორის მუნიციპალიტეტების მშრალი სუბტროპიკული ზონა, სადაც ნალექების რაოდენობის უმნიშვნელო მატების ტენდენციაა გამოვლენილი. სამაგალითოდ, მოგვყავს ქვემო ქართლის (გარდაბანი) მშრალი სუბტროპიკული ზონის აღნიშნული მახასიათებლების მსვლელობის დინამიკა (ნახაზი 1).



ნახ.1 აქტიური ტემპერატურათა ($>10^{\circ}\text{C}$) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰოკ-ს მსვლელობის დინამიკა (მშრალი სუბტროპიკული ზონა, გარდაბანი)

ტრენდების განტოლებებიდან საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული ზონისათვის გამოთვლილია აგროკლიმატური მახასიათებლები - აქტიური ტემპერატურები, ატმოსფერული ნალექები, თბილ პერიოდში (IV-X) და ჰიდროთერმული კოეფიციენტები VI-VIII პერიოდში (ცხრილი 2).

ცხრ. 2 აქტიური ტემპერატურის ($>10^{\circ}\text{C}$), ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამების და ჰოკ-ის ცვლილება ტრენდის მიხედვით (1948-2017 წწ.)

მშრალი სუბტროპიკული ზონა/რეგიონი, მუნიციპალიტეტი	აქტიური ტემპერატურის ჯამი ($>10^{\circ}\text{C}$)				ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამი (IV-X)				ჰოკ (VI-VIII)					
	დასაწყისი	დასასრული	მატება	საშ. სიჩქარე ყოველ 10 წ-ში	დასაწყისი	დასასრული	მატება	კლება	საშ. სიჩქარე ყოველ 10 წ-ში	დასაწყისი	დასასრული	მატება	კლება	საშ. სიჩქარე ყოველ 10 წ-ში
კახეთი, ყვარელი	3937	4217	280	40.0	686	723	37		5.2	1.36	1.50	0.14		0.02
მცხეთა-მთიანეთი, მცხეთა	3416	3705	289	41.3	405	402		3	0.4	0.90	0.83		0.07	0.01
ქვემო ქართლი, გარდაბანი	4244	4299	55	7.9	301	247		54	7.7	0.63	0.50		0.13	0.02
შიდა ქართლი, გორი	3411	3560	149	21.2	334	336	2.0		0.28	0.73	0.70		0.03	0.01

უკანასკნელ ათწლეულებში მიმდინარე გლობალური დათბობის გავლენა ასახულია საქართველოს აღმოსავლეთ ტერიტორიის მშრალი სუბტროპიკული ზონის აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე [5]. მოგვყავს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მრავალწლიური (1948-2017 წწ.) მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები, სადაც ჩვენს მიერ გაანალიზებული, დამუშავებული და

მიღებული იქნა აგროკლიმატური მახასიათებლები (აქტიურ ტემპერატურათა და ატმოსფერული ნალექების ჯამები და სხვა). იგი მოიცავს კლიმატის თანამედროვე გლობალური ცვლილების (გლობალური დათბობის) საწყის პერიოდს, გასული საუკუნის 70-80-იან წლებს. საიდანაც ძირითადად დაიწყო მისი გავლენა მიწისპირა ჰაერის ფენაში ტემპერატურის მატებაზე და აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე (აქტიურ ტემპერატურათა და ატმოსფერული ნალექების ჯამებზე და სხვა). ამ მახასიათებლების ცვლილების ნათლად წარმოდგენის მიზნით, ზემოაღნიშნული სამოცდაათწლიანი პერიოდის მონაცემები გაყოფილი იქნა ორ 35-წლიან პერიოდებად, ერთმანეთთან შედარებისათვის. I - პერიოდი მოიცავს 1948-1982 წწ., II - პერიოდი 1983-2017 წწ. (ცხრილი 3).

ცხრ. 3 მშრალ სუბტროპიკულ ზონაში აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილება პერიოდების მიხედვით (1948-2017 წწ.)

მშრალი სუბტროპიკული ზონა, რეგიონი/ მუნიციპალიტეტი	I-II პერიოდები (წლები)	ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C)	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ) (IV-X)	ჰოვ (IV-X)	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C), VI-VIII	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), VI-VIII	ჰოვ (VI-VIII)
ყვარელი	I პერიოდი 1948-1982	3.IV	3.XI	214	3997	704	1.8	2095	290	1.4
	II პერიოდი 1983-2017	31.III	5.XI	219	4174	709	1.7	2166	294	1.4
მცხეთა-მთიანეთი, მცხეთა	I პერიოდი 1948-1982	1.IV	25.X	197	3477	416	1.2	1948	185	1.0
	II პერიოდი 1983-2017	8.IV	27.X	202	3607	391	1.1	2013	171	0.8
ქვემო ქართლი, გარდაბანი	I პერიოდი 1948-1982	1.IV	4.XI	217	4237	297	0.7	2215	133	0.6
	II პერიოდი 1983-2017	29.III	5.XI	221	4352	257	0.6	2224	101	0.5
შიდა ქართლი, გორი	I პერიოდი 1948-1982	13.IV	22.X	194	3445	341	1.0	1936	140	0.7
	II პერიოდი 1983-2017	9.IV	24.X	197	3533	329	0.9	1981	138	0.6

ცხრილი 3-ის ანალიზიდან ჩანს, რომ მეორე პერიოდში აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) ჯამები ყველა საკვლევი რეგიონის მშრალი სუბტროპიკულ ზონაში მომატებულია პირველ პერიოდთან შედარებით. ასევე, გახანგრძლივებულია სავეგეტაციო პერიოდები, გაზაფხულზე 10°C-ის ზევით ტემპერატურის გადასვლის ადრე დადგომისა და შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ ტემპერატურის გადასვლის თარიღის გვიან დადგომით. მეორე პერიოდში შემცირებულია ატმოსფერული ნალექების (მმ) რაოდენობა (გამონაკლისია ყვარელი, სადაც უმნიშვნელო მატება ფიქსირდება, როგორც მთელ სავეგეტაციო პერიოდში (IV-X), ასევე აქტიური ვეგეტაციის (VI-VIII) პერიოდში) და ჰიდროთერმული კოეფიციენტის მაჩვენებლები (ყვარელში ცვლილება არ აღინიშნება).

საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალი სუბტროპიკული კლიმატის პირობებში მომატებული აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების (>10°C) გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ გამოყოფილ აგროკლიმატურ ზონაში წარმატებით შეიძლება მშრალი სუბტროპიკული ხეხილოვანი კულტურების გავრცელება. კერძოდ, სუბტროპიკული ხურმის, ბროწეულის, ზეთის ხილის, ნუშის, თხილის, კივის (აქტინიდია), ფეიჰოას, მუშმულას, გარგარის, ლეღვის, კომშის, რწყავის, პეკანის, აგრეთვე დაფნის, ეთერზეთოვანი და ზეთოვანი კულტურების, მარცვლეულის (საშემოდგომო და საგაზაფხულო), ვაზის საადრეო და საგვიანო ჯიშების წარმოება. უნდა აღინიშნოს, რომ სავეგეტაციო პერიოდში, მოცემული ზონა არ არის ატმოსფერული ნალექებით უზრუნველყოფილი, განსაკუთრებით აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-

VIII). ამიტომ რეკომენდირებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნორმალური განვითარებისათვის აუცილებელია ერთწლიანი კულტურების 2-3-ჯერ მორწყვა, ხოლო მრავალწლიანების - 1-2-ჯერ.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. მელაძე გ., მელაძე მ. საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2010, 293 გვ.
2. მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის ცვლილება: აგროკლიმატური გამოწვევები და პერსპექტივები აღმოსავლეთ საქართველოში. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2020, 201 გვ.
3. Meladze G., Meladze M. Estimation of agroclimatic potential of Mtskheta-Mtianeti region. Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University vol.119, 2013, pp. 87-90
4. ხარაძე კ. მარნეულის მუნიციპალიტეტი. ბუნება, წარსული, აწმყო. გამომცემლობა შპს „სვეტი“, თბილისი, 2019, 368 გვ.
5. მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა აგროეკოლოგიურ ზონაზე საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში. საქართველოს გეოგრაფია, №6-7, თსუ-ის გამომცემლობა, 2008, გვ. 95-101

უაკ 551.583

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალ სუბტროპიკებში /მელაძე გ., მელაძე მ./ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.36-39. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს აღმოსავლეთ მშრალ სუბტროპიკულ პირობებში (კახეთი, მცხეთა-მთიანეთი, ქვემო ქართლი, შიდა ქართლი) მრავალწლიური (1948-2017 წწ.) მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზისა და სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე, დადგენილია სავეგეტაციო პერიოდების ხანგრძლივობის, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების ($>10^{\circ}\text{C}$), ატმოსფერული ნალექების (მმ) და ჰიდროთერმული კოეფიციენტების (ჰთკ) მატება/კლების ტენდენციები. ამ მაჩვენებლების ნათლად წარმოდგენის მიზნით, ზემოაღნიშნული სამოცდაათწლიანი პერიოდის დაკვირვებათა მონაცემები შედარებისათვის გაყოფილია ორ 35-წლიან პერიოდებად. I პერიოდი მოიცავს 1948-1982 წწ. II პერიოდი 1983-2017 წწ. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების ($>10^{\circ}\text{C}$) მატების გათვალისწინებით, გამოყოფილია მშრალი სუბტროპიკული აგროკლიმატური ზონა, შესაბამისი პერსპექტიული კულტურების გავრცელების მიზნით.

UDC 551.583

Distribution of agricultural crops in the dry subtropics of eastern Georgia./G.Meladze, M.Meladze./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.36-39. –Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

Based on the analysis and statistical processing of data of multi-year (in 1948-2017) meteorological observations in the eastern dry subtropical conditions of Georgia (Kakheti, Mtskheta-Mtianeti, Kvemo Kartli, Shida Kartli) a trend of increase/decrease the duration of vegetation periods, sums of active temperatures ($>10^{\circ}\text{C}$), atmospheric precipitations (mm) and hydrothermal coefficients (HTC) have been identified. In order to present these values clearly, the data of 70-year-long observations mentioned above were divided into two 35-year-long periods. The I period covers the years of 1948-1982, and the II period covers the years of 1983-2017. Taking into account the increase in the sums of active temperatures ($>10^{\circ}\text{C}$), a dry subtropical agroclimatic zone has been allocated for the distribution of prospective crops.

УДК 551.583

Распространение сельскохозяйственных культур в сухих субтропиках восточной Грузии./Меладзе Г.Г.

Меладзе М.Г./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.36-39. - Груз .;Рез. Груз., Англ., Рус В сухих субтропических условиях восточной Грузии (Кахети, Мцхета-Мтианети, Квемо Картли, Шида Картли) на основе анализа и статистической обработки многолетних метеорологических данных (1948-2017 гг.), установлены тенденции увеличения/уменьшения продолжительности вегетационных периодов, сумм активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$), атмосферных осадков (мм) и гидротермических коэффициентов (ГТК). Для наглядного представления этих показателей, данные наблюдений за вышеуказанный семидесятилетний период разделены на два 35-летних периода для сравнения. I период охватывает 1948-1982 гг., II период - 1983-2017 гг. С учетом увеличения сумм активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$) выделена сухая субтропическая агроклиматическая зона для распространения соответствующих перспективных сельскохозяйственных культур.

უკ 551.59

**სეტყვიანობა და მისგან მიყენებული ზიანი საქართველოს ტერიტორიაზე
 2014-2018 წლებში**

ფიფია მ., *ბეგლარაშვილი ნ.,* ჯინჯარაძე გ.**

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
 **საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს კარტოგრაფიისა და გეოდეზიის დეპარტამენტი
 თბილისი, საქართველო. m.pipia@gtu.ge

შესავალი

ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებიდან გამომდინარე საქართველოსთვის დამახასიათებელია სხვადასხვა სტიქიური მეტეოროლოგიური მოვლენები (გვალვა, ყინვა და წყინვა, გრიგალი, ქარბუქი, თავსხმა ნალექები, ელჭექი, სეტყვა და ა.შ.) საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენებს შორის სეტყვას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. სეტყვისაგან მიყენებული ზარალი ყოველწლიურად ათობით მილიონ ლარს ითვლის. იგი აზიანებს შენობა-ნაგებობებს, სასოფლო-სამეურნეო ნათესებს, ბაღებს, ვენახებს, იწვევს შინაური ცხოველების მსხვერპლს, განსაკუთრებულ შემთხვევებში ადამიანის ჯანმრთელობასაც უქმნის საფრთხეს [1-4].

წინამდებარე ნაშრომი გაგრძელებაა ადრე ჩატარებული კვლევებისა, რომლებიც ეძღვნება სეტყვიანობას საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო წლების განმავლობაში [5-10].

ქვემოთ წარმოდგენილია გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებზე დაყრდნობით ჩატარებული სეტყვიანობისა და მის მიერ მიყენებული ზიანის კვლევების შედეგები, რომელიც მოიცავს 2014-2018 წლების პერიოდს.

შედეგები

აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით შედეგად ჩვენს მიერ შედგენილ იქნა ცხრილი (ცხრ.1), სადაც მოცემული ხუთწლიანი პერიოდისთვის მოყვანილია სეტყვიან დღეთა რაოდენობა საქართველოს რეგიონებისა და ამ რეგიონების მუნიციპალიტეტების მიხედვით. ასევე ცხრილში მოყვანილია სეტყვიანობის ხანგრძლივობისა და სეტყვის მარცვლების დიამეტრის გრადაცია აღნიშნული პერიოდისთვის და სინოპტიკური პროცესის ტიპები შესაბამისი რეგიონებისთვის.

ცხრილი 1. სეტყვიან დღეთა რაოდენობა, ხანგრძლივობა, დიამეტრი და პროცესების ტიპი 2014-2018 წლების მონაცემების მიხედვით საქართველოში.

რეგიონი	მუნიციპალიტეტი	სეტყვიან დღეთა რაოდენობა	ხანგრძლივობა (წთ.)	სეტყვის მარცვლის დიამეტრი (მმ)	სინოპტიკური პროცესის ტიპი
აჭარა	ბათუმი, ხელვაჩაური, ხულო, ქედა	3	-	-	დასავლეთის
გურია	ოზურგეთი	1	15	-	-
სამეგრელო-ზემო სვანეთი	წალენჯიხა	1	-	-	-
რაჭა-ლეჩხუმი	ამბროლაური	3	12	20	-
იმერეთი	ქუთაისი, ჭიათური	2	-	-	დასავლეთის
სამცხე-ჯავახეთი	ყველა მუნიციპალიტეტი	32	5-35	4-22	დასავლეთის, აღმოსავლეთის, შიდა მასური
ქვემოქართლი	ყველა მუნიციპალიტეტი	23	2-35	7-24	შიდა მასური, დასავლეთის, კონვექციური
მცხეთა-მთიანეთი	ყველა მუნიციპალიტეტი	12	3-20	2-30	დასავლეთის, კონვექციური, შიდა მასური,

ცხრილი 1-ის გაგრძელება					
თბილისი	თბილისი	10	-	-	დასავლეთის, შიდამასური, აღმოსავლეთის
შიდაქართლი	ყველა მუნიციპალიტეტი	16	20-60	7-24	დასავლეთის, შიდამასური, აღმოსავლეთის
კახეთი	ყველა მუნიციპალიტეტი	52	5-30	6-20	დასავლეთის კონვექციური, აღმოსავლეთის შიდამასური

როგორც მოსალოდნელი იყო და ეს ცხრილი 1-ის ანალიზიდანაც ირკვევა, სეტყვის პროცესები ძირითადად აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში დაიკვირვება [11-15]. აღსანიშნავია ისიც, რომ მოცემული პერიოდის განმავლობაში სეტყვა დაფიქსირებულ იქნა აღმოსავლეთ საქართველოს ყველა მუნიციპალიტეტში. განსაკუთრებით გამორჩეულია კახეთის რეგიონი, სადაც სეტყვიან დღეთა რაოდენობა 52-ია საკვლევი ხუთწლიანი პერიოდი განმავლობაში. რაც შეეხება სინოპტიკური პროცესების ტიპს, საქართველოს მთელს ტერიტორიაზე დასავლეთის პროცესები დომინირებს, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში მეტნაკლები სიხშირით, ასევე, დაიკვირვება აღმოსავლეთის, შიდამასური და კონვექციური პროცესები.

სეტყვიანობის მაქსიმალური ხანგრძლივობა 2014-2018 წლებში შიდა ქართლის რეგიონში დაფიქსირდა და 60 წუთი შეადგინა, რაც სეტყვის ხანგრძლივობის უჩვეულოდ მაღალი მაჩვენებელია. ხოლო, სეტყვის მარცვლის მაქსიმალური დიამეტრი (30 მმ) ამ წლებში, მცხეთა-მთიანეთში რეგიონში იქნა აღრიცხული.

ხშირია შემთხვევები, როცა ერთი სეტყვის პროცესის მიმდინარეობისას ზიანდება რამდენიმე რეგიონი. ასეთი შემთხვევებისას ზარალი განსაკუთრებულად დიდია. მაგ. 2014 წლის 26 აპრილს სეტყვამ რომლის მარცვლების დიამეტრი 7 მმ იყო გაგრძელდა 35 წთ და მოიცვა საქართველოს სამი რეგიონი -ქვემო ქართლი (ბოლნისი), სამცხე-ჯავახეთი (ახალქალაქი, ბაკურიანი) და შიდა ქართლი (ხაშური), რის შედეგადაც მნიშვნელოვნად დაზიანდა ხეხილი და ბოსტნეული.

გამორჩეულია აგრეთვე 2015 წლის 7 მაისი, როდესაც კახეთში ერთდროულად განვითარდა დასავლეთის და აღმოსავლეთის პროცესები, რის შედეგადაც თელავის, ახმეტისა და ყვარლის მუნიციპალიტეტებში სეტყვამ რამდენიმე ათეული ჰექტარი ვენახი, საზამთროს და ნესვის ბაღები მთლიანად გაანადგურა. ჩაიკეტა ლაგოდეხი-თელავი-ყვარლის მთავარი მაგისტრალი. სეტვა 30 წუთს გრძელდებოდა, რამოდენიმე საცხოვრებელი სახლიც დაზიანდა. სეტყვის მარცვლების დიამეტრი 10-15 მმ შეადგინა, ხოლო ქარის სიჩქარე 20მ/წმ აღწევდა.

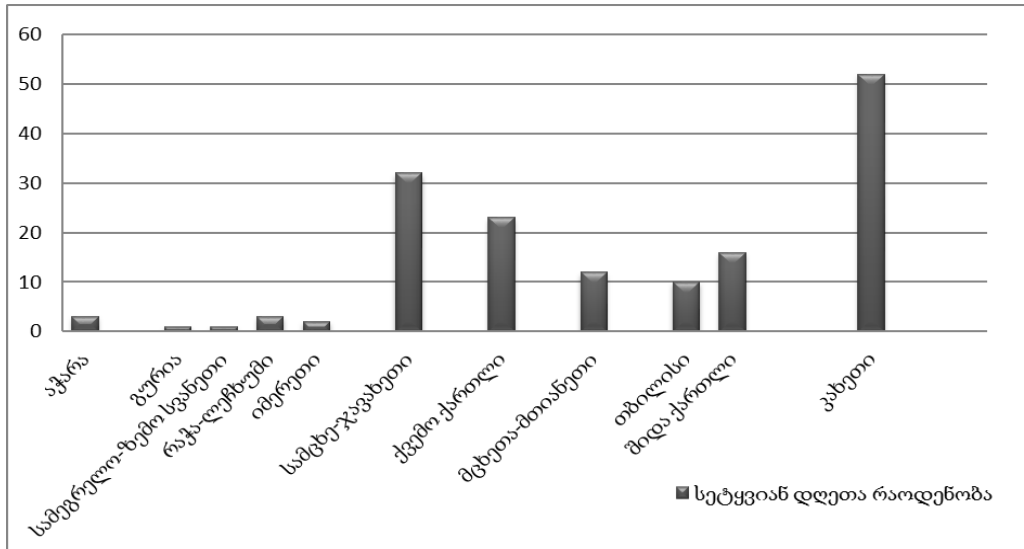
2015 წლის 27 აპრილს თიანეთის მუნიციპალიტეტში მოსული სეტყვის მარცვლის დიამეტრი 20-30 მმ იყო. საბედნიეროდ სეტყვის პროცესი მხოლოდ 3 წუთი გაგრძელდა, თუმცა საგრძნობლად დააზიანა ბაღები.

2014 წლის 16 აპრილს სეტყვა მთელი 1 საათი გაგრძელდა და გორის მუნიციპალიტეტის სოფელი ხიდისთავი მნიშვნელოვნად დააზიანა.

ასეთი მაგალითები 2014-2018 წლების მონაცემების მიხედვით არც თუ იშვიათია, რასაც ადასტურებს სეტყვიან დღეთა რაოდენობის საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელი, განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში.

ცხრ.1.-ის მიხედვით შედგენილ იქნა გრაფიკი სადაც ნაჩვენებია სეტყვიან დღეთა რაოდენობის განაწილება 2014-2018 წლების მონაცემების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიაზე (ნახ.1).

როგორც ნახ.1 გვიჩვენებს სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მაღალი მაჩვენებლით გამორჩეულია კახეთის(52 დღე) და სამცხე-ჯავახეთის(32 დღე) რეგიონები. ხოლო, ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი სეტყვიან დღეთა რაოდენობის აღნიშნული ხუთწლიანი პერიოდისთვის სამეგრელო-ზემო სვანეთისა და გურიის რეგიონში (1 დღე) ფიქსირდება.



ნახ.1 სეტყვიან დღეთა რაოდენობა 2014-2018 წლებში საქართველოს რეგიონებში

დასკვნა

მოცემული ხუთწლიანი პერიოდის ანალიზი სეტყვიანობის შესახებ საქართველოს ტერიტორიაზე გვიჩვენებს, რომ აღმოსავლეთ საქართველო კვლავ რჩება სეტყვასაშიშ ტერიტორიად, სადაც ამ პერიოდის განმავლობაში მნიშვნელოვანი ზიანი მიადგა სოფლის მეურნეობის სექტორს, შესაბამისად ქვეყნის ეკონომიკამ ხელშესახები ზარალი განიცადა.

მიუხედავად იმისა, რომ 2015 წლიდან განახლდა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები კახეთის რეგიონში, რის შედეგადაც მკვეთრად შემცირდა სეტყვისგან მიყენებული ზარალი ამ რეგიონში [16], დღის წესრიგში რჩება, ჩატარებული კვლევიდან გამომდინარე, აღმოსავლეთ საქართველოს სხვა რეგიონების სეტყვისგან დაცვის ღონისძიებების გატარება.

სტატის ავტორები მადლობას ვუხდით მ.ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს სექტორის გამგეს ბატონ ავთანდილ ამირანაშვილს სამუშაოს შესრულებაში გაწეული დახმარებისთვის.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Elizbarashvili E.Sh., Elizbarashvili M. E. Extreme Weather Events over the Territory of Georgia. 2012, Tbilisi (in Russian).
2. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Под ред. Сванидзе Г.Г. и Цуцкиридзе Я.А., Л., Гидрометеоиздат, 1980, 288 с.
3. Tatishvili M., Elizbarashvili E., Elizbarashvili Sh., Meskhia R., Elizbarashvili M. Natural Hydrometeorological Disasters, their Causes and Prevention Measures. The Macrotheme Review. A multidisciplinary journal of global macro trends. A Macro theme Capital Management, LLC Academic Publication, vol. 2, iss. 1, ISSN 1848-4735, France, Winter (January) 2013, pp. 148-154.
4. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ვ., ბლიაძე თ., ნოდია ა., ჩიხლაძე ვ., ბახსოლიანი მ., ხუროძე თ. კახეთში სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვალებადობის თავისებურებანი, საქ. მეცნ. აკად. ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი № 21, USSN 1512-1224, თბილისი, 2003, გვ. 58-79.
5. Janelidze I., Pipia M. Hail Storms in Georgia in 2016-2018. Int. Sc. Conf. "Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation". Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 144 -146.
6. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Pipia M., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili E. Some Data About Hail Damages in Eastern Georgiaan Economic Losses From Them. Reports, presented on the Scientific Conference "80 Years of the M. Nodia Institute of Geophysics", 2014, Tbilisi, pp. 145-150. (in Russian).
7. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Jamrshvili N.K., Khurodze T.V., Pipia M.G., Tavidashvili Kh. Z. Comparative Analysis of the Distribution of Number of Days with Hail Per Annum on the Territory of Kakheti According to the Data of the Meteorological Stations and State Insurance Service of Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth, v.20A, 2017, Tbilisi, pp.44 -56.

8. Beglarashvili N., Janelidze I., Pipia M., Varamashvili N. Hail Storms In Kakheti (Georgia) in 2014-2018. Int.Sc.Conf. „ModernProblemsofEcology“, Proceedings, ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 176-179.
9. Pipia M. Prospects for the Development of Anti-hail Works in Kakheti Region (Georgia) Taking Into Account Some Climatic Indices. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXVI, 2016, Tbilisi, pp. 96-107. (in Georgia).
10. ბეგლარაშვილი ნ., ვარამაშვილი ნ., ფიფია მ., ჩხიკვაძე ვ., ჯანელიძე ი. სეტყვიანობასაქართველოში 2014-2018 წწ., მიხეილ ნოდია სხ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXXII, თბილისი, 2020, გვ. 116-124.
11. Гигинеишвили В.М. Градобития в восточной Грузии. Ленинград, Гидрометеиздат, 1960, 123 с.
12. Сулаквелидзе Г.К., Сулаквелидзе Я.Г. Распределение градобитий на территории Закавказья, Тр. ВГИ, вып. 76, М., Гидрометеиздат, 1989, с. 110-115.
13. Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Varazanashvili O., Tsereteli N., Elizbarashvili M., Elizbarashvili Sh., Pipia M. Hailstorms in the Territory of Georgia. European Geographical Studies, Vol. 2, No. 2, 2014. Tbilisi, pp. 55-69, (in Russian).
14. Pipia M. G., Beglarashvili N. G. Hail Hits in Eastern Georgia. Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, Volume 8, 2014, Burgas, pp. 567-573.
15. Tatishvili M.R., Kartvelishvili L.G., Mkurnalidze I.P. Thunderstorm and Hail Processes over Georgian Territory. Against Global Climate Change Background. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Iss. B, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol. 19B, Tb., 2016, pp. 111-119.
16. Amiranashvili A.G., Chikhladze V. A., Dzodzuashvili U. V., Jincharadze G. A., Pipia M. G., Sauri I. P., Telia Sh. O. On the Use of Anti-Hail Rockets "Trayal D 6- B" in the Work of Anti Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.19B, 2016, pp. 73-78.

უაკ 551.59

სეტყვიანობა და მისგან მიყენებული ზიანი საქართველოს ტერიტორიაზე 2014-2018 წლებში /ფიფია მ., ბეგლარაშვილი ნ., ჯინჭარაძე გ./ სტუ-ის ჰში-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021 - - ტ.131. -გვ.40-43. - ქართ.; რუბ.: ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია 2014-2018 წლების მონაცემები სეტყვიანობის შესახებ. გაანალიზებულია სეტყვიანობის კლიმატური მახასიათებლების - სეტყვიან დღეთა რაოდენობის, ხანგრძლივობის, აგრეთვე, სონოპტიკური პროცესების ტიპების განაწილება საქართველოს რეგიონების მიხედვით აღნიშნული ხუთწლიანი პერიოდისთვის. შედგენილია შესაბამისი ცხრილი. განხილულია სეტყვისგან მიყენებული ზიანი. აღწერილია სეტყვიანობის ზოგიერთი განსაკუთრებული შემთხვევა.

UDC 551.59

Hailand damage caused by it on the territory of Georgia in 2014-2018 /Pipia M., Beglarashvili N., Jincharadze G./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.40-43. –Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus
The data on hail for 2014-2018 were studied. The distribution of the climatic characteristics of hail is analyzed – the number of hail days, duration, as well as last types of sonoptic processes in the regions of Georgia for the indicated five-year period. A corresponding table has been drawn up. Damage from hail is discussed. Some special cases of hail are described.

УДК 551.59

Град и ущерб, нанесенный им на территории Грузии в 2014-2018 гг. /Пипиа М.Г, Бегларашвили Н.Г, Джинчарадзе Г.А/ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.40-43. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус
Изучены данные по граду за 2014-2018 гг. Проанализировано распределение климатических характеристик града – количества градовых дней, продолжительности, а также типов синоптических процессов по регионам Грузии за указанную пятилетку. Составлена соответствующая таблица. Обсуждается ущерб от града. Описаны некоторые особые случаи града.

უკ 504.5.054

ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM₁₀ და PM_{2.5}-ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით

ნ. გიგაური, გ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭირველი, მ. ფიფია

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

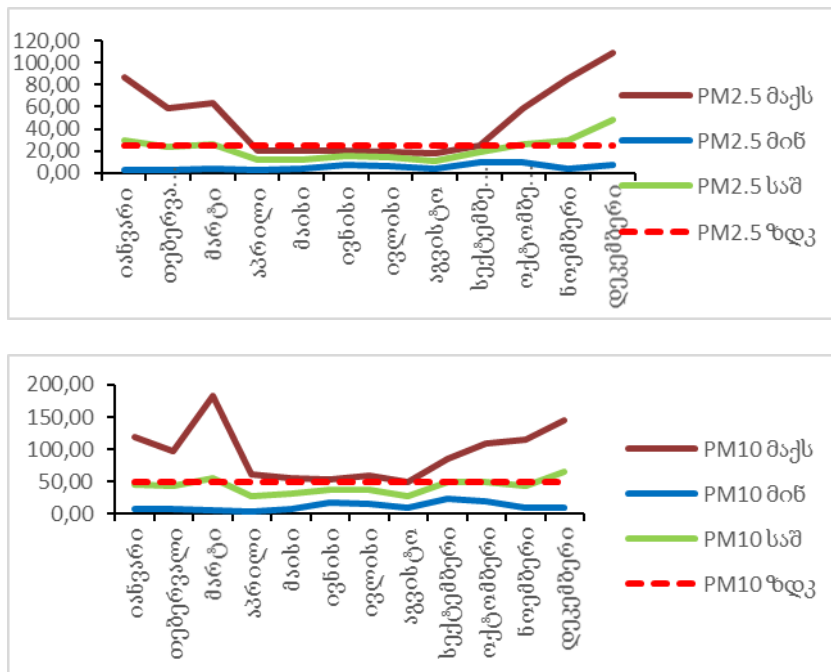
ჰაერის დაბინძურება 21-ე საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური და მნიშვნელოვანი გამოწვევაა მთელი მსოფლიოსთვის და მათ შორის საქართველოსთვისაც. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, პლანეტის მკვიდრთა 92% ცხოვრობს ისეთ გარემოში, სადაც ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი ორგანიზაციის მიერ დაწესებულ ზედა ზღვარს აღემატება. მისივე თქმით, ჰაერის დაბინძურება პირდაპირ კავშირშია მთელი რიგი დაავადებების განვითარებასთან და დამძიმებასთან, აქედან ყველაზე ხშირია ინსულტი, ფილტვის კიბო, გულსისხლძარღვთა, გულის იშემიური, ფილტვის ქრონიკული, სასუნთქი სისტემის დაავადებები [1,2].

სპეციალისტები განმარტავენ, რომ ჰაერის დაბინძურებას ძირითადად განაპირობებს ავტომობილების გამონაბოლქვი, ბუნებრივი აირის ნაწილი, უხეში ნარჩენების წვის დროს წარმოქმნილი კვამლი და სხვა.

ჩვენი კვლევის საგნად არჩეულია საქართველოს დედაქალაქი თბილისი. ქალაქის ქუჩები საკმაოდ გადატვირთულია ავტოტრანსპორტით და ურბანიზაციის გავლენით მომატებულია მშენებლობები. ამიტომ სერიოზული გამოწვევები გვაქვს, განსაკუთრებით მყარი PM_{2.5} და PM₁₀ ნაწილაკების კუთხით, რასაც იწვევს ავტოტრანსპორტი, სამშენებლო სექტორი და ასევე ძალიან ხშირად უდაბნოდან შემოსული მტვერი.

გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით ქ. თბილისის დამტვერიანების დონე ხშირად აღემატება ზღვ-ს და აღწევს 2 ზღვ-მდე [3]. ქ.თბილისში ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა კონცენტრაციების განსაზღვრა ხორციელდება 5 სადამკვირვებლო პუნქტის მეშვეობით, ამიტომ ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა PM_{2.5} და PM₁₀ ნაწილაკების კონცენტრაციების სივრცული განაწილების მიღება როგორც რეგულარული დაკვირვების, ასევე საავტომობილო გზებზე გაზომვების მონაცემების მიხედვით, ვინაიდან ქალაქის დამტვერიანებაში ძირითადი წვლილი სწორედ ავტოტრანსპორტს შეაქვს.

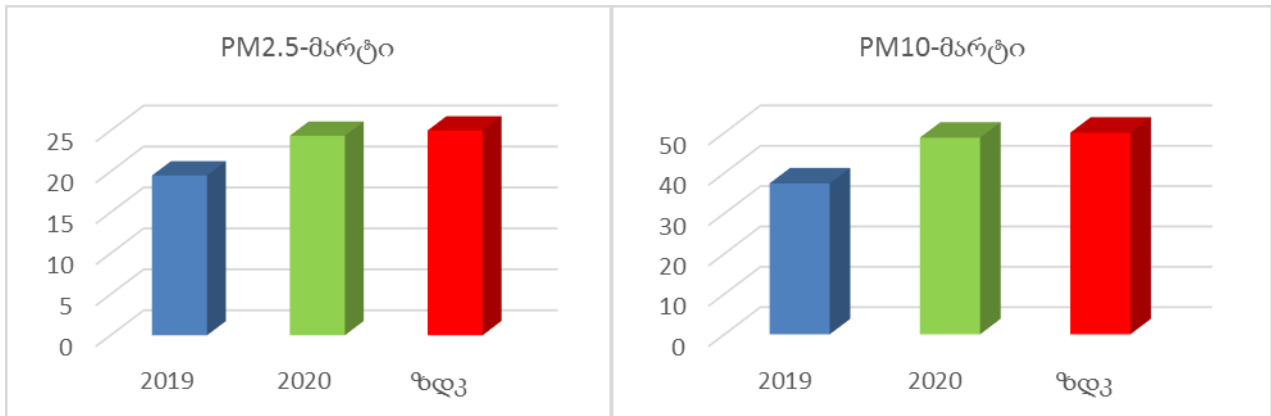
ნახ.1-ზე წარმოდგენილია PM_{2.5} და PM₁₀-ის 2020 წლის ყოველთვიური აბსოლუტური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები ნახაზებიდან ჩანს, ნაწილაკების კონცენტრაციები ზღვ-ს მნიშვნელობებს აჭარბებს ზამთრის პერიოდში, ხოლო გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში მისი კონცენტრაციები ნორმის ფარგლებშია. უნდა აღინიშნოს, რომ PM_{2.5} ყოველთვის ნაკლებია PM₁₀-ის კონცენტრაციებზე, თუმცა მათი მსვლელობა ერთნაირი ხასიათისაა.



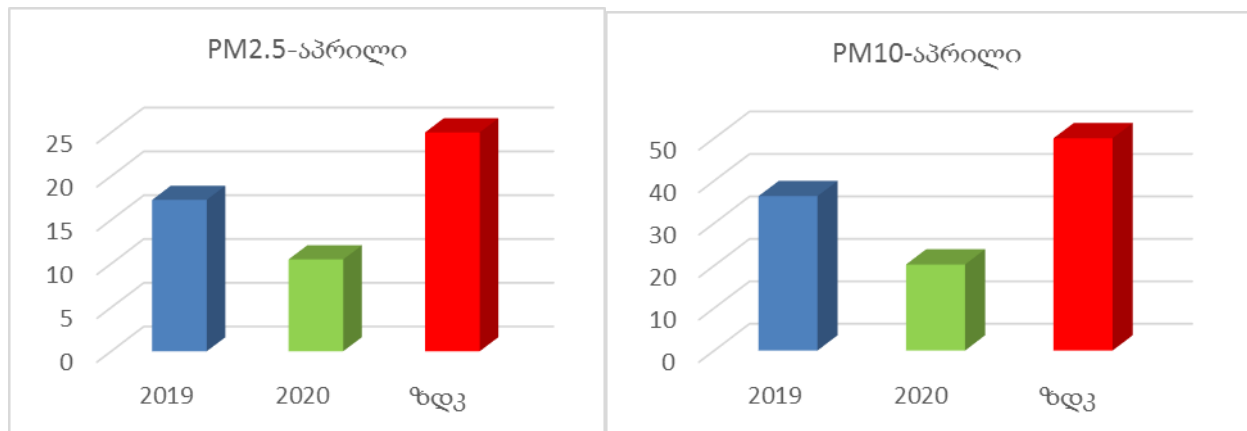
ნახ. 1. PM_{2.5} და PM₁₀-ის 2020 წლის ყოველთვიური აბსოლუტური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები

ყურადღებას იქცევს კონცენტრაციების ვარდნა, რომელიც ჩანს მარტისა და აპრილის თვეებს შორის და საინტერესოა შედარება წინა წლის მონაცემებთან.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია PM ნაწილაკების საშუალო მნიშვნელობები 2019 და 2020 წლების მარტის თვეში. 2020 წლის მნიშვნელობები გაცილებით აღემატება წინა წლის მონაცემებს (ასეთი ტენდენცია ჩანდა წინა თვეებშიც). ხოლო ნახ.3-ზე, რომელზეც აპრილის თვის შედარებაა ნაჩვენები, სხვა სურათს ვხედავთ. ამ შემთხვევაში დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლებია 2020 წლის საშუალო თვიური მონაცემები, როგორც PM_{2.5} ასევე PM₁₀-ის შემთხვევაში. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ 2020 წლის აპრილის თვეში საქართველოს მასშტაბით გამოცხადდა საგანგებო მდგომარეობა და აიკრძალა ავტოტრანსპორტი მოძრაობა. განვიხილოთ თვის ჭრილში ეს პერიოდი.



ნახ. 2. PM_{2.5} და PM₁₀ საშუალო თვიური კონცენტრაციები 2019 და 2020 წლის მარტში [4]

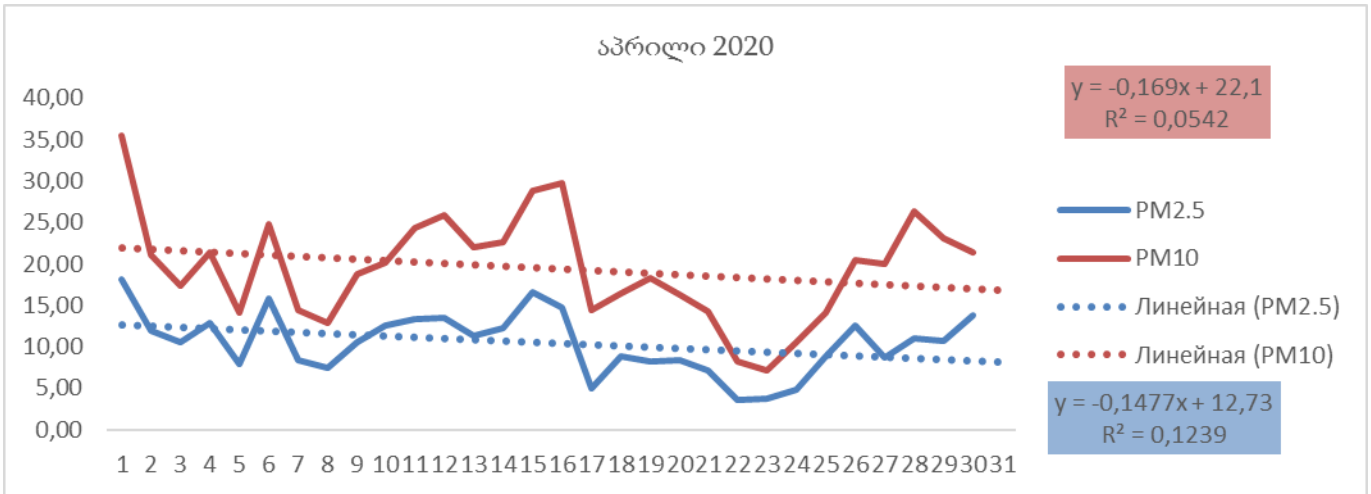


ნახ. 3. PM_{2.5} და PM₁₀ საშუალო თვიური კონცენტრაციები 2019 და 2020 წლის აპრილში [4]

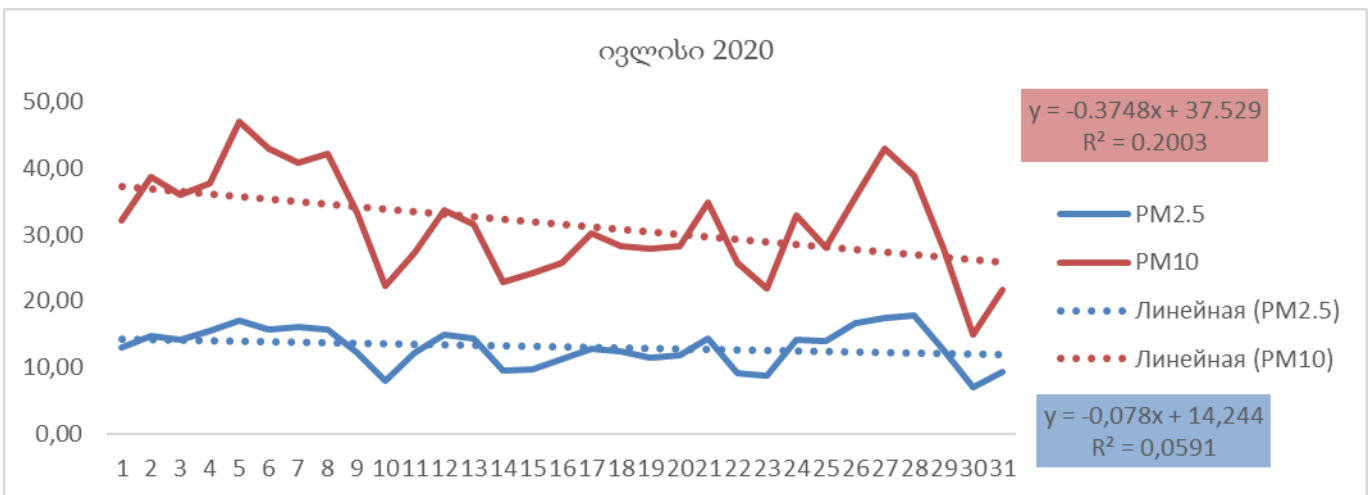
ნახ.4-ზე ნაჩვენებია PM ნაწილაკების ყოველდღიური მნიშვნელობები აპრილის თვეში. კარგად გვახსოვს, რომ 17 აპრილს გამოცხადდა სრული ლოქდაუნი, ე.ი აიკრძალა ყოველგვარი ავტოტრანსპორტით გადაადგილება, რაც აისახება დიაგრამაზე ყველაზე დაბალი მნიშვნელობებით (PM_{2.5} - 4.99 მკგ/მ³, PM₁₀ - 14.48 მკგ/მ³).

ამავე თვის 27 და 28 რიცხვში, მხოლოდ 2 დღით გაიხსნა საქალაქთაშორისო საზღვრები ხალხის გადასადგილებლად და ეს ფაქტიც ნათლად აისახა კონცენტრაციის მატებაზე (ნახ. 4).

აპრილიდან სექტემბრის თვის ჩათვლით ატმოსფეროში PM ნაწილაკების კონცენტრაციების მსვლელობა პრაქტიკულად არ იცვლებოდა, ამიტომ მაგალითის სახით ნახ.5-ზე ნაჩვენებია ივლისის თვის გრაფიკი. მაქსიმალური კონცენტრაციებიც კი არ აჭარბებს შესაბამის ზღვ-ს.

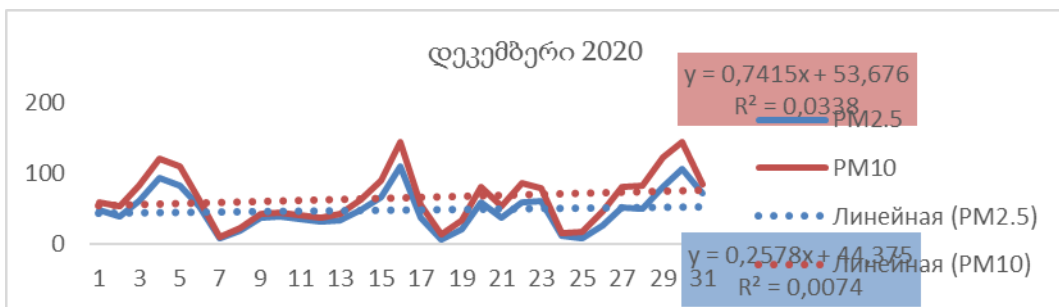


ნახ. 4. PM_{2.5} და PM₁₀ ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის აპრილში



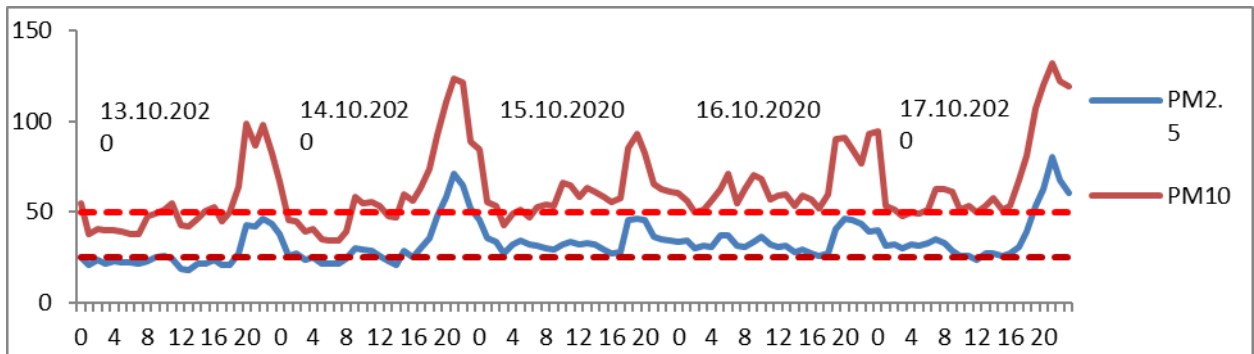
ნახ. 5. PM_{2.5} და PM₁₀ ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის ივლისში

სექტემბრის თვიდან აღინიშნება კონცენტრაციების მატების ტენდენცია, შესაბამისად ტრენდიც დადებითია და მაქსიმალურ პიკს აღწევს დეკემბრის თვეში (ნახ. 6). კონცენტრაციების საკმაოდ დიდი რხევის ამპლიტუდით და მაქსიმალური მნიშვნელობების სიუხვით გამოირჩევა დეკემბრის თვე და უნდა აღინიშნოს, რომ სავარაუდოდ მაღალი კონცენტრაციები დაფიქსირებულია ნისლიან დღეებში, ვინაიდან დეკემბერი გამოირჩეოდა ასეთი დღეების სიმრავლით.



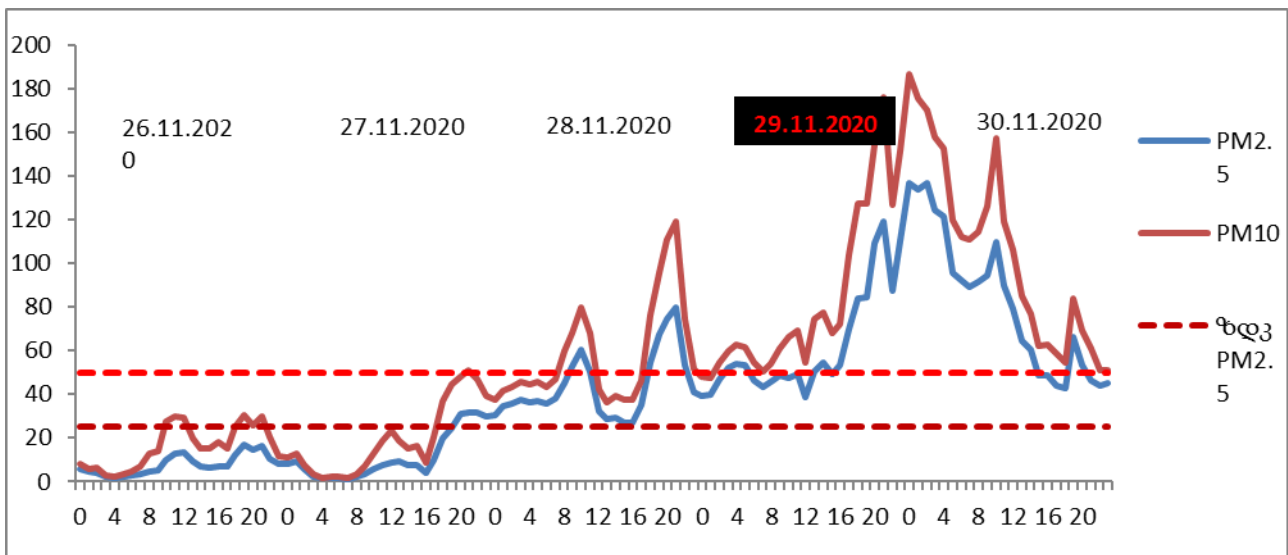
ნახ. 6. PM_{2.5} და PM₁₀ ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის დეკემბერში

საყურადღებოა PM ნაწილაკების საათობრივი მსვლელობები 5 დღიან ინტერვალში, მაგალითისათვის წარმოგიდგინებთ ოქტომბრის თვეს. ნახ. 7-დან ნათლად ჩანს, რომ დღის განმავლობაში ყველაზე მაღალი კონცენტრაციები ფიქსირდება ყოველთვის დღის მეორე ნახევარში, 20 საათის შემდგომ.



ნახ. 7. PM_{2.5} და PM₁₀-ის კონცენტრაციების საათობრივი მსვლელობა 2020 წლის 13-17 ოქტომბერი

საინტერესოა სურათი მივიღეთ ნოემბრის თვის ბოლო 5 დღის საათობრივი მსვლელობის გრაფიკზე. როგორც ნახ.8-დან ჩანს 26-დან 28 რიცხვის ჩათვლით ძალიან დაბალი კონცენტრაციები ფიქსირდება, ვინაიდან 24 ნოემბრიდან შეიზღუდა ავტოტრანსპორტით მოძრაობა, დაიკეტა მაღაზიები და ბევრი საჯარო სამსახური გადავიდა ონლაინ რეჟიმზე. თუმცა 29 ნოემბერს, ე.წ. „შავ პარასკევს“, თბილისის მასშტაბით გაიზარდა ტრანსპორტის მოძრაობა, რამაც შესაბამისად გამოიწვია მიკრონაწილაკების კონცენტრაციების მკვეთრი მატება ამ 2 დღის განმავლობაში. მაქსიმალურმა კონცენტრაციამ მიაღწია PM_{2.5} -სთვის - 136.59 მკგ/მ³ და PM₁₀-ისთვის - 186.54 მკგ/მ³, რაც 4-ჯერ და 5-ჯერ აღემატება მათ შესაბამის ზღვებს.



ნახ. 8. PM_{2.5} და PM₁₀-ის კონცენტრაციების საათობრივი მსვლელობა 2020 წლის 26-30 ნოემბერი

გარდა სტაციონალური პუნქტებისა, თბილისის სხვადასხვა უბანში და მის შემოგარენში ჩატარებულია ექსპერიმენტული გაზომვები. გაზომვების არეალი მოიცავს დაახლოებით 400 კმ სიგრძის ტრასას. ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია გლდანის - დამპალის მონაკვეთზე აღებული PM_{2.5} და PM₁₀-ის გაზომვების მონაცემები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, გზის თითქმის ყველა წერტილში PM-ნაწილაკების კონცენტრაციები აღემატება მათ შესაბამის ზღვებს.



ნახ. 11. PM_{2.5} და PM₁₀ კონცენტრაციები კარსანი-ქვემო ლისის გზის მონაკვეთზე

ექსპერიმენტული გაზომვებისა და გარემოს სააგენტოს მონაცემების ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM_{2.5} ნაწილაკების კონცენტრაციები, როგორც წესი, ნაკლებია PM₁₀-ის კონცენტრაციებზე, მაგრამ მათი ცვლილების მრუდის ხასიათი ერთნაირია.

მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები თითქმის ყოველთვის აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზღვ) ზამთრის პერიოდში, ხოლო ზაფხულის პერიოდში ხშირ შემთხვევაში ნაკლებია შესაბამის ზღვ-ზე.

PM ნაწილაკების კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილების ტრენდმა გვიჩვენა, რომ დღის განმავლობაში PM ნაწილაკების კონცენტრაცია ხასიათდება მატების ტენდენციით და თავის მაქსიმუმს აღწევს საღამოს 20 საათის შემდეგ.

ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა პანდემიის გავლენა მტკვრის ნაწილაკების კონცენტრაციის შემცირებაზე ქალაქის ატმოსფეროში და ნათლად დაგვანახა, რომ თბილისის ატმოსფეროს PM ნაწილაკებით დაბინძურებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს ავტოტრანსპორტს.

პირველად ჩატარებული ქ.თბილისისა და მის შემოგარენში სავლელ ექსპედიცია PM_{2.5} და PM₁₀ ნაწილაკების კონცენტრაციების განსაზღვრის მიზნით; ჩატარებული სავლელ სამუშაოების ტრასის საერთო სიგრძე შეადგენს დაახლოებით 400კმ-ს; კონცენტრაციები განსაზღვრულია დაკვირვების 300 წერტილში; სამუშაო დრო - 11სთ-დან 21სთ-მდე;

პირველად განსაზღვრული სავლელ გაზომვის წერტილებში კონცენტრაციების მნიშვნელობები, მათი ცვლილება ტრასების მთელ სიგრძეზე და ტრასიდან დაშორებულ წერტილებში. გაზომვების წერტილებში შეფასებულია კონცენტრაციების მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები;

PM_{2.5} და PM₁₀ ნაწილაკების კონცენტრაციების ცვლილების მრუდი ერთნაირია (იშვიათი გამონაკლისების გარდა);

გამოვლინდა ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის მაქსიმალურად დაბინძურებული უბნები (აეროპორტის ტრასის გასწვრივ); დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ მტკვრის მარცხენა სანაპირო მეტადაა დაბინძურებული მარჯვენა სანაპიროსთან შედარებით;

მაქსიმალური კონცენტრაციების გამოვლენა უმეტესწილად დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის ინტენსივობასთან ან მეტეოროლოგიურ პირობებთან.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/air-pollution>
2. <https://www.ambebi.ge/article/240374-haeris-dabinzurebit-gamocveuli-sikvdilianobit-saka/>
3. https://air.gov.ge/reports_page
4. ქ.თბილისის ატმოსფერული ჰაერის PM-ნაწილაკებით დაბინძურების გამოკვლევა. /ნ.გიგაური, ს.მდივანი, ვ.კუხალაშვილი, ა.სურმავა, ლ.ინწკირველი/. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული ISSN 1512-0902, 2020,ტ.129,გვ.59-66.

უაკ 504.5.054

ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM₁₀ და PM_{2.5}-ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით. /ნ. გიგაური, ვ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭკირველი, მ. ფიფია/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.44-50. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

ექსპერიმენტული გაზომვებისა და გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემების ანალიზით განსაზღვრულია ქ.თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში PM ნაწილაკების კონცენტრაციების ცვლილების ხასიათი. ნაჩვენებია, რომ ზამთრის პერიოდში მათი კონცენტრაციები თითქმის ყოველთვის აღემატება შესაბამის ზღვ-ს; საათობრივი ცვლილების ტრენდმა კი გვიჩვენა, რომ დღის განმავლობაში PM ნაწილაკების კონცენტრაციები ხასიათდება მატების ტენდენციით და თავის მაქსიმუმს აღწევს საღამოს 20-საათის შემდეგ. გამოვლინდა პანდემიის გავლენა მტვრის ნაწილაკების კონცენტრაციის შემცირებაზე ქალაქის ატმოსფეროში და ის ფაქტი, რომ ქ.თბილისის ატმოსფეროს PM ნაწილაკებით დაბინძურებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს ავტოტრანსპორტს. პირველად ჩატარებულია ქ.თბილისსა და მის შემოგარენში სავლე ექსპედიცია PM ნაწილაკების კონცენტრაციების განსაზღვრის მიზნით. დაფიქსირებულია PM ნაწილაკების კონცენტრაციები ტრასების მთელ სიგრძეზე და ტრასიდან დაშორებულ წერტილებში; შეფასებულია მათი კონცენტრაციების მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები; გამოვლენილია ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის მაქსიმალურად დაბინძურებული უბნები; დადგენილია, რომ მტკვრის მარცხენა სანაპირო მეტადაა დაბინძურებული მარჯვენა სანაპიროსთან შედარებით და მაქსიმალური კონცენტრაციების გამოვლენა უმეტესწილად დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის ინტენსივობასთან ან მეტეოროლოგიურ პირობებთან.

UDC 504.5.054

Spatial distribution of PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations in the atmosphere of Tbilisi according to regular observations and experimental measurements. /Gigauri N., Kukhalashvili V., Surmava A., Intskirveli L., Pipia M./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.44-50. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

On the basis of experimental measurements and data from the National Environmental Agency, the nature of changes in the concentrations of PM-particles in the air of Tbilisi was determined. It was found that in winter their concentrations almost always exceed the corresponding the MPC values, and the hourly trend of changes in the concentration of PM-particles showed that during the day it tends to increase and reaches a maximum after 20 pm. The influence of the pandemic on a decrease in the concentration of dust particles in the atmosphere of the city and the fact that the main contribution to the pollution of the atmosphere of Tbilisi with PM-particles is made by vehicles is revealed. For the first time in Tbilisi and its environs, a field expedition was carried out to determine the concentration of PM particles. The concentrations of PM particles were recorded along the entire length of the experimental paths and at points remote from the paths. Their minimum, average and maximum concentrations are estimated; identified the most polluted areas of Tbilisi and its environs. It was found that the left bank of the Kura River is more polluted than the right one and that the recorded maximum concentrations are mainly due to the traffic intensity or meteorological conditions.

УДК 504.5.054

Пространственное распределение концентраций PM₁₀ и PM_{2.5} в атмосфере г.Тбилиси по данным регулярных наблюдений и экспериментальных измерений. /Гигаури Н.Г., Кухалашвили В.Г., Сурмава А.А., Инцкирвели Л.Н., Пипиа М.Г./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. – с.44-50. - Груз.; Рез. Груз., Анг., Рус На основе экспериментальных измерений и данных Национального агентства по окружающей среде определен характер изменения концентраций РМ частиц в воздухе г.Тбилиси. Установлено, что зимой их концентрации почти всегда превышают соответствующие значения ПДК, а часовой тренд изменения концентрации РМ частиц показал, что в течении дня он имеет тенденцию к увеличению и достигает максимума после 20 часов вечера. Выявлено влияние пандемии на снижение концентрации пылевых частиц в атмосфере города и тот факт, что основной вклад в загрязнение атмосферы г.Тбилиси РМ частицами вносит автотранспорт. Впервые в Тбилиси и его окрестностях была проведена полевая экспедиция по определению концентрации РМ частиц. Зафиксированы концентрации РМ частиц по всей длине экспериментальных трасс и в отдаленных от трасс точках. Оценены их минимальные, средние и максимальные концентраций; выявлены максимально загрязненные районы г.Тбилиси и его окрестностей. Установлено, что левый берег р.Куры более загрязнен, чем правый и что зафиксированные максимальные концентрации в основном обусловлены интенсивностью движения транспорта или метеорологическими условиями.

უკ:504.064.2

ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები

გუნია გარი

სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი garrygunia@yahoo.com

შესავალი

მსოფლიო საზოგადოების მიერ ეკოლოგიური კატასტროფის აცილებისა და მდგრადი განვითარების მიღწევის პრობლემები, თავისი გრანდიოზულობით აჭარბებენ ყველა პრობლემებს, რომლებსაც თავის განვითარების პროცესში შეხვედრილა კაცობრიობა. აღსანიშნავია, რომ ჯერ კიდევ არასდროს ყოფილა პრობლემის მასშტაბებისა და მის გადაწყვეტაში ჩვენი შესაძლებლობებს შორის ასეთი გიგანტური წყვეტა. ამასთან ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას ბუნებრივი გარემოს დაცვა წარმოადგენს.

თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები

მეცნიერთა და პრაქტიკოსთა მიერ ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე ნეგატიური ზემოქმედების ძირითად ფაქტორად მისი დაბინძურება და დედამიწის ქვეფენილი ზედაპირის ცვლილებები მიჩნეული. ამასთან დამაბინძურებელ ნივთიერებათა სპექტრი ძალზე ფართოა. დედამიწის ზედაპირის ცვლილებები კი, თუნდაც მხოლოდ წყალსაცავების შექმნით, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროსა და ბიოსფეროს, პრაქტიკულად, ყველა კომპონენტზე, რომლებიც მიმდებარე ტერიტორიების ბუნებრივ გარემოს ქმნიან.

ზემოქმედება ხდება მთლიანად გეოდინამიკურ პირობებზე და რელიეფზე, მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე, კლიმატზე, ნიადაგზე, მცენარეულობაზე, ცხოველთა სამყაროზე და ლანდშაფტზე [1].

ბუნებრივ გარემოზე თანამედროვე ნეგატიურ ანთროპოგენურ ზემოქმედებათა რიგს ხელოვნური წყალსაცავების მიმდებარე რაიონებში წარმოქმნილი უარყოფითი ეფექტებიც უნდა მივაკუთვნოთ. ჩვენი აზრით, ჰიდროელექტროსადგურების ენერგოეფექტურობისა და ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების შეფასებებში აუცილებელია მათი გათვალისწინება. აღსანიშნავია, რომ ჰესების წილი მსოფლიოს ენერგეტიკულ ბალანსში თანდათანობით მცირდება. თვლიან, რომ პერსპექტივაში მათზე ენერჯის გამოუმუშავება მსოფლიოში მისი მთელი წილის 5%-ს არ გადააჭარბებს. კაშხლების მსოფლიო კომისიის (The World Commission on Dams) 2000 წ - ს ნოემბრის ანგარიშში გამოქვეყნებული მასალის თანახმად, დიდი ჰიდროელექტროსადგურების კაშხლების უარყოფითი ზემოქმედება ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე იმდენად ძლიერია, რომ ისინი განახლებადი ენერგოწყაროს ნაწილად უკვე აღარ განიხილებიან. ასევე, ჩვენმა კვლევებმაც ენგურჰესის მაგალითზე დაადასტურა, რომ დიდი ჰიდროკაშხლები არ შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც მდგრადი, განახლებადი ენერ-გოწყაროები. მათი მშენებლობა არ შეესაბამება მდგრადი განვითარების პრინციპებს, ვინაიდან შეუძლიათ მნიშვნელოვანი უარყოფითი ზეგავლენა მოახდინონ ბუნებრივ გარემოზე და დრამატულად შეცვალონ რეგიონის სოციალური, კულტურული და დემოგრაფიული მდგომარეობა [2].

როგორც ვიცით, გარკვეული არეალის ფარგლებში ცოცხალ ორგანიზმთა რაოდენობა (ბიომასა) და განაწილება დამოკიდებულია მათი არსებობისათვის აუცილებელ აბიოტურ ფაქტორთა მინი-მუმზე. მაგალითად, სხვადასვა ლითონური ელემენტები აქტიურად მონაწილეობენ ბიოქიმიურ პროცესებში და მათი დეფიციტი ან სიჭარბე ერთნაირად უარყოფითად მოქმედებენ ბუნებრივ გარემოზე. ამრიგად, მისი ნორმალური ფუნქციონირებისათვის მძიმე ლითონებს, მიკროელემენტებსა და ბიომინერალებს შორის გარკვეული ბალანსის დაცვაა საჭირო. აღსანიშნავია, რომ ამ ბალანსის დარღვევის აღმოჩენა საკმაოდ გამწვანებულია და მის დასადგენად სპეციალური მონიტორინგის ჩატარება აუცილებელი. ამასთან, აღსანიშნავია, რომ მძიმე ლითონებიდან ბუნებრივ გარემოსთვის განსაკუთრებულ საშიშროებას ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, ტყვია, კადმიუმი, ნიკელი, სპილენძი და თუთია წარმოადგენენ. ამ ელემენტების შემ-ცველი ტექნოგენური ნარჩენების განაწილება გარემოში განპირობებულია რიგი ფაქტორებით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი მეტეოროლოგიურ პირობებს უკავია. მათ რიცხვში დაიკვირ-ვებიან ისეთი მოვლენები, რომლებიც ხელს უწყობენ გამონაბოლქვებთან ერთად ამ ელემენტების მოხვედრას ატმოსფეროში და აეროზოლების, მტვრის ნაწილაკების ან წვიმის წყალსა და თოვლში მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების სახით ნიადაგის ზედაპირზე დალექვას არეგულირებენ [3].

გარდა ამისა, ჩვენ ქვეყანაში მასშტაბური ხასიათისაა გაუდაზნოების ხელისშემწყობი პროცესის - მიწის დეგრადაციის განვითარება და იგი საკმაოდ დიდი პრობლემაა თითქმის მთელი ქვეყნის- თავის, დასავლეთ საქართველოსა და მაღალმთიანი რეგიონების ჩათლით. ნიადაგების დეგრადაცია ძირითადად არასწორად წარმართული სამეურნეო საქმიანობის შედეგია და არის თანამედროვეობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი

პრობლემა. ამ პრობლემის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ იგი საფრ-თხეს უქმნის მოსახლეობას საკვებით უზრუნველყოფაში და ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიურ უსაფრ-რთხოებას. თანამედროვე მსოფლიოში ნიადაგების დეგრადაცია და მათი მოსავლიანობის შემცირება გაუდაბნოების პროცესებთან მჭიდრო კავშირში არის.

არსებობს ნიადაგის დეგრადაციის ხელშემწყობი ფაქტორები, რომელთა გააქტიურებას უდიდესი მნიშვნელობა გააჩნია, ასეთი ფაქტორებია: - ადგილის რელიეფი, კლიმატი, მცენარეული საფარი, ნიადაგების შედგენილობა და მისი არასწორი ექსპლუატაცია და ა.შ.

გაუდაბნოების გამომწვევი მიზეზები და ძირითადი ფაქტორები სხვადასხვაგვარია. ისინი ორ ნაწილად იყოფა - ბუნებრივი და ანთროპოგენური. ამასთან, მკაფიოდ იკვეთება, რომ თანამედროვე პირობებში გაუდაბნოება არის ისეთი პროცესის შედეგი, რომლის მსვლელობაში ბუნების არახელ-საყრელი მოვლენების და ადამიანის ნეგატიური ზემოქმედების ერთობლივი მოქმედებით გარემოს მახასიათებლების შედარებით სწრაფ ცვლილებებისკენ მიყვევართ. ამასთან აუცილებელი არ არის, რომ გაუდაბნოება იყოს დაკავშირებული გვალვიანი პირობების მქონე რეგიონებთან. ეს განპირობებულია იმით, რომ გაუდაბნოება დაკავშირებულია არა მარტო მცენარეული საფარის დაკარგვასთან, არამედ მოცემული ტერიტორიის პროდუქტიული პოტენციალის დეგრადაციასთან.

ცხრილი 1. ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტი და შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიების წილი, %-ში.

ქვეყანა	ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტი	ბუნებრივი ტერიტორიების წილი, %
ნიდერლანდები	42	0
გერმანია	19	0
იაპონია	16	0
აშშ	3.4	4
რესპუბლიკა კორეა	4	0
ინდოეთი	1	1
ჩინეთი	1.1	20
მექსიკა	1.2	2
რუსეთი	0.7	45
ავსტრალია	0.2	33
ბრაზილია	0.2	28
ალჟირი	0.2	64
კანადა	0.4	65
მთლიანად დედამიწა	1	39

ცხრილ 1-ში მოტანილია ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტები და შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიების წილი პროცენტებში. ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტი მიღებულია განსახილველი ქვეყნის ფართობის ერთეულზე მოსული ენერგეტიკული სიმძლავრის შეფარდებით ფართობის ერთეულზე მოსულ საშუალო გლობალურ სიმძლავრესთან [4].

როგორც ცხრილიდან ჩანს, განსახილველი ტერიტორიებიდან ყველაზე ძლიერ ანთროპოგენურ დატვირთვას ევროპის ქვეყნები განიცდიან, ხოლო მსოფლიოში შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიების წილი მხოლოდ 39 % - ს შეადგენს. თუ მხედველობაში კაცობრიობის რიცხოვნობის უკონტოლო მატების პროცესს მივხედვით, შორს არა ვართ შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიების კატასტროფულ კლებასთან.

ამჟამად, უკვე, გაუდაბნოების პროცესები რაიმე კლიმატური ცვლილებების შედეგად არ არის მიჩნეული. მისი მთავარი გამომწვევი ფაქტორია - ანთროპოგენური ზემოქმედება, რომელსაც რიგ შემთხვევაში ცალკეული ტერიტორიების ნაყოფიერების მთლიან მოსპობისკენ მიყვევართ.

XXI საუკუნის დასაწყისისთვის ანთროპოგენური უდაბნოების ფართობმა 10 - დან 13 მლნ.კმ² შეადგინა, ხოლო გაუდაბნოების საფრთხის ქვეშ არა ნაკლებ 30 მლნ.კმ² მიწები იმყოფება. ამის შედეგად პლანეტის პროდუქტიულობის მასა ადრინდელთან შედარებით 1/3 -ით ნაკლებია.

მასშტაბურ ბუნებრივ კატასტროფებს, როგორცაა ვულკანი კრაკატაუს ამოფრქვევა და ტუნგუსკის მეტეორიტის დაცემა, რომლებიც თავისი მასშტაბებით შესადარია ბირთვულ ომთან, არ გამოუწვევია

კლიმატის შესამჩნევი ცვლილებები. კლიმატზე ანთროპოგენურ გავლენას, დედამიწის ცალკეული რეგიონების მასშტაბშიც კი, შეზღუდული ხასიათი გააჩნია, რაც კასპიის ზღვის დონის რყევების მაგალითზეც კარგად ჩანს. გარდა ამისა, ინტერესს მოკლებული არ არის რიგი რეგიონალური საკითხის განხილვა, მათ შორის: გლობალური ეფექტების ფონზე, ჯვრის წყალსაცავის ზემო-ქმედების შეფასებისა მიმდებარე ტერიტორიის მიკროკლიმატზე [2].

შემუშავებული ალგორითმით შესრულებული კვლევის შედეგები მკაფიოდ მეტყველებენ იმაზე, რომ ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედების არეალებში მდებარე რაიონებში კლიმატის ელემ-ენტების ცვლილების მიზეზად ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის ლოკალური ეფექტები გვევლინებიან. მათი შედეგები, გლობალური ეფექტებისგან განსხვავებით, შედარებით სწრაფად აისახებიან შესაბამის მასშტაბის კლიმატზე. მკვლევართა მიერ ამ ეფექტების უგულვებელყოფა კლიმატის ცვლილების შეფასებებში მნიშვნელოვან უზუსტობას იწვევს და გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასებებში მცდარი დასკვნების მიზეზს შეიცავს.

ამასთან, გამოითქმის ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად, მეოცე საუკუნეში დაწყებული გლობალური დათბობა არ არის გამოწვეული ანთროპოგენური ეფექტებით, არამედ წარმოადგენს ახალი კლიმატური ციკლის დასაწყისს, რომელიც შემდგომ განვითარდება თავისი ბუნებრივი კანონების შესაბამისად. ამასთან დაკავშირებით, კიოტოს პროტოკოლის ეფექტურობა და მიზანშეწონილობა მსოფლიო ეკონომიკის მდგრადი განვითარების ასპექტში საეჭვოდ განიხილება. დედამიწის კლიმატის ცვლილების მიზეზების სრულყოფილად გააზრების არარსებობის გამო, ამ დროისთვის კლიმატზე ზემოქმედების გლობალური პროექტების შემუშავება და მიღება მიზანშეწონილი არ არის.

ამჟამად მეცნიერულად დამუშავებული საკმარისი საფუძველი არ არსებობს გლობალური ენერგეტიკის განვითარების არსებული ტენდენციების შესაცვლელად [5].

საზოგადოების მდგრადი განვითარების მდგენელებია: ენერგეტიკა (ენერგორესურსები, მრეწველობის ეფექტურობა), ეკოლოგია, ცხოვრების დონე და საზოგადოების ინფორმაციული უზრუნველყოფა (მომსახურება).

მსოფლიოს 12 განვითარებული ქვეყნების ეკონომიკური განვითარების ანალიზმა გამოავლინა მისი დადებითი კორელაცია ენერჯის ფასებთან. ბუნებრივი გარემოს დეგრადაცია ხელიხელაჭაკი-დებული ფინანსური (და არა სოციალური და კულტურული) სიმდიდრის ზრდასთან ერთად მიმდინარეობს.

საქართველოს ტერიტორიის ეკოლოგიური მდგომარეობის პირობებში, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია დაკმაყოფილდეს საერთაშორისო ვალდებულებებითა და ქვეყნის კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნები ბუნებრივი გარემოს დაცვის სფეროში, რაც მნიშვნელოვანი გარანტიაა საყოველთაოდ მიღებული მდგრადი განვითარების პრინციპების ცხოვრებაში გასატარებლად.

საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის სტრატეგია ვარაუდობს:

- რესურსების მოხმარების ზრდის შეწყვეტას;
- სოციალური სფეროს მრეწველობის ეკოლოგიზაციის გაძლიერებას;
- მოსახლეობათა რიცხოვნობის სტაბილიზაციას;
- ადამიანის მატერიალური მოთხოვნილებათა ოპტიმიზაციას, სულიერი სურვილების მაქსიმალურ დაკმაყოფილებას;
- ზნეობრივი და ეკოლოგიური აღზრდის რეალიზაციას;
- საზოგადოების ზემოქმედებითი ძალების აქტივიზაციას;
- მსოფლიო საზოგადოების ეფექტურ ფუნქციონირებას;
- სისტემური სამეცნიერო კვლევებისთვის პრიორიტეტის მინიჭებას.

აღნიშნულ პირობებში ეკონომიკური განვითარების პოლიტიკისა და ეფექტური ეკოლოგიური მართვის წარმატებით რეალიზაციისთვის აუცილებელია ვიქონიოთ უტყუარი, მაქსიმალურად სრული და დროული ინფორმაცია:

- ბუნებრივი რესურსების არსებობისა და მდგომარეობის შესახებ;
- ბუნებრივი გარემოს ხარისხზე და მის ტექნოგენურ დატვირთვაზე;
- წარმოქმნილი არახელსაყრელი და საგანგებო ეკოლოგიური სიტუაციების და უბედურებების მიზეზებზე და შედეგებზე.

ადამიანის ქმედება, როგორც ბუნებრივ გარემოში ეკოლოგიური ფაქტორისა, უზარმაზარი და მრავალფეროვანია. მიუხედავად იმისა, რომ ის ბუნებაზე მოქმედი ყველაზე ახალგაზრდა ფაქტორია, ამჟამად არც ერთი ეკოლოგიური ფაქტორი არ ახორციელებს ისეთ მნიშვნელოვან და საყოველთაო პლანეტარულ გავლენას, როგორც ადამიანი.

ანთროპოგენური ფაქტორის გავლენა, დაწყებული მონადირე - მეთევზეთა და შემგროვებელთა ეპოქიდან, როდესაც ის უმნიშვნელოდ განირჩეოდა ცხოველთა გავლენებიდან, ჩვენ დრომდე - სამეცნიერო -

ტექნიკური პროგრესისა და დემოგრაფიული აფეთქების ეპოქისა - თანდათანობით ძლიერდებოდა. ცხრ. 2-ში მცენარეული საფარისადმი ადამიანის ზემოქმედების თანამედროვე ფორმებია წარმოდგენილი.

ცხრილი 2. მცენარეულ საფარზე ადამიანის ზემოქმედების ძირითადი ფორმები

მცენარეთა არელების ცვლილება	ადამიანის ზემოქმედება მცენარეულ საფარზე	ბუნებრივ გარემოში ახალი ჰაბიტატების შექმნა	კულტურული ფიტოცენოზების შექმნა	მცენარეული საფარის დაცვა
არელების შემცირება და მცენარეთა მოსპობა	ამოშრობა, ტყის გაჩეხვა, მორწყვა და წყალგაყვანილობა, გადაწვა, ველური ცხოველების მიერ საძოვრების გამოვება, გათიბვა, კვამლისა და სხვა მავნე მინარევების ზემოქმედება	რუდერალური ჰაბიტატების, სამრეწველო ნარჩენების და სხვა საყრდენების შექმნა	კულტურული ფიტოცენოზების შექმნა	მცენარეული საფარის დაცვა

თავისი საქმიანობის პროცესში ადამიანმა დიდი როლდენობის ცხოველთა და მცენარეთა მრავალფეროვანი სახეობა შექმნა და არსებითად გარდაქმნა ბუნებრივი კომპლექსები. მნიშვნელოვან ტერიტორიებზე მრავალი სახეობისთვის სპეციალური, ხშირად პრაქტიკულად ოპტიმალური ცხოვრების პირობებია შექმნილი.

მცენარეთა და ცხოველთა მრავალფეროვანი ჯიშებისა და სახეობების შექმნით, ადამიანმა ხელი შეუწყო მათში ახალი თვისებების წარმოქმნას, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ გადარჩენას არასა-სურველ პირობებში, როგორც სხვა სახეობებთან არსებობისთვის ბრძოლაში, ისე პათოგენური ორგანიზმების ზემოქმედების მიმართ იმუნიტეტის განვითარებით. დედამიწის ცხოველთა სამყაროზე და მცენარეულ საფარზე ადამიანს პირდაპირი და არაპირდაპირი გავლენის მოხდენა შეუძლია.

თუ ზემოაღნიშნულს დავუმატებთ ადამიანის ზემოქმედებას ცხოველთა სამყაროზე: მათი სარე-წაო საქმიანობის ინტენსიფიკაციას, სახეობების მიხედვით მოპოვებას, მრავალფეროვანი ჯიშების გამოყვანას, იშვიათი და ეგზოტიკური სახეობების დაცვას, ნათლად წარმოჩინდება ანთროპოგენური ფაქტორის გრანდიოზულობის ვრცელი სურათი.

საქართველოს ბუნებრივი გარემო, რომელიც რთული ოროგრაფიითა და კლიმატური პირობების ნაირსახეობით, მდიდარი ცხოველთა სამყაროთი და მრავალფეროვანი მცენარეული საფარით ხასიათდება, დაცვისა და ანთროპოგენური გავლენის მონიტორინგის პრაქტიკული და თეორიული საკითხების დამუშავების მიმართ დიდ ყურადღებას მოითხოვს. კერძოდ, გარემოს ცალკეული კომპონენტების ეკოლოგიური მდგომარეობის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებელი პარამეტრების შეფასებასა და მათი მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციების გამოვლენას. ეს კი, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს და განხორციელდეს გარემოზე მავნე ზეგავლენის შედეგების თავიდან აცილების პრაქტიკული ღონისძიებები.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გუნია გ., სვანიძე ზ., სვანიძე ლ., ცერცვაძე თ. მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფის მოთხოვნები საქართველოს ბუნებრივი გარემოს დაცვის სფეროში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ხელისუფლება და საზოგადოება” მასალები – თბ., სტუ, 22.12.2012. - სტუ: სამეცნიერო ჟურნალი “ხელისუფლება და საზოგადოება”, 2012, ტ. I, #4(24), გვ.65-75.
2. გუნია გ., სვანიძე ზ. მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე მთიანი რეგიონების ჰიდროელექტრონაგებობათა გავლენის თავისებურებათა შეფასების შესახებ. სტუ - ს დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“ (თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012) შრომები - თბ., 2012, ტ.1, გვ.42-47.
3. Гуния Г.С., Сванидзе Г.Г. Некоторые результаты мониторинга природных сред Грузии в районах антропогенного воздействия. /В кн.: Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды. Труды III Советско-Канадского симпозиума. Тбилиси, 11-17 апреля 1988 г. Л., Гидрометеиздат, 1989, с.140-145.
4. Котляков В.М., Лосев К.С., Суетова И.А. Вложение энергии в территорию как экологический индикатор. Изв. Академии Наук, сер. геогр., 1995. №3. С.70-75.

5. Терез Э.И. Устойчивое развитие и проблемы изменения глобального климата Земли. Ученые записки Таврического национального университета им .В. И. Вернадского. Том 17(56), 2004, № 1. С.181-205.

უაკ: 504.064.2

ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები /გუნია გ./ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.51-55. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ “მდგრადი განვითარება” არის საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესებით უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას. ამასთან, საზოგადოების მდგრადი განვითარების მდგენელებია: ენერგეტიკა (ენერგორესურსები, მრეწველობის ეფექტურობა), ეკოლოგია, ცხოვრების დონე და საზოგადოების ინფორმაციული უზრუნველყოფა (მომსახურება).

თუ ამას დავუმატებთ ადამიანის ზემოქმედებას ცხოველთა სამყაროზე: მათი სარეწაო საქმიანობის ინტენსიფიკაციას, სახეობების მიხედვით მოპოვებას, მრავალფეროვანი ჯიშების გამოყვანას, იშვიათი და ეგზოტიკური სახეობების დაცვას, ნათლად წარმოჩინდება ანთროპოგენური ფაქტორის გრანდიოზულობის ვრცელი სურათი.

UDC: 504.064.2

Modern ecological problems of sustainable economic development of the country/Gunia G./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.51-55. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

The paper shows that "sustainable development" is a system of community development that, in the interests of economic development and environmental protection, ensures an increase in the quality of human life. In addition, the components of sustainable community development are: energy (energy resources, industry efficiency), ecology, living standards and information provision (services).

If we add to this the human impact on the animal world: the intensification of their commercial activities, extraction by species, breeding of diverse species, protection of rare and exotic species, a clear picture of the grandeur of the anthropogenic factor is clearly presented.

УДК; 504.064.2

Современные экологические проблемы устойчивого экономического развития страны /Гуня Г.С./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.51-55. - Груз .;Рез. Груз., Англ., Рус

В статье показано, что «устойчивое развитие» - это система развития общества, которая интересами экономического развития и защиты окружающей среды обеспечивает повышение качества жизни человека. При этом, составляющими устойчивого развития общества являются: энергия (энергоресурсы, эффективность производства), экология, уровень жизни и информационное обеспечение (услуги) общества. Если к этому добавить влияние человека на животный мир: интенсификацию их коммерческой деятельности, добычу по видам, разведение разнообразных видов, охрану редких и экзотических видов, то отчетливо будет представлена обширная картина грандиозности антропогенного фактора.

UDC 551.576

Influence of atmospheric circulation anomalies on weather and climate in Georgia.

M.Tatishvili, Z.Khvedelidze, I.Samkharadze, A.Palavandishvili.
 Institute of Hydrometeorology of Georgian Tehnical University
 Tbilisi, Georgia marika.tatishvili@yahoo.com

The North Atlantic Oscillation (NAO) index is based on the surface sea-level pressure difference between the Subtropical (Azores) High and the Subpolar - Low. The positive phase of the NAO reflects below-normal heights and pressure across the high latitudes of the North Atlantic and above-normal heights and pressure over the central North Atlantic, the eastern United States and Western Europe. The negative phase reflects an opposite pattern of height and pressure anomalies over these regions. Both phases of the NAO are associated with basin-wide changes in the intensity and location of the North Atlantic jet stream and storm track, and in large-scale modulations of the normal patterns of zonal and meridional heat and moisture transport, which in turn results in changes in temperature and precipitation patterns often extending from eastern North America to western and central Europe.

Strong positive phases of the NAO tend to be associated with above-normal temperatures in the eastern United States and across northern Europe and below-normal temperatures in Greenland and oftentimes across southern Europe and the Middle East [1,6]. They are also associated with above-normal precipitation over northern Europe and Scandinavia and below-normal precipitation over southern and central Europe. Opposite patterns of temperature and precipitation anomalies are typically observed during strong negative phases of the NAO. During particularly prolonged periods dominated by one particular phase of the NAO, abnormal height and temperature patterns are also often seen extending well into central Russia and north-central Siberia. The NAO exhibits considerable interseasonal and interannual variability, and prolonged periods (several months) of both positive and negative phases of the pattern are common.

The NAO index is obtained by projecting the NAO loading pattern to the daily anomaly 500 millibar height field over 0-90°N. The NAO loading pattern has been chosen as the first mode of a Rotated Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis using monthly mean 500 millibar height anomaly data from 1950 to 2000 over 0-90°N latitude.

The NAO has been linked with a variety of meteorological and non-meteorological effects across a wide spatial and multiple temporal scales, and only a selection of these impacts can be mentioned here. For example, Nesje, Lie, and Dahl (2000) showed a strong relationship between the mass balance of Scandinavian glaciers and the NAO due to the controlling influence of the storm tracks by the NAO, which influenced precipitation amounts, and glacier mass balance as a result. Coincidentally, the NAO has been shown to explain a large amount of the variance in Norwegian streamflow (55%) and hydropower output (30%), influencing electricity consumption and prices (Cherry et al., 2005). Baltic sea-ice extent is also strongly related to NAO changes (Karpechko, Peterson, Scaife, Vainiko, & Gregow, 2015). Cropper, Hanna, and Bigg (2014) found an influence of the NAO as far south as 20°N in coastal upwelling-inducing winds along the northwest African coastline. The great-circle distance between northwest Africa and Scandinavia is ~5,700 km, indicating the great spatial extent of the NAO influence. Recent NAO-climate linkages literature includes a strong signal of the (non-summer) NAO on precipitation in Iraq (Khidher & Pilesjö, 2015), an influence on sea-ice breakup date in south-central Ontario (Fu & Yao, 2015) and even a Southern Hemisphere influence, via a decadal-scale mechanism, on subtropical eastern Australian rainfall (Sun, Feng, & Xie, 2015).

Table 1. Five lowest and five highest NAO years for each calendar month and season, based on the Hurrell PC NAO index and the January 1899–February 2016 period, updated from Hanna et al. (2015).

Month	5 lowest	5 highest
Jan	1966, 1969, 1940, 1963, 1945	1993, 1989, 1983, 1928, 1990
Feb	1947, 2010, 1978, 1942, 1960	1990, 1989, 1997, 2000, 1959
Mar	2013, 1962, 1958, 1931, 1952	1986, 1990, 1913, 1920, 1994
Apr	1966, 1978, 1988, 1979, 2008	1947, 2011, 1943, 1990, 1904
May	1993, 2008, 1954, 1952, 1909	1956, 1963, 2009, 1914, 2015
Jun	1902, 1903, 2009, 1982, 2011/2012	1994, 1961, 1967, 1922, 1919
Jul	2015, 1907, 1962, 2009, 1918,	1964, 1920, 1946, 1935, 1975
Aug	1943, 1964, 1958, 2011, 1966	1991, 1971, 1983, 1961, 2013
Sep	1998, 1930, 1968, 1939, 1915	1975, 1947, 2009, 1917, 1950
Oct	2006, 1960, 2012, 1966, 1968	1986, 1957, 1983, 1938, 1935
Nov	1910, 1947, 1955, 1915, 1965	1978, 1982, 1992, 1953, 1913
Dec	2010, 2009, 1961, 1995, 1978	2011, 2006, 1951/1982, 2004

Particular increase in the NAO between the 1960s and 1990s was widely noted in previous work and 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, with accompanying more variable year-to-year winter weather conditions over the United Kingdom. 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, although recent process studies offer insights into their possible causes. Several plausible climate forcing 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. Recent research also suggests significant skill in being able to make seasonal NAO predictions and therefore long-range weather forecasts for up to several months ahead for northwest Europe [2,3]. However, global climate models remain unclear on longer-term NAO predictions for the remainder of the 21st century.

Climate phenomena subject to MJO influences include the monsoons and several climate modes such as ENSO, the North Atlantic Oscillation (NAO), the AO and Antarctic Oscillation (AAO), the Pacific North American (PNA) pattern, and the Indian Ocean Dipole (IOD). While these climate modes all feed back to the MJO, discussions in this section focus on MJO effects on them.

During winter, the positive (negative) phase of the AO, also known as the Northern Annular Mode (NAM), is twice as likely to occur as the opposite phase when MJO convection is enhanced (suppressed) over the Indian Ocean. When MJO convection is enhanced (suppressed) in the Eastern Hemisphere, especially over the Maritime Continent, the number of days of positive (negative) AO phase becomes large. In November–March, 18–21% of the variance in extratropical 1000-hPa geopotential height is related to the MJO. The MJO influence on the AO is also through Rossby wave trains excited by MJO convection and propagating from the tropical Pacific into the extratropics.

The southern hemispheric counterparts of the NAM and AO are the Southern Annular Mode (SAM) and AAO. They are also influenced by the MJO. Negative (positive) phases of the AAO in austral winter tend to occur when MJO convection is enhanced (suppressed) over the central Pacific. The SAM reaches its maximum positive phase immediately after MJO convection peaks over the equatorial Indian Ocean. The Antarctic circumpolar transport can be accelerated by MJO-enhanced surface westerly wind associated with the SAM that covers almost the entire latitude circle at 60° S.

The NAO/NAM pattern is a result of the eddy-driven extratropical atmospheric circulation: specifically, the transport of heat and momentum by stationary eddies (longwaves or planetary waves in the northern polar jet stream) and transient eddies (cyclones and anticyclones forming within or along the jet stream) (e.g., Kaspi & Schneider, 2013). The polar jet stream is directly related to NAO changes and has a mean latitude somewhere between 50°N and 60°N over the eastern North Atlantic. The strongest westerly winds (of up to about 200 km/hr in the core of the jet near the tropopause) are typically experienced at these latitudes, and there is a clear clustering of extratropical storm tracks along the polar jet stream. The prevailing direction is westerly due to the Coriolis Effect of earth's rotation, which deflects air masses to the right of their direction of motion in the Northern Hemisphere. Longwaves develop in the jet stream because of orographic obstacles (e.g., the Rocky Mountains over North America) or east–west heating contrasts between land and sea, or variations in latent heating due to condensation and rainfall. Low- and high-pressure systems form due to strong horizontal contrasts in temperature, typically where cold polar air meets relatively warm tropical air masses. These transient eddies are very important in providing energy for maintaining the polar jet stream flow and mid-latitude westerlies, otherwise friction with the surface would slow and eventually halt the winds. However, a significant contribution to maintaining the westerlies—greater than in the Southern Hemisphere—comes from the stationary eddies: this is due to the much stronger land–ocean contrast effects in northern mid-latitudes [4,5].

Being linked with the jet stream, there is a deep and pronounced vertical structure to the AO and NAO, which extends up into the stratosphere; this is most notable for the AO, which lies further north and is more directly linked with the polar vortex. What happens in the stratosphere in polar winter can also have a big bearing on conditions in the troposphere: for example, stratospheric sudden warming are associated with a weakening and sometimes reversal of the polar vortex and development of negative NAO/ AO that sometimes occurs in mid- to late winter (e.g., Cohen et al., 2014; Marshall & Scaife, 2010). Stratosphere–troposphere interaction and coupling is not very well understood, yet is important for NAO dynamics (Kidston et al., 2015). It appears from theory and observations that planetary-scale Rossby waves can propagate upwards from the troposphere into the stratosphere under conditions of moderate westerly flow during boreal winter; the stratosphere is effectively decoupled from the troposphere in other seasons. If the wintertime polar vortex is weak (strong), the upward-propagating waves can (cannot readily) interact with and slow the upper-level westerly flow. There is also a kind of reverse effect where airflow anomalies in the stratosphere can propagate down to affect the near-surface circulation (Baldwin & Dunkerton, 2001). The time of operation of these changes is typically 2–3 weeks, although dynamical couplings range over timescales from daily to multidecadal (Kidston et al., 2015).

Between the 1960s and 1990s the NAO was becoming more positive, but since then this trend has tended to reverse. Recently updated observational records and reanalyses showed increasing variability of winter NAO and AO, which is a feature not just of the 2000s and early 2010s but has been ongoing during the 20th century.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛІТЕРАТУРА

1. Casanueva, A., Rodríguez-Puebla, C., Frías, M. D., & González Reviriego, N. (2014). Variability of extreme precipitation over Europe and its relationships with teleconnection patterns. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 709–725.

2. Cohen, J., Screen, J. A., Furtado, J. C., Barlow, M., Whittleston, D., Coumou, D., et al. (2014). Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience*, 7, 627–637.
3. Cropper, T., Hanna, E., Valente, M. A., & Jónsson, T. (2015). A daily Azores–Iceland North Atlantic Oscillation index back to 1850. *Geoscience Data Journal*, 2, 12–24.
4. Diao, Y., Xie, S.-P., & Luo, D. (2015). Asymmetry of winter European surface air temperature extremes and the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate*, 28, 517–530.
5. Overland, J. E., & Wang, M. (2015). Increased variability in the early winter subarctic North American atmospheric circulation. *Journal of Climate*, 28, 7297–7305.
6. Edward Hanna and Thomas E. Cropper OXFORD RESEARCH ENCYCLOPEDIA, CLIMATE SCIENCE (climatescience.oxfordre.com). (c) Oxford University Press USA, 2016. DOI: 10.1093/acrefore/9780190228620.013.22

უაკ 551.576

ატმოსფეროს ცირკულაციური ანომალიების გავლენა ამინდზე და კლიმატზე საქართველოში მ. ტატიშვილი, ზ.ხვედელიძე, ი. სამხარაძე, ა.ფალავანდიშვილი./ სტუ-ის 33-ს სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. - გვ.56-58. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში განხილულია ჩრდილოატლანტიკური ოსილაციის ინდექსი (NAO), რომელიც ეფუძნება ზედაპირული ზღვის წნევის დონეების სხვაობას სუბტროპიკულ (აზორის) მაღალსა და სუბპოლარულ დაბალს შორის. NAO– ს პოზიტიური ფაზა ასახავს სიმაღლეებს და წნევას ნორმის ქვემოთ ჩრდილო ატლანტიკის მაღალ განედებზე და და წნევას ცენტრალურ ჩრდილო – ატლანტიკურზე, აღმოსავლეთ შერტელზე შტატებსა და დასავლეთ ევროპაზე. NAO ასახავს ჩრდილოატლანტიკური პოლარული ციკლონის რეაქტიული ნაკადის მდებარეობასა და წნევის ცვლილებებს და დაკავშირებულია ატლანტიკის შუა და მაღალ გრძედის ამინდსა და კლიმატზე გავლენაზე. უფრო პოზიტიური (უარყოფითი) NAO / AO ინდექსი წარმოადგენს ძლიერ (სუსტ) ჰაერის ნაკადს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს გარშემო და ციკლონური ნაკადის გადაადგილებას ჩრდილოეთ ატლანტიკის ჩრდილოეთით (სამხრეთით).

UDC 551.576

Influence of atmospheric circulation anomalies on weather and climate in Georgia. / M.Tatishvili, Z.Khvedelidze, I.Samkharadze, A.Palavandishvili./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.56-58. - Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

The North Atlantic Oscillation (NAO) index has been discussed in presented article, which is based on the surface sea-level pressure difference between the Subtropical (Azores) High and the Subpolar Low. The positive phase of the NAO reflects below-normal heights and pressure across the high latitudes of the North Atlantic and above-normal heights and pressure over the central North Atlantic, the eastern United States and Western Europe. The NAO reflects changes in the position and strength of the North Atlantic polar front jet stream and has associated effects on the weather and climate of mid-to-high latitudes within and around the Atlantic. The more positive (negative) NAO/AO index represents stronger (weaker) airflow around the Northern Hemisphere and a jet stream that is shifted further north (south) over the North Atlantic.

УДК 551.576

Влияние аномалий атмосферной циркуляции на погоду и климат Грузии. /Татишвили М.Р., Хведелидзе З.В., Самхарадзе И.Н., Палавандишвили А.М./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.56-58. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус В представленной статье рассматривается Индекс Североатлантического колебания (NAO) которая основана на разнице давления на уровне моря между субтропическим (Азорскими) максимумом и субполярным минимумом. Положительная фаза NAO отражает высоты и давление ниже нормы в высоких широтах Северной Атлантики и высоты и давление выше нормы в центральной части Северной Атлантики, восточной части Соединенных Штатов и Западной Европе. NAO отражает изменения в положении и силе струйного течения на полярном фронте в Северной Атлантике и оказывает связанное с этим влияние на погоду и климат в средних и высоких широтах в Атлантике и вокруг нее. Более положительный (отрицательный) индекс NAO / AO представляет более сильный (более слабый) воздушный поток вокруг Северного полушария и струйный поток, который смещается дальше на север (юг) над Северной Атлантикой

$$\frac{d v}{d t} = -\Theta_0 \frac{\partial \varphi'}{\partial y} + \lambda \mathcal{G}' \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial \delta}{\partial y} \right) - l u + F_v + D_v^{xy}, \quad (2)$$

$$\mathcal{G}_0 \frac{\partial \varphi'}{\partial \zeta} = \lambda \mathcal{G}' h, \quad \varphi' = c_p (p' / 1000)^{R/c_p}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial u h}{\partial x} + \frac{\partial v h}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{w} h}{\partial \zeta} = \sigma w h, \quad \sigma = -\frac{1}{\rho} \frac{d \rho}{d z}, \quad (4)$$

$$\frac{d \mathcal{G}'}{d t} + S w = (U - u) \frac{\partial \Theta}{\partial x} + (V - v) \frac{\partial \Theta}{\partial y} + D_g^{xy}, \quad (5)$$

$$w = \zeta \frac{\partial h}{\partial t} + u \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \delta}{\partial x} \right) + v \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial \delta}{\partial y} \right) + \tilde{w} h, \quad (6)$$

$$u = U + u', \quad v = V + v', \quad w = w', \quad \mathcal{G} = \Theta + \mathcal{G}', \quad \varphi = \Phi + \varphi', \quad S = \frac{\partial \Theta}{\partial z},$$

$$\frac{d}{d t} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \tilde{w} \frac{\partial}{\partial \zeta}, \quad F_u = -l V + \frac{\partial U}{\partial t}, \quad F_v = l U + \frac{\partial V}{\partial t},$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial x} = \frac{l}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial z}, \quad \frac{\partial \Theta}{\partial y} = -\frac{l}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial z}.$$

განტოლებებში გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:

u , v და w ჰაერის დინების სიჩქარის კომპონენტებია შესაბამისად x , y და z ღერძების გასწვრივ; \tilde{w} არის ვერტიკალური სიჩქარის ანალოგი რელიეფთან დაკავშირებულ სისტემაში; \mathcal{G}' , φ' პოტენციალური ტემპერატურისა და წნევის ანალოგის გადახრებია შესაბამისი Θ , Φ ფონური მნიშვნელობებიდან; ρ ატმოსფეროს სიმკვრივეა; c_p , g , Θ_0 , l ჰაერის კუთრი სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს, სიმძიმის ძალის აჩქარება, ატმოსფეროს საშუალო პოტენციალური ტემპერატურა და კორიოლისის პარამეტრია; σ პარამეტრია, რომელიც ახასიათებს სიმკვრივის შემცირებას სიმაღლის მიხედვით; U , V ფონური ნაკადის სიჩქარის კომპონენტებია, x და y ღერძების გასწვრივ;

(1) და (2) განტოლებებში შემავალი ფონური სიდიდეების შემცველი წევრები F_u და F_v აღწერენ დიდმასშტაბური სინოპტიკური პროცესების ენერგეტიკულ ზემოქმედებას ლოკალურ პროცესებზე და ისინი შეიძლება განხილულ იქნას როგორც სინოპტიკური პროცესების პარამეტრიზაციის შედეგად მიღებული წევრები [8].

ბოლო წევრები (1), (2) და (5) განტოლების მარჯვენა მხარეში წარმოადგენენ ჰორიზონტალური ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის წევრებს, რომლებსაც შემდეგი სახე აქვთ

$$D_u^{xy} = \frac{\partial}{\partial x} \mu_1 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_1 \frac{\partial u}{\partial y}, \quad D_v^{xy} = \frac{\partial}{\partial x} \mu_1 \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_1 \frac{\partial v}{\partial y}, \quad D_g^{xy} = \frac{\partial}{\partial x} \mu_2 \frac{\partial \mathcal{G}'}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_2 \frac{\partial \mathcal{G}'}{\partial y}.$$

აქ μ_1 და μ_2 ჰორიზონტალური ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის კოეფიციენტებია, შესაბამისად.

(1) – (6) განტოლებათა სისტემა განიხილება მართკუთხა პარალელებიპედის ფორმის მოცულობაში M ($0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq \zeta \leq 1$) შემდეგი სასაზღვრო პირობების გამოყენებით: დედამიწის ზედაპირზე $\zeta = 0$

$$\tilde{w} = 0 \quad (w = u \frac{\partial \delta}{\partial x} + v \frac{\partial \delta}{\partial y}, z = \delta(x, y)) \quad (7)$$

ტროპოპაუზის სიმაღლეზე $\zeta = 1$

$$\tilde{w} = 0 \quad (w = \frac{\partial H}{\partial t} + u \frac{\partial H}{\partial x} + v \frac{\partial H}{\partial y}, z = \delta(x, y)), \quad \phi' = 0, \quad (8)$$

გვერდით საზღვრებზე

$$\text{როცა } x = 0, L_x \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial \theta'}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial x} = 0, \quad (9)$$

$$\text{როცა } y = 0, L_y \quad \frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \theta'}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial y} = 0. \quad (10)$$

მივიღოთ ინტეგრალური ენერგეტიკული განტოლებები. ამ მიზნით (1), (2) და (5) განტოლებები გავამრავლოთ, შესაბამისად uh, vh და $\lambda h \theta' / S$ ზე და ვისარგებლოთ (3), (4) და (6) განტოლებებით. გარდა ამისა, მივიღოთ მხედველობაში, რომ

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta_0 \phi' h) - h \theta_0 \frac{\partial \phi'}{\partial t} + \lambda h \theta' \zeta \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \zeta} \left[\zeta \theta_0 \phi' \frac{\partial h}{\partial t} \right].$$

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ განტოლებებს, რომლებიც აღწერენ მოძრავ სითხის ელემენტში კინეტიკური და მისავალი პოტენციალური ენერჯიის (available potential energy) ანალოგების ცვლილებას სხვადასხვა ფიზიკური ფაქტორის გავლენით:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial K'_u}{\partial t} + \frac{\partial u K'_u}{\partial x} + \frac{\partial v K'_u}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{w} K'_u}{\partial \zeta} = -\Theta_0 u h \frac{\partial \phi'}{\partial x} + \lambda \theta' u h \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \delta}{\partial x} \right) + l u v h + u h F_u + \\ & \frac{\partial K'_v}{\partial t} + \frac{\partial u K'_v}{\partial x} + \frac{\partial v K'_v}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{w} K'_v}{\partial \zeta} = -\Theta_0 u h \frac{\partial \phi'}{\partial y} + \lambda \theta' v h \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial \delta}{\partial y} \right) - l u v h + v h F_v + \\ & + \sigma w K'_v + v h D_v^{xy}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial APE'}{\partial t} + \frac{\partial u(APE' + \Theta_0 \phi' h)}{\partial x} + \frac{\partial v(APE' + \Theta_0 \phi' h)}{\partial y} + \frac{\partial [\tilde{w}(APE' + \Theta_0 \phi' h) + \zeta \Theta_0 \phi' \partial h / \partial t]}{\partial \zeta} = \\ & = - \left[-\Theta_0 u h \frac{\partial \phi'}{\partial x} + \lambda \theta' u h \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \delta}{\partial x} \right) \right] - \left[-\Theta_0 u h \frac{\partial \phi'}{\partial y} + \lambda \theta' v h \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial \delta}{\partial y} \right) \right] - \\ & - h \lambda \theta' / S \left[u' \frac{\partial \Theta}{\partial x} + v' \frac{\partial \Theta}{\partial y} \right] + \sigma w A P' + \frac{\lambda h}{S} \theta' D_\theta^{xy}, \end{aligned} \quad (13)$$

სადაც

$$K'_u = \frac{hu^2}{2}, \quad K'_v = \frac{hv^2}{2}, \quad APE' = \frac{\lambda h \vartheta'^2}{S}.$$

აქ K'_u და K'_v შესაბამისად, ერთეულოვანი მოცულობის სითხის ელემენტის კინეტიკური ენერჯის ანალოგებია x და y ღერძების გასწვრივ, ხოლო APE' - მისავალი პოტენციალური ენერჯის ანალოგი.

ახლა, მივიღოთ ინტეგრალური ენერჯეტიკული თანაფარდობები მთელ საინტეგრო არეში კინეტიკური ენერჯის ანალოგისათვის x და y ღერძების გასწვრივ და მისავალი პოტენციალური ენერჯის ანალოგისათვის

$$K_u = \frac{1}{2} \iiint_M hu^2 dx dy d\zeta, \quad K_v = \frac{1}{2} \iiint_M hv^2 dx dy d\zeta, \quad APE = \frac{1}{2} \iiint_M \frac{\lambda h \vartheta'^2}{S} dx dy d\zeta.$$

თუ (11-13) განტოლებებს ვაინტეგრებთ მთელ ამოხსნის არეში M ($0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq \zeta \leq 1$) და ვისარგებლებთ (7)–(10) სასაზღვრო პირობებით, მივიღებთ ენერჯეტიკული ბალანსის განტოლებებს

$$\frac{\partial K_u}{\partial t} = \{K_u, B_x\} + \{K_u, B_y\} + \{K_u, APE\} + \{K_u, K_v\} + \{K_u, E_\phi\} + \{K_u, E_\sigma\} + \{K_u, E_{dis}^u\}, \quad (14)$$

$$\frac{\partial K_v}{\partial t} = \{K_v, B_x\} + \{K_v, B_y\} + \{K_v, APE\} - \{K_v, K_u\} + \{K_v, E_\phi\} + \{K_v, E_\sigma\} + \{K_v, E_{dis}^v\}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial APE}{\partial t} = \{APE, B_x\} + \{APE, B_y\} - \{K_u, APE\} - \{K_v, APE\} + \{APE, AD\} + \{APE, E_\sigma\} + \{APE, E_{dif}^\vartheta\} \quad (16)$$

სადაც

$$\{K_u, B_x\} = - \int_0^{L_y} \int_0^1 u \frac{hu^2}{2} \Big|_0^{L_x} dy d\zeta, \quad \{K_u, B_y\} = - \int_0^{L_x} \int_0^1 v \frac{hu^2}{2} \Big|_0^{L_y} dx d\zeta,$$

$$\{K_v, B_x\} = - \int_0^{L_y} \int_0^1 u \frac{hv^2}{2} \Big|_0^{L_x} dy d\zeta, \quad \{K_v, B_y\} = - \int_0^{L_x} \int_0^1 v \frac{hv^2}{2} \Big|_0^{L_y} dx d\zeta,$$

$$\{APE, B_x\} = - \int_0^{L_y} \int_0^1 u (AP' + \Theta_0 \phi' h) \Big|_0^{L_x} dy d\zeta, \quad \{APE, B_y\} = - \int_0^{L_x} \int_0^1 v (AP' + \Theta_0 \phi' h) \Big|_0^{L_y} dx d\zeta,$$

$$\{K_u, K_v\} = l \iiint_M uv h dx dy d\zeta,$$

$$\{K_u, APE\} = \iiint_M uh \left[-\Theta_0 \frac{\partial \phi'}{\partial x} + \lambda \mathcal{G}' \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \delta}{\partial x} \right) \right] dx dy d\zeta,$$

$$\{K_v, APE\} = \iiint_M vh \left[-\Theta_0 \frac{\partial \phi'}{\partial y} + \lambda \mathcal{G}' \left(\zeta \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial \delta}{\partial y} \right) \right] dx dy d\zeta,$$

$$\{K_u, E_\phi\} = \iiint_M uh \left(\frac{\partial U}{\partial t} - lV \right) dx dy d\zeta, \quad \{K_v, E_\phi\} = \iiint_M vh \left(\frac{\partial V}{\partial t} + lU \right) dx dy d\zeta,$$

$$\{K_u, E_\sigma\} = \iiint_M \sigma w \frac{hu^2}{2} dx dy d\zeta, \quad \{K_v, E_\sigma\} = \iiint_M \sigma w \frac{hv^2}{2} dx dy d\zeta,$$

$$\{APE, E_\sigma\} = \iiint_M \sigma w \frac{\lambda h \mathcal{G}'^2}{2S} dx dy d\zeta,$$

$$\{K_u, E_{dis}^u\} = - \iiint_M \mu_1 \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right) dx dy d\zeta, \quad \{K_v, E_{dis}^v\} = - \iiint_M \mu_1 \left(\left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right) dx dy d\zeta,$$

$$\{APE, E_{dif}^g\} = - \frac{\lambda}{S} \iiint_M \mu_2 \left(\left(\frac{\partial \mathcal{G}'}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \mathcal{G}'}{\partial y} \right)^2 \right) dx dy d\zeta,$$

$$\{APE, AD\} = \iiint_M \frac{\lambda h \mathcal{G}'}{S} \left[(U - u) \frac{\partial \Theta}{\partial x} + (V - v) \frac{\partial \Theta}{\partial y} \right] dx dy d\zeta.$$

(14)-(16) განტოლებები აღწერენ ენერგეტიკულ გარდაქმნებს ოროგრაფიულად არაერთგვაროვანი ზედაპირის ზემოთ მიმდინარე ლოკალურ ატმოსფერულ პროცესებში. განტოლებათა მარჯვენა ნაწილში მდგომი წევრები წარმოადგენენ კინეტიკური და პოტენციალური ენერგიების ანალოგების ცვლილების სიჩქარეს სხვადასხვა ფიზიკური ფაქტორების გავლენით. ამ წევრებს შეიძლება ასეთი ინტერპრეტაცია მივცეთ:

$$\{K_u, B_x\}, \{K_v, B_x\}, \{APE, B_x\}, \{K_u, B_y\}, \{K_v, B_y\}, \{APE, B_y\}$$

აღწერენ K_u, K_v, APE ენერგიის ანალოგების ნაკადებს x და y საკოორდინატო ღერძების მართობულ გვერდით სასაზღვრო ზედაპირებზე, შესაბამისად. აღვნიშნოთ, რომ $\{APE, B_x\}$ და $\{APE, B_y\}$ ორი შესაგრებისაგან შედგება, რომელთაგან პირველი აღწერს ენერგიის ადვექციურ გადატანას გვერდით საზღვრებზე, ხოლო მეორე - საზღვრებზე წნევის ძალების მიერ შესრულებული მუშაობით გამოწვეულ APE

-ს ცვლილებას. $\{K_u, K_v\}$ წარმოადგენს კორიოლისის ძალით გამოწვეულ გაცვლის სიჩქარეს K_u და K_v -ს შორის; $\{K_u, APE\}$, $\{K_v, APE\}$ - წნევის გრადიენტით გამოწვეული ენერგიების გაცვლის სიჩქარე K_u და K_v -სა და APE შორის; საჭიროა აღინიშნოს, რომ ეს წევრები, გარდა წნევის შემოფოთების ანალოგის გრადიენტისა, შეიცავენ თავისუფალი ზედაპირისა და ოროგრაფიულად არაერთგვაროვანი დედამიწის ზედაპირის ჰორიზონტალურ გრადიენტებს, რაც შედეგია წნევის გრადიენტის ძალის ჩაწერისა რელიეფის მიმყოფ მრუდწირულ კოორდინატთა სისტემაში. $\{K_u, E_\phi\}$, $\{K_v, E_\phi\}$ აღწერენ დიდმასშტაბური ფონური პროცესების ენერგეტიკულ ზემოქმედებას ლოკალურ პროცესზე; $\{APE, AD\}$ გამოხატავს სითბოს ფონური ადვექციის გავლენას ლოკალურ პროცესზე;

$\{K_u, E_{dis}^u\}$, $\{K_v, E_{dis}^v\}$, $\{APE, E_{dis}^g\}$ - ტურბულენტური დისიპაციითა და დიფუზიით გამოწვეული K_u , K_v , და APE ენერგიების ცვლილების სიჩქარე $\{K_u, E_\sigma\}$, $\{K_v, E_\sigma\}$, $\{APE, E_\sigma\}$ ფონური ენერგიის გარკვეული ნაწილის K_u , K_v და APE ენერგიებში გადასვლის სიჩქარეა, რაც გამოწვეულია სიმკვრივის სიმაღლის მიხედვით ცვლილების მხედველობაში მიღებით.

თუ შევკრებთ (14)-(16) განტოლებებს, მივიღებთ ენერგეტიკული ბალანსის განტოლებას სრული ენერგიისათვის

$$E = K_u + K_v + APE = \frac{1}{2} \iiint_M \left(h(u^2 + v^2) + \frac{\lambda h \theta'^2}{S} \right) dx dy d\zeta.$$

ამ განტოლებას ასეთი სახე აქვს

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \{E, B_{xy}\} + \{E, E_\phi\} + \{E, D\}, \quad (17)$$

სადაც

$$\{E, B_{xy}\} = \{K_u, B_x\} + \{K_u, B_y\} + \{K_v, B_x\} + \{K_v, B_y\} + \{APE, B_x\} + \{APE, B_y\},$$

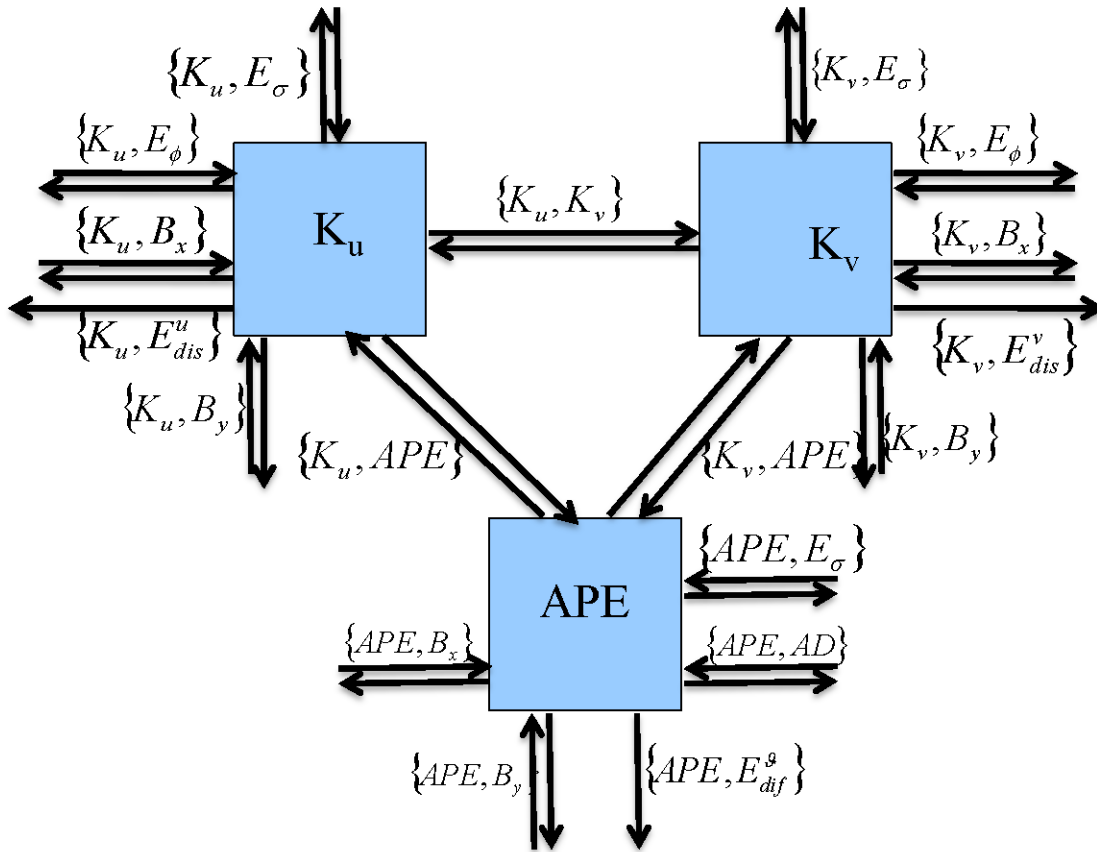
$$\{E, E_\phi\} = \{K_u, E_\phi\} + \{K_v, E_\phi\} + \{APE, AD\} + \{K_u, E_\sigma\} + \{K_v, E_\sigma\} + \{APE, E_\sigma\},$$

$$\{E, D\} = \{K_u, E_{dis}^{xy}\} + \{K_v, E_{dis}^{xy}\} + \{APE, E_{dif}^{xy}\}.$$

(17) - დან ჩანს, რომ სრული ენერგიის ცვლილება გამოყოფილ მოდელირების არეში განპირობებულია შემდეგი ფაქტორების მოქმედებით: 1. ენერგიის შემოდინებით ან გადინებით გამოყოფილი არის შემომსაზღვრელი ზედაპირებიდან; 2. ფონური (სინოპტიკური) ატმოსფერული პროცესების ენერგეტიკული ზემოქმედებით ლოკალურ პროცესებზე; 3. ტურბულენტური სიბლანტითა და დიფუზიით.

(14) – (16) განტოლებების საფუძველზე შესაძლებელია ავარგოთ ზოგადი ენერგეტიკული დიაგრამა, რომელიც თვალსაჩინოდ გვიჩვენებს ენერგეტიკული გარდაქმნების თავისებურებებს მთიანი რელიეფის ზემოთ მოძრავ ჰაერის მასაში (ნახ.1).

ნახ.1-ზე ორმაგი ისრით ნაჩვენებია ენერგეტიკული ბალანსის ის მდგენელები, რომლებსაც შეუძლიათ შეასრულონ წყაროსა ან ანტიწყაროს როლი მეზომასშტაბური პროცესების განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე, ხოლო ერთი ისრით ნაჩვენებია ენერგეტიკული ბალანსის მდგენელები, რომლებიც ასრულებენ მხოლოდ წყაროს ან ანტიწყაროს როლს ლოკალური პროცესის განვითარების მთელ პერიოდში.



ნახ.1. ლოკალურ ატმოსფერულ პროცესებში ენერგეტიკული გარდაქმნების ზოგადი დიაგრამა.

(14)-(16) განტოლებებიდან და ნახ.1-დან ჩანს, რომ მისავალ პოტენციალურ ენერგიასა და კინეტიკურ ენერგიას შორის ენერგიების ურთიერთგაცვლას ორმაგი ხასიათი შეიძლება გააჩნდეს - ლოკალური პროცესების განვითარების გარკვეულ ეტაპზე კინეტიკური ენერგია ივსებს ენერგიის მარაგს მისავალი პოტენციალური ენერგიის ხარჯზე, მაგრამ შესაძლოა კინეტიკური ენერგიის გარკვეული მარაგი გარდაიქმნას მისავალ პოტენციალურ ენერგიად. ასევე, ფონური წნევის გრადიენტის ძალის მუშაობა განაპირობებს ფონური ენერგიის გადასვლას ოროგრაფიულად შემფოთებული მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიაში, მაგრამ გარკვეულ სიტუაციებში ენერგიის გადაცემის მიმართულება შესაძლოა შეიცვალოს საპირისპიროდ. კორიოლისის ძალის ეფექტი გამოიხატება კინეტიკური ენერგიის გადანაწილებაში x და y ღერძების გასწვრივ მოძრაობის მდგენელებს შორის. ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის გავლენა განაპირობებს კინეტიკური და მისავალი პოტენციალური ენერგიების შემცირებას.

დასასრულს, აღვნიშნოთ, რომ მოცემულ სტატიაში მიღებული ენერგეტიკული განტოლებები გამოყენებული იქნება საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული ატმოსფერული პროცესების ანალიზისათვის სხვადასხვა ფონური სიტუაციების პირობებში.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ჯავახიშვილი შ. ი. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე.ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა.თბილისი,1981,183 გვ.
2. Surmava A. A. The numerical investigation of air motion over Caucasian region in case of background eastern wind. J. Georgian Geoph. Soc., 1999, v.4b, pp.61-72.
3. Кордзадзе А. А., Сурмава А. А., Деметрашвили Д. И., Кухалашвили В. Г. Численное исследование влияния Кавказского рельефа на распределение гидрометеорологических полей. Изв.РАН, Физика атмосферы и океана, 2007, т.43, № 6, с.783-791.

4. დემეტრაშვილი დ. ლოკალური ატმოსფერული პროცესების ჰიდროდინამიკური მოდელირების შესახებ. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. 2010, ტ. 114, გვ. 119-125.
5. Demetrashvili D., Davitashvili T. A modeling study of mesoscale air flow over the mountainous relief with variable in time large-scale background flow. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 2013, t. 7, № 2, pp.57-65.
6. Деметрашвили Д. И. Нестационарная задача о мезомасштабных процессах в свободной атмосфере над орографически неоднородной поверхностью Земли. Изв. АН СССР, физика атмосф. и океана, 1979, т. 17, № 7, с. 699-709.
7. Деметрашвили Д. И., Пушистов П. Ю. О влиянии нестационарности фонового потока на движение воздуха над горами в свободной атмосфере. Тр. ЗапСибНИИ, 1980, вып. 46, с.69-79.
8. Гутман Л. Н. Введение в теорию нелинейных мезометеорологических процессов. Ленинград, Гидрометеиздат, 1969, 295 с.

უკ 551.511.33

მეზომასშტაბური ატმოსფერული პროცესების რიცხვითი მოდელის ენერგეტიკული ბალანსის განტოლებათა შესახებ /დ.დემეტრაშვილი/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რევ. შრ. კრებ. – 2021 – ტ.131. – გვ.59-66. – ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

წინამდებარე სტატიაში ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემის საფუძველზე ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში შესაბამისი სასაზღვრო პირობების გამოყენებით მიღებულია ენერგეტიკული განტოლებები, რომლებიც აღწერენ ენერგეტიკულ გარდაქმნებს ოროგრაფიულად არაერთგვაროვანი დედამიწის ზედაპირის ზემოთ მოძრავ ჰაერის მასაში. აღნიშნული განტოლებები გამოყენებული იქნება ენერგეტიკული გარდაქმნების შესასწავლად საქართველოს ტერიტორიის ზემოთ განვითარებულ ატმოსფერულ პროცესებში სხვადასხვა სინოპტიკური სიტუაციების პირობებში.

UDC 551.511.3

On the energy balance equations of the numerical model of mesoscale atmospheric processes /D. Demetrashvili/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.59-66. –Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

In this article, on the basis of the complete system of equations of atmosphere hydrothermodynamics in hydrostatic approximation using the appropriate boundary conditions, energy equations are obtained that describe the energy transformations in the air mass moving over the orographically inhomogeneous Earth's surface. These equations will be used to study energy transformations in atmospheric processes developing over the territory of Georgia in different synoptic situations.

УДК 551.511.3

Об уравнениях энергетического баланса численной модели мезомасштабных атмосферных процессов /Д. Деметрашвили / Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.59-66. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

В данной статье на основе полной системы уравнений гидротермодинамики атмосферы в гидростатическом приближении с использованием соответствующих граничных условий, получены энергетические уравнения, которые описывают энергетические преобразования в воздушной массе, движущейся над орографической неоднородной поверхностью Земли. Эти уравнения будут использованы для изучения энергетических преобразований в атмосферных процессах, развивающихся над территорией Грузии при различных синоптических ситуациях.

შ.პ.პ. .551.583

მდინარეთა აუზების ძირითადი ბუნებრივი რესურსები, ფუნქციები და ინტეგრირებული მართვის მექანიზმები კაპანაძე ნ., ცინცაძე თ.

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

მდინარეთა აუზების ინტეგრირებული მართვის (მაიმ) ისტორია სათავეს მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან იღებს. ამ დროს ამერიკის შეერთებულ შტატების გარკვეულ მდინარეთა წყალშემკრებებში შექმნილმა მართვის ადმინისტრაციებმა (მაგ, ტენესის ველის ადმინისტრაცია) [1] შეიმუშავეს და განახორციელეს წყალშემკრებების მართვის გეგმები. გასული საუკუნის 80- 90-იან წლებში მოსახრება წყლის ინტეგრალური მართვის შესახებ სულ უფრო პოპულარული გახდა და ფართოდ გავრცელდა მთელ მსოფლიოში. ამ დროს მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში ინტეგრირებული მართვის ქვეშ იგულისხმებოდა წყლის რესურსების ან მიწისა და ბიოლოგიური რესურსების ინტეგრირებული მართვა. კერძოდ, მაშინ, როცა ამერიკის შეერთებულ შტატებში ინტეგრირებულ მართვაში წყალშემკრები აუზის მიწის და მასთან დაკავშირებული ბიომრავალფეროვნების კომპლექსური მართვა მოიაზრებოდა, ევროპასა და მთლიანად მსოფლიოში წყლის რესურსების ინტეგრირებულ მართვაზე მსჯელობდნენ.

მიუხედავად იმისა, ბუნებრივ რესურსებსა და ეკოსისტემებზე თუ მხოლოდ წყალზე არის საუბარი, ყველა თანხმდება იმაზე, რომ რესურსების მართვა უნდა მოხდეს მდინარის აუზის ბუნებრივ საზღვრებში. ამიტომ, ბუნებრივი რესურსების და წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა საბოლოოდ შეიცვალა ტერმინით „მაიმ“.

ლიტერატურაში არსებული მრავალნაირი განმარტებებიდან ტერმინი მაიმ ყველაზე სრულყოფილად წყლის გლობალურმა პარტნიორობამ (GWP) ჩამოაყალიბა. ამ უკანასკნელის მიხედვით: მაიმ არის მაქსიმალური ეკონომიკური და სოციალური სარგებელის მიღების მიზნით, სხვადასხვა სექტორების ინტერესების გათვალისწინებითა და აუზების ეკოსისტემების ღირებულების შენარჩუნებით, მდინარის წყალშემკრები აუზის ფარგლებში მოქცეული წყლის, მიწის და მათთან დაკავშირებული სხვა ბუნებრივი რესურსების კომპლექსური ათვისება, დაცვა და კონსერვაცია [2].

უფრო მარტივად რომ ვთქვათ: მაიმ არის მდინარის წყალშემკრები აუზში მიწის, მცენარეული საფარის და წყლის რესურსების ანალიზი, დაცვა, ათვისება ან შენარჩუნება, აუზის ყველა რესურსის კონსერვაციის და მოსახლეობის მიერ სარგებელის მიღების მიზნით.

აუზის ინტეგრირებული მართვის განსაზღვრაში ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება შემდეგ ასპექტებსა და პრინციპებს:

- ბუნებრივი რესურსების კომპლექსური და ურთიერთშეთანხმებული (ინტეგრირებული) მართვა;
- აქცენტები წყლის და მიწის რესურსებზე;
- სხვადასხვა სექტორების და დაინტერესებული მხარეების ინტერესების გათვალისწინება;
- ეკოსისტემების ღირებულების შენარჩუნება;
- რესურსების მართვა ბუნებრივ საზღვრებში.

მოცემული განსაზღვრა ხაზს უსვამს ბუნებრივი რესურსების შეთანხმებული, კომპლექსური გამოყენების მნიშვნელობას, აღიარებს მათ ურთიერთდამოკიდებულებას ბუნებრივ გარემოში და განიხილავს მათ ერთიანი ეკოსისტემის კონტექსტში. კერძოდ, ამ კონცეფციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნებისმიერი ერთი მიზნით წყლის გამოყენებას აუცილებლად ექნება რაიმე გავლენა (მეტწილად უარყოფითი) სხვა მიზნებით წყლის გამოყენებაზე და ზოგადად, წყლის რესურსების რაოდენობასა და ხარისხზე. ამიტომ, წყლის რესურსების ათვისებისას საჭიროა ყველა მიზნის გათვალისწინება და სექტორებს შორის კოორდინაცია.

ტყის რესურსების გამოყენების შემთხვევაში გასათვალისწინებელია მათი ზეგავლენა სხვა რესურსებზე და მთლიანად ეკოსისტემებზე. თუ უკონტროლოდ გავრცეხავთ ტყეებს წყალშემკრების სათავეში, იგი, სავარაუდოდ, გამოიწვევს წყლის არსებული მარაგის შემცირებას, ნიადაგის ეროზიას და შესაბამისად, წყალმომარაგების, მეწყერული, ღვარცოფული და სხვა გეო-დინამიური პროცესების გაძლიერებას, ბუნებრივი და ხელოვნური წყალსატევების დაშლამვას და წყლის ხარისხის გაუარესებას. ამიტომ, ტყის რესურსების მართვისას გასათვალისწინებელია სხვა რესურსებზე მათი ზეგავლენა.

საკითხის ამგვარი მიდგომა განსაკუთრებულ ყურადღებას ამახვილებს როგორც წყლის და მიწის რესურსებზე, ისე მდინარის აუზის სხვა ბუნებრივ რესურსებზე, რადგან აუზი არის ჰიდროგრაფიული ქსელის საზღვრებით შემოფარგლული მიწის მონაკვეთი, რომელშიც ყალიბდება სხვადასხვა ტიპის ეკოსისტემა თავისი ბიოლოგიური მრავალფეროვნებითა და რესურსებით.

მდინარეთა აუზების ძირითადი ბუნებრივი რესურსებია:

- ზედაპირული და მიწისქვეშა წყალი;
- ტყე;
- ბიომრავალფეროვნება (ფლორა და ფაუნა);
- ლანდშაფტი-ეკოსისტემა;
- სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები;
- სამოვრები.

გარდა ამისა, მდინარეთა აუზების რესურსებში შედის, მოსახლეობა და მის მიერ შექმნილი მატერიალური დოვლათი, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ აუზის ინტელექტუალურ და მატერიალურ რესურსებად.

აუზების ინტეგრირებული მართვა ბუნებრივი რესურსების გამოყენების დროს სხვადასხვა სექტორების და დაინტერესებული მხარეების ინტერესთა გათვალისწინებასაც გულისხმობს. თუ ბუნებრივი რესურსი მოიხმარება რომელიმე სექტორის მიერ, მხედველობაშია მისაღები სხვა სექტორების და მოსახლეობის მოთხოვნა ამ რესურსზე. არ უნდა დავუშვათ, რომ რესურსის ერთი მიზნით მოხმარებამ შეაფერხოს სხვა მნიშვნელოვანი მიზნით მისი გამოყენება. მაგალითად, თუ რაიმე წყარო ერთდოულად მოიხმარება სასმელად და სარწყავად, გასათვალისწინებელია ორივე სექტორის მოთხოვნა წყალზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში დაზარალდება ერთ-ერთის ინტერესი და სავარაუდოდ, წარმოიქმნება კონფლიქტი სექტორებს ან ინდივიდუალურ მომხმარებლებს შორის. ასეთი შემთხვევის მაგალითია, როცა მოსახლეობა მშრალ სეზონში სასმელ წყალს იყენებს საკარმიდამო ნაკვეთებისა და კუთვნილი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მოსარწყავად. ამ დროს ჩნდება სასმელი წყლის დეფიციტი და მოსახლეობა ვერ იკმაყოფილებს მოთხოვნას მასზე.

მდინარის აუზის რესურსების გამოყენების დროს საჭიროა მისი ეკოსისტემების ფუნქციების და ღირებულების შენარჩუნება. თუ წყალშემკრების მიწისქვეშა წყლები გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნით, საჭიროა მისი ეფექტიანი და რაციონალური გამოყენება, რომ არ მოხდეს რესურსის ამოწურვა. ასევე საჭიროა ზრუნვა წყლის ხარისხზეც, რათა მოსახლეობას მიეწოდოს უსაფრთხო წყალი წყალმომარაგების მთლიან ციკლში - ჭაბურღილიდან ონკანამდე.

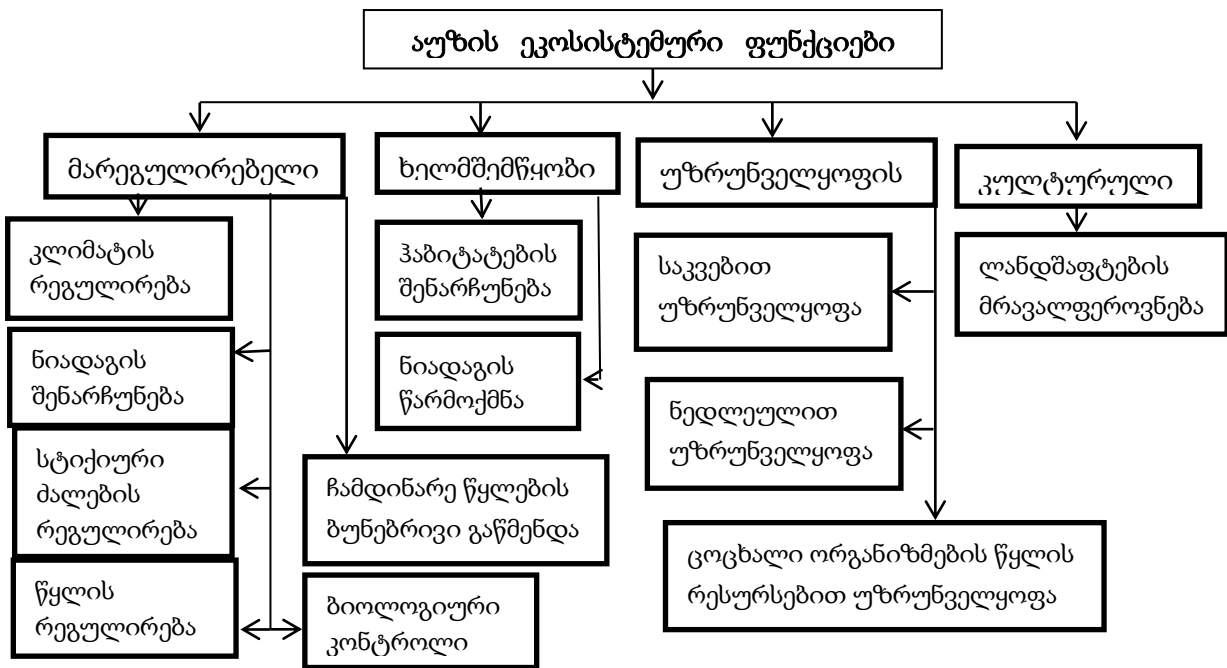
მდინარის აუზი ერთიან ჰიდროეკოლოგიურ სისტემას წარმოადგენს, რომელსაც გააჩნია მრავალი ეკოსისტემური ფუნქცია (იგივე სერვისი, მომსახურება), რომლებიც დაჯგუფებულია ოთხ ძირითად კატეგორიად [3]: 1. მარეგულირებელი ფუნქცია; 2. დამხმარე, ხელმშემწყობი ფუნქცია; 3. უზრუნველყოფის, მიწოდების ფუნქცია და, 4. კულტურული ფუნქცია (ნახ. 1).

ნახ.1-ზე მოცემული ფუნქციები და კატეგორიები შესაძლოა დავყოთ უფრო ვიწრო კატეგორიებად და ფუნქციებად მათი გამოყენების და თავისებურებების მიხედვით.

მდინარის აუზის ტიპური ფუნქციებია:

- წყალდიდობების ბუნებრივი კონტროლი (წყალდიდობების დესინქრონიზაცია, ჭარბი წყლის შენახვა, მაქსიმალური ხარჯების შემცირება);
- წყლის გამოყენება სასმელ-სამეურნეოდ;

- წყლის გამოყენება საირიგაციოდ;
- წყლის გამოყენება სამრეწველო სექტორის მიერ ;
- ჰიდროელექტროენერჯის წარმოება;
- ბიომასის სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ბაზის შექმნა;
- ტყის არამრეწველი რესურსების ბაზის შექმნა და გამოყენება;
- სოფლის მეურნეობისათვის მიწის, წყლის და საკვები ელემენტების უზრუნველყოფა;
- ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირება;
- ბიომრავალფეროვნების და ეკოსისტემების კონსერვაცია-შენარჩუნება;
- რეკრეაციულ-გამაჯანსაღებელი ფუნქცია;
- კუტურული და ისტორიული ღირებულება



ნახ.1. ეკოსისტემების ტიპური ფუნქციები/სერვისები

90-იან წლებში გაერომ და სხვა რიგმა საერთაშორისო ორგანიზაციებმა შეიმუშავეს წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრინციპები და მეთოდოლოგია, რომლებიც განხილული და მიღებული იქნა სხვადასხვა საერთაშორისო ფორუმებზე. კერძოდ, 1992 წლის 26-31 იანვარს ქალაქ დუბლინში ჩატარდა კონფერენცია წყალსა და გარემოზე, სადაც შემუშავდა დუბლინის დეკლარაცია წყლის რესურსების ინტეგრირებულ მართვაზე. ამ დოკუმენტში მოყვანილია წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის 4 ძირითადი პრინციპი:

1. მტკნარი წყალი ამოწურვადი და მოწყვლადი რესურსია, რომელიც უმნიშვნელოვანესია სიცოცხლის შენარჩუნების, ადამიანის განვითარებისა და გარემოსთვის;
2. წყლის რესურსების ათვისება და მართვა უნდა იყოს თანამონაწილეობრივი პროცესი, რომელშიც გაერთიანდებიან წყლის მომხმარებლები, დამგეგმავები, ცენტრალური და ადგილობრივი მთავრობები;
3. ქალები თამაშობენ უმთავრეს როლს წყლის მოხმარებაში, მართვასა და მისი უსაფრთხოების შენარჩუნებაში;
4. წყალს გააჩნია ეკონომიკური და სოციალური ღირებულება-ფასი მისი ყველა მიზნით გამოყენების დროს და იგი აღიარებულ უნდა იქნას როგორც ეკონომიკური პროდუქტი.

მოცემული პრინციპები ოფიციალურად მიღებულ იქნა იმავე წელს გაეროს ეგიდით ჩატარებულ რიოს კონფერენციაზე გარემოსა და განვითარების შესახებ. 2002 წელს კი, იოჰანესბურგის მდგრადი განვითარების გლობალურ სამიტზე შემუშავებული სამოქმედო გეგმით

დაისახა ერთობლივი მიზანი, რომლის მიხედვითაც ქვეყნებს 2005 წლისათვის უნდა მოემზადებინათ წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის და წყლის ეფექტიანი მოხმარების გეგმები, ამ პროცესში კი დახმარება უნდა გაწოდდეს განვითარებად ქვეყნებს [4].

2011 წლის მარტში ქალაქ მარსელში გაიმართა წყლის მე-6 მსოფლიო ფორუმი, რომლის მონაწილეებმაც დასახეს წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის შემდეგი მიზნები [5]:

1. ეკონომიკურ განვითარებაში წვლილის შეტანა;
2. თითოეული ადამიანის კეთილდღეობის მიღწევა;
3. გარემოს ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნება.

ამ მიზნების შესრულება მოითხოვდა მდინარის აუზის წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის დანერგვას, რომლის განსახორციელებლად საჭირო იყო კონკრეტული მექანიზმების გამოყენება. ეს მექანიზმები შესაძლოა დავყოთ შემდეგ კატეგორიებად:

- სამართლებრივი;
- პოლიტიკური;
- ინსტიტუციური;
- ეკონომიკური.

ზემოთ აღნიშნული მექანიზმები ერთმანეთთან იერარქიულ კავშირშია, რომლის სათავეშიც **სამართლებრივი** მექანიზმი დგას შესაბამისი კანონმდებლობის სახით. იმისათვის, რომ ეროვნულ დონეზე აუზების ინტეგრირებული მართვა დამკვიდრდეს როგორც სავალდებულო მიდგომა, საჭიროა აუზების ინტეგრირებული მართვის შესახებ გარკვეული დებულებების შემცველი კონკრეტული კანონმდებლობის არსებობა. ასეთია წყლის კანონმდებლობა (კანონი და კანონქვემდებარე აქტები), რომელმაც უნდა დასახოს აუზების ინტეგრირებული მართვის მიზნები და ამოცანები და განსაზღვროს შესაბამისი პროცედურები, მეთოდოლოგია, ინსტიტუციური მოწყობა, პასუხისმგებელი ორგანიზაციების უფლებები და მოვალეობები, მარეგულირებელი და ფინანსური ინსტრუმენტები, კონტროლისა და ზედამხედველობის პროცედურები.

გარდა ეროვნულ დონეზე არსებული იურიდიული მექანიზმისა, არსებობს საერთაშორისო სამართლებრივი ინსტრუმენტები ორმხრივი ან მრავალმხრივი ხელშეკრულებების სახით, რომლებიც ითვალისწინებს აუზისპირა ქვეყნების თანამშრომლობას საერთო წყლების ერთობლივი მართვის მიზნით.

იმისათვის, რომ განხორციელდეს მოცემული კანონები, საჭიროა შესაბამისი **პოლიტიკური** ჩარჩოს არსებობა ეროვნულ და ადგილობრივ დონეებზე. კერძოდ, ეროვნულ დონეზე უნდა არსებობდეს წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის გრძელვადიანი ეროვნული სტრატეგია თუ პროგრამა, რომელიც უნდა შეიცავდეს წყლის რესურსების გამოყენებისა და დაცვის გრძელვადიან მიზნებს, ამოცანებს, მიმართულებებს და მათი შესრულების მექანიზმებს. ადგილობრივ დონეზე კი უნდა შემუშავდეს მდინარეთა აუზების მართვის გეგმები, რომლებიც უნდა შეიცავდეს აუზების რესურსების ათვისებისა და დაცვის დროში გაწერილ მიზნებს, ამოცანებს და განხორციელების გზებს კონკრეტული აუზის მაგალითზე.

იმისათვის, რომ შესრულდეს კანონმდებლობა და გატარდეს შესაბამისი პოლიტიკა აუცილებელია გარკვეული **ინსტიტუციური** ჩარჩოს არსებობა. კერძოდ, უნდა ფუნქციონირებდეს აუზების ინტეგრირებულ მართვაზე პასუხისმგებელი ორგანიზაცია ან ორგანიზაციათა ჯგუფი. ეს ინსტიტუტი შეიძლება არსებობდეს მხოლოდ ეროვნულ დონეზე, მაგალითად, გარემოს დაცვის სამინისტრო, წყლის სააგენტო ან მხოლოდ ადგილობრივ დონეზე, როგორცაა მდინარის აუზის მართვის ორგანიზაცია. ასევე, შესაძლებელია ასეთი ორგანიზაციების არსებობა ერთდროულად ორივე დონეზე, რომლის დროსაც უფლება-მოვალეობები მკვეთრად უნდა გაიმიჯნოს ცენტრალურ და ადგილობრივ ორგანოებს შორის.

ბოლო დროს სულ უფრო პოპულარული ხდება **ეკონომიკური მექანიზმების** გამოყენება აუზების ინტეგრირებული მართვის დასამკვიდრებლად. კერძოდ, ხდება აუზის წყლის და მასთან ასოცირებული რესურსების ფუნქციების და სერვისების ღირებულების შეფასება და ფულად

სიდიდებში გამოსახვა, რომლის შემდეგაც წესდება დიფერენცირებული გადასახადები წყალაღებასა და მოხმარებაზე სხვადასხვა სექტორებისთვის, წყლის გამოყენების ნებართვები, რომლებითაც შესაძლებელია ვაჭრობა სხვადასხვა სექტორებს, საწარმოებს, რეგიონებს თუ ქვეყნებს შორის, ეკოსისტემებით მომსახურების გადასახადები მდინარის ზედა და ქვედა დინების ფერმერებისათვის და ასე შემდეგ.

საქართველოში წყლის რესურსების მართვა რეგულირდება კანონით წყლის შესახებ [6], თუმცა აღნიშნულ კანონში მოცემული დებულებები ძალიან ზოგადია და არ შეიცავს წყლის სააუზო მართვის განხორციელების კონკრეტულ მექანიზმებსა და პასუხისმგებელი ორგანიზაციების უფლება-მოვალეობებს. წყლის სააუზო მართვის დანერგვისათვის საჭიროა შესაბამისი ინსტიტუტების ჩამოყალიბება. თუმცა, რადგან წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა დინამიურ პროცესს წარმოადგენს, რომელიც მუდმივ განახლებას და განვითარებას ექვემდებარება, შესაძლებელია მისი განხორციელება დაიწყოს მცირე ნაბიჯებით, უფრო ადრე, ვიდრე შეიქმნება შესაბამისი კანონმდებლობა და ინსტიტუტები.

ლიტერატურა– REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001864/186417e.pdf>
2. <http://www.gwp.org/en/The-Challenge/What-is-IWRM/>
3. <http://nala.ge/uploads/TrainingModules>. მდინარეთა აუზების ინტეგრირებული მართვა მოკლე სასწავლო კურსი. მარიამ შოთაძე
4. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001864/186417e.pdf>
5. <http://www.solutionsforwater.org/priorities>
6. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ.
http://moe.gov.ge/files/kanonmdebloba/kanonebi_2013/8_kanoni.pdf

უაკ 551.583

მდინარეთა აუზების ძირითადი ბუნებრივი რესურსები, ფუნქციები და ინტეგრირებული მართვის მექანიზმები. /კაპანაძე ნ., ცინცაძე თ./სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021 - - ტ.131. - გვ.67-71. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. .

განხილულია მდინარის აუზის ინტეგრირებული მართვის კონცეფციის წარმოშობისა და ევოლუციის ისტორია. შესწავლილია მდინარეთა აუზების ტიპური ფუნქციები და ინტეგრირებული მართვის მექანიზმები. მსოფლიო გამოცდილების მაგალითზე ნაჩვენებია მდინარეთა აუზების ინტეგრირებული მართვის თეორიული საფუძვლების, მიზნებისა და ამოცანების პრაქტიკაში დანერგვის შესაძლებლობა.

UDC 551.583

Major resources of river basins, functions and integrated management systems. /Kapanadze N., Tsintsadze T./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.67-71. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus
The origin of the concept of river basin integrated management and evolution history is discussed. Typical functions of river basins and integrated control mechanisms are studied. On the case of world experience the introducing possibility of the theoretical foundations, goals and objectives of river basin integrated management in practice has been shown.

УДК 551.583

Основные ресурсы речных бассейнов, функции и механизмы интегрированного управления. /Капанадзе Н.И., Цицадзе Т.Н. /Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.67-71. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

Обсуждается происхождение концепции интегрированного управления речным бассейном и история развития. Изучаются типовые функции речных бассейнов и механизмы комплексного контроля. На примере мирового опыта показана возможность внедрения в практику теоретических основ, целей и задач интегрированного управления речным бассейном.

შ.პ.პ. .551.583

ღრუბლიანობა და კოსმოსური სხივები

ნ.კაპანაძე, ი.მკურნალიძე

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

ღრუბლები, რომელთა ფორმირება და განვითარება რთულ პროცესს წარმოადგენს, ბუნების ერთ-ერთ საინტერესო მოვლენად ითვლება. იგი ცვლის დედამიწისა და ატმოსფეროს სითბურ და რადიაციულ რეჟიმს და დიდ გავლენას ახდენს ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაზე, მცენარეულ და ცხოველთა სამყაროზე და ა. შ.

საქართველოში ღრუბლების შესწავლას მრავალწლიანი ისტორია გააჩნია. ამაზე მეტყველებს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტებში შესრულებული ის მრავალრიცხოვანი თეორიული თუ ექსპერიმენტული სამუშაოები, რომლებიც აღნიშნულ თემატიკას მიეძღვნა. ღრუბლიანობის, როგორც კლიმატის ცვლილების მნიშვნელოვანი ფაქტორის შესწავლა განსაკუთრებით აქტუალური გახდა გასული საუკუნის 70-იანი წლებში, როცა კაცობრიობა დადგა ე.წ. კლიმატის გლობალური დათბობის პრობლემის წინაშე.

მოცემული ნაშრომის მიზანს წარმოგიდგენს დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველო-ლოსთვის წლის როგორც თბილ, ასევე ცივ პერიოდებში სხვადასხვა იარუსის ღრუბლების განაწილების შესწავლა და ზოგადად ღრუბლიანობაზე კოსმოსური სხივების შესაძლო გავლენის გამოკვლევა.

საქართველოს ტერიტორიაზე, მთიანი რელიეფით განპირობებული ჰაერის მასების ცირკულაციის სახესხვაობა, ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი (ზღვასთან სიახლოვე, ქედების ორიენტაცია, ადგილის სიმაღლე და ა.შ) და ქვეფენილი ზედაპირის ზემოქმედება, ხელსაყრელ პირობებს ქმნის აღნიშნულ ტერიტორიაზე ღრუბელთა ფორმირებისა და ღრუბლიანობის მრავალწლიანი რეჟიმის ჩამოყალიბებისთვის.

საქართველოს ტერიტორიაზე საერთო საშუალო ღრუბლიანობა დაახლოებით 6 ბალის, ხოლო ქვედა იარუსის ღრუბლიანობა 4-4.5 ბალის ტოლია. საერთო ღრუბლიანობის უდიდესი საშუალო წლიური მნიშვნელობა აღინიშნება კოლხეთის ბარის სამხრეთში, კავკასიონის ცალკეულ რაიონებში და ლიხის ქედის საუღელტეხილო მონაკვეთზე (6,5-7.0 ბალი). ქვედა იარუსის ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათი ანალოგიურია საერთო ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათისა და დასავლეთ საქართველოში იცვლება 4.5-5.0 ბალის, ხოლო აღმოსავლეთში 3.5-4.5 ბალის ფარგლებში [1]

ღრუბლიანობის განაწილების ხასიათი და რაოდენობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთი-საგან წლის ცივ და თბილ პერიოდებში. ზამთარში საერთო ღრუბლიანობის მიხედვით ყველაზე მოღრუბლულ რაიონებად საქართველოს ტერიტორიაზე შეიძლება ჩათვალოს აფხაზეთის სანაპირო ზოლი, მიმდებარე მთისწინეთითა და რიონის ხეობის მარცხენა ნაწილით, კოლხეთის დაბლობის საზღვრებში და განმეორადობა შეადგენს 65-70 %-ს [2]. დიდი კავკასიონის სამხრეთ კალთებსა და აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთებზე ღრუბლიანობის განმეორადობა მცირდება 60-65%-მდე, ხოლო აღნიშნული რაიონების მთიან ზონაში 55-60 %-მდე. ღრუბლიანობის განმეორადობის მაქსიმალური რაოდენობა დაიკვირვება მთა-საბუეთზე (72%).

ყველაზე მცირე ღრუბლიან რაიონს წარმოადგენს დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის სამხრეთი კალთები და ჯავახეთის პლატო (45-50 %). უმნიშვნელოდ იზრდება ღრუბლიანობა ქვემო ქართლის დაბლობის ზედა ნაწილში, ხოლო ალაზნის ხეობაში, მასთან მიმდებარე მთისწინეთებთან ერთად ღრუბლიან დღეთა განმეორადობა შეადგენს 55-60%-ს. კავკასიონის კალთებზე, სიმაღლის მატებასთან ერთად ღრუბლიანობაც იზრდება და 2000-2500 მ სიმაღლეზე 60% აღემატება.

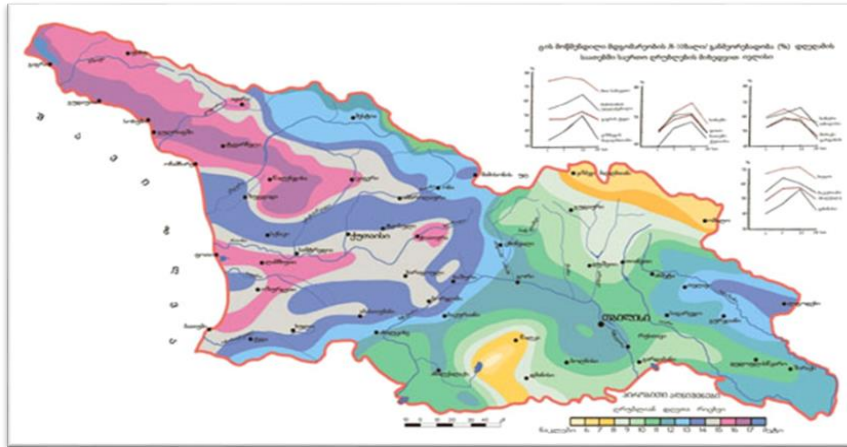
წლის თბილ პერიოდში მოღრუბლულობის უდიდესი განმეორადობით ხასიათდება კოლხეთის ბარის შიდა რაიონები სამხრეთი და ჩრდილოეთით მდებარე მთისწინეთებით და შეადგენს 50-60 %-ს, ხოლო უმცირესი განმეორადობით აღმოსავლეთ საქართველოს სტეპური რაიონები სამხრეთ საქართველოს მთისწინეთით (30-35 %).

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ რაიონებში აფხაზეთის სანაპირო ზონისა და დიდი კავკასიონის მთიანი და მაღალმთიანი რაიონების ჩათვლით, ღრუბლიან დღეთა წლიური რიცხვი იცვლება 125-დან 140-მდე. იგივე რაოდენობის დღეთა რიცხვი დაიკვირვება აჭარა-იმერეთის ქედის სამხრეთ კალთებზე, ხოლო ჩრდილო კალთებზე, აჭარის სანაპირო ზონის ჩათვლით ღრუბლიან დღეთა რიცხვი 150-170-მდე იზრდება. მაქსიმუმი სადგურ საბუეთში ფიქსირდება (171 დღე).

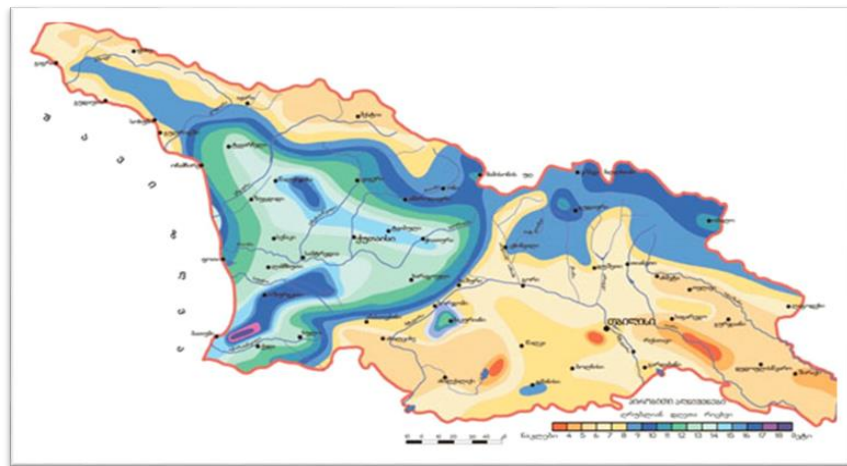
აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს რაიონებში ღრუბლიან დღეთა რიცხვი მნიშვნელოვნად მცირეა და შეადგენს 90-120 დღეს წელიწადში, სიმაღლის ზრდასთან ერთად იზრდება და კახეთის კავკასიონის

მთიან ზონაში 140-ს აღწევს (გულაური, 2200-2300 მ ზ/დ). 3000 მ-ის ზემოთ ღრუბლიანი დღეები მცირდება და 3653 მ-ზე (ყაზბეგი) შეადგენს მხოლოდ 90 დღეს [2].

საილუსტრაციოდ ნახ. 1 და ნახ 2-ზე მოცემულია 8-10 ბალიან დღეთა რიცხვის განაწილება იანვარსა და ივლისში შესაბამისად [3].



ნახ.1. ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) რიცხვი. იანვარი [3].



ნახ. 2. ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) რიცხვი. ივლისი [3].

ნახ. 1-დან ჩანს, რომ ღრუბლიან დღეთა რიცხვის (8-10 ბალი) მაქსიმალური რაოდენობა იანვარში (16, 17 დღე და მეტი) დაიკვირვება დასავლეთ საქართველოში. კერძოდ, იანვარში ყველაზე ხანგრძლივი მოღრუბულობით გამოირჩევა აფხაზეთის სანაპირო ზოლი, მიმდებარე მთისწინეთითა და რიონის ხეობით, კოლხეთის დაბლობის საზღვრებში. დიდი კავკასიონის სამხრეთ კალთებსა და აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთებზე ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა (8-10 ბალი) შედარებით მცირდება, თუმცა 13- 15 დღეს მაინც აღწევს.

რაც შეეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, აქ ღრუბლიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი შეადგენს 14 დღეს და დაიკვირვება ალაზნის ხეობაში მიმდებარე მთისწინეთთან ერთად. შედარებით მცირეა ღრუბლიან დღეთა რიცხვი (6-9 დღე) დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთი ნაწილის სამხრეთ კალთებსა და ჯავახეთის პლატოზე.

ნახ. 2-ზე მოცემულია ღრუბლიან დღეთა (8-10 ბალი) განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე ივლისის თვეში. ნახაზიდან ჩანს, რომ მაქსიმალურად ხანგრძლივი ღრუბლიანობით გამოირჩევა ბათუმის რაიონის ზღვის სანაპიროები და გურია, სადაც ივლისის თვეში საშუალოდ 17-18 დღის განმავლობაში 8-10 ბალიანი მოღრუბულობა დაიკვირვება. ჩრდილოეთისაკენ ის უმნიშვნელოდ მცირდება და სამეგრელოს დაბლობის უმეტეს ნაწილში შეადგენს 14-16 დღეს. აღმოსავლეთით, ზღვიდან დაშორებასთან დაკავშირებით, ღრუბლიანობაც მცირდება, ხოლო კახეთის კავკასიონის მთიან ზონაში ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა იზრდება 16-17 დღემდე.

ცნობილია, რომ კლიმატის ფორმირება ხდება ტროპოსფეროში, ტენიანობის, ტემპერატურის, აეროზოლების განაწილების სხვადასხვა პირობებში. ეს სიდიდეები განსაზღვრავენ კოსმოსური

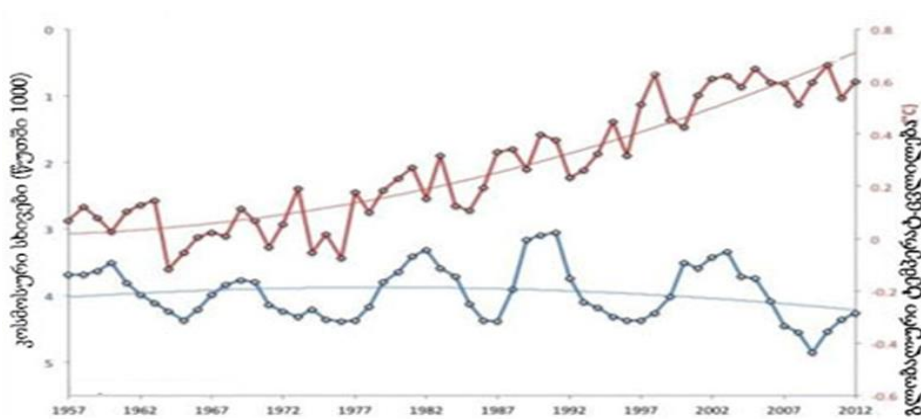
ფაქტორების ღრუბლების ფორმირებისათვის ხელსაყრელ პირობებს. შესაბამისად, კოსმოსური ფაქტორების ცვლილებით გამოწვეულმა ღრუბელთდაფარვამ შესაძლოა გავლენა იქონიოს დედამიწის ზედაპირის რადიაციულ ბალანსზე და, აქედან გამომდინარე, კლიმატის ცვლილებაზე.

XX საუკუნის ბოლო ათწლეულში დანიელმა მეცნიერებმა ჰენრი სვენსმარკის ხემდგანე-ლობით თანამგზავრული დაკვირვებების დროს აღმოაჩინეს, რომ ღრუბლიანობის ფართობები იცვლება კოსმოსური სხივების ინტენსივობის ცვლილებასთან ერთად [4]. სვენსმარკმა წარმოად-გინა ჰიპოტეზა, რომლის თანახმადაც კოსმოსური სხივები ხელს უწყობს დაბალი რუბლიანობის განვითარებას და შესაბამისად გავლენის მოხდენას დედამიწის კლიმატზე. შემდგომში მან სპეცია-ლური კამერის გამოყენებით ექსპერიმენტალურად დაადასტურა, რომ კოსმოსური სხივები, წყლის ორთქლის მოლეკულების იონიზაციით, უზრუნველყოფს ღრუბლის წვეთების წარმოქმნას. მისი თეორიის თანახმად მზის მაგნიტური ველი (განსაკუთრებით მზის აქტივობის პერიოდში) გადახრის გალაქტიკურ კოსმოსურ სხივებს და აქვეითებს ღრუბლების ონიზაციის შესაძლებლო-ბას. მაშასადამე, მზის გაძლიერებულ მაგნიტურ ველს ირიბად შეუძლია შეამციროს დედამიწის ალბედო და გამოიწვიოს კლიმატის დათბობა [4].

სვენსმარკის თეორიის მართებულობის დასამტკიცებლად საჭიროა შესრულდეს შემდეგი ოთხი პირობა:

1. მზის მაგნიტურ ველს უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ცვლილების დადებითი ტენდენცია;
2. გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ნაკადს უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ნეგატიური ტრენდი;
3. კოსმოსურმა სხივებმა ინტენსიურად უნდა აწარმოონ დაბალი იარუსის ღრუბლიანობის ონიზაცია;
4. დაბალდონიან ღრუბლიანობას უნდა გააჩნდეს გრძელვადიანი ნეგატიური ტრენდი.

კვლევებმა აჩვენა, რომ ბოლო 30 წლის განმავლობაში მზის არც მაგნიტურ ველს და არც მის სხვა მახასიათებელს რამე მნიშვნელოვანი ცვლილება არ განუცდიათ [5]. კოსმოსური სხივების ნაკადზე დაიკვირვებამაც აჩვენა, რომ XX საუკუნის შუა წლებიდან მნიშვნელოვანი ცვლილება არ დაფიქსირებულა. ბენესტადის თანახმად [6] გალაქტიკური კოსმოსური სხივები განიცდიან ცვლილებას, მაგრამ არა იმ მიმართულებით, რომელიც ახსნიდა დედამიწაზე ტემპერატურის მატებას (ნახ.3).



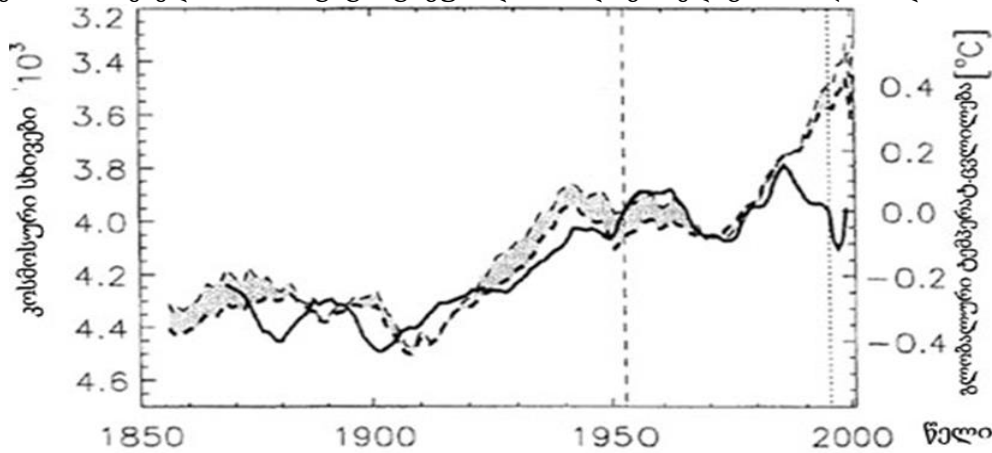
ნახ. 3. ნეიტრონული მონიტორის მონაცემთა ბაზიდან აღებული გალაქტიკური სხივების საშუალო წლიური მაჩვენებლების (ქვედა გრაფიკი) შედარება გლობალურ ტემპერატურის საშუალო წლიურ მონაცემებთან (ზედა გრაფიკი) NOAA NCDC.

ამერიკელი მეცნიერის რიჩარდ მეველდტის კვლევების თანახმად [7] კოსმოსური სხივების ინტენსივობა ბოლო 50 წლის მონაცემებით 19% -ით არის მომატებული. კოსმოსური სხივების გავლენით რომ გაზრდილიყო ღრუბელთდაფარვის ფართობი, მაშინ უნდა მომხდარიყო კლიმატის გაცივება და არა დათბობა. თუმცა, 2009 წელს NASA-მ დააფიქსირა კოსმოსური ნაკადის დიდი მნიშვნელობა, და 2009 და 2010 წლები ყველაზე ცხელი აღმოჩნდა (NASA GISS).

კოსმოსური სხივების ნაკადი 1970-1985 წწ პერიოდში ტემპერატურასთან მიმართებაში თითქმის ერთნაირად იცვლება (ნახ. 4), თუმცა 2000 წლისთვის ამ ორი პარამეტრის სვლა საკმაოდ განხვავებულია ერთმანეთისაგან და არ გვეძლევა იმის საშუალება ვამტკიცოთ, რომ ტემპერატურის 15% -ით ზრდის მიზეზი კოსმოსური სხივებია.

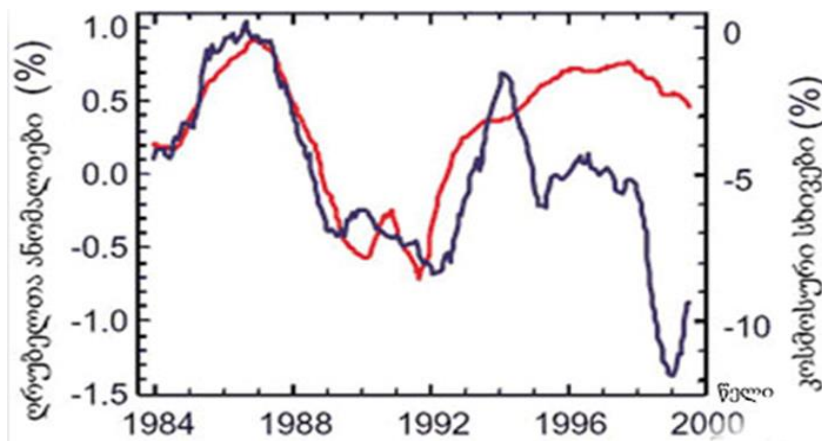
პიერსმა და ადამსმა [8] იონიზირებული აეროზოლების ზრდის ტემპის შესაფასებლად გამოიყენეს მოდელი ონლაინ-მიკროფიზიკით და აღმოაჩინეს, რომ ზრდის სიჩქარე ძალიან მცირეა და მას არ შეუძლია მნიშვნელოვანი როლის შესრულება ღრუბლების ფორმირებაში, და შესაბამისად, კლიმატის ცვლილებაში.

მრავალრიცხოვანმა კვლევებმა [9-13] აჩვენა, რომ გალაქტიკურ კოსმოსურ სხივებსა და ღრუბლის ოთხივე მახასიათებელს შორის სტატისტიკურად ნიშნადი კორელაცია არ აღმოჩნდა.



ნახ. 4. 1952 წლამდე აღდგენილი და 1952 წლის შემდეგ დაკვირვებული კოსმოსური გამოსხივების (მთლიანი ხაზი) შედარება გლობალურ ტემპერატურასთან (პუნქტირი) [6].

ნახ.5-ის მიხედვით კოსმოსურ გამოსხივებას და დაბალი იარუსის ღრუბლიანობას შორის კორელაცია არსებობდა მხოლოდ 1991 წლამდე, შემდეგ სურათი საპირისპიროდ შეიცვალა, ღრუბლიანობა კოსმოსურ გამოსხივებას 6 თვით ჩამორჩება, ეს მაშინ, როცა ღრუბლის წარმოქმნა უნდა მოხდეს რამდენიმე დღეში.



ნახ. 5. ქვედა იარუსის ღრუბლიანობისა (ქვედა მრუდი) და გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ინტენსივობის (ზედა მრუდი) შედარება.

თანამგზავრული და სხვა მიწისპირა საშუალებებით მიღებული დაკვირვებების ანალიზმა აჩვენა, რომ დაბალდონიან ღრუბლიანობის და საერთო ღრუბლიანობას შორის დროის საშუალო პერიოდში იკვეთება დიდი სხვაობები, მიუხედავად იმისა, რომ არტეფაქტებიც არსებობს. დაკვირვებული დაბალი ღრუბლიანობის საფარი გასაშუალებული მთელ მსოფლიო ოკეანეზე ეჭვს ბადებს, რადგანაც 1952-1997 წწ პერიოდში ამ მონაცემების მიხედვით ღრუბლიანობა საკმაოდ მომატებულია და მზის ენერჯის შთანთქმა შემცირებულია. ამ ფაქტს უნდა გამოეწვია დედამიწაზე გლობალური ტემპერატურის ვარდნა, რაც რეალობას არ შეეფარდება.

სლოელმა და ვოლფენდალმა [10] შეისწავლეს კოსმოსური სხივების გავლენა კლიმატზე ბოლო მილიარდი წლის განმავლობაში და აღმოაჩინეს, რომ გალაქტიკური კოსმოსური გამოსხივების ვარიაციები მცირეა და მნიშვნელოვან გავლენას დედამიწის კლიმატზე ვერ მოახდენდა.

ამრიგად, მეცნიერების წინაშე ისევ დგას უამრავი კითხვა დედამიწის კლიმატის გლობალურ ცვლილებასთან დაკავშირებით.

საერთაშორისო კვლევით ცენტრში CERN ში ხორციელდება გრანდიოზული პროექტი „CLOUD“. პროექტის ფარგლებში ტარდება ღრუბლების როგორც თეორიული, ასევე უნიკალური ექსპერიმენტალური კვლევები. პროექტში ჩართულია სხვადასხვა ქვეყნის ათასობით მეცნიერი. თუმცა, პროექტის ერთერთი ხემძღვანელის ჯასპერ კირკბის ინტერვიუს თანახმად დედამიწაზე კლიმატის

გლობალური ცვლილების მიზეზების, მათ შორის კოსმოსის გავლენის დასადგენად, საჭიროა რამდენიმე ათეული წელი.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ეელიზბარაშვილი. საქართველოს კლიმატური რესურსები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი 2007, 328 გვ.
2. Справочник по климату СССР, вып.14, часть V. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970.
3. საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2011.
4. H.Svensmark et.al. Variation cosmic ray flux and global cloud coverage a missing link in solar-climate relationship, Journal at Atmospheric and Solar-Terrrestrial Physics, vol.59, issue 11, 1997, 1125-1132pp.
5. N.A.Krivova, L.E.A.Vieira, S.K.Solanki Reconstruction of Solar spectral irradiance since the Maunder minimum, Journal of Geophysical Research Space physics, vol 115, issue A12, 2010.
6. R.E.Benestad et.al. Learning from mistakes in climate research, Theoretical and applied climatology, 126, 2016, 699-703pp.
7. R.Meweldt, Cosmic rays Hit Spare Age High Solar Eruptions and Energetic Particles, (Geophysical Monograph Series) 1st Edition, ISBN-13:978-0875904306, ISBN-10:0875904300, 365p.
8. Pierce, P.J.Adams Can Cosmic rays affect cloud condensation nuclei by altering new particle formation rates? Geophysical Research Letters, vol.36, issue 9, 2009.
9. J,Kazil, E.R.Lovejng et.al. Aerosol nucleation over ocean and the role of galactic cosmic rays, Atmos. Chem. Phys., 6, 4905-4924-2006, 1006.
10. T.Sloan and A.W.Wolfendale, Cosmic rays, solar activity and the climate, Environmental Research Letters, Vol.8, Num.4, 2013.
11. J. Calogovic et.al Sudden cosmic ray decreases: No change of global cloud cover, geophysical Research Letters, Vol.37, issue 3, 2010.
12. J.E.Kristjansson et.al. Cosmic Rays, CCN and Clouds-reassessment using MODIS data, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 8, 13265-13299, 2008.
13. J.Krissansen-Totton and R.Davies Investigation of cosmic ray-cloud connections using MISR, Department of Physics The University of Ouckland, New Zeland, 2013.

უაკ 551.583

ღრუბლიანობა და კოსმოსური სხივები. /ნ.კაპანაძე. ი.მკურნალიძე/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.72-76. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატოლოგიის თვალსაზრისით ღრუბლიანობის მოკლე დახასიათება. აღნიშნულია ღრუბლიანობის როლი დედამიწაზე კლიმატის ფორმირებაში. გაანალიზებულია დედამიწის ღრუბლიან საფარზე გალაქტიკური კოსმოსური სხივების გავლენის შესწავლის მიზნით მსოფლიოს სხვადასხვა სამეცნიერო ცენტრში ჩატარებული კვლევები. წარმოდგენილია შესაბამისი ილუსტრაციები.

UDC 551.583

Cloudiness and cosmic rays./Kapanadze N., Mkurnalidze.I./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.72-76. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

In this paper, from a climatological point of view, a brief description of cloudiness in the territory of Georgia is given. The role of cloudiness in the formation of the Earth's climate is noted. Considered are the significant work carried out in various scientific centers around the world to study the influence of galactic cosmic rays on the cloud cover of the Earth.

УДК 551.583

Облачность и космические лучи. /Капанадзе Н.И., Мкурналидзе И.П./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с.72-76. - Груз.; Рез. Груз., Анг., Рус

В данной работе дана с климатологической точки зрения краткая характеристика облачности на территории Грузии. Отмечена роль облачности в формировании климата на Земле. Рассмотрены значительные работы, которые ведутся в различных научных центрах мира по исследованию влияния галактических космических лучей на облачный покров Земли. Представлены соответствующие иллюстрации.

უაკ 504.5.054

სმოგის რიცხვითი მოდელის შესახებ

*გ. გელაძე, **ნ. ბეგალიშვილი

*თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო givi-geladze@rambler.ru

**ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი.

თემის აქტუალურობა. სულ უფრო იზრდება რიცხვითი მოდელირების როლი ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების შესწავლის დარგში. თანაც კვლევათა ფრონტი ვითარდება ყველა მიმართულებით. ამ მიმართულებებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ მეზომეტეოროლოგიურ პროცესებს. ამჟამად შექმნილია რიგი ცალკეული მეზომეტეოროლოგიის რიცხვითი მოდელებისა (ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასაზღვრო ფენა – **ამსფ**, ღრუბლები, სხვადასხვა სახის ნისლი, აეროზოლის ტურბულენტური დიფუზია და ა. შ.). მაგრამ განსაკუთრებულ აქტუალურობას იძენს ისეთი რიცხვითი მოდელების შექმნა, რომლებიც შეისწავლიან ამ პროცესებს ერთიან კომპლექსში, მათ შორის არსებული რთული ურთიერთკავშირების გათვალისწინებით.

გარდა ამისა, 21-ე საუკუნეში ყოველგვარი გადაჭარბების გარეშე შეიძლება ითქვას, რომ ნომერ პირველი არის ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების პრობლემა, რაც გამოწვეულია ყველასათვის კარგად ცნობილი გარემოს ძალიან ინტენსიური დაბინძურებით, გლობალური დათბობითა და ა. შ.

აქედან გამომდინარე ვფიქრობთ, რომ მეტად საშური საქმეა **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკის ფონზე შესწავლილ იქნას ღრუბელ- და ნისლფორმირება (სწორედ ამ მეტეოროლოგიურ ობიექტებში ხდება მავნე ნივთიერებების აკუმულირება, სხვადასხვა სმოგების წარმოქმნა) და აეროზოლის ტურბულენტური დიფუზია რიცხვითი მოდელირების მეთოდების საშუალებით.

ასევე აღსანიშნავია, რომ თემა არის ნამდვილად „ქართული“, გამომდინარე მეზომეტეოროლოგიური პროცესების მასშტაბებისა და ჩვენი ქვეყნის ფიზიკო-გეოგრაფიული პირობებიდან.

თემის აქტუალურობა განპირობებულია აგრეთვე ისეთი მეტად მნიშვნელოვანი დარგებით, როგორცაა ამინდის ლოკალური პროგნოზი, საავიაციო-, აგრო- და საზღვაო მეტეოროლოგია, ეკოლოგია, სამშენებლო მექანიკა, ქარის ენერგეტიკა და ა. შ.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სწორედ ნისლი და ღრუბლები არიან პასუხისმგებელი დედამიწის რადიაციულ და წყლის ბალანსზე; მათი სახით მომავლისათვის გვაქვს მტკნარი წყლის უსასრულო მარაგი; ასევე დიდია მათი როლი ჩვენი პლანეტის ელექტრომაგნიტური რეჟიმის ჩამოყალიბებაში; გასახსენებელია ის ფაქტიც, რომ ამ პროცესებზე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში ჩვენს რესპუბლიკაში ხორციელდებოდა აქტიური ზემოქმედება [1, 2].

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს **ამსფ**, ფენა, რომელშიც ვლინდება ქვეფენილის არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, ოროგრაფიული, „წყლიანური“, ანტროპოლოგიური და ა. შ.). მისი ჰორიზონტალური ზომებია 100 – 200 კმ, ვერტიკალური კი 2 კმ. ძირითად აქცენტს ვაკეთებთ **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკაზე, ნოტიო (ფენა ღრუბლები, ნისლი) ველებსა და აეროზოლის გავრცელებაზე.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ჩვენს მიერ უკვე დამუშავებული **ამსფ**-ის რიცხვითი მოდელის სრულყოფა. აქცენტს ვაკეთებთ ეკოლოგიური თვალსაზრისით ისეთ მომენტებზე, როგორცაა ფენა ღრუბლებისა და რადიაციული ნისლის მოდელირება, **ამსფ**-ში აეროზოლის გავრცელება, სმოგის სიმულაცია.

იმ დარგის ამოცანები, რომლებშიც ჩვენ გვიხდება მუშაობა, **ამსფ** და, ზოგადად, მეზომეტეოროლოგია, აღიწერება თერმოჰიდროდინამიკისა და დიფუზიის პარაბოლური ტიპის არსებითად არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით. ამიტომ ისინი იშვიათი გამონაკლისის შემთხვევების გარდა იხსნებიან კომპიუტერზე რიცხვითი მეთოდების საშუალებით. ამჟამად ძირითადად საქმე გვაქვს 2-განზომილებიან ($x - z$ სიბრტყეში) ამოცანებთან.

საწყის განტოლებათა სისტემა. ზოგადად, კლასიკური ჰიდროდინამიკიდან ცნობილია, რომ სასაზღვრო ფენა არის სითხის ის ფენა, რომელშიც ვრცელდება კედლის არაერთგვაროვნება, კერძოდ, **ამსფ** არის ატმოსფეროს ის ფენა, რომელშიც ვლინდება დედამიწის ზედაპირის, როგორც კედლის, არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, ოროგრაფიული, „წყლიანური“, ანტროპოგენური და ა. შ.). მისი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მასშტაბებია დაახლოებით 100 – 200 კმ, და 2 კმ, შესაბამისად. ჩვენ ვიხილავთ 2-განზომილებიან არასტაციონარულ ამოცანას ვერტიკალურ ($x - z$) სიბრტყეში. მცირე ჰორიზონტალური ზომების გამო შეგვიძლია კორიოლისის ძალა უგულებელვყოთ. როგორც მიღებულია **ამსფ**-ის ამოცანების განხილვისას, არ ვითვალისწინებთ ჰაერის სიმკვრივის ვარდნას სიმაღლის მიხედვით.

თუ გამოვიყენებთ მაკრომასშტაბური მოვლენების მეზოპროცესებზე ზეგავლენის გათვალისწინების მეთოდს, ბუსინესკის თავისუფალი კონვექციის გამარტივებას, კვაზისტატიკურ მიახლოებას, ტურბულენტობის კოეფიციენტების მუდმივობას, მაშინ ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკისა (წყლის ორთქლის ფაზური გარდაქმნის გათვალისწინებით) და მასში აეროზოლის გავრცელების ამოცანის საწყის განტოლებათა სისტემას ექნება ასეთი სახე [2 – 6]:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\partial \pi}{\partial x} + \Delta' u, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial z} = \lambda \vartheta, \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} + S w = \frac{L}{c_p} \Phi + \Delta' \vartheta, \quad (4)$$

$$\frac{dq}{dt} + \gamma_q w = -\Phi + \Delta' q, \quad (5)$$

$$\frac{dv}{dt} = \Phi + \Delta' v, \quad (6)$$

$$\frac{dc}{dt} - w_0 \frac{\partial c}{\partial z} = \Delta' c, \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + w \frac{\partial}{\partial z}, \quad \Delta' = \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial z^2},$$

სადაც u, w არიან ქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები, შესაბამისად, π, θ, q – წნევის ანალოგის, პოტენციური ტემპერატურისა და ხვედრითი სინოტივის ნაზრდები, შესაბამისად, v - ხვედრითი წყლიანობა, c - აეროზოლის კონცენტრაცია, λ, S - ატმოსფეროს ფლოტაციისა და სტრადიფიკაციის პარამეტრები, შესაბამისად, γ_q - ფონური ხვედრითი სინოტივის ვერტიკალური გრადიენტი, Φ - წყლის ორთქლის კონდენსაციის სიჩქარე, L - კონდენსაციის ფარული სითბო, c_p - მშრალი ჰაერის კუთრი სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს, μ, ν - ტურბულენტობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კოეფიციენტები, შესაბამისად, w_0 - აეროზოლის დაღეკვის სიჩქარე.

ჩამოვაცალიბოთ სასაზღვრო და საწყისი პირობები (1) – (7) სისტემისათვის ზოგადი სახით.

$$\text{თუ } z = 0 \quad u = 0, \quad w = 0, \quad \vartheta = F(x, t), \quad q = 0, \quad v = 0, \quad c = 0, \quad (8)$$

სადაც $F(x, t)$ არის ამსფ-ის ქვეფენილის ტემპერატურა, რომელსაც „ვიღებთ“

მეტეოექსპერიმენტებიდან:

$$F(x, t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 32km, \quad 48km < x \leq 80km, \\ 5 \sin \omega t & 32km \leq x \leq 48km, \end{cases} \quad (9)$$

აქ ω არის დედამიწის დღე-ღამური ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. ე. ი. ამსფ-ის ამოცანას ვიხილავთ ქვეფენილის მხოლოდ ტემპერატურული არაერთგვაროვნების, კერძოდ, სითბური „კუნძულის“ ტემპერატურის დღე-ღამური სვლის კანონით გათვალისწინებით პირობებში.

ამსფ-ის ზედა საზღვარზე ვაძლევთ u, π, θ - ის მიღვევისა და q, v, c - ის უწყვეტობის პირობებს:

$$\text{თუ } z = Z \quad u = 0, \quad \pi = 0, \quad \vartheta = 0, \quad \frac{\partial q}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial c}{\partial z} = 0, \quad (10)$$

გამომდინარე ფიზიკური მოსაზრებებიდან და რიცხვითი რეალიზაციის მოხერხებულობიდან ამსფ-ის გვერდით საზღვრებზე ვაძლევთ ასეთ პირობებს:

$$\text{თუ } x = 0, X \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial q}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial c}{\partial x} = 0, \quad (11)$$

სადაც X და Z არიან ამსფ-ის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური საზღვრები.

სისტემისათვის (1) – (6) საწყისად ვიღებთ შემდეგ პირობებს:

$$\text{თუ } t=0 \quad u=0, \quad \vartheta=0, \quad q=0, \quad v=0, \quad (12)$$

რადგან ტურბულენტური დიფუზიის განტოლება (7) იხსნება მეყსეული წერტილოვანი წყაროდან აეროზოლის დისპერგიების შემდეგ, ამიტომ მისთვის საწყისი პირობა ჩაიწერება ასეთი სახით:

$$\text{თუ } t=t_0 \quad c = M \delta(x-x_0, z-z_0), \quad (13)$$

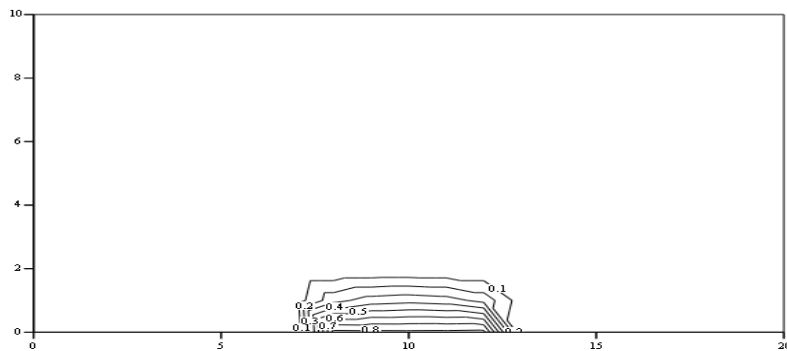
სადაც t_0 არის აეროზოლის დისპერგიების მომენტი, M – აეროზოლის წყაროს სიმძლავრე, ხოლო (x_0, z_0) – წყაროს კოორდინატები.

ამრიგად, ჩვენი ძირითადი ამოცანა დაყვანილია (1) – (7) სისტემის მართკუთხა ($0 \leq x \leq X, 0 \leq z \leq Z$) არეში ამოხსნაზე (8) – (13) სასაზღვრო და საწყისი პირობების გათვალისწინებით.

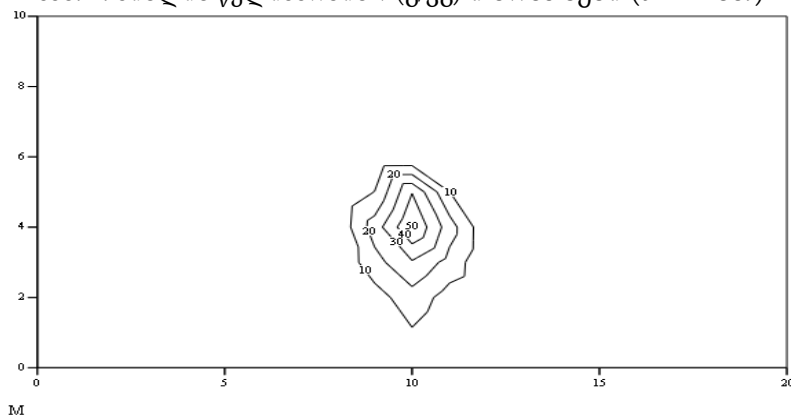
მოცემული სისტემა იხსნება ცხადი სასრულ-სხვაობიანი რიცხვითი სქემის საშუალებით. (1), (4) – (7) განტოლებების აპროქსიმაცია ხდება ბრაიენის სქემის მიხედვით, რომელიც არ ხასიათდება არაწრფივი არამდგრადობით. (2) და (3) განტოლებების ინტეგრებას ვახდენთ ტრაპეციის ფორმულით.

განხილულ რიცხვით სქემას აქვს პირველი რიგის აპროქსიმაცია დროის მიხედვით და მეორე რიგის აპროქსიმაცია კოორდინატის მიხედვით.

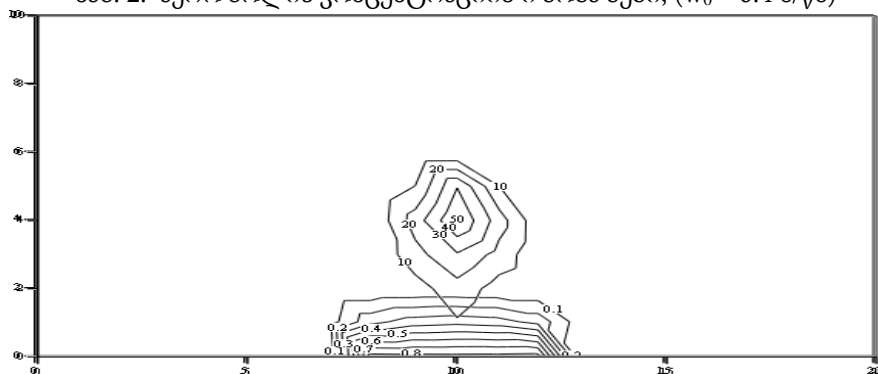
ამოცანის ამოხსნის შედეგად მივიღეთ სიმულირებული ნისლი, ღრუბელი და მათ ფონზე აეროზოლის „ღრუბელი“ და ვახდენთ ღრუბლისა და აეროზოლის „ღრუბლისა“ და ნისლისა და აეროზოლის „ღრუბლის“ ზედდებას. და სწორედ ესაა სმოგი. მომყავს შესაბამისი გრაფიკები.



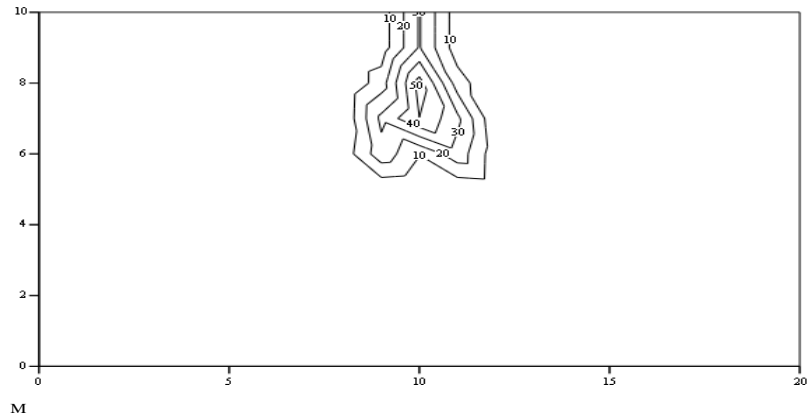
ნახ. 1. ნისლის წელიანობის v (გ/კგ) იზოხაზები ($t = 21$ სთ)



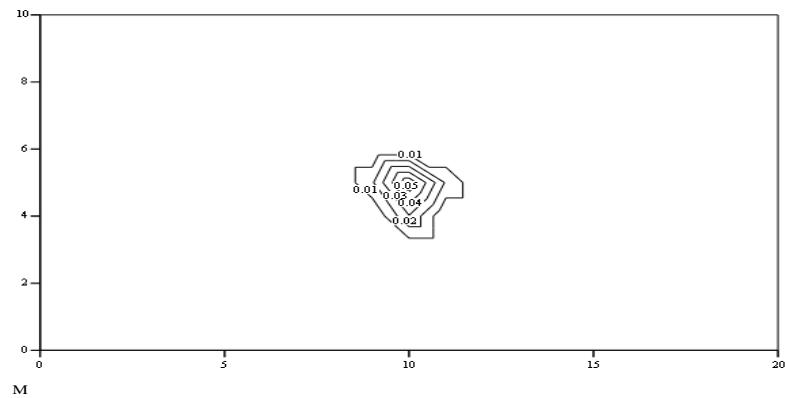
ნახ. 2. აეროზოლის კონცენტრაციის იზოხაზები, ($w_0 = 0.4$ მ/წმ)



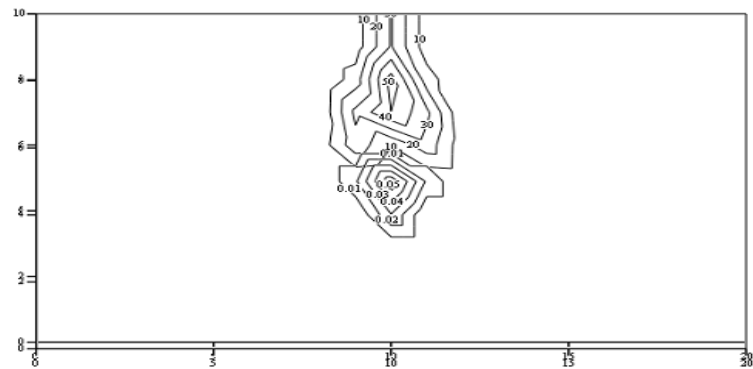
ნახ.3. სმოგი (ნისლი + აეროზოლი).



ნახ. 4. აეროზოლის კონცენტრაციის იზოხაზები, $w_0 = 0$.



ნახ. 5. ღრუბლის წყლიანობის v (გ/კგ) იზოხაზები ($t = t_0$).



ნახ. 6. სმოგი (ღრუბელი + აეროზოლი).

ნახ. 3 და ნახ. 6 აშკარად ჩანს ნოტიო ველებისა და აეროზოლის „ღრუბლის“ გადაფარვა – სწორედ ესაა სმოგი .

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967, 409 с.
2. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов – Л.: Гидрометеоиздат, 1969, -295 с.
3. Амиров А. Д. , Геладзе Г. Ш., Перов В. Л. Учёт фазовых переходов влаги в некоторых задачах мезометеорологии. – Тр. Зап.-Сиб регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та, 1975, вып. 14, 5-17.
4. Геладзе Г. Ш., Мишвеладзе Б. А., Сулаквелидзе Г. К. Численное моделирование распространения аэрозоля в мезомасштабном пограничном слое атмосферы. – Сообщения АН СССР, 1976, т. 83, № 3, с. 605 – 608.
5. გელაძე გ. შ. , ბეგალიშვილი ნ. ა. ზოგიერთი ანომალური მეზოპროცესის მოდელირება. ჰიდრომეტეინსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2016 წლის 20–21 მაისი.

6. გელაძე გ. შ. ატმოსფეროს მეზომასშტაბური სასაზღვრო ფენის ზოგიერთი ანომალიური პროცესის რიცხვითი მოდელირება. თსუ გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებული სემინარი, 2010 წ. 18 – 21 აპრილი.

უკ 504.5.054

სმოგის რიცხვითი მოდელის შესახებ/გ. გელაძე, ნ.ბეგალიშვილი/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.77-81. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

რიცხვითი მეთოდების საშუალებით მოდელირებულია ატმოსფეროს მეზომასშტაბური სასაზღვრო ფენაში (ამსფ) ფორმირებული ღრუბლისა და ნისლის განვითარების სრული ციკლი.

მოდელირებულია აგრეთვე ამსფ-ში აეროზოლის გავრცელება წერტილოვანი წყაროდან.

ამსფ-ში ნოტიო პროცესებისა და აეროზოლის გავრცელების მოდელების "ზედდების" შედეგად შესაძლებელია მოგის ფორმირების სიმულაცია.

UDC 504.5.054

About numerical model of smog/ G. Geladze, N. Begalishvili/Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp. 77-81. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

A numerical model of the full cycle of cloud and fog genesis in the mesoboundary layer of atmosphere has been created.

A numerical model of the distribution of aerosol from an instantaneous point source into the mesoboundary layer of the atmosphere has been created.

The formation of smog is simulated based on the synthesis and "overlay" of the two above models.

УДК 504.5.054

О численной модели смога. /Г. Геладзе, Н. Бегалишвили// Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. - с. 77-81. - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус

Создана численная модель полного цикла генезиса облака и тумана в мезопогрансое атмосферы.

Создана численная модель распространения аэрозоля из мгновенного точечного источника в мезопогрансое атмосферы.

Смоделировано возникновение смога на основе синтеза и «наложения» двух вышеприведённых моделей.

ავტორთა საძიებელი

1	გელაძე გ.	78
2	ბასილაშვილი ც.	12
3	ბეგალიშვილი ნ.	78
4	ბეგლარაშვილი ნ.	40
5	გიგაური ნ.	44
6	გორგიჯანიძე ს.	7
7	გუნია გ.	51
8	დემეტრაშვილი დ.	59
9	დიასამიძე ც.	32
10	თვაური გ.	24
11	ინჭირველი ლ.	44

12	კაპანაძე ნ.	66,71
13	კობახიძე ნ.	20
14	კორძახია გ.	24
15	კუხალაშვილი ვ.	44
16	მელაძე გ.	36
17	მელაძე მ.	36
18	მკურნალიძე ი.	71
19	სალუქვაძე მ.	20
20	სამუკაშვილი რ.	32
21	სამხარაძე ი.	56
22	სურმავა ა.	44

23	ტატიშვილი მ.	56
24	ფალავანდიშვილი ა.	56
25	ფიფია მ.	40,44
26	შენგელია ლ.	24
27	შველიძე ო.	17
28	ცინცაძე თ.	66
29	ძამამია მ.	24
30	ხვედელიძე ზ.	56
31	ჯინჭარაძე გ.	40

AUTHOR INDEZ

1	Geladze G.	78
2	Gorgijanidze S.	7
3	Basilashvili Ts.	12
4	Begalishvili N.	78
5	Beglarashvili N.	40
6	Demetrashvili D.	59
7	Diasamidze Tsi.	32
8	Dzadzamia M.	21
9	Gigauri N	44
10	Gunia G.	51
11	Intskirveli L.	40

12	Jincharadze G.	40
13	Kapanadze N.	66,71
14	Khvedelidze Z.	56
15	Kobakhidze N.	20
16	Kordzakhia G.	24
17	Kukhalashvili V.	40
18	Meladze M.	36
19	Meladze G.	36
20	Mkurnalidze I.	71
21	Palavandishvili A.	26
22	Pipia M.	40,44

23	Salukvadze M.	20
24	Samkharadze I.	56
25	Samukashvili R.	32
26	Shengelia L	24
27	Shvelidze O.	17
28	Surmava A	470
29	Tatishvili M.	56
30	Tsintsadze T.	66
31	Tvauri G.	24

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

1	Геладзе Г.Ш.	78
2	Горгиджанидзе С.Н.	7
3	Басиладшвили Ц.З.	12
4	Бегалишвили Н.Н.	78
5	Бегларашвили Н.Г.	40
6	Гигаури Н.Г.	44
7	Гуния Г.С.	51
8	Деметрашвили Д. Т.	59
9	Джинчарадзе Г.А.	10
10	Дзадзамия М. Ш.	21
11	Диасамидзе Ц.О.	32

12	Инцкирвели Л.Н.	44
13	Капанадзе Н.И.	66,71
14	Кобахидзе Н.Ш.	20
15	Кордзахия Г.,И.	24
16	Кухалашвили В.Г.	44
17	Меладзе Г.Г.	36
18	Меладзе М.Г.	36
19	Мкурналидзе И.П.	71
20	Палавандишвили А.М.	56
21	Пипиа М.Г.	40,44
22	Салуквадзе М.П.	20

23	Самукашвили Р.Д.,	32
24	Самхарадзе И.Н.	56
25	Сурмава А.А.	44
26	Татишвили М.Р.	56
27	Тваური Г.А,	24
28	Хведелидзе З.В.	56
29	Цицадзе Т.Н.	66
30	Шенгелия Л.Д,	24
31	Швелидзе О.Г.	17