

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები

ტომი № 123

ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური  
პრობლემები

---

---

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY  
AT THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

VOL.№123

PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

---

---

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ТОМ № 123

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

---

---

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2016

<b>მთავარი რედაქტორი</b>	ნ.ბეგალიშვილი
<b>Editor in Chief</b>	N.Begalishvili
<b>Главный редактор</b>	Бегалишвили Н.А.
<b>სარედაქციო კოლეგია</b>	ბ.ბერიტაშვილი (რედაქტორის მოადგილე), გ.გაჩეჩილაძე, გ.გუნია, გ.გრიგოლია, ე.ელიზბარაშვილი, გ.მელაძე, რ. სამუკაშვილი, ვ. ცომაია, თ.ცინცაძე (პასუხ. მდივანი)
<b>სარედაქციო საბჭო</b>	ნ.ბუაჩიძე, ი.გელაძე, ჯ.ვაჩნაძე, ლ.ინჭკირველი, მ.მელაძე, გ.ხერხეულიძე.
<b>Editorial Board</b>	V.Beritashvili (Deputy Ed.-in-Chief), G.Gachechiladze, G.Gunia, G.Grigolia, E.Elizbarashvili, G.Meladze, R. Samukashvili, V.Tsomaia, T.Tsintsadze (Executive secretary)
<b>Editorial Council</b>	N.Buachidze, J.Vachnadze, I.Geladze, L.Inckirveli, M.Meladze, G.Kherkheulidze
<b>Редакционная коллегия</b>	Бериташвили Б.Ш. (зам.гл. редактора), Гачечиладзе Г.А., Григолия Г.Л., Гуня Г.С., Меладзе Г.Г., Самукашвили Р.А., Цомая В.Ш., Цинцадзе Т.Н. (отв. секретарь), Элизбарашвили Э.Ш.
<b>Редакционный совет</b>	Буачидзе Н.С., Вачнадзе Д.И., Геладзе И.М., Инцкирвели Л.И., Меладзе М.Г., Херхеулидзе Г.И.

**შენიშვნა:** რედაქცია არ აგებს პასუხს ავტორების მიერ წარმოდგენილ მასალებზე  
**Note:** The Editorial board is not responsible for materials submitted by authors  
**Примечание:** Редакция не несет ответственности за содержание материалов, представляемых авторами

ISSN 1512-0902

©	<p>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი</p> <p><b>INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY AT THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY</b></p> <p><b>ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА</b></p>	2016
---	---	------

წინამდებარე კრებულში შესულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის 62-ე მაისის სამეცნიერო სესიაზე მოსმენილი მოხსენებები, მიძღვნილი ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემებისადმი. შესაბამისი სტატიები მოცემულია შემდეგ სამეცნიერო მიმართულებათა მიხედვით: მეტეოროლოგია, კლიმატოლოგია, აგრომეტეოროლოგია, ჰიდროლოგია, კლიმატის ცვლილება, ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.

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

In this issue texts of papers presented at the 62-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 62-ой майской научной сессии Института Гидрометеорологии, посвященной актуальной проблеме 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.

**საქართველოს ატმოსფეროში გავრცელებული და მდინარეში ჩაღვრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების რიცხვითი მოდელის შექმნა**

ა. სურმავა, ლ. ინწკირველი, ნ.გიგაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

მოდელების შექმნისა და მათი საშუალებით ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების მიზანს წარმოადგენს დამუშავდეს ისეთი მათემატიკური მოდელები, რომლებიც საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება საქართველოს ცალკეულ რეგიონების ატმოსფერული ჰაერისა და ძირითადი მდინარეების დაბინძურების დონის განსაზღვრა მათში დიდი რაოდენობით მოხვედრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების შემთხვევებში. ასეთი სამუშაოს შესრულების საშუალებას იძლევა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წლების განმავლობაში ჩატარებული კვლევები [1-3]. სამუშაო ითვალისწინებს შედეგი 2 სახის მოდელის შექმნას:

**მოდელი 1.**

საქართველოს რეგიონისათვის β-მეზომასშტაბის ატმოსფერული პროცესების განვითარების, ატმოსფეროში დამაბინძურებელი პასიური და არაპასიური ნივთიერებების გავრცელების და ნიადაგზე დაღეჭვის რიცხვითი მოდელის დამუშავება.

1. ამოცანის დასმა

განიხილება არე რომელიც მოიცავს საქართველოს რთული რელიეფის მქონე ტერიტორიას, რომლის პორიზონტალური ზომები დაახლოებით 150-200 კმ-ია მოდელის რეალიზაციისათვის გამოყენებულია ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის შემდეგი განტოლებათა სისტემა:

a) ატმოსფეროსათვის [4,5] :

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -\frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial x} + lv + g(1+0.61q)\vartheta \frac{\partial z}{\partial x} + \mu\Delta u + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \frac{\partial u}{\partial \zeta}, \\ \frac{dv}{dt} &= -\frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial y} - lu + g(1+0.61q)\vartheta \frac{\partial z}{\partial y} + \mu\Delta v + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \frac{\partial v}{\partial \zeta}, \\ \frac{\partial \phi}{\partial \zeta} &= \frac{g}{RT}(1+0.61q)\vartheta h, \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{w}h}{\partial \zeta} + \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dz} wh = 0, \\ \frac{\partial \vartheta}{\partial t} + u \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + v \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \tilde{w} \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} + Sw &= \mu\Delta \vartheta + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} + \frac{L}{\rho C_p} \phi_{con} - \frac{\partial \theta}{\partial t}, \\ \frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + \tilde{w} \frac{\partial q}{\partial \zeta} &= \mu\Delta q + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial q}{\partial \zeta} - \phi_{con}, \\ \frac{\partial m}{\partial t} + u \frac{\partial m}{\partial x} + v \frac{\partial m}{\partial y} + \tilde{w} \frac{\partial m}{\partial \zeta} &= \mu\Delta m + \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial m}{\partial \zeta} + \phi_{con} - \frac{\partial N}{\partial t}, \\ \frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{w_0}{h}) \frac{\partial c}{\partial \zeta} &= \mu \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial c}{\partial \zeta} - \frac{\partial C}{\partial t} \\ \frac{d}{dt} &= \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \tilde{w} \frac{\partial}{\partial \zeta}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad w = \frac{\partial z}{\partial t} + u \frac{\partial z}{\partial x} + v \frac{\partial z}{\partial y} + \tilde{w}h \end{aligned} \tag{1}$$

ბ) ნიადაგის აქტიური ფენისათვის [6.7]:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} D(V) \frac{\partial V}{\partial z} - \frac{\partial E(V)}{\partial z}, \quad \frac{\partial T_{soil}}{\partial t} = K_{soil} \frac{\partial^2 T_{soil}}{\partial z^2}, \quad \text{სადაც } \delta_0 > z > Z_{soil}; \tag{2}$$

ც) ზღვის წყლის ზედა ფენისათვის :

$$\frac{\partial T_{sea}}{\partial t} = K_{sea} \frac{\partial^2 T_{sea}}{\partial z^2} + \frac{1}{C_{sea} \rho_{sea}} \frac{\partial I}{\partial z}, \quad \text{სადაც } \delta_0 > z > Z_{sea}, \tag{3}$$

სადაც  $t$  დროა;  $x, y$  და  $z$  აღმოსავლეთით, ჩრდილოეთით და ვერტიკალურად ზევით მიმართული დეკარტეს კოორდინატა ღერძებია, შესაბამისად;  $\zeta = (z - \delta)/h$  განუზომადი ვერტიკალური კოორდინატა;  $\delta = \delta(x, y)$  მიწისპირა ფენის სიმაღლეა;  $\delta_0$  რელიეფის სიმაღლეა;  $h = H - \delta$ ;  $H(t, x, y)$  ტროპოპაუზის სიმაღლეა;  $u, v, w$  და  $\tilde{W}$  ქარის სიჩქარის მდგენელებია  $x, y, z$  და  $\zeta$  ღერძების გასწვრივ;  $\mathcal{G} = T'/\bar{T}$  და  $\varphi = P'/\bar{P}(z)$  ტემპერატურისა და წნევის ანალოგებია;  $\bar{T} = 300K$ ;  $T', P'$  ტემპერატურის და წნევის გადახრებია მათი სტანდარტული ვერტიკალური განაწილებებიდან  $T(z) = \bar{T} - \gamma z$  და  $\bar{P}(z)$ , შესაბამისად;  $\gamma$ - ტემპერატურის სტანდარტული ვერტიკალური გრადიენტი;  $\mathcal{G}$  და  $\theta$  ტემპერატურის ანალოგის მეზომასშტაბური და ფონური შემადგენელი ნაწილებია;  $\mathcal{G}' = \mathcal{G} - \theta$ ;  $q$  და  $Q$  წყლის ორთქლის მასური ნაწილი და ფონური მასური ნაწილებია;  $m$  და  $M$  ღრუბლის წყლის მასური ნაწილი და ფონური მასური ნაწილებია;  $T_{soil}$  და  $T_{se}$  ნიადაგისა და ზღვის წყლის ტემპერატურებია;  $c$  ატმოსფეროს დამაბინძურებელი პასიური ნივთიერების კონცენტრაციაა;  $V$  ნიადაგში წყლის მოცულობითი შემცველობაა;  $\rho(z)$  და  $\rho_{sea}$  მშრალი ჰაერის სიმკვრივის სტანდარტული ვერტიკალური განაწილება და ზღვის წყლის სიმკვრივეა;  $g$  თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა;  $R$  უნივერსალური გაზური მუდმივაა მშრალი ჰაერისათვის;  $C_p$  და  $C_{sea}$  მშრალი ჰაერის კუთრი სითბოტევადობაა მუდმივი წნევის პირობებში და ზღვის წყლის კუთრი სითბოტევადობაა;  $S$  თერმული მდგრადობის პარამეტრია;  $L$  კონდენსაციის ფარული სითბოა;  $\phi_{con}$  კონდენსაციის სიჩქარეა;  $\mu$  და  $\nu$  ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტი;  $\partial N / \partial t$  - ნალექების მოსვლის ინტენსივობაა;  $D$  ნიადაგში წყლის დიფუზიის კოეფიციენტი;  $E$  - ნიადაგის ფილტრაციის კოეფიციენტი;  $I$  ზღვაში მზის ჯამური რადიაციის ნაკადია;  $K_{soil}$  და  $K_{sea}$  ნიადაგისა და ზღვის წყლის ტემპერატურაგამტარებლობის კოეფიციენტებია.  $\mu$  და  $\nu$  განსაზღვრულნი არიან შემდეგი ფორმულებით [8,9]:

$$\mu = \Delta x \Delta y \sqrt{2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2} ; \nu = (0.05 \Delta z)^2 \sqrt{\left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2} \frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} ;$$

სადაც  $\Delta x$  და  $\Delta y$  - ჰორიზონტალური ბიჯებია,  $\Delta z$  - ვერტიკალური ბიჯია.

ატმოსფეროს მიწისპირა 100 მ ფენაში მეტეოროლოგიური ვეელების და ტურბულენტობის კოეფიციენტების განსაზღვრავად გამოიყენება პარამეტრიზაციული მოდელი [10]:

$$\frac{\partial |\mathbf{u}|}{\partial z} = \frac{u_*}{\chi z} \phi_u(\zeta), \quad \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{p_*}{\chi} \varphi_g(\zeta), \quad (p = \mathcal{G}, q), \quad \zeta = \frac{z}{L}, \quad L = \frac{u_*^2}{\lambda \chi^2 \mathcal{G}_*^2}$$

$$|\mathbf{u}| = \frac{u_*}{\chi} f_u(\zeta, \zeta_u), \quad p - p_0 = p_* f_p(\zeta, \zeta_0), \quad \zeta_u = \frac{z_u}{L}, \quad \zeta_0 = \frac{z_0}{L}, \quad \text{if } z \leq z_{sur}, \quad (4)$$

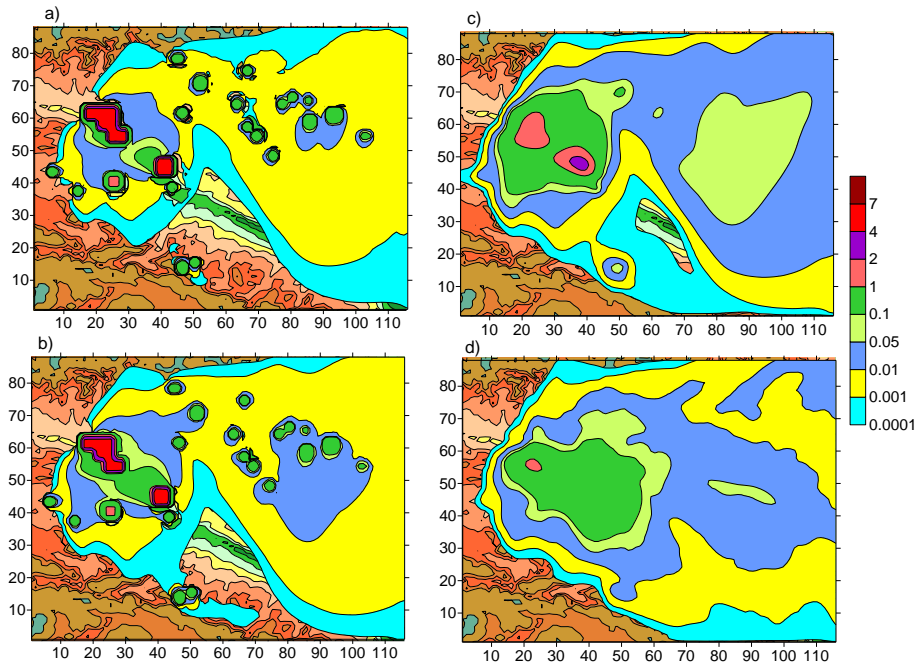
$$v_i = \frac{u_* \chi z}{\phi_i(\zeta)}, \quad (v_i)_h = \frac{u_* \chi h_s}{\phi_i(\zeta_h)}, \quad (i = u, \mathcal{G}), \quad \zeta_h = \frac{h_s}{L},$$

სადაც  $|\mathbf{u}| = (u^2 + v^2)^{0.5}$  ქარის სიჩქარის მოდულია;  $u_*$  ხახუნის დინამიკური სიჩქარეა;  $\mathcal{G}_*$  და  $q_*$  არიან პოტენციალური ტემპერატურისა და წყლის ორთქლის მოცულობითი შემცველობა ხორკლიანობის დონეზე;  $\chi$  კარმანის მუდმივაა;  $z_0$  და  $z_u$  არიან ხორკლიანობის პარამეტრი ქარის სიჩქარისა და ტემპერატურისათვის შესაბამისად;  $L$  სიგრზის მასშტაბია;  $\lambda = g/\bar{T}$  კონვექციის პარამეტრია;  $\phi_u(\zeta)$ ,  $\varphi_g(\zeta)$ ,  $f_u(\zeta, \zeta_u)$ , და  $f_p(\zeta, \zeta_0)$  უნივერსალური ფუნქციებია.

(1) - (4) განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად გამოიყენება შესაბამისი სასაზღვრო და საწყისი პირობები. ისინი, კერძოდ, უშვებენ დროის საწყის და შემდგომ მომენტებში

დამაბინძურებელი წყაროების მიდამოებში მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციების მნიშვნელობების ცოდნას. მოდელის ინტეგრირება ხორციელდება ცხადი რიცხვითი სქემის [11], კრანკლ-ნიკოლსონის არაცხადი რიცხვითი სქემისა და კოორდინატების და პროცესების მიხედვით გახლენის მეთოდის [12] გამოყენებას.

ჩატარებულია ტესტური გამოთვლები კახეთის ტერიტორიაზე არსებული ქალაქებიდან ატმოსფეროში ამოფრქვეული მტვერის გავრცელების რიცხვითი მოდელირებისათვის. განხილულია შემთხვევა, როდესაც კახეთის ტერიტორიაზე ადგილი აქვს დასავლეთის ფონურ ქარს, რომლის სიჩქარე იცვლება 1 მ/წმ-დან მიწის ზედაპირიდან 10 მ სიმაღლეზე, 25 მ/წმ-დე ტროპოპაუზის დონეზე (9 კმ). განიხილება შემთხვევა, როდესაც ატმოსფეროში ვრცელდება მტვერი ქალაქებიდან თბილისი, რუსთავი და საქართველოსა და აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე მდებარე 20 დასახლებული პუნქტიდან. მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. ატმოსფეროში მტვერის კონცენტრაცია  $z = 2, 10, 100$  და  $600$  მ სიმაღლეებზე როცა  $t = 14$  სთ.

ნახ. 2. ნაჩვენებია გამოთვლებით მიღებული მტვერის განაწილება ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში და ტროპოსფეროში დღის 14 სთ-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ დამტვერიანება გავრცელებულია დიდ ტერიტორიაზე ერთიანი ღრუბლის სახით, უმეტესად აღმოსავლეთის მიმართულებით. მტვერის გავრცელების არეში კონცენტრაცია არა ერთგვაროვნად განაწილებული. მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე კონცენტრაციის სიდიდე 0.1 ზდკ -1 ზდკ მიღებულია მხოლოდ ქალაქების ტერიტორიებზე და მათ უშუალო სიახლოვეს. 0.1 ზდკ-ის საზღვარი ქ. თბილისის შემთხვევაში გადის ქალაქის ტერიტორიიდან 2 – 4 კმ მანძილზე, ქ. რუსთავის შემთხვევაში კი – 8 კმ მანძილზე. დანარჩენ ტერიტორიაზე გამოთვლებით მიღებული კონცენტრაციები ნაკლებია 0.1 ზდკ-ზე. 2 მ სიმაღლის ზევით, 0.1 ზდკ-ზე მეტი მნიშვნელობა მიღებულია ქ. თბილისისა და ქ. რუსთავის თავზე, გაცილებით მეტ ფართობზე. აღნიშნული ეფექტი გამოწვეულია ერთის მხრივ დაბინძურებული ქალაქების თავზე მიწისპირა ფენაში ვერტკალური ტურბულენტობით მტვერის დიდი რაოდენობის გავრცელებასთან ჰორიზონტალური ადვექტიური და ტურბულენტური მოძრაობებით. 0.1 ზდკ მეტი კონცენტრაციის ზონა მაქსიმალურია მიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროს 100 მ-დან 700 მ-მდე ფენაში. ამ ფენის ზევით მაქსიმალური კონცენტრაციის მნიშვნელობა იწყებს კლებას და 3 კმ-ის სიმაღლეზე მისი სიდიდე არ აღემატება 0.01 ზდკ-ას.

**მოდელი 2. მდ. მტკვარში ჩადვრილი ნივთიერების გავრცელების რიცხვითი მოდელის დამუშავება და დაბინძურების გამოკვლევა.**

განხილულია მდ. მტკვრის ნაწილი საქართველო-თურქეთის სახელმწიფო საზღვრიდან მინგეჩაურის წყალსაცავამდე (513 კმ). აღნიშნული ნაწილი დაყოფილია 10 პირობით უბნად. დაშვებულია, რომ თითოეული უბანი წარმოადგენს წრფივ არხს, რომლის გასწვრივ

მდინარის მახასიათებელი პარამეტრები არ იცვლება. პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები აღებულია [13]-დან. მდინარის თითოეულ უბანზე მინარევების გადატანადიფუზიის აღიწერება შემდეგი განტოლების სშუალებით:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + w_0 \frac{\partial C_i}{\partial z} = \mu_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \mu_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} + \mu_z \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} \quad C_i \quad (5)$$

სადაც  $t$  დროა;  $x$ ,  $y$  და  $z$  დეკარტეს კოორდინატა სისტემის დერძებია;  $x$  დერძი მიმართულია მდინარის დინების მიმართულებით პორიზონტალურად,  $y$  დერძი მიმართულია პორიზონტალურად დინების მართობულად;  $z$  დერძი მიმართულია მდინარის ფსკერიდან ვერტიკალურად ზევით; ინდექსი  $i$  მდინარის უბნის ნომერია;  $u_i$  მდინარის დინების სიჩქარეა  $x$  დერძის გასწვრივ  $i$ -ურ უბანზე; მდინარის დინების სიჩქარე  $y$  დერძის გასწვრივ ნულის ტოლია;  $w_0$  - დამაბინძურებელი ინგრედიენტის ვერტიკალური დაღუპვის სიჩქარეა;  $\mu_x$ ,  $\mu_y$  და  $\mu_z$  ტურბულენტური სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტებია  $x$ ,  $y$  და  $z$  დერძების გასწვრივ, შესაბამისად;  $C_i$  - დამაბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაციაა მდინარის  $i$ -ურ უბანზე;  $\alpha$  დამაბინძურებელი ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნის სიჩქარეა.

(1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრირება შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით ხორციელდება კრანკლ-ნიკოლსონის სქემითა და კოორდინატებისა და პროცესების მიხედვით გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით [11]. რიცხვითი აპროქსიმაციის რიგი დროის მიხედვით პირველია, სივრცული კოორდინატების მიხედვით - მეორე.

რიცხვითი ექსპერიმენტით მოდელირებულია მდ. მტკვარში საქართველო-თურქეთის საზღვართან მდებარე უბანში 6 სთ-ის განმავლობაში უწყვეტად ჩაღვრილი პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება. ჩაშვების წერტილებში ნივთიერების კონცენტრაცია 100 პირობითი ერთეულის (პ.ე.) ტოლია.



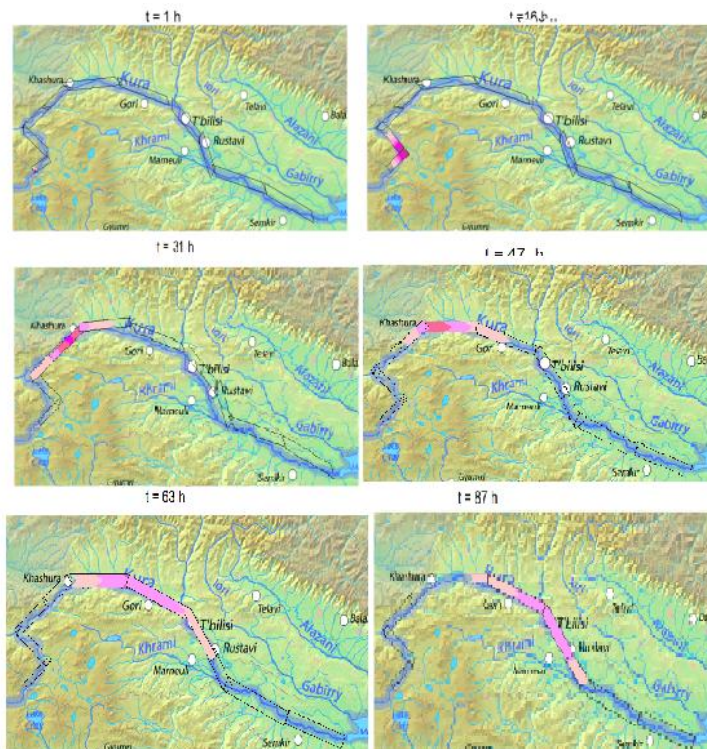
ნახ. 2. პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება ჩაღვრიდან პირველი 6 წთ-ის განმავლობაში

ნახ. 2-დან ნახაზიდან ჩანს, რომ დამაბინძურებელი ნივთიერება მდინარის დინების მიმართულებით ვრცელდება ადვექციური და ტურბულენტური გადატანის პროცესებით. ამასთან ადვექციური გადატანის სიჩქარე მეტია ტურბულენტური გადატანის სიჩქარეზე. შედეგად,  $t = 6$  წუთისათვის დამაბინძურებელ ლაქას აქვს წაგრძელებული ელიფსის ფორმა. დინების მიმართულებით ის გადატანილია წყაროდან დაახლოებით 200 მ მანძილზე, ხოლო დინების მართობული მიმართულებით - მდინარის სივანის 0.5-0.6 ნაწილში.

ნახ. 3 მოყვანილია მდ. მტკვარზე დამაბინძურებელი ნივთიერების გადატანის პროცესი 87 საათის განმავლობაში. ჩანს რომ დამაბინძურებელი ნივთიერების ლაქის სიგრძე მდინარის გასწვრივ გადაღვივებასთან ერთად თანდათანობით იზრდება და ჩაღვრის დაწყებიდან 87 სთ-თვის ის დაახლოებით 100 კმ-ზეა გავრცელებული. ერთდროულად მიმდინარეობს დამაბინძურებელი ნივთიერების განზავება და შედეგად მაქსიმალური კონცენტრაცია საწყისი მნიშვნელობიდან 100 პ.ე. -დან მცირდება 4 პ. ე. მდე.

**დასკვნა.** გამოთვლების შედეგები აჩვენებენ, რომ განხილული მოდელები თვისებრივად სწორად აღწერენ დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელებას რთული რელიეფის ტერიტორიაზე და მთიანი რეგიონის მდინარეზე. რაც შეეხება მოდელირების რაოდენობრივ სიზუსტეს ამისათვის საჭიროა ჩატარდეს ერთობლივი ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევა. მოდელების შექმნისა და მათი საშუალებით ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების მიზანს წარმოადგენს დამუშავდეს ისეთი მათემატიკური მოდელები, რომლების საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება საქართველოს ცალკეულ რეგიონების ატმოსფერული ჰაერისა და ძირითადი მდინარეების დამაბინძურების დონის განსაზღვრა მათში დიდი რაოდენობით მოხვედრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების შემთხვევებში. ასეთი სამუშაოს შესრულების საშუალებას იძლევა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წლების განმავლობაში ჩატარებული კვლევები [1-3]. სამუშაო ითვალისწინებს შედეგი 2 სახის მოდელის შექმნას:

ნახ. 3 მოყვანილია მდ. მტკვარზე დამაბინძურებელი ნივთიერების გადატანის პროცესი 87 საათის განმავლობაში. ჩანს რომ დამაბინძურებელი ნივთიერების ლაქის სიგრძე მდინარის გასწვრივ გადაადგილებასთან ერთად თანდათანობით იზრდება და ჩაღვრის დაწყებიდან 87 სთ-თვის ის დაახლოებით 100 კმ-ზეა გავრცელებული. ერთდროულად მიმდინარეობსა დამაბინძურებელი ნივთიერების განზავება და შედეგად მაქსიმალური კონცენტრაცია საწყისი მნიშვნელობიდან 100 პ.ე. –დან მცირდება 4 პ. ე. მდე.



ნახ. 3. პასიური დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელება 1-87 სთ-ის განმავლობაში.

**დასკვნა.** გამოთვლების შედეგები აჩვენებენ, რომ განხილული მოდელები თვისებრივად სწორად აღწერენ დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელებას რთული რელიეფის ტერიტორიაზე და მთიანი რეგიონის მდინარეზე. რაც შეეხება მოდელირების რაოდენობრივ სიზუსტეს ამისათვის საჭიროა ჩატარდეს ერთობლივი ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევა.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Surmava A. A., Mishveladze B. A., Davitashvili T. Numerical modeling of the pollution transfer in the Caucasus atmosphere from hypothetical source in the case of the background western wind. J. Georgian Geoph. Soc., 2009. v. 13(b), pp. 15-21.
2. Surmava A. Numerical Modeling of the  $\alpha$ - and  $\beta$ -Mesoscales Vortexes and Waves Generated by Influence of the Complex Terrain of the Caucasus and Georgia Proceedings of International Conference „Environment and Global Warming”. Collected Papers , New series, No. 3(82), 2011. pp. 432-437



3. Surmava A. Numerical investigation of the modeling of transportation and deposition of the radioactive pollution in the Caucasian Region in case of the hypothetical accident on the Armenian Nuclear Power Plant Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2012, v. 15., pp. 32-45.
4. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат. 1974, 302 с.
5. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат. 1969. 296 с.
6. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат. 1984. 752 с.
7. Чудновский А. Ф. Теплофизика почв. Москва: Наука. 1976. 352 с.
8. Зилинтикевич С. С., Монин А. С. Турбулентность в динамических моделях атмосферы. Л.: Наука, 1971, 44 с.
9. Марчук Г. И., Кочергин В. П., Саркисян А. Ш. И др. Математические модели циркуляции в океане. Наука: Новосибирск, 1980. 288 с.
10. Казаков А. Л., Лазриев Г. Л. О параметризации приземного слоя атмосферы и деятельного слоя почвы. Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана, 1978, т.14, № 3, с. 257-265
11. Шуман Ф. Многоуровневая модель по полным уравнениям. Лекции по численным методам прогноза погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1969, с. 481-498.
12. Shuman F. G., Hovemale L. R. An operational six-layer primitive equation model. J. Appl. Mech. 1968. V. 7. No 4., pp. 525-547.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР. 1974. Т. 9, Закавказье и Дагестан. Ленинград: Гидрометеиздат. 579 с.

უაკ 551

**საქართველოს ატმოსფეროში გავრცეული და მდინარეში ჩადგრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების რიცხვითი მოდელების შექმნა/ა.სურმავა, ლ. ინციკირველი, ნ.გიგაური/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2016, ტ.123, გვ.4-9. ქართ. რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის და უწყვეტ გარემოში სუბსტანციის გადატანადიფუზიის არაწრფივი არასტაციონალური სამგანზომილებიანი განტოლებების გამოყენებით დამუშავებულია საქართველოს ცალკეულ რეგიონში და მდინარეში გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერების გავრცელების მათემატიკური მოდელები. დამუშავებულია რიცხვითი ინტეგრირების ალგორითმები ცხადი და არაცხადი სქემების გამოყენებით. შედეგებილია თვლის პროგრამები და ჩატარებულია შესაბამისი ტესტური გამოთვლები.

UDC 551

**Elaboration of the mathematical model of transfer and diffusion of a pollution substance emitted in the atmosphere and river/A. Surmava, L. Intskirveli., N.Gigauri/ Transactions of the of Hydrometeorology of Georgian Technical University. 2016, vol123., pp.4-19, Geo., Summary, Geo., Eng., RusAbstract**

Using the nonstationary nonlinear equations of hydrothermodynamics of atmosphere and equation of transfer and diffusion of contaminant in continuous medium the mathematical models of distribution of pollution in the atmosphere and river are elaborated. The algorithms of numerical integration are constructed by using the implicit and explicit numerical schemes. The programs of integration are elaborated and the test calculations are made.

УДК 551

**Разработка численных моделей распространения загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу и сброшенного в реку /А. Сурмава, Л. Инцикирвели, Н.Гигаури/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2016, Т.123, с. 4-19, Груз. Рез. Груз., Англ., Рус**

С помощью нестационарных нелинейных уравнений гидротермодинамики атмосферы и уравнения переноса-диффузии субстанции в сплошной среде разработаны математические модели распространения загрязняющего вещества в атмосфере отдельного региона и в реке. Разработаны алгоритмы численного интегрирования и соответствующие компьютерные программы. Проведены тестовые расчеты.

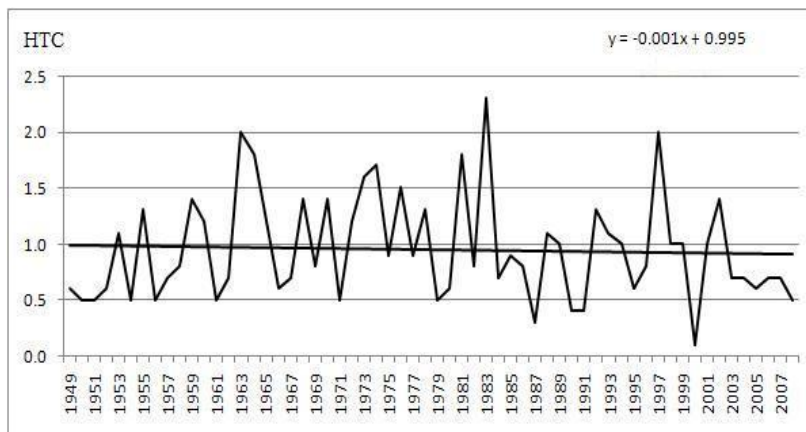
შპს 551.583

**გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით სხვადასხვა ტიპის გვაღმების განმეორება  
და მათი აბრომეტიოროლოგიური პროგნოზირება (დელოფლისწყაროს მაგალითზე)  
მელაძე გ., მელაძე მ.**

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

დედამიწის მიწისპირა ჰაერის ფენაში გლობალურ დათბობას ძირითადად განაპირობებს ანთროპოგენური ზემოქმედება. ამიტომ მსოფლიოს უმრავლესი ქვეყნების, მათ შორის საქართველოს ერთობლივი შეთანხმებით უნდა გატარდეს პრევენციული ღონისძიებები ბუნებრივი რესურსების - ნავთობი, ნახშირი, ტყეები და სხვა, გონივრულად გამოყენებისათვის. რადგან ისინი წვის პროცესში სითბოს დიდ რაოდენობასთან ერთად გამოყოფენ ნახშირორჟანგს გაზს. ეს უკანასკნელი ატმოსფეროში აკავებს სითბოს და მიწისპირა ჰაერის ფენაში იწვევს ტემპერატურის მატებას. ასევე, მნიშვნელოვნად უნდა შეიზღუდოს სამრეწველო და სატრანსპორტო ემისიები [1, 2]. აქედან გამომდინარე, გამონახობის შეზღუდვის გარეშე 2020-2030 წლებისათვის ნახშირორჟანგს გაზი შეიძლება გაორმაგდეს, რაც გამოიწვევს ტემპერატურის 2-3°C-ით მომატებას [3]. გლობალური დათბობის ზემოქმედება მსოფლიო მასშტაბით, უკვე აჩვენებს ტემპერატურის 0.6°C-ით მატებას.

საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში ჰაერის ტემპერატურა მომატებულია საშუალოდ 0.5°C-მდე [4], რაც გასათვალისწინებელია, რადგან 2030-2050 წლებისათვის შეიძლება კიდევ მომატოს 1-2°C-მდე და არახელსაყრელ პირობებში ჩააყენოს ქვეყნის მრავალი დარგი, მათ შორის სოფლის მეურნეობა. ტემპერატურის მატება სავეგეტაციო პერიოდში მნიშვნელოვნად გაზრდის აგროკულტურების განვითარების აქტიურ ტემპერატურათა ჯამებს, გაახშირებს გვალვებს და სხვა. აქედან გამომდინარე, დედოფლისწყაროს მაგალითზე, საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემების (1949-2008) მიხედვით (დედამიწის ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურები, ატმოსფერული ნალექები) გამოთვლილი იქნა ყოველწლიური აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების ჯამები. მოცემული ფაქტორებიდან ასევე, განისაზღვრა ჰიდროთერული კოეფიციენტების (ჰტკ) ინდექსები [5] და გამოისახა მათი მსვლელობის დინამიკა ტრენდის მიხედვით. ტემპერატურის ჯამი საწყის პერიოდში (1949) შეადგენდა 3208°C, ხოლო 2008 წლის ბოლოს 3496°C. სამოცწლიან პერიოდში ნამატი ყოველ 10 წელში შეადგენს 49°C, ხოლო ატმოსფერული ნალექების ნამატი - 28 მმ-მდე, ყოველ ათ წელში 5 მმ-მდე. რაც შეეხება ჰტკ-ს ტრენდიდან გამომდინარე, ხასიათდება კლების ტენდენციით (ნახაზი 1), [6].



ნახ. 1 ჰტკ-ს მსვლელობის დინამიკა (დედოფლისწყარო, 1949-2008)

სავეგეტაციო პერიოდში დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე, აგროკულტურები ოპტიმალური განვითარებისათვის, ატმოსფერული ნალექებით (445 მმ) არ არის უზრუნველყოფილი. იგი უფრო მცირეა (185 მმ) მცენარეთა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VII-VIII), როცა აგროკულტურების ფორმირებისა და სამომავლოდ სანაყოფე კვირტების ჩასახვა ხდება. მოცემულ პერიოდში ნალექების სიმცირისა და აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მატების შედეგად დაიკვირვება ჰიდროთერული კოეფიციენტების ინდექსების კლების ტენდენციაც, რაც

მიანიშნებს გვალვების გახშირებაზე. ასეთ პირობებში მოსავლის შენარჩუნებისათვის მაქსიმალურად უნდა იქნეს გამოყენებული ირიგაციის სარწყავი რესურსები დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე, განსაკუთრებით შირაქისა და ელდარის ველის პირობებში.

გლობალური დათბობიდან გამომდინარე, ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა სხვადასხვა ტიპის გვალვების შემთხვევათა განმეორადობის გამოვლენა და მათი აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზირებისათვის საფუძვლის შექმნა.

აღნიშნავთ, რომ ვეგეტაციის პერიოდის პირობების შეფასებისათვის (ჰუმიდურის და არიდულის) გამოყენებულია აგრომეტეოროლოგია-აგროკლიმატოლოგიაში მიღებული და აპრობირებული გ.სელიანინოვის ჰიდროთერმული კოეფიციენტი. სადაც, მოსული ატმოსფერული ნალექებიდან აორთქლებული ნალექების წყლის ბალანსი პირობითად 1.0-ის ტოლია. რომლის პირობებში მცენარეები მეტ-ნაკლებად უზრუნველყოფილია ტენით (ერთწლიანი კულტურები 10-12 დღის განმავლობაში, მრავალწლიანი 18-20 დღემდე). ჰოკ-ს წყლის ბალანსი თუ <1.0-ზე ნაკლებია, ამ შემთხვევაში აღინიშნება ტენის სიმცირე ანუ მიგვანიშნებს გვალვაზე, ხოლო >1.0-ზე მეტი მიუთითებს ტენის რამდენადმე სიჭარბეზე [7].

აღნიშნულთან დაკავშირებით, განსაზღვრულია აქტიურ ტემპერატურათა და ატმოსფერული ნალექების ჯამებიდან ჰოკ-ს ინდექსები და გამოვლენილია სხვადასხვა ტიპის გვალვების მახასიათებლები (ცხრილი 1).

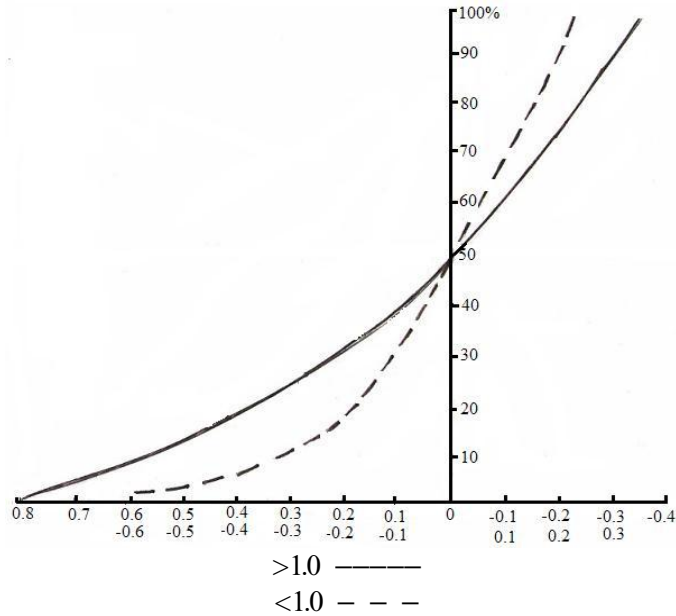
ცხრ. 1 დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე სხვადასხვა ტიპის გვალვების მახასიათებლები ჰოკ-ის მიხედვით, დამოკიდებული >10°C ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების ჯამებზე (VI-VIII პერიოდში)

სუსტი <0.9-0.8		საშუალო <0.7-0.6		ძლიერი <0.5-0.4		ზეძლიერი <0.3	
ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)
1961	1644	1975	122	2063	77	2130	48
ტენის აორთქლების სხვადასხვა ბალანსი							
მცირე ტენის ბალანსი >1.1-1.3		საშუალო ტენის ბალანსი >1.4-1.6		ზომიერი ტენის ბალანსი >1.7-1.9		ჭარბი ტენის ბალანსი >2.0 და მეტი	
ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)	ΣT°C	ΣP(მმ)
1893	230	1869	269	1837	335	1801	389

ცხრილის მიხედვით, მრავალწლიური (1949-2008) 60 წლიანი დაკვირვებებიდან გამომდინარე, შეიძლება შეფასდეს დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე სხვადასხვა ტიპის გვალვიანობა და ტენის აორთქლების ბალანსი. ცხრილის მონაცემები, ასევე იძლევა მათი პროგნოზის დაზუსტების საშუალებასაც. მოცემულ პერიოდში დაფიქსირებულია სხვადასხვა ტიპის გვალვების 33 შემთხვევა, რაც 55%-მდეა. აქედან 9 შემთხვევაა სუსტი გვალვაა და შეადგენს 15%, საშუალო გვალვა 17 შემთხვევაა, რაც შეადგენს 28%, ძლიერი გვალვა 5 შემთხვევაა და შეადგენს 8%, ხოლო ზეძლიერი 2 შემთხვევაა და შეადგენს 3%. ბოლო 30 წელიწადში სუსტი ტიპის გვალვამ მოიკლო 3%-ით, საშუალო გვალვამ - 7%-ით, თუმცა მოიმატა ძლიერი ტიპის გვალვამ - 7%.

ზემოაღნიშნული დასახული მიზნიდან გამომდინარე, შედგენილია მოცემული ტიპის გვალვების განმეორადობის და ტენის აორთქლების ბალანსის ნომოგრამები (ნახაზი 2).

ნახაზის მიხედვით, შეიძლება მათი განმეორადობის განსაზღვრა, ყოველ ათ და მეტ წელში. განსაზღვრისას საჭიროა გვალვების და ტენის ბალანსის საშუალო სიდიდეების მაჩვენებლები. ჰოკ-ს ინდექსის მიხედვით იგი შეადგენს 0.6 და 1.5 (შესაბამისად). მაგალითისათვის, თუ გვაინტერესებს დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე ძლიერი ტიპის გვალვის განმეორადობა, ნახაზი 2-ზე გვალვების საშუალო მაჩვენებელსა (ჰოკ 0.6) და ძლიერი ტიპის გვალვას (ჰოკ 0.4) შორის ვიგებთ სხვაობას (რაც შეადგენს -0.2). ამ სიდიდეს ნახაზის აბცისთა ღერძიდან მარცხნივ, სადაც აღნიშნულია -0.2 აღიმართება სწორი ხაზი წყვეტილში მრუდის გადაკვეთამდე, რომელსაც ამ წერტილში შეესაბამება ნახაზზე აღნიშნული 20%. რაც ნიშნავს, რომ იგი განმეორდება 20%-ით ანუ 2-ჯერ ყოველ ათ წელში. ანალოგიურად განისაზღვრება სხვა ტიპის გვალვები და ტენის ბალანსის განმეორადობა.



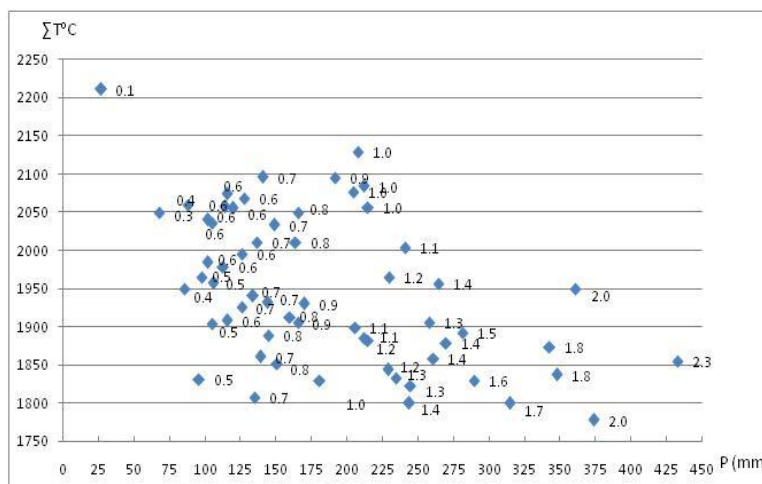
ნახ. 2 ჰოკ-ს (- - -) <1.0 სხვადასხვა ტიპის გვაღვების და ჰოკ (—) >1.0 სხვადასხვა ტენიანობის ბალანსის მანვენებლების განმეორადობა

აღნიშნული წესით განსაზღვრა საშუალებას აძლევს აგრარული სექტორის მუშაკებს და ფერმერებს მიიღონ ინფორმაცია ამა თუ იმ ტიპის გვაღვის განმეორადობის შესახებ ყოველ ათ და მეტ წელში და საჭიროების შემთხვევაში გატარდეს გვაღვის წინააღმდეგ აგროტექნიკური ღონისძიებები აგროკულტურების შეუფერხებლად განვითარებისა და მოსავლის შესანარჩუნებლად.

გვაღვების სხვადასხვა ტიპის განსაზღვრის ჰოკ-ს ინდექსები ძირითადად, დამოკიდებულია აქტიურ ტემპერატურათა და ატმოსფერული ნალექების ჯამებზე. რაც უფრო მაღალია აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი, მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს მოსული ნალექებიდან აორთქლება და ჰოკ-ს ინდექსიც მცირდება, რის გამოც მცენარეს მოკლე დროში ექმნება ტენის დეფიციტი და გვაღვიანობის შემთხვევებიც გარდაუაღია. აღნიშნულთან დაკავშირებით, განისაზღვრა აქტიურ ტემპერატურათა (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების ჯამების მიხედვით ჰოკ-ს ინდექსები, რომელიც მოცემულია ნახაზზე 3, შესაბამისი განტოლებით:

$$U = -0.00005T + 0.0054P + 0.0862$$

განტოლებაში U - ჰოკ-ს ინდექსია, T - აქტიური ტემპერატურის ჯამი 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან 45 დღის გასვლის შემდეგ (VI-VIII პერიოდში), P - ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ) იმავე პერიოდში.

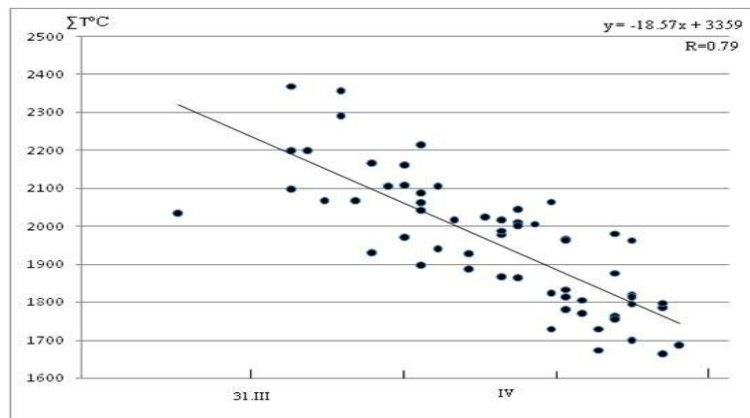


ნახ. 3 ჰოკ-ს დამოკიდებულება აქტიური ტემპერატურის (>10°C) და ატმოსფერული ნალექების (მმ) ჯამებზე (VI-VIII პერიოდში)

ნახაზზე ნათლად ჩანს მათი დამოკიდებულება მოცემულ ფაქტორებზე. ამიტომ მიზანშეწონილია ტემპერატურის ჯამის საპროგნოზო მეთოდის შემუშავება ნაშრომში [8] მოცემული მეთოდის ანალოგიურად, რომელიც გამოყენებული იქნება VI-VIII პერიოდში პროგნოზირებისათვის. აქედან გამომდინარე, დედოფლისწყაროს ტერიტორიისათვის აგრომეტეოროლოგიაში მიღებული მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღსა და ტემპერატურის ჯამს შორის კავშირის დამყარების შედეგად, გამოვლენილი იქნა კორელაციური დამოკიდებულება ( $r=0.80$ ), რომელიც მოცემულია ნახაზზე 4 შესაბამისი რეგრესიის განტოლებით:

$$T = -18.57n + 3359$$

სადაც, T - აქტიური ტემპერატურის ჯამია (ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღიდან 45 დღის გასვლის შემდეგ VI-VII-VIII პერიოდში), n - დღეთა რიცხვი 1 თებერვლიდან ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღამდე.



ნახ. 4 ტემპერატურის 10°C-ზე გადასვლის თარიღებსა (n) და თვენახევრის შემდეგ ამ თარიღებიდან (VI-VIII პერიოდში) 10°C-ის ზევით ტემპერატურის ჯამს შორის კავშირი

პროგნოზის შედეგის წესი: დაუშვათ დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე 2016 წელს საპროგნოზო განტოლებით მოსალოდნელია ტემპერატურის ჯამი 1970°C. მიღებული პროგნოზირებული ტემპერატურა უნდა შედარდეს ცხრილში 1 მოცემულ სხვადასხვა ტიპის გვაღვების მახასიათებელ ტემპერატურის ჯამთან. რომელსაც იგი დაემთხვევა ან სხვაობა 80°C-მდეა, ის იქნება მიმდინარე წელს მოსალოდნელი ტიპის გვაღვე. თუ იგი აღმოჩნდა საშუალო ტიპის გვაღვე, ამ უკანასკნელის დაზუსტებისათვის გამოიყენება პროგნოზირებული ტემპერატურის ჯამი და მოცემული გვაღვის ტიპის მახასიათებელი ატმოსფერული ნალექების ჯამი. მათი, როგორც პრედიქტორების ჩასმით ჰოკ-ს ინდექსის განსაზღვრის განტოლებაში, მიიღება მოსალოდნელი საშუალო ტიპის გვაღვის მახასიათებელი ინდექსი 0.66, დამრგვალებით 0.7. რაც ზუსტად აჩვენებს აღნიშნული ტიპის გვაღვას. პროგნოზი შედგება აპრილის პირველ, იშვიათად მაისის პირველ პენტადაში, მისი წინასწარობა ორ თვემდეა.

სხვადასხვა ტიპის გვაღვების აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზირება მნიშვნელოვანია სოფლის მეურნეობის მუშაკებისა და ფერმერებისათვის, რადგან ინფორმაცია მოსალოდნელი პროგნოზის შესახებ ხელს შეუწყობს მათ წინასწარ მომზადებაში გვაღვების დასაძლევად.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Bruce J.P. The Atmosphere of the Living Planet. Earth. Geneva: WMO, №705, 1990, pp.42
2. Хэфлинг Г.И. Тревога 2000 году. Изд. «Мысль» М., 1990, ст. 271
3. Бudyko М.И. Климат в прошлом и будущем. Гидрометеиздат, Л., 1980, ст.351
4. Tavartkiladze K. Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, vol.6, № 3, 2012, pp.55-60
5. მელაძე მ., მელაძე გ. გლობალური დათბობა და აგროკულტურების განვითარების ძირითადი მაჩვენებლების და გვაღვიანობის მატების ტენდენციები კახეთში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, 2015, გვ. 232-236

6. Meladze G., Meladze M. Influence of Global Warming on Agroclimatic Indices of agriculture and Intensity of Droughts in Kakheti Region, East Georgia Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol.10, №1, 2016, pp.197-104
7. მელაძე გ., მელაძე მ. გლობალური დათბობით გამოწვეული აგროკლიმატური მახვენებლების ცვლილება ქვემო ქართლის რეგიონში. თსუ, გეოგრაფიული საზოგადოება, გეოგრაფიის ინსტიტუტის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. 2015, გვ. 214-219
8. Давитая Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. Гидрометеиздат, М., 1964, ст.132

შპპ 551.583

**გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით სხვადასხვა ტიპის გვალებების განმეორადობა და მათი აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზირება (დედოფლისწყაროს მაგალითზე)** /მელაძე გ.გ., მელაძე მ.გ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.10-14-ქართ., რუხ. ქართ., ინგლ., რუს.

მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემების (1949-2008) მიხედვით, დედოფლისწყაროს ტერიტორიისათვის გამოთვლილია ყოველწლიური აქტიურ ტემპერატურათა ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) და ატმოსფერული ნალექების ჯამები. განსაზღვრულია ჰიდროთერმული კოეფიციენტის (ჰთკ) ინდექსები და გამოსახულია მათი მსვლელობის დინამიკა. გლობალური დათბობიდან გამომდინარე, გამოვლენილია სხვადასხვა ტიპის გვალებების შემთხვევათა განმეორადობა. შედგენილია საკვლევი ობიექტისათვის დამახასიათებელი ტიპის გვალებების განმეორადობის და ტენის აორთქლების ბალანსის ნომოგრამები. აქტიურ ტემპერატურათა ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) და ატმოსფერული ნალექების ჯამების მიხედვით მოცემულია ჰთკ-ს განსაზღვრის განტოლება. ტემპერატურის  $10^{\circ}\text{C}$ -ის ზევით დადგომის თარიღსა და ტემპერატურის ჯამს შორის გამოვლენილია კორელაციური დამოკიდებულება ( $r=0.80$ ), რის საფუძველზეც შედგენილია რეგრესიის განტოლება სხვადასხვა ტიპის გვალებების პროგნოზირებისათვის.

UDC 551.583

**RECURRENCE OF DIFFERENT TYPES OF DROUGHTS IN CONNECTION TO GLOBAL WARMING AND THEIR AGRO-METEOROLOGICAL FORECAST (ON THE EXAMPLE OF DEDOPLISTSKARO)** /Meladze G.G., Meladze M.G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2016. –vol23.12. -pp.10-14. Georg., Summ. Georg., Eng., Russ.

Based on the many-year meteorological observation data (1949-2008), the sums of annual active temperatures ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) and atmospheric precipitations have been calculated for the territory of Dedoplistskaro. The indexes of hydrothermal coefficient are calculated and the dynamics of their course is graphed. Following the global warming, the recurrence of different types of droughts is identified and the nomograms of the recurrence of the droughts typical to the study object and moisture evaporation are drafted. By using the sums of active temperatures ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) and atmospheric precipitations, the equation to calculate the hydrothermal coefficient is given. Correlation between the starting date of the temperature exceeding  $10^{\circ}\text{C}$  and sum of the temperature is identified ( $r=0.80$ ), and the regression equation to forecast the different types of droughts is designed on its basis.

УДК 551.583

**ПОВТОРЯЕМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗАСУХ И ИХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ ДЕДОПЛИСЦКАРО)** /Меладзе Г.Г., Меладзе М.Г./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2016.- т.123, с.10-14. -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

По данным многолетних метеорологических наблюдений (1949-2008) для территории Дедоплисцкаро вычислены ежегодные суммы активных температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) и атмосферных осадков. Определены индексы гидротермических коэффициентов и отображен ход динамики. Исходя из глобального потепления, выявлена повторяемость случаев различных типов засух. Составлены номограммы повторяемости характерных типов засух и баланса испаряемости влажности для исследуемых объектов. По суммам активных температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) и атмосферных осадков даны уравнения определения ГТК. Выявлены корреляционные зависимости ( $r=0.80$ ) между датой установления температуры выше  $10^{\circ}\text{C}$  и сумм температур, на основе чего составлены уравнения регрессии для прогнозирования различных типов засух.

**ქარბუში ბასეთში**

**რ.სამუკაშვილი, ჯ.განჩაძე, ც.დიასამიძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ქარბუში წარმოადგენს საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენას, იგი ხელს უშლის ეკონომიკის მთელი რიგი დარგების ნორმალურ ფუნქციონირებას. მაგალითად, რკინიგზებზე და ავტომაგისტრალზე ქარბუშის შედეგად წარმოქმნილი ნამქერების მიერ ფერხდება სახმელეთო ტრანსპორტის ყველა სახეობის ნორმალური ექსპლოატაცია. ქარბუში საფრენი ზოლების დაფარვით და ჰორიზონტალური ხილვადობის გაუარესებით არღვევს ავიაციის ნორმალური მუშაობის გრაფიკს. ქარბუშს აგრეთვე ზიანი მოაქვს სოფლის მეურნეობის მემცენარეობის და მეცხხოველეობის დარგებისათვის. როგორც ცნობილია, თოვლის საფარი იცავს საშემოდგომო ნათესებს გაყინვისაგან იგი ხელს უწყობს, საშემოდგომო ხორბლის ფესვთა სისტემის ნორმალურ განვითარებას, ზამთრის პერიოდში მის მიერ საკვები ნივთიერების გადამუშავებას და ათვისებას. არეგულირებს ფესვებში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებს, რაც დადებით გავლენას ახდენს ნათესების მოსავლიანობაზე. მაგრამ ქარბუშის შემთხვევაში ადგილი აქვს აგრეთვე საშემოდგომო ხორბლით დაკავებულ ტერიტორიაზე თოვლის საფარის ნორმალური განაწილების რღვევის ხშირ შემთხვევას თოვლის საფარისაგან თავისუფალი (მოტიტვლებული) ფართობების გაჩენით, რასაც თან სდევს ამ კულტურის გაყინვა-განადგურება [1]. ზამთრის საძოვრებზე ქარბუშის შედეგად თოვლის საფარის გადანაწილების და ნამქერების წარმოქმნის პროცესი ხელს უშლის პირუტყვის ნორმალურ გამოზამთრებას. მთიან და მაღალმთიან რაიონებში, სადაც ადგილის სიმაღლის მატებისას აღინიშნება ქარბუშიან დღეთა რიცხვის მკვეთრი ზრდა (განსაკუთრებით მის თხემურ ნაწილში, სადაც ძირითადად განლაგებულია ზვავების კერები), ქარბუშის შემთხვევაში ხდება თოვლის გადანაწილება რელიეფის ელემენტებზე და მისი ლოკალური აკუმულაცია პოტენციურად ზვავწარმომქმნელი ფაქტორის-ლავგარდინდების (კარნიზების) წარმოქმნით, რომლებიც აძლიერებენ რაიონის ზვავსაშიშროებას.

იმ სინოპტიკური პროცესებიდან, რომლებთანაც დაკავშირებულია ქარბუშის მოვლენები, მთავარ როლს თამაშობენ ციკლონები. ყველაზე ძლიერი ქარბუშების წარმოქმნა დაკავშირებულია ღრმა ციკლონებთან. მთიან რაიონებში ქარბუშების ინტენსივობაზე დიდ გავლენას ახდენს ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე და რელიეფის თავისებურებები, რელიეფის უარყოფითი ელემენტების გავლენით ქარბუშის ინტენსივობა ეცემა და პირიქით – დადებით ელემენტებზე (თხემებზე) მატულობს. გარდა რელიეფისა, ქარბუშის ინტენსივობა დამოკიდებულია აგრეთვე თოვლის ფიზიკურ თვისებებზე. კახეთის ტერიტორიაზე ქარბუშიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური რაოდენობა  $n_{max}$  თვეში და წელიწადის ცივ პერიოდში მოცემულია ცხრილ 1–ში, აქვე მოცემულია ქარახვეტიანი დღეების საშუალო რაოდენობა თვეში  $\bar{m}$  და წელიწადის ცივ პერიოდში.

ცხრილი 1. ქარბუშიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობა, ქარახვეტიანი დღეთა საშუალო რაოდენობა  $\bar{m}$  (Справочник по климату СССР) [2]

სადგური		თ ვ ე							წელი
		X	XI	XII	I	II	III	IV	
თიანეთი	$\bar{n}$	0.03	0.2	0.3	0.1	1	0.9	0.2	3
	$n_{max}$	1	2	2	8	6	3	2	12
	$\bar{m}$			0.03	0.2	0.3	0.03		0.6
ზეგანი	$\bar{n}$			1			1		2
	$n_{max}$			1			1		2
	$\bar{m}$						0.05		0.05
საგარეჯო	$\bar{n}$		0.07	0.1	0.2	0.4	0.2	0.03	1
	$n_{max}$		2	2	2	2	2	1	7
	$\bar{m}$				0.03				0.03

როგორც ცხრილ 1-დან ჩანს, ქარახვეტიან დღეთა საშუალო რაოდენობა წელიწადში საკვლევ ტერიტორიაზე იცვლება 1-3-ის ფარგლებში, ქარბუქიან დღეთა მაქსიმალური რაოდენობა საგარეჯოში შეადგენს 7-ს, ზეგანზე 2-ს, თიანეთში 12-ს. ქარახვეტიან დღეთა რიცხვი კი მერყეობს 0.02 (საგარეჯო) -0.6 (თიანეთი)-ის საზღვრებში.

ქარბუქის საშუალო ხანგრძლივობა თვეში და წელიწადში აგრეთვე ქარბუქის საშუალო ხანგრძლივობა ქარბუქიან დღეთა მრავალწლიური მონაცემებით მოცემულია ცხრილ 2-ში.

ცხრილი 2. ქარბუქის საშუალო ხანგრძლივობა (სთ) და ქარბუქის საშუალო ხანგრძლივობა ქარბუქიან დღეთა  $\bar{t}(სთ)$  (Справочник по климату СССР) [2]

სადგური	თ ვ ე							წელი	t (სთ)
	X	XI	XII	I	II	III	IV		
თიანეთი	0.04	1.6	1.6	9.1	8.5	4.4	1.5	26.7	8.9
საგარეჯო		0.1	0.04	1.4	1.1	0.4	0.2	3.2	3.2

ცხრილი 3. ქარბუქის ხანგრძლივობა დღეღამის სხვადასხვა დროს (სთ)

სადგური	t (სთ)	თ ვ ე							წელი
		X	XI	XII	I	II	III	IV	
თიანეთი	18-24	0.03	0.09	0.3	2.4	2.4	1.1	0.6	6.5
	24-6	0.01	0.1	0.2	2.3	1.8	0.8	0.5	5.7
	6-12		0.6	0.6	1.7	1.7	0.9		5.5
	12-18		0.8	0.5	2.7	2.6	1.6	0.4	8.6
საგარეჯო	18-24		0.04	0.04	0.5	0.2	0.2	0.1	1.1
	24-6		0.05		0.3	0.2	0.01	0.1	0.7
	6-12				0.2	0.3	0.1		0.6
	12-18		0.03		0.4	0.4	0.1		0.9

ქარბუქის მაქსიმალური ხანგრძლივობა თიანეთში და საგარეჯოში აღინიშნება იანვარში: შესაბამისად 9.1 და 1.4 საათს, მინიმალური–ნოემბერში და აპრილში (0.1-0.2სთ) საგარეჯოში და 1.6-1.5სთ თიანეთში.

### ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. გაგუა, გ.მელაძე. მცენარეთა ეკოლოგია. თბილისი 2003.
2. Справочник по климату СССР. Вып.14, Облачность и атмосферные явления. Гидрометеиздат, Л., 1970.

უკ 551.590.21.

ქარბუქი კახეთში. /რ.სამუკაშვილი, ჯ.ვანხაძე, ც.დიასამიძე/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომათა კრებული, 2016, ტ.123, გვ.15-16, ქართ., რტზ: ქართ., ინგ, რუს.

დადგენილია ქარბუქის ძირითადი თავისებურებები.

UDC551.590.21.

Snowstorm in Kakheti. /R.Samukashvili, J.Vachnadze, Ts.Diasamidze/Transactions of the Institute Hydrometeorology et the Georgian Technical University. 2016, vol. 123, pp.15-16, Georg., Summ: Georg., Eng., Rus.

Established the basic features of a snowstorm.

УДК 551.590.21.

Метель в Кахетии. /Р. Самукашвили, Дж. Вачнадзе, Ц.Диасамидзе/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, 2016, с.15-16, Груз., Рез: Груз., Англ., Рус.

Установлены основные черты метели.



**ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე**

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის ინსტიტუტი

წყალბრუნვის პროცესი ატმოსფეროში უშუალოდაა დამოკიდებული ქვეყნილი ზედაპირისა და ატმოსფეროს ენერგეტიკული სისტემის მდგომარეობაზე. ამ სისტემის მდგრადი წონასწორობის პირობებში წყალბრუნვის რეჟიმი მცირე რყევებს განიცდის, მაგრამ ეს რყევები შემთხვევითია და რეჟიმის სტაბილური მდგომარეობის ცვლილებას ვერ გამოიწვევს. წყალბრუნვის რეჟიმის შეცვლა მზე-ატმოსფერო-დედამიწის ენერგეტიკული სისტემის წონასწორობის რღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს. თუ წონასწორობა არამდგრადია მაშინ იგი წყალბრუნვის ერთ-ერთი შემადგენელი პროცესის – ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე აუცილებლად უნდა აისახოს.

საუკუნეზე მეტია დედამიწის ჰავა ცვლილებას განიცდის. ზოგიერთ რეგიონებში მიუხედავად აცივებისა, დედამიწის სრული ენერგეტიკული პოტენციალის ზრდის შედეგად გლობალური ჰავა დათბობის პროცესშია. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებია ჩატარებული იმის დასადგენათ თუ როგორ ზემოქმედებას ახდენს გლობალური ჰავის დათბობა წყალბრუნვის პროცესზე, კერძოდ განიცდის თუ არა ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი ცვლილებას, როგორია ამ ცვლილების სახე. ცალსახა პასუხი ამ კითხვაზე დღეისთვის თითქმის შეუძლებელია. ზოგადი თეორიული მოსაზრება გვკარნახობს, რომ თუ დედამიწისეული წყლის მრავალი ცვლილებას არ განიცდის, ტემპერატურის ზრდით წყალბრუნვის პროცესის დაჩქარებაა მოსალოდნელი. ამან კი ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობის ზრდა უნდა გამოიწვიოს. ეს მხოლოდ თეორიული მოსაზრებაა და იგი ემპირიულმა მონაცემებმა უნდა დაადასტუროს. არსებული ლიტერატურული წყაროებიდან ასეთი დასკვნის სრული დამაჯერებლობით გაკეთება სადღეისოდ თითქმის შეუძლებელია.

შეაჯამა რა რუსეთის ტერიტორიაზე ჰავის ცვლილების პროცესი ექსპერტთა სამთავრობო ჯგუფმა (Бодрицкий Г.С. 2008), 1937-2008 წლებში ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობის ცვლილების შესახებ მივიდა დასკვნამდე, რომ რუსეთის მთელ ტერიტორიაზე ნალექების საშუალო ყოველწლიურმა ზრდამ 0.72 მმ/წელი შეადგინა. რაც შეეხება ინტენსივურ ნალექებს, ადგილი აქვს მათი განმეორადობის უმნიშვნელო ზრდას და მშრალი პერიოდის ასევე უმნიშვნელო შემცირებას. მაგრამ, იქვეა აღნიშნული, რომ რეგიონალური ცვლილების მაჩვენებლები ძალიან დიდად განსხვავდებიან როგორც ზრდის ასევე კლების მიმართულებით. ამასთან ერთად, ნალექების ემპირიული მონაცემები, რთული ფიზიკური ბუნების და ინსტრუმენტული დაკვირვებების არაერთგვაროვნების გამო ნაკლებად საიმედოა არიან.

თითქმის მსგავსი სურათია მსოფლიო მასშტაბითაც (Жаро М. и Штайнер А. 2013). ჰავის ცვლილების საერთაშორისო კომისიამ შეფასების დასაწყისშივეა აღნიშნა, რომ ხმელეთის ყველა რეგიონში ატმოსფეროდან მოსული ნალექების საშუალო რაოდენობის ცვლილება 1901-2010 წლებში საიმედოობის დაბალი ხარისხით ხასიათდება, განსაკუთრებით პირველ პერიოდში 1950 წლამდე. შედარებით საიმედოდ შეიძლება მივიჩნიოთ ნალექების უმნიშვნელო ზრდა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს საშუალო დანედებში და ეს ანტროპოგენური ზემოქმედების შედეგია. გლობალური მასშტაბით ნალექების ცვლილების დახასიათება თითქმის შეუძლებელია, რადგან 70 % გლობალური წყალბრუნვისა ოკეანეების ზედაპირებზე მიმდინარეობს და მათზე ინსტრუმენტული მონაცემები თითქმის არ არსებობს.

აღსანიშნავია ერთი გარემოებაც – მზის აქტივობის ციკლურმა ცვლილებამ ატმოსფერული პროცესების და მათ შორის ნალექების ციკლური ცვლილებაც შეიძლება გამოიწვიოს. ლიტერატურულ წყაროებში არსებობენ მტკიცებულებანი ატმოსფერული პარამეტრების, განსაკუთრებით ტემპერატურის ციკლური ცვლილების შესახებ. ასეთი გამოკვლევები უფრო იშვიათად ნალექებისთვისაცაა ჩატარებული, რომლებშიაც მითითებულია ნალექების ციკლური ცვლილების არსებობა თორმეტწლიანი პერიოდით (Суковатов К. Ю. и др., 2015; Безуглова Н. Н., . и др., 2012; და სხვ.) მაგრამ ფაქტია, რომ ნალექების ვარიაციებში ციკლური ცვლილებები რომც არსებობდეს, თანამედროვე გლობალურ დათბობასთან ნალექების 12-წლიან ციკლურ ცვლილებას რაიმე კავშირი არ უნდა ჰქონდეს.

გლობალური წყალბრუნვის პროცესზე ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება იმ რეგიონალური გამოკვლევათა გაანალიზების შედეგია, რომლებიც თითქმის მსოფლიოს ყველა

კუთხეში, მათ შორის საქართველოს და მის გარშემო ტერიტორიებზეა ჩატარებული. ამ გამოკვლევათა შეუსაბამობა მიგვანიშნებს მიღებული შედეგების ნაკლებ საიმედოობაზე. ასე მაგალითად, მეოცე საუკუნის მეორე ნახევარში რუსეთის დასავლეთ და უკიდურეს აღმოსავლეთ ტერიტორიებზე ნალექების ზრდას ჰქონდა ადგილი, ხოლო მათ შორის იგივე პერიოდში, დასავლეთ ციმბირი ნალექების შემცირებით ხასიათდებოდა (Груза Г.В. и др., 2007). ამ დროს ანუ იგივე პერიოდში, საქართველოს ტერიტორიის მეზობლად, ჩრდილოეთ კავკასიის შედარებით მცირე ტერიტორიაზე, ნალექების ცვლილებას სრულიად განსხვავებული სახე ჰქონდა. კერძოდ, ნალექების ცვლილება როგორც ზრდის ისე შემცირების მიმართულებით ტერიტორიისა და სეზონების მიხედვით ფართო დიაპაზონში ხდებოდა. ავტორის დასკვნით მთელი პერიოდისა და მთლიანი ტერიტორიისთვის მოსულმა ნალექების რაოდენობამ უმნიშვნელო ზრდა განიცადა (Деркач Д.В., 2007).

თითქმის არ განსხვავდება ზემოთ აღნიშნულისაგან და მსგავს სურათს იძლევა ის დეტერატურული წყაროები, რომლებშიც გლობალური ჰავის ცვლილების ფონზე, შესწავლილი და გადმოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილებები (ელიზბარაშვილი ე. და სხვ. 1997; ელიზბარაშვილი ე. და სხვ., 2001; ცომაია ვ. და სხვ., 2002; თავართქილაძე კ., 2002; Бегалишвили Н.А. и др. 2007; თავართქილაძე კ. და სხვ., 2010; თავართქილაძე კ. და სხვ., 2014 და სხვ.). ამ შრომებში მიღებული დასკვნების მიხედვით ცალსახად შეიძლება დადგინდეს, რომ ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობა უდაოდ განიცდიდა ცვლილებებს მაგრამ, იმის დადგენა თუ რა კანონზომიერებით ხდებოდა ეს ცვლილებები რეგიონალური ჰავის ცვლილების პირობებში, თითქმის შეუძლებელია.

გარკვეული კანონზომიერების დადგენა მხოლოდ ექსტრემალურად უხვი ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილების შესწავლისას გახდა შესაძლებელი.

სწავლობდნენ რა კავშირს ატმოსფეროს ცირკულიაციას, ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურას და ატმოსფერულ ნალექებს შორის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში (Мравьев А.В. и др. 2011), ავტორები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ მთელ რიგ მსხვილ რეგიონებში ცირკულაციის და ზედაპირის ტემპერატურული ანომალიის კავშირი ნალექების უკიდურესს გრადაციასთან სტატისტიკურად დამაჯერებელია როგორც ზაფხულის ასევე ზამთრის სეზონების მიხედვით.

ექსტრემალურად მცირე და დიდი მნიშვნელობების. ნალექების დღე-ღამური ჯამების კავშირი დადგენილია აგრეთვე მინიმალურ და მაქსიმალურ ტემპერატურებთან (Киктёв Д.В., и др., 2009). აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ ნაშრომში ექსტრემალური ნალექები გამოყოფილია არა კონკრეტული დიაპაზონის გარეთ მოხვედრილი ნალექების რაოდენობათა ჯამების მიხედვით, არამედ ნალექების განაწილების ალბათობის ფუნქციიდან 0-თან და 1-თან ახლოს მდებარე შემთხვევების გამოყოფით.

ექსტრემალურად უხვი ნალექების შემთხვევაში კანონზომიერება ნაპოვნია აგრეთვე შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპირო ზოლში (Бегалишвили Н.А. и др. 2013), იგი აქაც მიღებულია ნალექების ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ფუნქციის აგებით.

ნალექების რეჟიმზე ჰავის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრის – მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების გავლენის შესაფასებლად, რაც წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენს, შევარჩიეთ დაკვირვების მხოლოდ ერთი პუნქტი (ბათუმი), რომელიც ინტენსიური ნალექიანობითაა გამორჩეული, ხოლო ტემპერატურული ველის ცვლილების მიხედვით აქვს როგორც აცივების ასევე დათბობის პერიოდი.

დასახული ამოცანის გადაჭრის კონკრეტული გზა ასე განისაზღვრა – ჯერ უნდა დადგინდეს აცივებისა და დათბობის გამოკვეთილი პერიოდები, ხოლო შემდეგ, გამოყოფილ პერიოდებში დამოუკიდებლად შესწავლილი იქნას ნალექიანობის სრული რეჟიმული სტრუქტურის თავისებურებები (თუ რას გულისხმობს სრული რეჟიმული სტრუქტურა ეს განმარტებულია ქვემოთ).

ნალექების ემპირიული მონაცემები, რომლებიც გამოყენებულია ამ ნაშრომში, წარმოადგენენ ნალექების ყოველდღიურ ჯამებს 1940-2010 წლებში. როგორც ცნობილია ატმოსფერული პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდებიდან ყველაზე დიდი ცვლილება ნალექების გაზომვის მეთოდმა განიცადა. ამას ემატება ის უზუსტობანი, რომლებსაც დაკვირვების პუნქტის ადგილის გამოცვლა და სხვადასხვა მიზეზებით გამოტოვებული დაკვირვებათა აღდგენის შედეგად ჩნდება. ამიტომ, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ემპირიული მონაცემების ობიექტურ ანალიზს. ამ ნაშრომში გამოყენებული ემპირიული მონაცემები როგორც ნალექე-

ბის, ასევე ტემპერატურისთვის ძირითადად აღებულია შრომებიდან (თავართქილაძე კ., 2002; თავარტილაძე . ეტ ალ, 2012). აღნიშნულ ნაშრომებში დეტალურადაა აღწერილი ის პროცედურები, რომლებიც ობიექტური ანალიზისთვის ჩატარდა, ამიტომ წინამდებარე ნაშრომში მათზე არ შეეხერხებოდა.

საკმაოდ რთულია ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის სრულყოფილად დახასიათება. ამის მიზეზია ის, რომ ნალექიანობას ერთმანეთისაგან თითქმის დამოუკიდებელი რამოდენიმე პარამეტრი განსაზღვრავს. ნალექების რეჟიმის ცვლილების დასადგენად აუცილებელია ჰავის ცვლილების გავლენის განსაზღვრა ნალექიანობის დახასიათებელ ყველა პარამეტრზე. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია შემდეგი პარამეტრი: ნალექების წლიური ჯამი (ქ); ნალექების წლიური ჯამის გადახრა დინამიური ნორმიდან ანუ ანომალია (ქა); ნალექების შემთხვევათა რიცხვი (ქნ); ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული საშუალო დღიური ნალექი (ქდ); ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა (ქხ); ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი (ქმ); მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის დღეების რაოდენობა (ქს); მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის რაოდენობა (ქქ); დინამიურ ნორმაზე მეტი ნალექების ნორმირებული ჯამი (ქ>1); დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების ნორმირებული ჯამი (ქ<1). აღნიშნული პარამეტრები თუ დამოუკიდებლად ახასიათებენ ნალექიანობის ამა თუ იმ პროცესს, მაშინ მათ შორის კორელაციური კავშირი დაბალი უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი ნალექების რეჟიმის დახასიათებლად ახალ ინფორმაციის ვერ მოგვცემენ. ამის შესამოწმებლად ემპირიული მონაცემებიდან განსაზღვრეთ აღნიშნული პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობები და ავაგეთ ავტოკორელაციური მატრიცა. ნორმირებული სახით იგი მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ნალექების რეჟიმის განმსაზღვრელი პარამეტრების ავტოკორელაციური მატრიცა

	q	qa	qd	qx	qm	qs	qq	q>1	q<1	qn
q	1	0.99	0.66	0.48	0.38	0.39	0.45	0.41	0.40	0.00
qa		1	0.70	0.42	0.39	0.36	0.41	0.41	0.41	0/12
qd			1	0.07	0.43	0.13	0.09	0.29	0.25	-0.10
qx				1	0.05	0.60	0.46	0.26	0.19	-0.49
qm					1	0.20	0.33	0.17	-0.10	0.03
qs						1	0.58	0.25	-0.25	-0.29
qq							1	0.13	-0.02	-0.22
q>1								1	0.22	-0.04
q<1									1	0.09
qn										1

როგორც ცხრილიდან ჩანს წლის განმავლობაში მოსული ნალექების რაოდენობის ვარიაციებსა და ანომალიების ვარიაციებს შორის განსხვავება არ რის. ამის გამოა, რომ ნალექების დროში ცვლილებების დასადგენად უმეტესი სამეცნიერო კვლევები ჩატარებულია არა ნალექების წლიური ჯამების გამოყენებით, არამედ მათი ამონაწილების ვარიაციების მიხედვით. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ეს შესაძლებელია მხოლოდ ცვლილების შესწავლისას. სხვა შემთხვევაში ისინი განსხვავებულ ინფორმაციებს იძლევიან, რასაც ადასტურებს მათი განსხვავებული კორელაციის კოეფიციენტები დანარჩენ პარამეტრებთან.

შედარებით მაღალი კორელაციური კავშირი ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრულ დღის (დღელამის) ჯამებს აქვს ნალექების წლიურ ჯამთან და ანომალიებთან. კავშირი დანარჩენ პარამეტრებს შორის დაბალია, ან საერთოდ არ არსებობს, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილების შესწავლისას ისინი დამოუკიდებელ ინფორმაციებს გვაწვდიან.

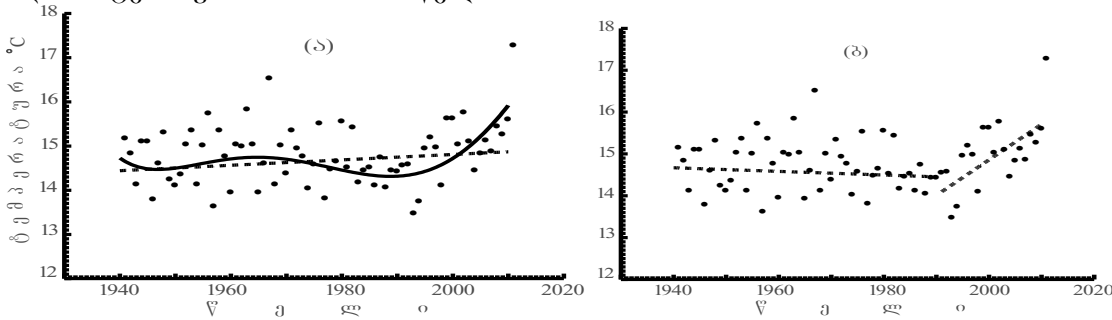
ამრიგად, ჰავის ცვლილების გავლენის შესაფასებლად ნალექების რეჟიმულ სტრუქტურაზე საჭიროა დადგინდეს ჩამოთვლილი ნალექიანობის განმსაზღვრელი პარამეტრების ფორმირების თავისებურებანი დათბობისა და აცივების შემთხვევაში.

**ტემპერატურული რეჟიმი.** ბათუმის მიწისპირული ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.

მთელი პერიოდის ტემპერატურული ველის ცვლილებას დინამიური ნორმა ახასიათებს. იგი წარმოსდგენს მოცემულ წერტილებზე გამავალ ოპტიმალურ წრფეს ანუ ერთადერთ წრფეს, რომლისთვისაც ფაქტიური მნიშვნელობების გადახრათა კვადრატების ჯამი მინიმალურია. ნახაზზე იგი წყვეტილი ხაზითაა მოცემული, და მისი გამოსახულებაა:

$$t = 5.58 + 0.006 \tau, \quad (1)$$

სადაც  $t$  არის  $\tau$  წლის ტემპერატურის ნორმა ბათუმისათვის ანუ დინამიური ნორმა, რომელიც ახასიათებს ბათუმის ტემპერატურულ რეჟიმს მხოლოდ 1940-დან 2010 წლამდე. ე.ი.  $\tau$  დებულობს მნიშვნელობებს 1940-დან 2010-მდე. ამრიგად, მოცემულ პერიოდში ტემპერატურა განიცდის ზრდას ინტენსიურობით  $0.006$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ .



ნახ.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის მნიშვნელობები ბათუმში 1940-2010 წლებში, მათი აპროქსიმაცია მე-5-ე რიგის პოლინომით (მრუდი) და დინამიური ნორმები (წყვეტილი ხაზი) მთელი პერიოდისთვის (ა) და სუსტი აცივებისა (1940-1990 წწ) და ძლიერი დათბობის (1991-2010 წწ) პერიოდებისთვის (ბ).

აღსანიშნავია, რომ 1906-1995 წლებში ბათუმში ტემპერატურული ველის შემცირებას ჰქონდა ადგილი (თავართქილაძე კ. და სხვ., 1999). შემცირების საშუალო წლიური ინტენსიურობა იყო  $-0.001$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ . რაკი 1940-2010 წლების დინამიური ნორმა დათბობას განსაზღვრავს ფაქტია, რომ განხილულ პერიოდში მოხდა გარდატეხა და ტემპერატურული ველის ცვლილება აცივებიდან დათბობის პროცესით შეიცვალა. გარდატეხის წელის მიახლოებით განსაზღვრისთვის საჭიროა განხილულ პერიოდში ჩატარდეს ტემპერატურული ველის ცვლილების არაწრფივი აპროქსიმაცია. ამ უკანასკნელის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ უნდა შეირჩეს  $n$ -ური რიგის პოლინომი, რომელიც ყველაზე ნაკლები სტანდარტული ცდომილებებით ასახავს ტემპერატურის ფაქტიურ ვარიაციებს (Мазмишвили А.И., 1968). განხილულ შემთხვევაში მინიმალური სტანდარტული გადახრა ფაქტიური მნიშვნელობებიდან მე-5-ე რიგის პოლინომს აღმოაჩნდა. განისაზღვრა რა შესაბამისი ემპირიული კოეფიციენტები, ტემპერატურის ცვლილების ამსახველი ოპტიმალური პოლინომი დატანილია ნახ.1ა-ზე. აგებული მრუდი გვიჩვენებს, რომ განხილული პერიოდის დასაწყისიდან დაახლოებით 1990 წლამდე ადგილი აქვს ტემპერატურული ველის სუსტი აცივების პროცესს, ხოლო შემდეგ ხდება შედარებით ძლიერი დათბობა. ეს საკმაოდ ახლოსაა გლობალური ტემპერატურული ველის დღეისთვის აღიარებულ ცვლილებასთან (Бодрицкий Г.С. 2008).

ამრიგად, ტემპერატურული ველის ცვლილების პროცესი ბათუმში ასე შეიძლება დავხასიათოდ – 1940-1990 წლებში ადგილი ჰქონდა სუსტ აცივებას, ხოლო შემდგომ პერიოდში, 1991-2010 წლებში, მიმდინარეობდა დათბობა. დავეყრდენით რა ამ დასკვნას, განხილული დროის მთელი მონაკვეთი დავყავით ორ პერიოდად, სუსტი აცივების პერიოდი ანუ 1940-1990 წლები და დათბობის პერიოდი ანუ 1991-2010 წლები. თითოეული პერიოდისთვის დამოუკიდებლად განისაზღვრა დინამიური ნორმები:

სუსტი აცივების პერიოდისთვის

$$t = 23.1 - 0.004 \tau, \quad (2)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1940-დან 1990-მდე, და ძლიერი დათბობის პერიოდისთვის

$$t = -154.7 + 0.085 \tau, \quad (3)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

ამრიგად, (2) და (3) ფორმულები გვიჩვენებს პირველ პერიოდში აცივებას ინტენსიურობით  $-0.004$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ , ხოლო მეორე პერიოდში დათბობას ინტენსიურობით  $0.085$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ .

ორივე პერიოდისთვის დამოუკიდებლად აგებული დინამიური ნორმების განმსაზღვრელი წრფეები დატანილია ნახ.1ბ-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, აცივებისა და დათბობის პერიოდებად დაყოფის შემდეგ, მთელი პერიოდის დინამიური ნორმის ცვლილების წარმოსგენის თვალსაზრისით ადგილი აქვს გარკვეული შეუსაბამობას, 1990 წლისა და 1991 წლისთვის (2) და (3) ფორმულებით განსაზღვრული დინამიური ნორმები საკმაოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ეს გამოწვეულია იმის გამო, რომ გარდატეხის პერიოდი უნდა დახასიათდეს არა ცვალებადი, არამედ უცვლელ

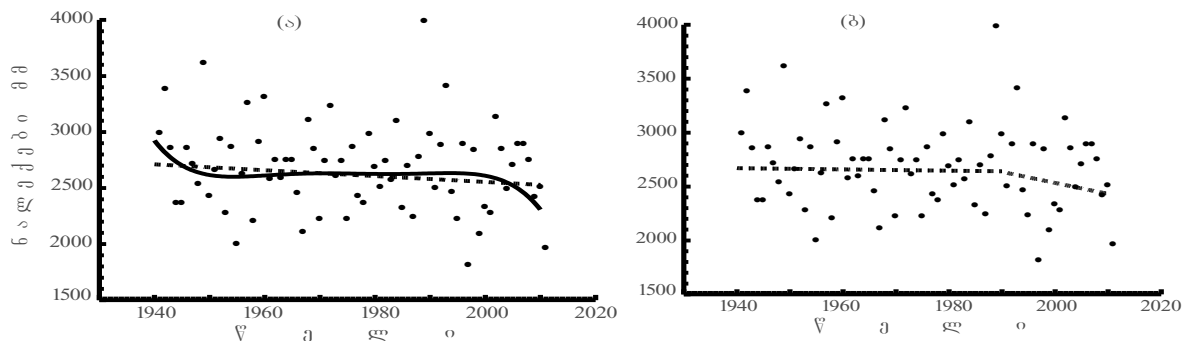
ლი ნორმით. ე.ი. გარდატეხის მოკლე პერიოდი ცალკე უნდა გამოყოფილიყო, რომელსაც აღნიშნული ნორმების შემაერთებელი, მუდმივი ნორმა დაახასიათებდა. ამ შემთხვევაში შეუსაბამობას ადგილი აღარ ექნებოდა. მაგრამ წინამდებარე ნაშრომის კონკრეტულად, დასმული ამოცანის გადაჭრის პროცესში ეს გაცილებით მეტ ცდომილებას მოგვცემდა. საქმე იმაშია, რომ გარდამავალი პერიოდის სტატისტიკური დახასიათება შეუძლებელი იქნებოდა, ხოლო აცივებისა და დათბობისა პერიოდებისთვის შემთხვევათა რიცხვი შემცირდებოდა.

ამრიგად, დროის მთელი მონაკვეთი ტემპერატურული ველის ცვლილების მიხედვით დაიყო ორ ნაწილად – სუსტი აცივებისა და დათბობის პერიოდებად და თითოეულისთვის დამოუკიდებლად განისაზღვრა ატმოსფერული ნალექების დამახასიათებელი პარამეტრების რეჟიმული სტრუქტურა.

**ნალექების წლიური ჯამი.** ატმოსფეროდან მოსული ნალექების წლიური ჯამების მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში მოცემულია ნახ.2-ზე. მთელი პერიოდისთვის მათი რეჟიმული მდგომარეობისა და ცვლილების შესაფასებლად აგებულია დინამიური ნორმის განმსაზღვრელი წრფე, რომელიც დატანილია ნახ.2ა-ზე და მისი ანალიზური სახეა:

$$q = 7792.5 - 2.62 \tau. \quad (4)$$

როგორც ტემპერატურის შემთხვევაში, აქაც მთელი პერიოდისათვის  $\tau$  იცვლება 1940-დან 2010-მდე. ე.ი. 71 წლის მანძილზე ნალექების წლიური ჯამი შემცირდა 186 მმ-ით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ამ პერიოდში ნალექების საშუალო მნიშვნელობა 2620 მმ იყო, შემცირება შეადგენს 7.1 %-ს.



ნახ.2. ნალექების წლიური ჯამის მნიშვნელობები ბათუმში 1940-2010 წლებში, მათი აპროქსიმაცია მე-5-ე რიგის პოლინომით (მრუდი) და დინამიური ნორმები (წყვეტილი ხაზი) მთელი პერიოდისთვის (ა) და აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის (ბ).

მთელი პერიოდის შიგნით, დროის მცირე მონაკვეთებში, ნალექიანობის მოკლეპერიოდიანი ცვლილების დასადგენად მოცემულ წერტილებზე გავატარეთ მე-5-ე რიგის პოლინომით აპროქსიმირებული მრუდი. იგი დატანილია ნახ.2ა-ზე და გვიჩვენებს, რომ ცვლილებებს შემცირების მიმართულებით ადგილი ჰქონდა განხილული პერიოდის საწყისს და ბოლო მონაკვეთებში, ხოლო ცენტრალურ ნაწილში, დაახლოებით 1950-1985 წლებში ცვლილებას თითქმის არ განიცდიდა.

როგორც ზემოდ უკვე აღნიშნული იყო, ტემპერატურული ველის ცვლილებიდან გამომდინარე, მთელი პერიოდი დაყვავით დათბობისა და აცივების მონაკვეთებად. აღნიშნული მონაკვეთებისათვის ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად განვსაზღვრეთ დინამიური ნორმები და ისინი მოცემულია ნახ.2ბ-ზე, ხოლო მათი ანალიზური გამოსახულებები შემდეგი სახისაა:

სუსტი აცივების პერიოდისთვის

$$q = 3783.4 - 0.57 \tau, \quad (5)$$

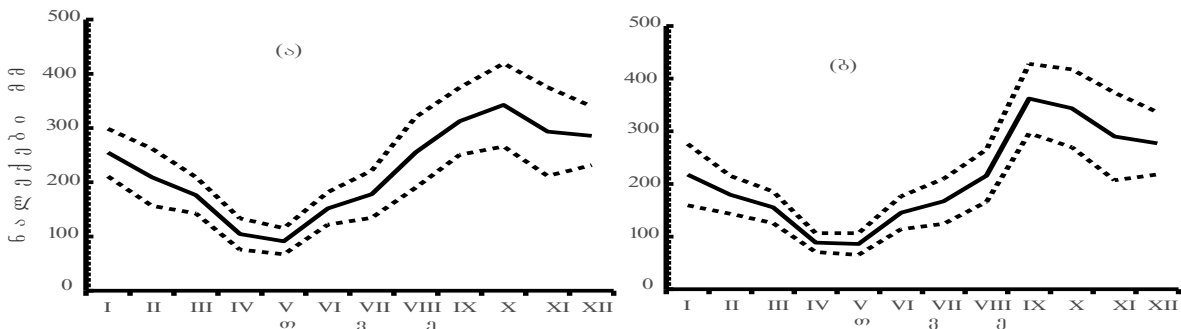
სადაც  $\tau$  იცვლება 1940-დან 1990-მდე, და ძლიერი დათბობის პერიოდისთვის

$$q = 22983.7 - 10.22 \tau, \quad (6)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1991-დან 2010-მდე. ე.ი. სუსტი აცივების დროს ანუ 51 წლის მანძილზე ნალექების ჯამი შემცირდა 27 მმ-ით, რაც ამ პერიოდის ნალექების წლიური ჯამების საშუალო მნიშვნელობის (2656 მმ) დაახლოებით 1 %-ს შეადგენს. ხოლო დათბობის დროს ანუ 20 წლის მანძილზე ნალექები შემცირდა 102 მმ-ით, რაც ამ პერიოდის ნალექების საშუალო წლიური ჯამის (2528 მმ) დაახლოებით 4 %-ია.

მიღებული შედეგების მიხედვით ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების რეალური კავშირის დადგენა ტემპერატურული ველის ცვლილებასთან ნაკლებად დასაჯერებელია. მაგრამ, ეჭვგარეშეა, რომ ასეთი კავშირი უმდა არსებობდეს. მოსალოდნელია, რომ დიდი ინერციულობის გამო მისი გამოვლენა შესაძლებელი გახდეს გაცილებით დიდი პერიოდის განხილვით ვიდრე 71 წელია. რაც შეეხება დროის შედარებით მოკლე პერიოდსთვის (მაგალითად 100 წელი) ტემპერატურული ველისა და ნალექების ცვლილებას შორის კავშირის დადგენა თითქმის შეუძლებელია.

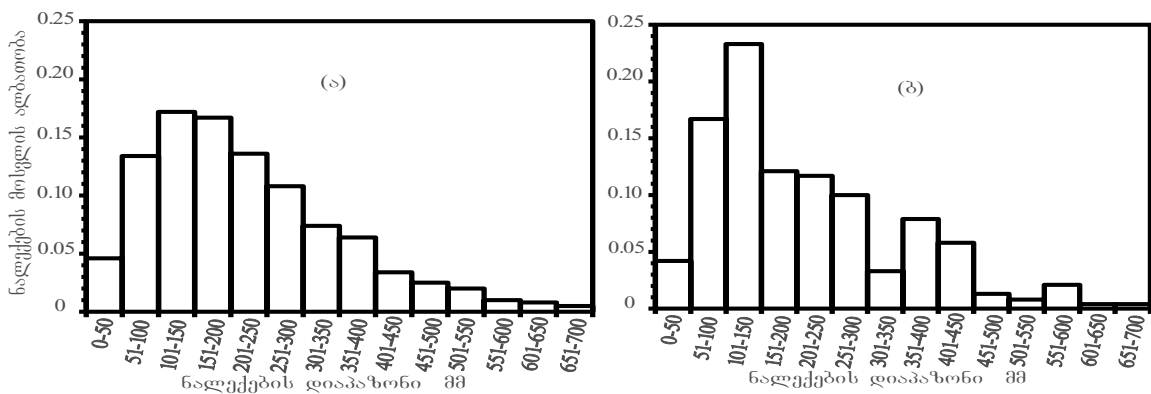
აცივებისა და დათბობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების შიდაწლიური განაწილების ცვლილების შესაფასებლად განსაზღვრულია ნალექების თვიური ჯამების განაწილება და ისინი, შესაბამისი სტანდარტული გადახრებით მოცემულია ნახ.3ა და ნახ.3ბ-ზე.



ნახ.3. ნალექების შიდაწლიური განაწილება (უწყვეტი მრუდი) და შესაბამისი სტანდარტული გადახრები (წყვეტილი) ბათუმში 1940-1990 წლების (ა) და 1991-2010 წლების (ბ) მიხედვით.

როგორც ნახაზიდან ჩანს ისინი მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. შედარებით მნიშვნელოვანი განსხვავებაა ივლისსა და განსაკუთრებით აგვისტოში, სადაც დათბობის პერიოდში ხდება ნალექების თვიური ჯამების მნიშვნელოვანი შემცირება. ეს ფაქტი კიდევ ერთხელ ადასტურებს მთლიანი პერიოდისთვის დამახასიათებელ სურათს – განხილულ რეგიონში ტემპერატურის ზრდა იწვევს მოსული ნალექების რაოდენობის შემცირებას.

იმის დასადგენად თუ აღნიშნულ ცვლილებას როგორი კატეგორიის ნალექები (მცირე თუ უხვი) განაპირობებს, აგებული იქნა სხვადასხვა რაოდენობის ნალექების მოსვლის ალბათობის განაწილების ფუნქცია აცივებისა და დათბობის პერიოდისთვის. ისინი წარმოდგენილია ნახ.4-ზე. ნალექების მოსვლის ალბათობები განსაზღვრულია 0-დან 700 მმ-მდე, 50 მმ-იანი დიაპაზონების მიხედვით. მიღებული განაწილების ფუნქციებიდან ნორმალურ განაწილებასთან შედარებით ახლოსაა აცივების პერიოდის განაწილების ფუნქცია.



ნახ.4. სხვადასხვა რაოდენობის ნალექების მოსვლის ალბათობები აცივების (ა) და დათბობის (ბ) პირობებში

როგორც ნახაზიდან ჩანს ძირითად განსხვავებას მოსული ნალექების რაოდენობების მიხედვით მცირე ნალექების შემთხვევაში აქვს ადგილი. მაგალითად, თუ სუსტი აცივების პერიოდში მოსული ნალექები რაოდენობით 51-დან 150 მმ-მდე მთელ დიაპაზონში მოსული რაოდენობის მესამედსაც არ შეადგენს, დათბობის შემთხვევაში იგივე დიაპაზონში მოსული ნალექების რაოდენობა თითქმის მთელი რაოდენობის ნახევარია. იგივე პროცესი უფრო მკვეთრადაა გამოსახული უხვი ნალექების (350 მმ-ზე მეტი) შემთხვევები. დათბობის

პერიოდში აღნიშნულ დიაპაზონში მოსული ნალექები მნიშვნელოვნად სჭარბობს აცივების პერიოდის ნალექებს.

ამრიგად, მიღებული შედეგების მიხედვით კავშირი ნალექების რაოდენობასა და ტემპერატურულ ველს შორის ასე შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ: ტემპერატურის ზრდის (დათბობის) შედეგად წლის განმავლობაში მოსული ნალექების ჯამი მცირდება. მაგრამ, საერთო შემცირების ფონზე მნიშვნელოვან ზრდას განიცდის მცირე და უხვი ნალექების შემთხვევები.

აღსანიშნავია ერთი გარემოებაც, მიღებულ შედეგზე გარკვეულ გავლენას შეიძლება ახდენდეს დათბობის პერიოდის შემთხვევათა რიცხვის სიმცირეც (21 წელი 50 წელთან შედარებით). ალბათ აქ მართებული იქნება დასკვნა შემდეგი სახით ჩამოვაყალიბოთ - ტემპერატურული ველის ცვლილებასთან (აცივებათან ან დათბობასთან) ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების ემპირიული კავშირის დასადგენად სამოცდაათწლიანი პერიოდი საკმარისი არ არის, საჭიროა გაცილებით მეტი;

შედარებით დამაჯერებელი დასკვნის გამოტანა შეიძლება ნალექების შიდაწლიური განაწილების ცვლილების შემთხვევაში - ნალექების რაოდენობის შიდაწლიური განაწილება აცივებიდან დათბობაში გადასვლისას განსხვავებას იძლევა ყველაზე ცხელ პერიოდში ივლისსა და აგვისტოში. კერძოდ, შემცირებას განიცდის საშუალო რაოდენობის, 150-დან 350 მმ-მდე მოსული ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, ხოლო ამ დიაპაზონს გარეთ ნალექების შემთხვევათა რიცხვი პირიქით, იზრდება.

**ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, საშუალო დღიური ნალექი, საშუალო ხანგრძლივობა.**

ნალექიანობის რეჟიმული სტრუქტურის მნიშვნელოვანი, დამოუკიდებელი პარამეტრებია ნალექების მოსვლის შემთხვევათა რიცხვი, მხოლოდ ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული ერთი დღის საშუალო ნალექების რაოდენობა და ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა. აღნიშნულ პარამეტრებს ერთმანეთთან და, რაც მნიშვნელოვანია, მოსილი ნალექების რაოდენობასთან კავშირი თითქმის არ ააქვთ და ახასიათებენ ნალექიანობის რეჟიმს სხვადასხვა კუთხით. აღნიშნულ პარამეტრებს მნიშვნელოვანი პრაქტიკული გამოყენება აქვთ. რომელთა განსაზღვრა მხოლოდ ემპირიული მონაცემებითაა შესაძლებელი.

აცივებისა და დათბობის პირობებში განსაზღვრული მათი მნიშვნელობები ყოველი თვის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2ი ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, საშუალო დღიური ნალექი და ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა აცივებისა და დათბობის პირობებში

პარამეტრი პერიოდი	ნალექების შემთხვევათა რიცხვი			ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული საშუალო დღიური ნალექი (მმ/დღე)			ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა (დღე)		
	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა
იანვარი	4.8	4.3	0.3	16.1	14.4	1.7	16.0	15.3	0.7
თებერვალი	4.2	4.6	-0.4	14.1	13.7	0.4	13.7	12.9	0.8
მარტი	5.4	5.4	0	11.1	11.0	0.1	11.2	10.4	0.8
აპრილი	4.7	5.4	-0.7	7.9	8.2	-0.3	8.3	7.4	0.9
მაისი	5.6	5.1	0.5	7.6	8.3	-0.7	7.4	8.2	-0.8
ივნისი	5.6	5.5	0.1	12.1	12.5	-0.4	12.1	12.1	0
ივლისი	5.7	5.2	0.5	12.9	17.4	-4.5	13.2	15.1	-1.9
აგვისტო	5.2	5.5	-0.3	17.9	18.8	-0.9	18.7	15.7	3.0
სექტემბერი	4.7	4.4	0.3	23.2	29.8	-6.6	22.9	28.3	-5.4
ოქტომბერი	4.8	4.9	-0.1	23.8	25.6	-1.8	23.8	24.7	-0.9
ნოემბერი	4.5	4.3	0.2	20.6	22.9	-2.3	20.4	21.0	-0.6
დღეკემბერი	4.7	5.0	-0.3	19.3	18.8	0.5	18.8	19.6	-0.8
წელი	59.9	59.8	0.1	15.6	16.8	-1.2	15.5	15.9	-0.4

როგორც ცხრილიდან ჩანს ნალექების შემთხვევათა რიცხვი აცივებიდან დათბობაში გადასვლისას მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის. საშუალოდ წლის განმავლობაში ორივე პერიოდისთვის ნალექების მოსვლის დაახლოებით 60 შემთხვევას აქვს ადგილი.

მაგრამ, სეზინური ვარიაციები საკმაოდ განსხვავებულია. ამ მხრივ გამოირჩეულია აპრილის თვე, სადაც აცივებიდან დათბობაზე გადასვლის შემდეგ ნალექების შემთხვევათა რიცხვი ყველაზე მეტად გაიზარდა. აღსანიშნავია, რომ აპრილის თვეში საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ტემპერატურის მკვეთრი ზრდას აქვს ადგილი (თავართქილაძე კ. და სხვ., 2011) და მოსალოდნელია ეს იწვევს ნალექების შემთხვევათა რიცხვის სრლას, რაც სრულიად ბუნებრივია.

რაც შეეხება ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრულ საშუალო დღიურ რაოდენობას და ნალექების საშუალო ხანგრძლივობას, მათი ცვლილება აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ უფრო შესამჩნევია. ერთიც და მეორეც ძირითადად შემცირებას განიცდის, რაც სრულ თანხმობაშია მოსული ნალექების საერთო რაოდენობის შემცირებასთან.

**ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი** განსაკუთრებით დიდ ინტერესს შეადგენს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური რაოდენობის ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილება გლობალური დათბობის ფონზე. არასასურველი, კატასტროფული მოვლენების ძირითადი გამოწვევი მიზეზი დროის მოკლე პერიოდში დიდი რაოდენობით მოსული ნალექებია. ექსტრემალურად უხვ ნალექებზე ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება კი ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების თავისებურებათა შესწავლით შეიძლება. ამ მიზნით, გამოყენებული ემპირიული მონაცემებიდან ამოკრეფილი იქნა ყოველი თვის ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექები და დადგენილი იქნა ის განსხვავებები, რაც მათი აცივებიდან დათბობის პროცესში გადასვლის შედეგად შეიძლება ჩამოუყალიბდეს.

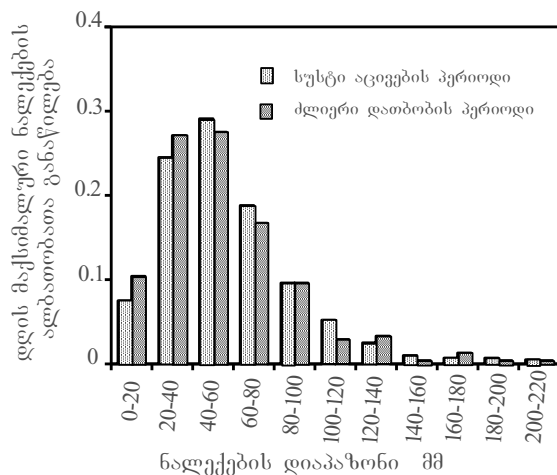
1940-2010 წლებში, ბათუმში ერთ დღეში ნალექების აბსოლუტურად მაქსიმალური რაოდენობა აცივების პერიოდში მოვიდა, კერძოდ 1988 წლის 9 ივლისს და შეადგინა 275.6 მმ. ეს რაოდენობა განხილული პერიოდის ყველა თვის ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების საშუალო მნიშვნელობაზე (57.8 მმ) დაახლოებით 4.8-ჯერ მეტია. თუ ყოველი წლის ერთი დღის აბსოლუტური მაქსიმუმების დროში ცვლილებას განვიხილავთ, რასაც აღნიშნული წესით შედგენილი მწკრივის დინამიური ნორმა იძლევა მივიღებთ, რომ აღნიშნულ პერიოდში ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების რაოდენობა წლების მიხედვით შემცირებას განიცდის და შემცირების საშუალო წლიური ინტენსიურობაა 0.054 მმ/წელი. თუ განვიხილავთ არა წლის, არამედ წლის ყოველი თვეების დღის მაქსიმალურ ნალექებს, ისინიც განხილულ პერიოდში ასევე შემცირებას განიცდიან, მხოლოდ ნაკლები ინტენსიურობით (0.046 მმ/წელი).

მთელი პერიოდის ცვლილებები ცალ-ცალკე აცივებისა და დათბობის შემთხვევაში საკმაოდ განსხვავებულ სახეს ღებულობს. როგორც აღნიშნული იყო აბსოლუტურ მაქსიმუმს (275.6 მმ) აცივების პერიოდში ჰქონდა ადგილი. დათბობის პერიოდში კი მაქსიმუმი (206.9 მმ) 1995 წლის 20 წექტემბერს დაფიქსირდა და იგი აცივების პერიოდის მაქსიმუმზე 25 %-ით ნაკლებია. ასევე ნაკლებია დათბობის პერიოდში ყველა თვის მიხედვით განსაზღვრული ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების საშუალო მნიშვნელობა (55.7 მმ), აცივების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობასთან (58.6 მმ).

განსაკუთრებულად მნიშვნელოვან შედეგებს იძლევა ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების ცვლილებათა შედარება აცივებისა და დათბობის დროს. მაშინ, როცა მთელი პერიოდისთვის ნალექიანობის განმსაზღვრელი რიგი პარამეტრების შემცირებებს აქვს ადგილი, ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების მნიშვნელობები აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ მკვეთრად იზრდება. ასე მაგალითად, როცა ყველა თვეების მიხედვით განსაზღვრული ერთი დღის მაქსიმალური ნალექების ცვლილებას აცივების პერიოდში თითქმის არ აქვს ადგილი (+0.002 მმ/წელი), დათბობის პერიოდში იგი მნიშვნელოვნად იზრდება და მისი ინტენსიურობა +0.149 მმ/წელი-ს შეადგენს. ეს მომატება განსაკუთრებით იზრდება წლის აბსოლუტური მაქსიმუმების შემთხვევაში. თუ აცივების დროს ცვლილება გამოიხატება შემცირებით და შემცირების ინტენსიურობა შეადგენს 0.105 მმ/წელი-ს, დათბობის პროცესში იგი იზრდება ინტენსიურობით +0.399 მმ/წელი-თ. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნის გამოტანის საშუალებას გვაძლევს – დათბობის პროცესი, რომლის გავლენა ნალექების მცირე და საშუალო რაოდენობის ცვლილებაზე ნაკლებად ჩანს, უხვი ნალექების რეჟიმზე მკვეთრად ვლინდება. კერძოდ, დათბობა იწვევს ნალექების რაოდენობის გაზრდას და ეს ფაქტი, ექსტრემალურად უხვი ნალექების შემთხვევაში დამაჯერებლად აისახება..



იმის დასადგენად თუ როგორ ცვლილებას განიცდის ყოველი თვის მიხედვით განსაზღვრული ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი, აგებული იქნა მათი მოსვლის ალბათობათა განაწილების ფუნქცია მოსული ნალექების რაოდენობების მიხედვით, აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის და იგი მოცემულია ნახ.5-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების მცირე, 40 მმ-ზე ნაკლები, მნიშვნელობების მოსვლის ალბათობა აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ იზრდება. აღნიშნულ დიაპაზონში საერთო რაოდენობის დაახლოებით მესამედი ხვდება. 40 მმ-დან 120 მმ-მდე დიაპაზონში, რომელშიაც საერთო შემთხვევათა რიცხვიდან ნახევარზე მეტი მოდის პირიქითაა, დათბობის დროს შემთხვევათა რიცხვი კლებულობს. რაც შეეხება უხვი ნალექების დიაპაზონს (120 მმ-ზე მეტი), რომელიც ნორმიდან გადახრის ექსტრემალურ კატეგორიადაა მიჩნეული, დათბობის შედეგად ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების შემთხვევათა რიცხვი მნიშვნელოვან ზრდას განიცდის.



ნახ.5. ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების ალბათობათა განაწილება ბათუმში სუსტი აცივებისა და ძლიერი დათბობის პერიოდებისთვის.

**მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექები (ხანგრძლივობა, რაოდენობა).** გლობალური დათბობის გაყვანის დასადგენად ნალექების ხანგრძლივობასა და შესაბამის რაოდენობაზე გამოყენებულ მონაცემთა ბაზიდან, ყოველი თვის მიხედვით შევარჩიეთ მაქსიმალური ხანგრძლივობის (შემთხვევა, როცა პროცესი დაწყებიდან დამთავრებამდე წყვეტას არ განიცდის) ნალექები, განვსაზღვრეთ მათი ხანგრძლივობა დღეებში და ნალექების რაოდენობა. ყოველი თვისთვის დავადგინეთ მათი ნორმები ცალ-ცალკე აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის. მიღებული მნიშვნელობები და სხვაობები მათ შორის მოცემულია ცხრილში 2.

როგორც ცხრილიდან ჩანს დათბობის შედეგად ნალექების ხანგრძლივობაც და რაოდენობაც შემცირდა. მთელი პერიოდისათვის ხანგრძლივობის საშუალო სიდიდე, 5.5 დღე 0.6-ით ანუ დაახლოებით 14 საათით შემცირდა, რაც საშუალო ხანგრძლივობის 11%-მდეა. მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექების საშუალო წლიურმა ნორმამ (107 მმ) 17 მმ-ით ანუ 16%-მდე განიცადა შემცირება.

აღსანიშნავია თავისებურება, რომელსაც ხანგრძლივობისა და რაოდენობის შიდაწლიურ განაწილება იძლევა. აცივების პერიოდში ყველაზე მცირე ხანგრძლივობას და რაოდენობას შესაბამისად ივნისსა და მაისში აქვს ადგილი. დათბობის შემდეგ ორივე პარამეტრის ყველაზე მცირე მნიშვნელობა აპრილის თვეში გადაინაცვლებს. ე.ი. აპრილიდან მაისსა და ივნისში გადასვლა ანუ ტემპერატურის მატება იწვევს მაქსიმალური ნალექების ხანგრძლივობისა და რაოდენობის ზრდას. ეს პროცესი უფრო მკვეთრად გამოხატული აღნიშნული პარამეტრების შიდაწლიური განაწილების ყველაზე დიდი მნიშვნელობებისთვის და განამტკიცებს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების განხილვის დროს მიღებულ შედეგს – ტემპერატურის ზრდით ნალექების რაოდენობის ზრდის ფაქტი დამაჯერებლად ვლინდება მხოლოდ უხვი ნალექების შემთხვევაში. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნის საშუალებას იძლევა – გარემოს არამდგრადი წონასწორობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის მოსალოდნელ

ცვლილებებზე დამაჯერებელი შედეგების მიღება შესაძლებელია არა ნალექების საერთო ნაოდენობის, არამედ უხვი (ექსტრემალური) ნალექების შესწავლის გზით.

ცხრილი 2. მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის დღეების საშუალო სიდიდე და ნალექების რაოდენობა ბათუმში აცივებისა და დათბობის პირობებში

პარამეტრი	მაქსიმალური ნალექის ხანგრძლივობა დღე			მაქსიმალური ნალექის რაოდენობა მმ		
	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა
იანვარი	6.9	5.4	1.5	125.3	93.4	31.9
თებერვალი	6.2	5.4	0.8	99.8	74.0	25.8
მარტი	5.6	5.6	0	78.6	51.7	26.9
აპრილი	4.7	3.4	1.3	48.7	36.7	12.0
მაისი	4.1	3.9	0.2	48.0	39.1	8.9
ივნისი	4.0	4.8	0.2	64.5	64.8	-0.3
ივლისი	4.9	4.2	0.7	82.2	59.3	22.9
აგვისტო	5.3	4.4	0.9	112.3	91.8	20.5
სექტემბერი	5.9	5.5	0.4	153.8	168.4	-14.6
ოქტომბერი	5.9	6.1	-0.2	158.9	157.3	1.6
ნოემბერი	6.4	5.2	1.2	170.0	122.3	47.7
დღეკემბერი	6.5	5.8	0.7	141.6	123.6	18.0
წელი	5.5	4.9	0.6	107.0	90.0	17.0

**დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნორმირებული ნალექები.** მზე-ატმოსფერო-დედამიწის არამდგრადი წონასწორობის დროს, რაც იწვევს ჰავის ტენდენციურ ცვლილებას – აცივებას ან დათბობას, ატმოსფერული ნალექების რეჟიმის ძირითადი მახასიათებელი დინამიური ნორმაა. იგი ივება მხოლოდ არამდგრადი წონასწორობის პერიოდში ისე, რომ ნალექების ყოველწლიური ჯამების ნორმიდან გადახრებს თანაბარ ნაწილებად ჰყოფს. მაგრამ, ნორმაზე მეტი და ნორმაზე ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა შესაძლებელია ერთმანეთისაგან განსხვავებული იყოს და თუ ასეთი განსხვავებაა მისი ცოდნა გარკვეულ პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს.

დინამიურ ნორმაზე მეტი ან ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის შესასწავლად ჩატარდა ნალექების წლიური ჯამების ნორმირება. მანორმირებულ პარამეტრებად აღებული იქნა განხილული პერიოდის დინამიური ნორმა. აღსანიშნავია, რომ დაკვირვების ერთი პუნქტისთვის ნალექების (აგრეთვე სხვა პარამეტრებისაც) შემთხვევითი ვარიაციების რეჟიმული სტრუქტურის შესასწავლად მონაცემთა ნორმირება აუცილებელი არ არის, რადგან იგი იგივე შედეგებს იძლევა რასაც ფაქტიური მონაცემები. აქ იგი საილუსტრაციოდაა გამოყენებული რადგან, თუ რეგიონის დასახასიათებლად რამოდენიმე პუნქტის მონაცემებია გამოყენებული, მაშინ ნორმირება აუცილებელია.

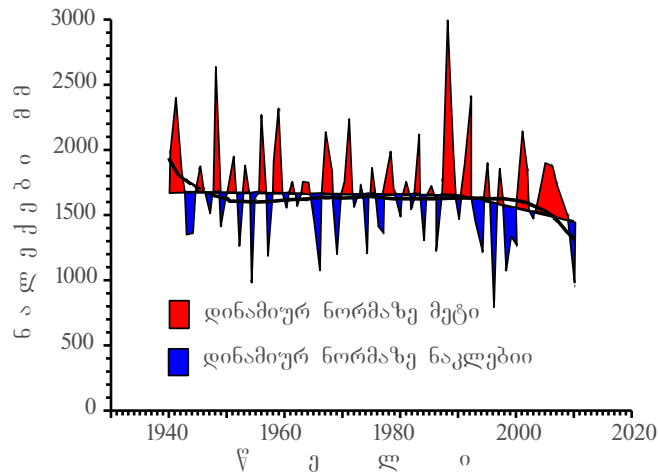
ფაქტიური მონაცემების მიხედვით დინამიური ნორმიდან გადახრები მოცემულია ნახ.6-ზე. ნახაზზე დატანილია აგრეთვე მონაცემთა არაწრფივი (მე-5-ე რიგის პოლინომით) აპროქსიმაციაც. მიუხედავად იმისა, რომ დინამიური ნორმა უარყოფითი და დადებითი გადახრების ჯამებს ოპტიმალურად შუაზე ჰყოფს, ნახაზიდანაც კარგად ჩანს, რომ დამოუკიდებლად ნორმაზე ნაკლები და ნორმაზე მეტი ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა განსხვავებულია.

ნორმირებული, დინამიურ ნორმაზე მეტი და დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების წლიური ჯამების მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში მოცემულია ნახ.7-ზე

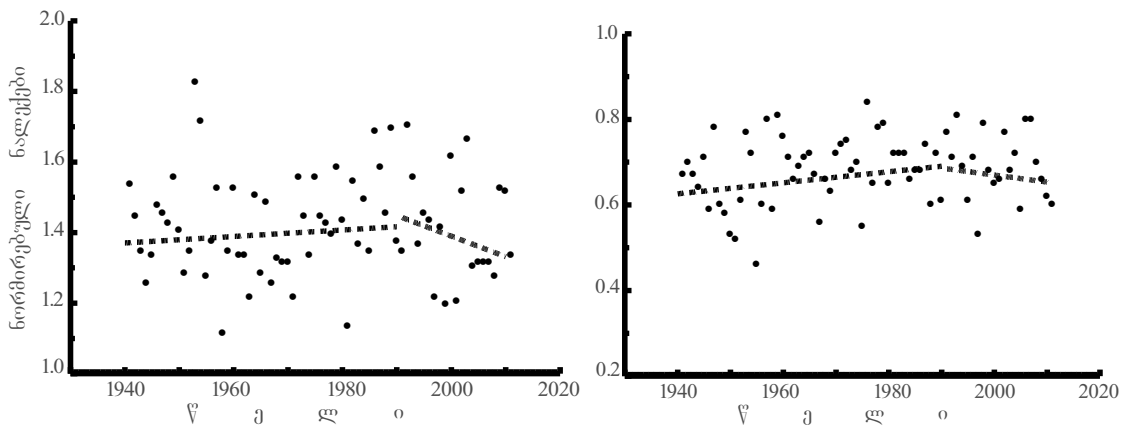
როგორც ნორმაზე მეტი ისე ნორმაზე ნაკლები ნალექების შემთხვევაში, მათ ნორმირებულ მნიშვნელობის ცვლილებათა მიმართულებებს და ინტენსიურობებს დამოუკიდებლად აცივებისა და დათბობის პირობებში, გვიჩვენებს ნახაზზე დატანილი წრფეები. ამ წრფეების გამოსახულებებია:

დინამიურ ნორმაზე მეტი ნალექების შემთხვევაში, აცივების დროს

$$q = - 0.419 + 0.0009 \tau, \quad (7)$$



ნახ.6. ატმოსფერული ნალექების გადახრები დინამიური ნორმებიდან და მათი არაწრფივი აპროქსიმაცია (მრუდი).



ნახ.7. ნორმორებული, დინამიურ ნორმაზე მეტი (>1) და ნაკლები (<1) ნალექების ცვლილება ბათუმში აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის.

სადაც  $\tau$  იცვლება 1940-დან 1990-მდე და დათბობის დროს

$$q = 13.059 - 0.0058 \tau, \quad (8)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების შემთხვევაში, აცივების დროს

$$q = -1.881 + 0.0013 \tau, \quad (9)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1940-დან 1990-მდე და დათბობის დროს

$$q = 3.948 - 0.0016 \tau, \quad (10)$$

სადაც  $\tau$  იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

ამრიგად, ნორმაზე მეტი და ნორმაზე ნაკლები ატმოსფერული ნალექების ცვლილების მიმართულებები აცივებისა და დათბობის პირობებში ერთნაირია. კერძოდ, აცივების დროს ხდება მათი რაოდენობების ზრდა დროის მიხედვით და დათბობის პირობებში პირიქით, ცვლილებები შემცირებით ხასიათდება. ისინი განსხვავდებიან ცვლილების ინტენსიურობის მიხედვით. აცივების შემთხვევაში ნორმაზე მეტი ნალექების ზრდის ინტენსიურობა ( $0.0009$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ ) ნორმაზე ნაკლები ნალექების ზრდის ინტენსიურობასთან შედარებით ( $0.0013$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ )  $30.8\%$ -ით ნაკლებია. ხოლო, დათბობის დროს ნალექების შემცირების ინტენსიურობა ნორმაზე მეტი ნალექების შემთხვევაში ( $0.0058$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ ), ნორმაზე ნაკლებ ნალექებთან შედარებით ( $0.0016$   $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$ ) სამ-ნახევარჯერ მეტია. ე.ი. დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნალექების ცვლილება თანამედროვე დათბობის ფონზე შესატყვისობაშია ნალექების საერთო რაოდენობის ცვლილებასთან.

## ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ხელაძე თ. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილების გამოკვლევის წინასწარი შედეგები. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის საინფორმაციო ბიულეტენი, №5, 1997 (35-44)
2. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე. ჰიდრომეტინსტიტუტის შრომები, № 102, 2001 (112-116)
3. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუმლაძე დ., ვაჩნაძე ჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. მეცნიერება, თბილისი, 1999 (128).
4. თავართქილაძე კ. საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურა. ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 105, მეცნიერება, თბილისი, 2002 (117-137).
5. თავართქილაძე კ., ქიქავა ა. გვალვებისა და გაუდაბნოების ხელშემწყობი ტემპერატურისა და ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა და ჰაერის ცვლილების გავლენა მასზე. საქართველოს სოფლის მეურნ. მეცნ. აკად. მოამბე, № 28, 2010 (309-317)
6. თავართქილაძე კ., ქიქავა ა., სოლომონიძე რ., გოგატიშვილი ნ. ჰაერის მიწისპირა ტემპერატურის რეგიონალური ცვლილების თავისებურებანი საქართველოში, გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 3, 2011 (35-38).
7. თავართქილაძე კ., ქიქავა ა., ანანიძე მ. გვალვებისა და გაუდაბნოების ხელშემწყობი ნალექების უარყოფითი ანომალიები საქართველოში. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, 6(85) 2014 (128-133)
8. ცომაია ვ., მესხია რ., სიმონია თ. დასავლეთ საქართველოში ექსტრემალური ტემპერატურების დროს ნალექების და მდინარის ჩამონადენის რეჟიმი კლიმატის ცვლილების ფონზე. ჰიდრომეტინსტიტუტის შრომები, 108, 2002 (139-144).
9. Бегалишвили Н.А., Таварткиладзе К.А., Вачнадзе Д.И. Современное изменение климата в Грузии. Вековое изменение влагосодержания атмосферы и его влияние на влагооборот. Тбилиси, 2007 (123).
10. Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.Н., бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т. Оценка риска экстремально обильных осадков с использованием их режимных данных. Тр. Инст-та Гидрометеорологии, 119, 2013 (48-51).
11. Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В. Современные тенденции изменения климата в аридных районах юга Западной Сибири. Метеорология и гидрология, №11, 2012 (38-45)
12. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Климатические изменения атмосферных осадков на территории России по данным инструментальных наблюдений. Использование и охрана природных ресурсов в России, № 5, 2007 (37-42)
13. Деркач Д.В. Исследование изменения режима атмосферных осадков в западной части Северного Кавказа. Вестник АГПУ. Естественные и технические науки 2007 - №1, 2007 (73-78).
14. Изменение климата, Физическая научная основа. Доклад МГЭИК. Руководители группы экспертов Жаро М. и Штайнер А., ВМО, ЮНЕП, 2013 (204)
15. Киктёв Д.В., Сизе Д., Александер Л. 2009. Сравнение многолетних средних и тенденций изменения ежегодных экстремумов температуры и осадков по данным моделирования и наблюдений. Изв. РАН. ФАО, 45, № 3. 2009 (305-315).
16. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. Недра, Москва, 1968 (436).
17. Муравьев А.В., Куликова Иа. Взаимосвязь суммарных осадков над Евразией с центрами действия атмосферы Северного полушария и главными модами изменчивости температуры поверхности Северной Атлантики. Метеорология и гидрология, №1, 2011 (5-17)
18. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Доклад МГЭИК России. Руководитель группы экспертов Бодрицкий Г.С., Москва, 2008 (28)
19. Суковатов К. Ю., Безуглова Н. Н. Когерентные колебания атмосферных осадков холодного сезона на территории Ишимской равнины и индексов атмосферной циркуляции. Метеорология и гидрология, №1, 2015 (18-26).
20. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.6, N 3, 2012 (55-60).

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

**ჰავის ცვლილების გაგენის შეფასება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე./კ.თავართქილაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.17-29.-ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.**

უხვნალექიანი დაკვირვების პუნქტის (ბათუმი) მრავალწლიური დაკვირვების მონაცემების გამოყენებით, სადაც მკვეთრად გაყოფილია აცივებისა და დათბობის პერიოდი, შესწავლილია ჰავის ცვლილებით გამოწვეული ნალექების რეჟიმის დამახასიათებელი პარამეტრების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილებები. ეს პარამეტრებია: ნალექების წლიური ჯამი; /შიდაწლიური განაწილება; შემთხვევათა რიცხვი; საშუალო ხანგრძლივობა; ერთ დღეში მოსული ნალექების საშუალო რაოდენობა; ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექები (ხანგრძლივობა, რაოდენობა); დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა.

შესწავლილია აღნიშნული პარამეტრების ურთიერთ კავშირი.

**UDK 551.551.1, 551.575-6**

**Climate change impact on the atmospheric precipitation regime./K.Tavartkiladze/Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2016. - v.123. – pp.17-29. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Using several years' data of climate observation point (in Batumi), where periods of temperature falling and rising are strictly separated, was studied climate change caused by variations in the structure of the precipitation regime characteristic parameters. These parameters are: total annual precipitation; annual precipitation distribution; precipitation occasions; average duration of precipitation; average daily precipitation amount; maximum precipitation duration and amount during year; structure of precipitation regime that's more or less than dynamical standard.

Connection between these parameters has been studied.

**удк 551.551.1, 551.575 -6**

**Оценка влияния изменения климата на режиме атмосферных осадков./ К.Таварткиладзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2016. – т.123. – с.17-29.- Груз .; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

С использованием многолетних данных над атмосферными осадками пункта наблюдений обильными осадками (Батуми), в котором четко разделены периоды потепления и похолодания климата, изучены изменения основных параметров, характеризующих режима осадков. Эти параметры: годовая сумма осадков, внутригодовое распределение, число случаев, средняя продолжительность, среднее количество осадков одного дня, продолжительность и количество максимальных осадков, режимная структура больших и меньших сумм от динамической нормы осадков,

Установлены заимные связи упомянутых параметров

უაკ551.59

უაკ551.59

სატყვიანობის მრავალწლიური ცვლილება აღმოსავლეთ საქართველოში

ფიფია მ. ბეგლარაშვილი ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი 0112,  
თბილისი, დ. აღმაშენებლის გამზირი 150•mishapipia@yahoo.com

### შესავალი

სტიქიურ მოვლენებს შორის საქართველოსთვის, მეტ წილად მისი აღმოსავლეთი ნაწილისთვის, განსაკუთრებით საშიში მოვლენაა სეტყვა. მას მოაქვს მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალი, აზიანებს ნაგებობების სახურავებს და კედლებს, სასოფლო-სამეურნეო ნათესებს, ბაღებს, ვენახებს, იწვევს შინაური ცხოველების მსხვერპლს და ა.შ. ამიტომ მნიშვნელოვანია მისი მრავალწლიური ცვლილების უკეთ შესწავლა აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებისთვის.

სეტყვა განსაკუთრებით საშიშია იმ რაიონებში, რომლებიც ხასიათდება რელიეფის სირთულით, ზღვის დონიდან დიდი სიმაღლით, ჰაერის მასების მაღალი ტენიანობით, ასევე, დედამიწის ზედაპირის მაღალი ტემპერატურით, რომელიც ხელს უწყობს კონვექციის გაძლიერებას[1]. ასევე, კლიმატის თანამედროვე ანთროპოგენურ ცვლილებებს შეუძლიათ გავლენა მოახდინოს ღრუბლების მიკროფიზიკურ და ელექტრულ თვისებებზე, როგორც ინტენსიური სეტყვისა და ელჭექის გამომწვევ პირობებზე. ამავე დროს, ზემოქმედების ეფექტი დიდ წილად დამოკიდებულია ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე და ეკოლოგიურ სიტუაციაზე.

აღმოსავლეთ საქართველოში ჰაერის სტრატეფიკაციის არამდგრადობა მაქსიმუმს გაზაფხულის მეორე ნახევარში აღწევს, რაც ე. ნაფეტვარიძის[2] აზრით ქვეყნილი ზედაპირის გათბობით და ამავე დროს, კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელში თოვლის არსებობით აიხსნება. გაზაფხულზე სინქრონულად დაწყებული ფრონტის სამხრეთ ტოტის ჩრდილოეთისაკენ გადანაცვლება და ამ ფრონტზე გაჩენილი ტალღური და ციკლონური მოქმედება კიდევ უფრო აძლიერებს ჰაერის სინოტივის არამდგრადობას, ავითარებს კონვექციულ ღრუბლებს, რომელსაც უხვ წვიმებთან ერთად ხშირად სეტყვაც ახლავს.

### ძირითადი ნაწილი

წინამდებარე სტატიაში აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებისთვის, მისი თითოეული რეგიონის მაგალითზე გამოკვლეულია სეტყვიანობის მრავალწლიური სვლა, ბოლო 50 წლისა და მანამდე არსებული სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციები.

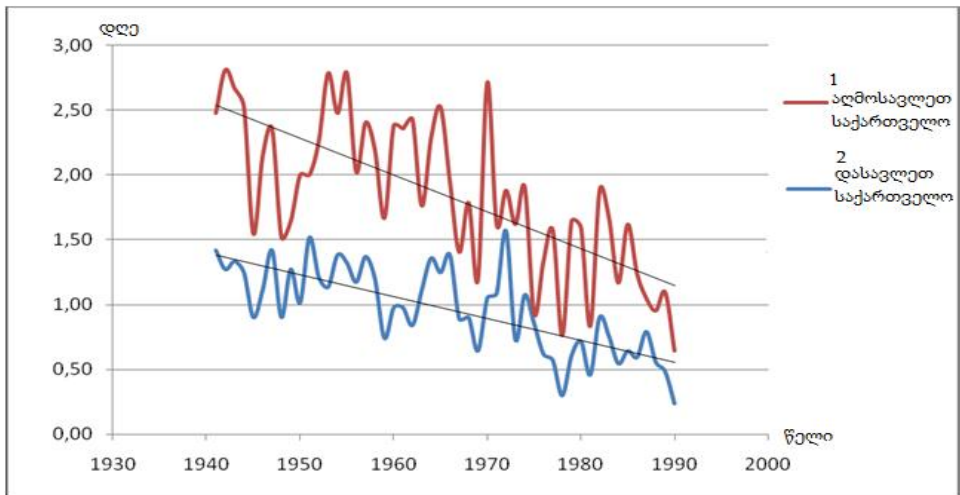
### მასალა და მეთოდები

კვლევაში გამოყენებულია აღმოსავლეთ საქართველოს 15 მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა მონაცემები, რომელიც მოიცავს 1961-2014 წლების პერიოდს და კლიმატური ცნობარის მიხედვით 1961 წლამდე არსებული მონაცემები. გამოყენებული იქნა ასევე მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდები.

### სეტყვიან დღეთა რაოდენობის ცვლილება საქართველოში წლის თბილი პერიოდისთვის

საქართველოს პირობებისთვის ზოგიერთ შრომებში წარმოდგენილია კვლევები წლის თბილი პერიოდის (აპრილი-ოქტომბერი) განმავლობაში სეტყვიან დღეთა რაოდენობის ცვლილების შესახებ 1941-1990 წლების პერიოდისთვის 122 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით (81 სადგური დასავლეთ საქართველოში და 41 სადგური აღმოსავლეთ საქართველოში)[3,4].

ნახ.1-ზე წარმოდგენილია წლის თბილ პერიოდში მეტეოროლოგიურ სადგურზე სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ტრენდები 1941-1990 წლების პერიოდისთვის[5] მონაცემების მიხედვით.



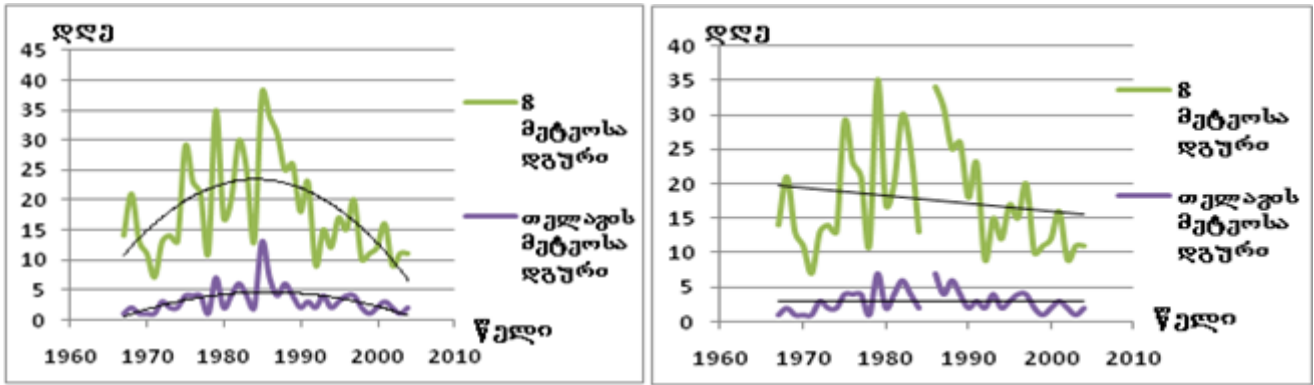
**ნახ.1. მეტეოროლოგიურ სადგურზე სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილება წლის თბილ პერიოდში 1941-1990 წლებისთვის**

მთლიანობაში, როგორც ნახ.1-დან ჩანს, აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოშიც დაიკვირვება სეტყვიანობის დაღმავალი ტრენდი. ამასთან, როგორც ვხედავთ აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა კლება ხდებოდა უფრო ინტენსიურად, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში. შესაძლებელია ეს დაკავშირებულია კლიმატის ცვლილების თავისებურებებზე საქართველოს ამ რაიონებში, ან აღმოსავლეთ საქართველოში 1967-1989 წლებში მიმდინარე სეტყვის პროცესებზე აქტიურ ზემოქმედებასთან. უფრო დეტალურად ეს საკითხი განხილულია შრომებში[5-9] რომელთა მიხედვითაც დაცულ ტერიტორიებზე საკონტროლო ტერიტორიებთან შედარებით, სეტყვიან დღეთა შემცირება ხდებოდა ნაკლები ტემპებით. შესაძლებელია ეს ხდებოდა დაცულ ტერიტორიებზე ატმოსფეროს ანთროპოგენური დატვირთვების ზრდის შედეგად (საკონტროლო ტერიტორიები განლაგებულია შედარებით ეკოლოგიურად სუფთა რაიონებში). უნდა აღინიშნოს, რომ ანთროპოგენური დატვირთვების ზრდა ატმოსფეროში, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენდა სეტყვის პროცესების დინამიკაზე და სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოების ეფექტურობაზე კახეთში. კერძოდ, 1967-1984 წლებში კახეთში შეინიშნებოდა მოსალოდნელი და ფაქტიური სეტყვის შემთხვევათა რაოდენობის გარკვეული ზრდა, ასევე, ზემოქმედებულ სეტყვის ღრუბელთა რაოდენობის გარკვეული ზრდა, შეინიშნებოდა აგრეთვე სეტყვის ღრუბელთა წილის ზრდა ზემოქმედებულ ღრუბელთა საერთო რაოდენობაში. ამავდროულად აღინიშნებოდა ერთი სეტყვიანობისას სეტყვისგან 100%-ით დაზიანებული ფართობის შემცირება[6].

**სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მრავალწლიური სვლა აღმოსავლეთ საქართველოში**

დეტალური კვლევები კლიმატის ცვლილების ფონზე გლობალური დათბობის გავლენისა სეტყვის კლიმატოლოგიაზე, ასევე, სეტყვასაწინააღმდეგო თავდაცვის ფიზიკური ეფექტურობის შეფასების მეთოდები, რომელიც ითვალისწინებს რეგიონის სეტყვასაშიშ ტრენდს, შესრულებულია არა საქართველოსთვის, არამედ, ჩრდილოეთ კავკასიისთვის[10]. სამწუხაროდ, საქართველოს პირობებისთვის ბოლო წლებში, სანდო მონაცემების უქონლობის, ასევე, შესაბამისი სეტყვის საწინააღმდეგო სამსახურის არარსებობის გამო, ამ პრობლემის განხილვა შეუძლებელია. საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში მხოლოდ 18 მეტეოროლოგიური სადგური ფუნქციონირებდა. ამისდა მიუხედავად, გარკვეული წარმოდგენა ამ საკითხზე შეიძლება ჩვენს ხელთ არსებული ცალკეული მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების შედეგად.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მრავალწლიური სვლა თელავის და მთლიანად კახეთის 8 მეტეოროლოგიური სადგურის 1967-2004 წლების მონაცემებით.



ა. ბ.

ნახ.2. სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მრავალწლიური სვლა: ა) მთელი რიგის მიხედვით; ბ) 1985 წლის მონაცემების გაუთვალისწინებლად

სეტყვიან დღეთა რაოდენობის საუკუნოვან სვლაში, როგორც თელავის, ისე კახეთის 8 პუნქტის მონაცემების გათვალისწინებით, პიკი აღინიშნება 80-იან წლებში და შემდეგ კლებულობს (ნახ.2 ა). ეს გამოწვეულია იმით, რომ 1985 წელს დაფიქსირდა სეტყვიან დღეთა ძალიან ბევრი შემთხვევა. მხოლოდ თელავში ამ წელს 13 სეტყვიანი დღე აღინიშნა, ხოლო კახეთის რვავე სადგურის მონაცემებით, სეტყვიან დღეთა რაოდენობამ ჯამში 38-ს მიაღწია. როგორც ჩანს, ეს წელი ანომალური იყო, რადგანაც სხვა შემთხვევაში სეტყვიან დღეთა რაოდენობა გაცილებით ნაკლებია. მაგალითად, თელავში განხილულ პერიოდში სეტყვიან დღეთა რაოდენობა იცვლებოდა 1-დან 7-მდე და ამ ფონზე 1985 წელს სეტყვა მოვიდა 13 დღის განმავლობაში, რაც თითქმის ორჯერ აღემატება სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მაქსიმუმს. ასეთივე მდგომარეობაა სხვა სადგურების მონაცემებშიც. ამიტომ, სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციის სწორად შესაფასებლად, მიზანშეწონილია ამ წერტილის გაუთვალისწინებლობა. ასეთ შემთხვევაში ვლენულობთ ნახაზზე 2 ბ. წარმოდგენილ შედეგს. როგორც ამ შედეგიდან ჩანს, თელავის მონაცემებით, სეტყვიან დღეთა რაოდენობას არ გააჩნია მატების ან კლების არსებითი ტენდენცია. რაც შეეხება ყველა მეტეოროლოგიური სადგურის შემადგამებელ მონაცემებს, აშკარაა სეტყვიან დღეთა რაოდენობის კლების ტენდენცია. განსაკუთრებით სწრაფად იკლებდა სეტყვიანობა 1990 წლის შემდეგ, ანუ ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდში. ამავე ნახაზიდან ჩანს, რომ სეტყვის პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების პერიოდში, რაც წარმოებდა 1967–1989 წლებში, სეტყვიანობის რაიმე შესამჩნევი კლება არ აღინიშნება.

1 ცხრილში წარმოდგენილია სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილება თვეების მიხედვით კახეთის შვიდი მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით, წლის თბილი პერიოდისთვის (აპრილი-ოქტომბერი), რომელიც მოიცავს 1961-2013 წლების დაკვირვების პერიოდს.

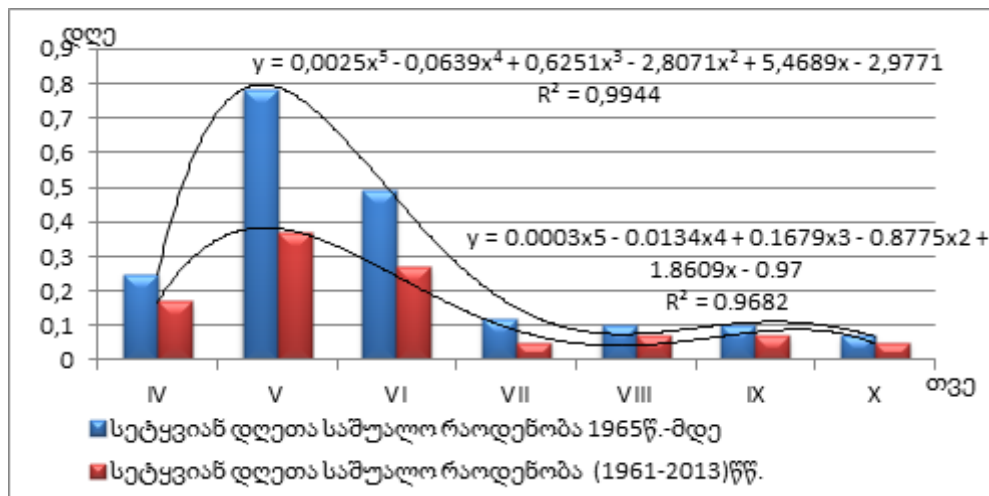
ცხრილი 1. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა წლის თბილ პერიოდში კახეთში თვეების მიხედვით

მეტეოსადგური	დაკვირვების პერიოდი	თვე						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
გურჯაანი	1961-2006	0.2	0.6	0.3	0.1	0.1	0.04	0.07
ლაგოდეხი	1961-1992; 2007-2013	0.07	0.2	0.07	-	0.02	0.02	0.1
საგარეჯო	1961-2006; 2010-2013	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.02
შირაქი	1961-1992	0.3	0.5	0.5	0.09	0.1	0.1	0.09
თელავი	1964-2013	0.1	0.3	0.3	0.02	0.1	0.1	0.02
წნორი	1961-1992	0.1	0.2	0.09	0.03	-	-	0.03
ყვარელი	1961-2006	0.2	0.6	0.3	0.02	0.07	0.1	-

ცხრილი 1-დან ნათლად ჩანს, რომ სეტყვის პროცესები წლის თბილი პერიოდისთვის კახეთში განსაკუთრებით აქტიურია გაზაფხულზე და ზაფხულის დასაწყისში, როდესაც კონვექციური დრუბლების განვითარებისთვის იქმნება ხელსაყრელი პირობები. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა მაქსიმუმს ძირითადად მაის-ივნისში აღწევს. ამონაცემებზე



დაყრდნობით გაანალიზებულ იქნა კახეთის სექციანობა ბოლო 50 წლის მდგომარეობით წლის თბილი პერიოდისთვის და თუ 1961-2013 წლების პერიოდის მონაცემებს შევადარებთ 1961 წლამდე არსებულ მონაცემებს[11], ნათლად შემჩნევა სექციანობის კლების ტენდენცია (ნახ.3).



ნახ.3. სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961 წლამდე და 1961-2013 წლებში წლის თბილი პერიოდისთვის კახეთში და შესაბამისი პოლინომები;  $R^2$  - დეტერმინაციის კოეფიციენტი

როგორც ნახ.3-დან ჩანს, მაის-ივნისში, როცა ყველაზე მაღალია სექციანობა, სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობა ბოლო 50 წლის განმავლობაში წინა პერიოდთან შედარებით, დაახლოებით 50%-ით არის შემცირებული. სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილება თვეების მიხედვით წლის თბილი პერიოდისთვის, კარგად აღიწერება მე-5 ხარისხის პოლინომით.

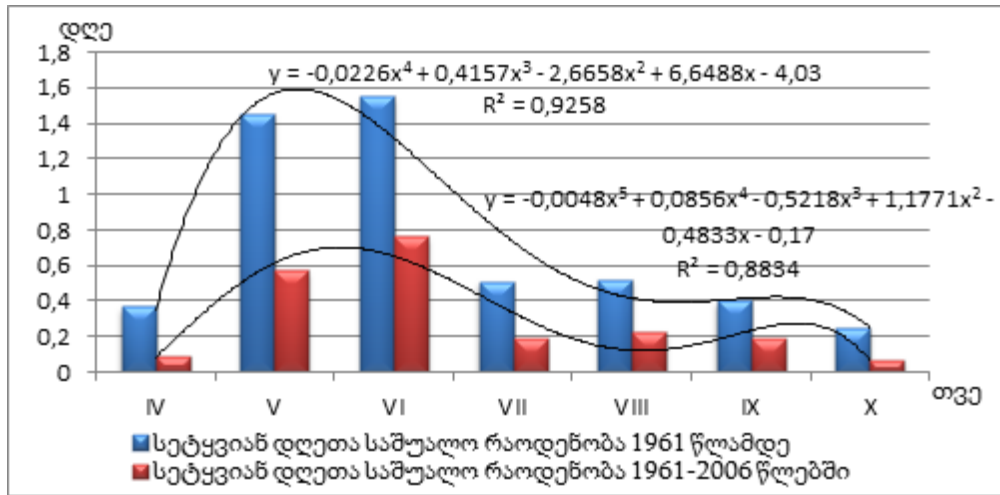
თითქმის იგივე მდგომარეობაა აღმოსავლეთ საქართველოს სხვა რეგიონებშიც. დანარჩენი რეგიონებისთვის გაანალიზებულ იქნა 1961-2006 წლების მონაცემები წლის თბილი პერიოდისთვის და შედარებულ იქნა 1961 წლამდე არსებულ მონაცემებს.

2 ცხრილში მოყვანილია აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში (გარდა კახეთისა) სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილება, თვეების მიხედვით წლის თბილი პერიოდისთვის, რომელიც მოიცავს 1961-2006 წლებს.

ცხრილი 2. სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობა თვეების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოში(1961-2006 წწ.)

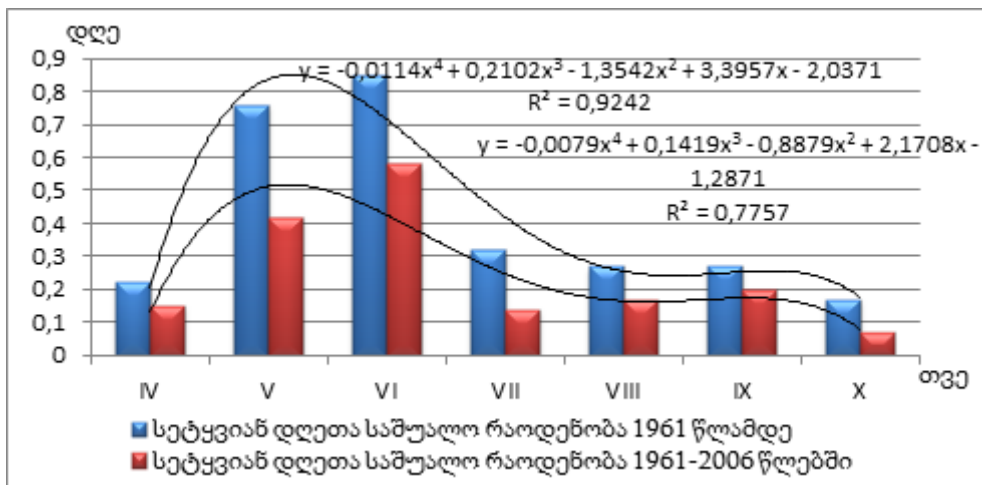
რეგიონები	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
სამცხე-ჯავახეთი	0.09	0.57	0.76	0.19	0.23	0.19	0.07
შიდა ქართლი	0.2	0.33	0.35	0.12	0.14	0.13	0.05
ქვემო ქართლი	0.22	0.73	0.65	0.15	0.2	0.16	0.04
მცხეთა-მთიანეთი	0.15	0.42	0.58	0.14	0.17	0.2	0.07

ცხრილი 2-დან ჩანს, რომ კახეთის მსგავსად, აღმოსავლეთ საქართველოს დანარჩენ რეგიონებშიც სექციან დღეთა საშუალო რაოდენობა მაქსიმუმს მაის-ივნისში აღწევს. ამ ცხრილის მონაცემებისა და 1961 წლამდე არსებული მონაცემების მიხედვით აგებულ იქნა შესაბამისი გრაფიკები თითოეული ამ რეგიონისთვის, რაც საშუალებას გვაძლევს შევადაროთ ეს ორი პერიოდი ერთმანეთს და გავაკეთოთ შესაბამისი დასკვნები. (ნახ. 4, 5, 6, და 7)



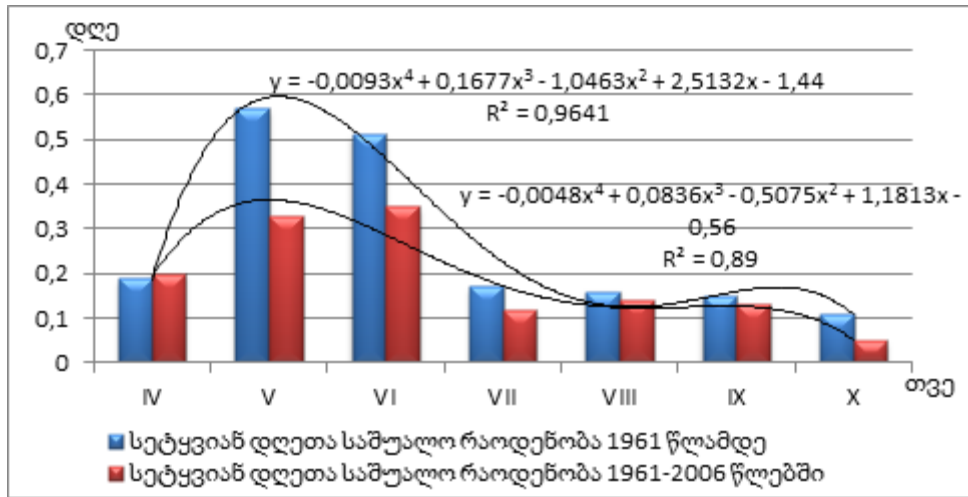
ნახ. 4. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961 წლამდე და 1961-2006 წლებში წლის თბილი პერიოდისთვის სამცხე-ჯავახეთში და შესაბამისი პოლინომები;  $R^2$  - დეტერმინაციის კოეფიციენტი

როგორც ნახ. 4-დან ჩანს, 1961-2006 წლების მონაცემებით სამცხე-ჯავახეთში, ისევე როგორც კახეთში, სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა მაის-ივნისში, როდესაც იგი თავის მაქსიმუმს აღწევს, დაახლოებით 50%-ით არის შემცირებული წინა პერიოდთან შედარებით. ასეთივე მდგომარეობა ამ რეგიონში წლის თბილი პერიოდის სხვა თვეებში.



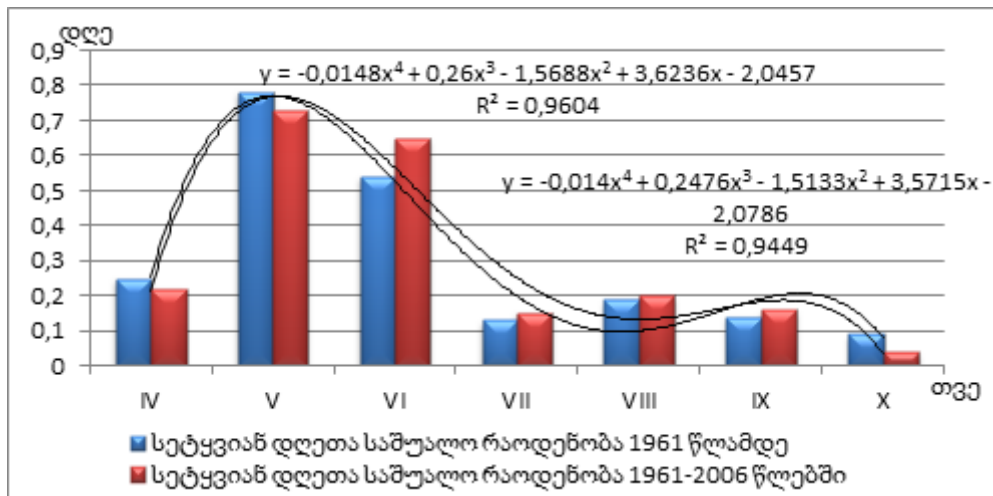
ნახ. 5. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961 წლამდე და 1961-2006 წლებში წლის თბილი პერიოდისთვის მცხეთა-მთიანეთში და შესაბამისი პოლინომები;  $R^2$  - დეტერმინაციის კოეფიციენტი

როგორც ნახ. 5-დან ირკვევა, მცხეთა-მთიანეთის რეგიონშიც, ისევე, როგორც კახეთსა და სამცხე-ჯავახეთში, სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961-2006 წლებში, 1961 წლამდე პერიოდთან შედარებით წლის თბილი პერიოდის განმავლობაში, საგრძობლად არის შემცირებული. აქ, მაის-ივნისში სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის მაჩვენებელი 30-40%-ით არის შემცირებული.



ნახ.6. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961 წლამდე და 1961-2006 წლებში წლის თბილი პერიოდისთვის შიდა ქართლში და შესაბამისი პოლინომები;  $R^2$  - დეტერმინაციის კოეფიციენტი

როგორც ნახ. 6-დან ვხედავთ, შიდა ქართლშიც, ისევე როგორც კახეთის, სამცხე-ჯავახეთისა და მცხეთა-მთიანეთის შემთხვევაში სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961-2006 წლებში კლებულობს 1961 წლამდე პერიოდთან შედარებით. ამ რეგიონშიც სეტყვიანობა განსაკუთრებით კლებულობს მაის-ივნისში, როცა სეტყვის მოსვლა წლის განმავლობაში პიკს აღწევს. შიდა ქართლში სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის კლება მაის - ივნისში შეადგენს დაახლოებით 30%-ს.

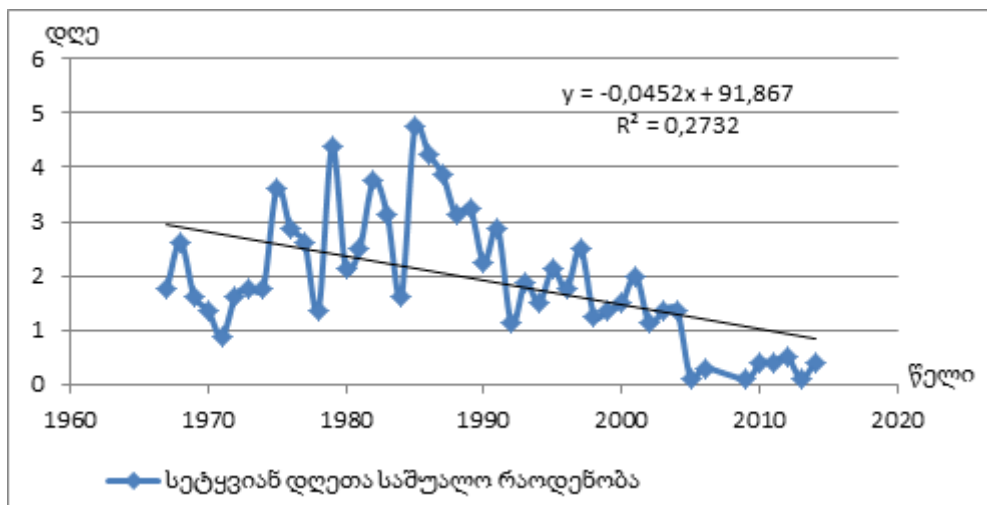


ნახ.7. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა 1961 წლამდე და 1961-2006 წლებში წლის თბილი პერიოდისთვის ქვემო ქართლში და შესაბამისი პოლინომები;  $R^2$  - დეტერმინაციის კოეფიციენტი

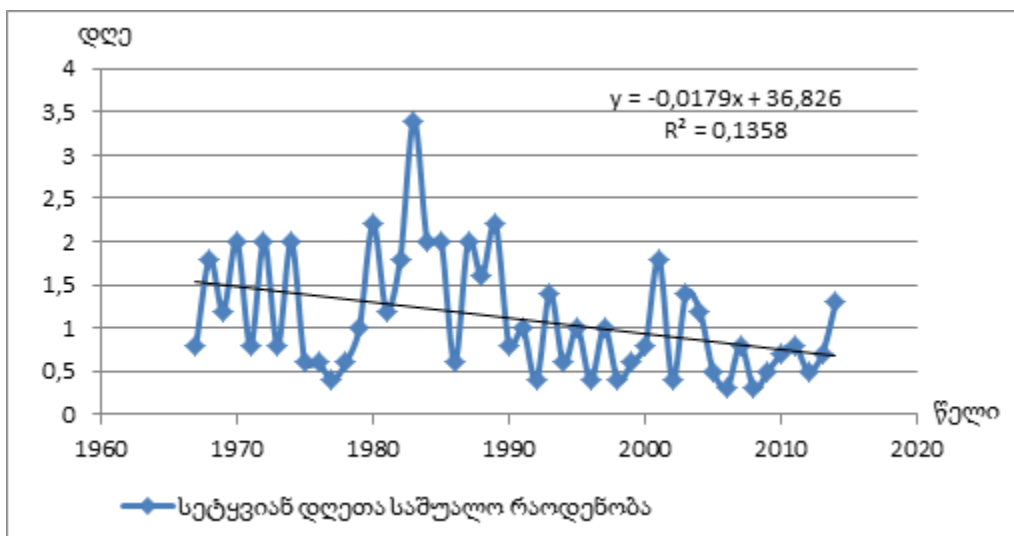
როგორც ნახ.7-დან ირკვევა, ქვემო ქართლის რეგიონი გამონაკლისს წარმოადგენს აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებს შორის. აქ, ყველა სხვა რეგიონებთან შედარებით 1961-2006 წლების პერიოდში, სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა წლის თბილი პერიოდის თვეების მიხედვით, თითქმის უცვლელია 1961 წლამდე პერიოდთან შედარებით.

ზოგადად ყველა ამ მონაცემების გაანალიზების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ წლის თბილ პერიოდში, აღმოსავლეთ საქართველოში 1961 წლის შემდეგ დღემდე, სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა შემცირებულია. განსაკუთრებით მაის-ივნისში, როდესაც სეტყვიანობა მასიმუმს აღწევს.

სეტყვიანობის კლების ტენდენციას ადასტურებს, აგრეთვე, 1967-2014 წლების სტატისტიკური მონაცემების საფუძველიანი ანალიზი კახეთისა და ქვემო ქართლის რეგიონებისთვის, საიდანაც ჩანს, რომ ამ რეგიონებში სეტყვიანობის კლების თანაბარი ტენდენცია (ნახ.8 და 9).



ნახ. 8 სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილების ტენდენცია წლების მიხედვით კახეთის რეგიონისთვის (1967-2014 წწ.), შესაბამისი წრფივი ფუნქციით და დეტერმინაციის კოეფიციენტით ( $R^2$ )



ნახ. 9. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვლილების ტენდენცია წლების მიხედვით ქვემო ქართლის რეგიონისთვის (1967-2014 წწ.), შესაბამისი წრფივი ფუნქციით და დეტერმინაციის კოეფიციენტით ( $R^2$ )

სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის შემცირება აღმოსავლეთ საქართველოში გარკვეულწილად აიხსნება 1967-1989 წწ. პერიოდში სეტყვაზე აქტიური ზემოქმედებით კონვექციურ ღრუბლებში მაკრისტალელები ცენტრების შეტანით.

ამასთან, მე-20 საუკუნის 1960-იანი წლების მეორე ნახევრიდან აღმოსავლეთ საქართველოში (თბილისი, რუსთავი, გარდაბანი, კასპი) სამრეწველო კომპლექსის და ტრანსპორტის განვითარებასთან ერთად, მკვეთრად გაიზარდა ატმოსფეროში გაფრქვეულ ნივთიერებათა დონე. აგრეთვე, ფართომასშტაბიანი სასოფლო-სამეურნეო ათვისების გამო, მოიმატა მტვრის ნაწილაკებმა ატმოსფეროში. მყარი და მჟობრივი სულფატები, ნიტრატები, ანთროპოგენური აეროზოლები შეიცავენ კონდენსაციისა და კრისტალიზაციის ცენტრებს[12]. ისინი ბუნებრივ ნაწილაკებთან ერთად განაპირობებენ სეტყვის წარმოქმნის პირობებს.

ამრიგად, ჰაერის გაჭუჭყიანების შედეგად შეიძლება შეიცვალოს რეჟიმი და მათ შორის მყარიც[12,13].

კახეთის ტერიტორიაზე მოხვედრილი კონვექციური ღრუბლები გარდაბანი - რუსთავი - თბილისი - კასპის ტერიტორიების გავლისას განიცდიან ანთროპოგენური აეროზოლებით გაჭუჭყიანებას, ამის გამო ფრონტალური წარმოშობის კონვექციური ღრუბლები სეტყვის საწინააღმდეგო სამსახურის მოქმედების წლებში, რაკეტის მიერ შეტანილი კონვექციურ რეაგენტებთან ერთად დამატებით კახეთსა და მის გარე ტერიტორიებიდან განიცდიდა ანთროპოგენური კრისტალიზაციის ცენტრებით შევსებას, რაც გავლენას ახდენდა ელჭექისა და სეტყვის ღრუბლების აქტივობაზე.

გარდა ამისა, სეტყვიანობა იცვლება საქართველოში მიმდინარე კლიმატის თანამედროვე ცვლილების შედეგად[12,14-17], რომელსაც პირდაპირი კავშირი აქვს კონვექციური ცენტრების გააქტიურებასთან.

### დასკვნა

აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის მრავალწლიურ სვლას ძირითადად კვების ტენდენცია აქვს.

განსაკუთრებით სწრაფად იკლებდა სეტყვიანობა 1990 წლის შემდეგ, ანუ ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდში.

### ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. კოტარია ა., მეტეოროლოგიის საფუძვლები, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1992.
2. Гигинеишвили В.М. Напетваридзе Е. А. Папинашвили К.Н. Основные типы синоптических процессов и погода в Грузии. ТбилНИГМИ.1954.
3. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Института геофизики АН Грузии, т. 58, ISSN 1512-1135, Тб.:, 2004.
4. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Nodia A.G., Khurodze T.V., Toronjadze A.F., Bibilashvili T.N. Spatial-temporary characteristics of number of days with a hails in the warm period of year in Georgia. Proc. 14<sup>th</sup> Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-July 2004.
5. Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Пипия М.Г., Церетели Н.С., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Э.Ш. Некоторые данные о градобитиях в Восточной Грузии и экономическом ущербе от них. Международная конференция “Актуальные проблемы геофизики”. Материалы научной конференции, посвященной 80 – летию со дня основания Института геофизики. Тб.:, 2014.
6. Pipia M.; Beglarashvili N. Hail hits in eastern Georgia. Online scientific journal "International Scientific Publications", Info Invest Ltd, Burgas, Bulgaria. Scientific papers, Ecology & safety, Volume8, pg.567573. <http://www.scientificpublications.net/en/issue/1000001/>, 2014.
7. Амиранашвили А.Г., Блиядзе Т.Г., Нодия А.Г., Хуродзе Т.В., Оценка репрезентативности данных радиолокационных наблюдений за градовыми облаками в кахетии для картирования территории Грузии по уровню градоопасности. Труды Института геофизики им. М. Нодия, т. LX, 2008.
8. Хуродзе Т.В., Основные результаты исследования числа дней с градом в теплое полугодие в Грузии в 1941-1990 гг. Тр. Института геофизики АН Грузии, т. 58, Тб.:, 2004.
9. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions of Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sciences, 172, N3, 2005.
10. Малкарова А.М. Оценка физической эффективности противорадовой защиты с учетом тенденции изменения климатологии града. Метеорология и гидрология. №6, 2011.
11. Справочник по климату СССР, Гидрометеиздат, вып. 14, Л., 1970.
12. Давитая Ф.Ф., Таварткиладзе К.А. Проблема борьбы с градобитием, морозами в субтропиках и некоторыми другими стихийными процессами. Тб.:, “Мецნიერება”, 1982.
13. Сулаквелидзе Г. К. Венашвили М. Г. Шахулова Л. А. Районирование территории Грузии по числу случаев градобития Тр. ТГУ, 231.
14. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბ., 2007.
15. მატვევი ლ. ზოგადი მეტეოროლოგიის კურსი. ატმოსფეროს ფიზიკა. თსუ, თბ., 1987.

16. Элизбарашвили Э. Ш.; Амиранашвили А.Г.; Варазанаშვილი О.Ш.; Церетели Н.С.; Элизбарашვილი მ.Э.; Элизбарაშვილი შ.Э.; Пипия М.Г. Градобитие на территории Грузии European Geographical Studies, Vol. 2, No. 2, pp. 55-69, 2014.
17. ტატიშვილი მ., ქართველიშვილი ღ., მკურნალიძე ი., მესხია რ., სეტყვიური პროცესების ვარიაციები საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე, საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემია. საერთ. კონფ.მასალები “კლიმატის ცვლილება და მისი გავლენა სოფლის მეურნეობის მდგრად და უსაფრთხო განვითარებაზე”, თბ.,2015.

### **უაკ551.59**

**სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვლილება აღმოსავლეთ საქართველოში/ფიფია მ. ბეგლარაშვილი ნ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2016,ტ.123,გვ.30-38.ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.**  
 გამოკვლეულია აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვლილება 15 მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით 1961-2014 წლების პერიოდისთვის. გაანალიზებულია სეტყვიან დღეთა რაოდენობის მრავალწლიური სვლა კახეთის მაგალითზე. აღმოსავლეთ საქართველოს თითოეული რეგიონისთვის განხილულია სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობის ბოლო 50 წლის მდგომარეობა მანამდე არსებულ მონაცემებთან შედარებით.

### **UDC 551.59**

**Long-term change of the hailfall in eastern GeorgiaM. /Pipia N. Beglarashvili/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology et the Georgian Technical University. 2016, vol.123, pp. 30-38.Georg., Summ: Georg., Eng., Rus.**

Investigated long-term change of the hail in eastern Georgia according to the observational data of 15 meteorological stations during the period of 1961-2014 years. Analyzed long-term change the number of days with the hail based on the example kakhეთი. For each region of eastern Georgia was examined the condition of average the number of days with the hail of the last 50 years to the comparison of previously existing data.

### **УДК 551.59**

**МноголетняяизменениеградобитиявВосточнойГрузииМ./Г. Пипиа Н.Г. Бегларашვილი/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии ГрузинскогоТехнического университета. 2016. вып.123, с.30-38. Груз. Рез: Груз.,Англ., Рус.**

Исследовано многолетняя изменение градобитияв Восточной Грузии по данным наблюдений 15 метеорологических станции за период 1961-2014 г.г. Проанализировано многолетняя изменение число дней с градом напримере Кახეთი. Для каждого региона восточной Грузии рассмотрено условия среднего число дней с градом последних 50 лет по сравнению ранее существующих данных.

2015 წლის სექტემბერში, გაეროს გენერალური ასამბლეის მორიგი სესიის დროს, მსოფლიოს 40 ქვეყნის ლიდერთა შეკრებაზე გენერალურმა მდივანმა პან გი მუნმა განაცხადა, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილება სულ უფრო ააშკარავებს გლობალური ეკონომიკის ტრანსფორმირების აუცილებლობას სუფთა ენერჯის წარმოების მიმართულებით. გაეროს სპეციალიზებული ორგანოს - კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭოს (IPCC) უახლესი გამოკვლევების თანახმად, მოსალოდნელია მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის გლობალური საშუალო ტემპერატურის 2.7 °C-ით მატების ტენდენცია, რაც საგრძნობლად აღემატება 1.5-2 °C – ით ზრდის დასაშვებ ზღვარს [1]. ამავე გამოკვლევებით დადგენილი იქნა, რომ თუ კაცობრიობა გააგრძელებს სათბურის აირების ამჟამინდელი ტემპით გაფრქვევას, მომავალ საუკუნეში ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის კონცენტრაციამ შეიძლება მიაღწიოს და გადააჭარბოს კიდევ 1000 ppm (მოცულობის ერთეულში ჰაერის მილიონ მოლეკულაზე მოსულ CO<sub>2</sub>-ის მოლეკულათა რაოდენობა) ზღვარს (ტემპერატურის 2 °C – ით მატებას შეესაბამება CO<sub>2</sub>-ის კონცენტრაცია 500 ppm). ეს გამოიწვევს მთელი კლიმატური სისტემის ტრანსფორმაციას. საუკუნის დასასრულამდე მოსალოდნელი იქნება კლიმატურ სისტემაში შეუქცევადი პროცესების დაწყება: დედამიწის ყინულოვანი საფარის დეგრადაციის ინტენსიფიკაცია, ოკეანის დონის მნიშვნელოვანი მატება და კლიმატური სარტყელების საგრძნობი ცვლილება.

2016 წლის 22 აპრილს გაეროს შტაბ-ბინაში „დედამიწის დღისთვის“ მიძღვნილ ცერემონიაზე, პან გი მუნის ინიციატივით, გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის (UNFCCC) 168 ქვეყნის ხელმძღვანელმა ერთობლივად მოაწერა ხელი ე.წ. „პარიზის ხელშეკრულებას“, რომელმაც დაამტკიცა 2015 წლის დეკემბერში პარიზში ჩატარებულ UNFCCC მმართველ ორგანოს - მხარეთა კონფერენციის 21-ე სესიაზე (COP 21) მიღებული გადაწყვეტილება მსოფლიო ეკონომიკის დეკარბონიზაციის მიზნით 2020 წლისთვის 100 მლრდ აშშ დოლარის გამოყოფის შესახებ. იმავე სესიაზე მკაფიოდ გამოიკვეთა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შესაჩერებლად და მის ნეგატიურ შედეგებთან საბრძოლველად გლობალური ინიციატივის ახალი ფორმა – სათბურის გაზების ემისიების შემცირებაში დიდი ქალაქებისა და სამრეწველო რეგიონების (სადაც წარმოიქმნება სათბურის გაზების 49%-ზე მეტი ემისიები) მონაწილეობის დაჩქარება [2]. დიდ ქალაქებსა და ურბანულ აგლომერაციებში, რომლებიც მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად [3], 5 მლნ მოსახლეზე მეტს აერთიანებს, საკმაოდ რთული პირობები იქმნება მათში დაბალემისიებიანი და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დასანერგად, განახლებადი ენერჯიების ასათვისებლად, მოსახლეობაში ქცევის ნორმების შესაცვლელად და კლიმატის ცვლილების მითიგაციისკენ მიმართული სხვა ღონისძიებების ეფექტური გზით გასატარებლად.

წიაღისეული საწვავის ფართო მოხმარების შედეგად ბუნებასა და ადამიანს შორის წარმოქმნილი კონფლიქტის გადაჭრის გზაზე გადადგმულ პირველ ნაბიჯად შეიძლება ჩაითვალოს „მერების შეთანხმება“. იგი ევროკავშირის ბოლო გადაწყვეტილების თანახმად მასთან ნებაყოფლობით მიერთებული თვითმმართველი ქალაქების ხელმძღვანელობას ავალდებულებს 2030 წლისთვის შეამციროს თავისი ტერიტორიიდან სათბურის გაზების ემისია 40%-ით ქალაქის ტრანსპორტიდან, სამრეწველო საწარმოებიდან, შენობებიდან, გარე განათების სისტემიდან, ნარჩენებიდან/ნაგავსაყრელებიდან და ნახმარი წყლებიდან, აგრეთვე მოითხოვს ქალაქის ფარგლებში გამწვანების ღონისძიებათა გატარებას ატმოსფერული ჰაერიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმის გაძლიერებისა და მწვანე ზონებში ნახშირორჟანგის მარაგების გაზრდის მიზნით, მოსახლეობის ცნობიერების ღონისძიებას ამაღლებას ზემოთ ჩამოთვლილ ღონისძიებათა ეფექტური განხორციელების ხელშესაწყობად [2].

საქართველოში დიდი ქალაქების კატეგორიას, მოსახლეობის რაოდენობის გათვალისწინებით (1 მლნ-ზე მეტი), მხოლოდ თბილისი მიეკუთვნება, რის გამოც ადაპტირებისა და დაბალემისიებიანი განვითარების პრობლემები უპირველესად ამ ქალაქისთვის უნდა იქნას განხილული, მიუხედავად იმისა, რომ 2016 წლისთვის „მერების შეთანხმებას“ კიდევ 8 ქალაქ

მა (ქუთაისმა, ბათუმმა, ზუგდიდმა, თელავმა, გორმა, ახალციხემ, მცხეთამ და ბოლნისმა) მოაწერა ხელი და თითოეული მათგანისათვის ინდივიდუალურად დამუშავდა ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა (SEAP) თბილისის გეგმის ანალოგიური სქემით, რომელიც მერების შეთანხმებაში მონაწილეობის ძირითად დოკუმენტს წარმოადგენს.

თბილისის მერების შეთანხმების ხელმძღვანელი ქალაქი გახდა 2010 წელს და აიღო ვალდებულება თავისი ტერიტორიიდან სულ მცირე 20%-ით შემცირებინა სათბურის გაზების ემისიები 2020 წლისთვის. 2011 წელს თბილისმა წარუდგინა მერების შეთანხმების სამდივნოს სამოქმედო გეგმის საწყისი ვერსია და ჩაატარა სათბურის გაზების პირველი ინვენტარიზაცია, ხოლო 2014 წელს – ემისიების მეორე ინვენტარიზაცია.

2015 წლისთვის მომზადდა თბილისის საწყისი SEAP-ის მონიტორინგის ანგარიში [4] და 2020 წლამდე დაგეგმილ სამუშაოთა SEAP-ის განახლებული ვერსია [5]. მონიტორინგის ანგარიშში შევიდა ზემოთ ხსენებული ორივე ინვენტარიზაციის მონაცემები და ქალაქის ეკონომიკის სხვადასხვა მოდულებში (ტრანსპორტის, შენობების, გარე განათების, ნარჩენების, გამწვანების) სათბურის გაზების ემისიის ცვლილებაზე მონიტორინგის მასალები, ცნობიერების ამაღლების შედეგები, აგრეთვე თითოეულ სექტორში განხორციელებული ემისიების შემცირების ღონისძიებათა აღწერილობა. კერძოდ, მონიტორინგის ანგარიშის თანახმად 2014 წელს 2009 წელთან შედარებით ჯამური ემისიები ტრანსპორტის სექტორიდან შემცირდა 12.6%-ით, ხოლო შენობების სექტორიდან – მხოლოდ 1,2%-ით. გარე განათების სექტორიდან ემისიები გაიზარდა 4.4%-ით და ნარჩენების სექტორიდან – 9.7%-ით. გამწვანების სექტორში აღირიცხა სეკვესტრირებული ნახშირბადის მარაგების ყოველწლიური მატება 71.5 ათასი ტ C-ით. პირველ ეტაპზე მიღებული მოკრძალებული შედეგები განპირობებულია ტრანსპორტისა და განსაკუთრებით, შენობების სექტორში საკმარისი ინვესტიციების უქონლობით.

2020 წლამდე დაგეგმილ განახლებულ SEAP-ში მოყვანილია იმ ღონისძიებათა ვრცელი სია, რომელთა განხორციელება მომავალში ხელს შეუწყობს განხილული სექტორებიდან ემისიების შემცირებას და რომლებიც შეიძლება განხილვობდეს როგორც მერების შეთანხმების ფარგლებში თბილისის მიერ აღებულ ვალდებულებათა შესრულების გზაზე გადადგმული პირველი ქმედითი ნაბიჯი.

დიდი ქალაქების ნაწილი, გლობალური მასშტაბით, საკმაოდ მოწყვლადია ბუნებრივი კატასტროფებისა და ტექნოგენური ავარიების მიმართ, რაც სერიოზულ სიძნელეებს უქმნის ამ ქალაქების მდგრად განვითარებას და ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმების ეფექტურ განხორციელებას. საადაპტაციო ღონისძიებების გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა დიდი ქალაქების ნაქსიმალური დეკარბონიზაცია.

მერების შეთანხმების ხელმძღვანელი საქართველოს ქალაქებისთვის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ მათ წინაშე მდგარი კლიმატური რისკებიდან მთავარი ადგილი უჭირავს უხვ ნალექებს და მათთან დაკავშირებულ ექსტრემალურ მოვლენებს – წყალდიდობა/წყალმოვარდნას, ღვარცოფსა და მეწყერს, ძლიერ ქარებს, სეტყვასა და, შტორმულ მოვლენებს (ბათუმში).

ქალაქი თბილისი მდებარეობს ქვაბულში მდ. მტკვრის ხეობის გასწვრივ, რომელსაც სხვადასხვა ადგილას უერთდება მტკვრის მომცრო შენაკადების – გლდანულას, დიდმის-წყლის, ვერეს, წაკვისისწყლისა და ლოჭინის ხეობები. ნალექთა დღეღამური მაქსიმუმი თბილისის ფარგლებში 1955 წ. აგვისტოს თვეში დაფიქსირდა და შეადგინა 147 მმ, ხოლო ნალექთა მაქსიმალური ხანგრძლივობა ზაფხულის თვეებში შეიძლება აღწევდეს 110-120 საათს [6]. ცხადია, ნალექთა ასეთი რეჟიმის პირობებში თბილისის ამჟამინდელ ტერიტორიაზე არსებული ყველა ხეობა და ხევი შესაძლებელია ღვარცოფსაშიში და მეწყერსაშიში გახდეს. ამის საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენს მდ. ვერეს ხეობა, სადაც პერიოდულად ფიქსირდებოდა კატასტროფული წყალმოვარდნები თანმიმდევრულ მსხვერპლითა და მატერიალური ზარალით (1898, 1903, 1924, 1942, 1956, 1960, 1963, 1966, 1976, 1982, 1997, 2009). აღნიშნულ წლებში მდინარის ხარჯი, რომლის მრავალწლიური მნიშვნელობა 1 მ/წმ შეადგენს, ხშირად აღწევდა და აღემატებოდა 100მ<sup>3</sup>/წმ.

განსაკუთრებული სიმძაფრით გამოირჩეოდა თბილისის 2015 წლის 13 ივნისის წყალმოვარდნა მდინარე ვერეს ხეობაში. მდინარის ხარჯმა მიაღწია არნახულ მაქსიმუმს – 468 მ/წმ [7]. სოფ. ახალდაბის მახლობლად ჩამოწვა მეწყერი, რომელმაც გამოიწვია ვაკე-საბურთალოს გვირაბის ჩახურგვა. სტიქიამ 22 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა და 200-ზე მეტი უსახლკაროდ დატოვა. თითქმის მთლიანად განადგურდა თბილისის ზოოპარკი, სანახევროდ დაინგრა



ვაკე-საბურთალოს დამაკავშირებელი ესტაკადა, წყლის ქვეშ მოექცა ვერეს ხეობაში მდებარე სახლები. აღიღებულმა მდინარემ მთლიანად გაანადგურა აგრეთვე თსუ ჰიდრომეტეოროლოგიური ლაბორატორია. სტიქიის შედეგად მიყენებულმა მატერიალურმა ზარალმა დაახლოებით 50 მლნ ლარი შეადგინა. ასევე დიდი ზარალი მიაყენა ქალაქის ინფრასტრუქტურას რამდენიმე წლის წინ მდ. გლდანულაზე განვითარებულმა წყალმოვარდნამ და მომავალშიც არ არის გამორიცხული მსგავსი კატასტროფები, თუ არ ჩატარდა ქალაქის ცალკეულ უბნებში დვარცოფსაშიში და მეწყერსაშიში კერების აღმოჩენისა და გაუვნებელყოფის მიზნით სათანადო ღონისძიებები (ადრეული შეტყობინების სისტემის შექმნა, რკინაბეტონის გამჭოლი კონსტრუქციების აგება და სხვ.).

კლიმატის მიმდინარე დათბობის უარყოფითი გავლენა ქალაქებზე, თავისმხრივ გაზრდილ მოთხოვნებს უყენებს დეკარბონიზაციის ღონისძიებებს. კერძოდ, 2015 წელს მდ. ვერეს ხეობაში მომხდარმა ტრაგედიამ ცხადყო ტრანსპორტის სექტორში კლიმატური რისკების არასაკმარისი შეფასებით გამოწვეული შეცდომების ზემოქმედება ქალაქის საგზაო ინფრასტრუქტურაზე, რის გამოც ანომალურად გადაიტვირთა მოძრაობა მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე და მნიშვნელოვნად გაიზარდა ხერგილებში მოქცეული ავტომანქანებიდან გამონაბოლქვი გაზების ემისიები.

გამწვანების სექტორში კლიმატური რისკების გაუთვალისწინებლობას თან სდევს მწვანე საფარის შერჩევაში დაშვებული შეცდომები. როგორც ჩანს, ნაწილობრივ ამით შეიძლება აიხსნას თბილისის შემოგარენში მასიური ხმობის ფაქტები ფიჭვის ნარგავებისა, რომლებიც უფრო გვალვამძლე ჯიშებით უნდა შევსებულიყო თბილისის მწვანე საფარის შესანარჩუნებლად.

კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტირების ერთ-ერთ ღონისძიებად უნდა ჩაითვალოს აგრეთვე თბილისის შემოგარენში შესაბამისი სარწყავი ინფრასტრუქტურის მოწყობაც, რაც თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით უზრუნველყოფდა მწვანე საფარის ნორმალურ განვითარებას, მწვანე ზონების გაფართოებას და გარემოში ნახშირბადის დაგროვებას. სხვა შემთხვევაში ქალაქის გამწვანებაზე გაწეული დანახარჯები ფუჭად შეიძლება ჩაითვალოს.

სხვა კლიმატური რისკებიდან ქალაქის ინფრასტრუქტურაზე ეპიზოდურად შესამჩნევ გავლენას ახდენს ძლიერი ქარები<sup>1</sup> და დიდი თოვლი (ბათუმი), რის, შედეგადაც ხშირად ხანგრძლივი პერიოდით ვერ ხერხდება მოსახლეობისათვის ელექტრო ენერჯის მიწოდება და ასეთ დროს ხდება მაღალი კარბონშემცველი საწვავის (სალიარკა, ქვანახშირი და სხვ.) გამოყენება მოსახლეობის მიერ, რაც ასევე ზრდის ემისიას.

კლიმატის ცვალილებასთან ადაპტირების ღონისძიებებიდან მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის აგრეთვე საზოგადოების ცნობიერების ამაღლების ფაქტორსაც, რომელიც უნდა უზრუნველყოფდეს ქალაქის მწვანე საფარის მოვლის ხელშეწყობას და მცენარეებისადმი სათუთ დამოკიდებულებას.

თბილისთან დაკავშირებული კლიმატური რისკებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე თბური ტალღები, რომლებიც გარკვეულ საფრთხეს უქმნის ქალაქის მოსახლეობის ნაწილს, განსაკუთრებით ხანდაზმულებსა და ბავშვებს. აღნიშნული რისკის უარყოფითი ზეგავლენის შესამცირებლად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მწვანე ზონებისა გაფართოებას და ე.წ. „ეკოლოგიური კუნძულების“ მოწყობას, რის ტენდენციაც ქალაქის ტოტალური განაშენიანების პირობებში, სამწუხაროდ, არ აღინიშნება.

დანარჩენი კლიმატური რისკები (ელჭექი, გვალვა) თბილისის პირობებში განსაკუთრებული სიმძაფრით არ ვლინდება, თუმცა ხანგრძლივი გვალვის პირობებში გარკვეული სიძნედეები ექმნება წყალმომარაგებას, იზრდება დაწოლა წყალსაქანებზე და იზრდება ელექტრო ენერჯის მოხმარება. ქ. თბილისის შემთხვევაში, მომავალში, ამ პრობლემის დასაძლევად შესაძლებელი იქნება, ალბათ, მდ. ხრამის წყლის რესურსების გამოყენება.

შენობის სექტორში სახლების კედლების აგებისა და გადახურვის დროს თერმოიზოლაციის მოთხოვნების უგულებელყოფა იწვევს გათბობასა და გაგრილებაზე გაწეული ენერგეტიკული დანახარჯების შესამჩნევ ზრდას, რაც საბოლოო ჯამში სათბურის გაზების

<sup>1</sup>ძლიერი ქარები განსაკუთრებით ქალაქის გარეუბნებში ვლინდება, მაგ. თბილისის აეროპორტის მიმდებარე ტერიტორიაზე, დილომსა და ავჭალაში. აეროპორტის მიდამოებში მაქსიმალური რაოდენობა დღეებისა ძლიერი ქარით შეიძლება აღწევდეს 177 წელიწადში, ხოლო ქარის უდიდესი სიჩქარე ყოველწლიურად შესაძლებელია შეადგენდეს 49 მ/წმ და 20 წელიწადში ერთხელ – 65 მ/წმ.

ემისიის გაზრდაზე აისახება. ამასთან ერთად, ახალი სახლების მშენებლობისას თერმოიზოლაციასთან ერთად სათანადო ყურადღება უნდა ექცეოდეს ისეთი ენერგეტიკული ღონისძიებების დანერგვას, როგორცაა განათების სენსორული სისტემების დამონტაჟება, მზის ენერჯის გამოყენება ცხელი წყლით მომარაგებისათვის და სხვ. თბური ტალღების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის პირობებში, ძლიერი ქარებისა და ტემპერატურის ექსტრემალური ცვლილების დროს შენობების თერმოიზოლაციის ხარისხი გადამწყვეტ როლს ასრულებს ენერგოდანახარჯებისა და, შესაბამისად, სათბურის გაზების ემისიის შემცირებაში.

დასასრულ შევნიშნავთ, რომ გლობალური მასშტაბით დეკარბონიზაციის პოლიტიკის წინაშე დგას მთელი რიგი ფუნდამენტური ბარიერებისა, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია გლობალური ენერგეტიკის ამჟამინდელი დამოკიდებულება წიაღისეულ საწვავზე. დეკარბონიზაციისკენ მიმართული აქტიური ქმედებები გამოიწვევს საწვავის მოპოვებასა და დამუშავებასთან დაკავშირებული მრეწველობის დარგების გარკვეულ შეკვეცას, რაც ამ დარგებში დასაქმებული უამრავი ადამიანებისა და მათი ოჯახის წევრების ბედზე აისახება დიდი სოციალური სტრესებით. ეს პროცესი გამოიწვევს აგრეთვე წიაღისეული საწვავით მდიდარი სახელმწიფოებისა და მომპოვებელ-გადამამუშავებელი კორპორაციების შემოსავლების შემცირებას, რის გამოც ისინი კომპენსაციას ითხოვენ. გარკვეული სიძნელეები იქნება მოსალოდნელი აგრეთვე წიაღისეულ საწვავთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების ალტერნატიულ ვარიანტებზე გადასვლის გამო, რაც დიდ მატერიალურ დანახარჯებს მოითხოვს ახალი ტექნოლოგიების დანერგვისა და პერსონალის გადამზადების აუცილებლობის გათვალისწინებით. სწორედ ამით არის განპირობებული ის უზარმაზარი თანხა (100 მლრდ აშშ დოლარი), რომლის გამოყოფაც არის დაგეგმილი „პარიზის ხელშეკრულების“ განხორციელების უზრუნველსაყოფად.

#### ლიტერატურა - REFERENCES –ЛІТЕРАТУРА

1. <http://remissia.ge/index.php/ka/news/>
2. <http://climateaction.unfccc.int/>
3. Concise Atlas of the World. National Geographic Society, 2012, p.30.
4. ქალაქ თბილისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის მონიტორინგის ანგარიში. USAID-Winrock International, მდგრადი განვითარების ცენტრი „რემისია“. თბილისი, 2015.
5. ქალაქ თბილისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა. USAID-Winrock International, მდგრადი განვითარების ცენტრი „რემისია“. თბილისი, 2015.
6. Справочник по климату СССР, вып. 14. часть IV. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1970.
7. კერესელიძე დ., ალავერდაშვილი მ., ცინცაძე თ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ. რა მოხდა 2015 წლის 13 ივნისს მდინარე ვერეს წყალშემკრებ აუზში. თსუ-სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2015.
8. Справочник по климату СССР, вып. 14. часть III. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1968.

უაკ 551.521;631.67;662.997

#### კლიმატის ცვლილებასთან ქალაქ თბილისის ადაპტირების აქტუალური საკითხები.

/ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, ა. სიხარულიძე, მ. შვანგირაძე/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.39-43.-ქართ. რეზ: ქართ.,ინგლ., რუს.

განხილულია 2016 წლის 22 აპრილს გაეროს სპეციალურ სესიაზე მსოფლიო ეკონომიკის დეკარბონიზაციის მიზნით მიღებული გადაწყვეტილება, რომელიც გამიზნულია სათბურის გაზების ემისიის შემცირებით გლობალური დათბობის 2100 წლისთვის 1.5 - 2 °C დონეზე შესაჩერებლად. გლობალურ ემისიებში დიდი ქალაქების წვლილის გათვალისწინებით საზგასმულია მათი როლი ამ გადაწყვეტილების განხორციელების საქმეში. მოყვანილია „მერების შეთანხმების“ ფარგლებში 2011-2014 წლებში თბილისში ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის თანახმად ჩატარებული საქმიანობის შედეგები. დახასიათებულია ამ სამუშაოთა წინაშე მდგარი კლიმატური რისკები და ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორებში მათთან ადაპტირების გზები.

**UDC 551.521;631.67;662.997**

**Urgent problems of adaptation to climate change of the city of Tbilisi.**/Beritashvili B., Kapanadze N., Sikharulidze A., Shvangiradze M./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2016. - v.123. – pp.39-43. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The decision of 22 April 2016 by the UN Special session on decarbonization is discussed, aimed at the limitation to 2100 of global warming by 1.5-2 °C through the mitigation of GHG emissions. Considering significant share of large cities in global emissions their important role in implementing this decision is underlined. The results of activities undertaken according to Tbilisi SEAP in 2011-2014 in the frames of Covenant of Mayors are presented. Climate risks threatening these activities are featured and main directions of adapting to them in different sectors of city economy are described.

**УДК 551.521;631.67;662.997**

**Актуальные вопросы адаптирования к изменению климата города Тбилиси.** /БериташвилиБ. Ш., КапанадзеН. И., Сихарулидзе А. Д., Швангирадзе М. Я./Сб. ТрудовИнститутаГидрометеорологиииГрузинскогоТехническогоУниверситета. –2016. – т.123. – с.39-43. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрено решение специальной сессии ООН от 22 апреля 2016 года, направленное на декарбонизацию глобальной экономики, которое ставит целью приостановление к 2100 году глобального потепления на уровне 1.5 - 2 °С путем уменьшения выбросов тепличных газов. С учётом вклада крупных городов в глобальные эмиссии подчеркнута их роль в осуществлении этого решения. Представлены результаты работ, проведенных в 2011-2014 годах для выполнения в Тбилиси Плана устойчивого развития энергетики в соответствии с Соглашением Мэров. Охарактеризованы климатические риски, стоящие перед осуществлением этих работ и отмечены основные пути адаптирования к ним в различных секторах экономики города.

შპს 551.583

ქარის რეჟიმის უმსწავლა ბოლო 50 წლის განმავლობაში, ქუთაისის რეგიონისთვის, სტატისტიკური მდგრადობის პარამეტრების გამოყენებით

ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ზოტიკიშვილი ნ., შალამბერიძე თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო [zurab.khvedelidze@tsu.ge](mailto:zurab.khvedelidze@tsu.ge)

შესავალი

კაცობრიობას ყოველდღიურ ცხოვრებაში ნებით თუ უნებლიეთ ურთიერთობა აქვს ჰაერის ნაკადის დინებასთან – ქართან. ეს ურთიერთობა იწყება ცხოვრების კომფორტული პირობებით და ზოგჯერ, მთავრდება არასასიამოვნოდ – ძლიერი ქარების შემთხვევაში. ამდენად, ქარის როლი მნიშვნელოვანია, მას გააჩნია როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი შედეგები: ქარი იწვევს მნიშვნელოვან ნგრევას 10-12 მ/წმ სიჩქარის დროსაც კი, აზიანებს ელექტროგაყვანილობას და კავშირგაბმულობის საშუალებებს; 35 მ/წმ სიჩქარის ზემოთ ზიანს აყენებს კაპიტალურ შენობებს; არ არსებობს შენობა-ნაგებობა, რომელიც უძლებს 90 მ/წმ სიჩქარის ქარს [1-8]. ქარის სიჩქარის და მიმართულების ცვლილება ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორია ამინდის ჩამოყალიბებაში; იგი არის ენერგეტიკის სუფთა წყარო. ადამიანს კომფორტულად არსებობის საშუალება აქვს 2-3 მ/წმ სიჩქარის ქარის დროს [9,10].

შრომის მიზანია ქარზე, ბოლო 50 წლის მეტეოროლოგიური დაკვირვების მასალით დავახასიათოთ მისი რეჟიმი საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიაზე.

წარმოდგენილ შრომაში მოყვანილია მხოლოდ ქუთაისის რეგიონზე გაბატონებული ქარის რეჟიმის შესწავლა სტატისტიკური მიდგომით. ქარის ველის დახასიათებისათვის პირველად იქნა შემოთავაზებული ე. წ. დინამიური და თერმული პარამეტრების გამოთვლა და ანალიზი. როგორც ცნობილია, ამ პარამეტრებს აქვთ სახე:

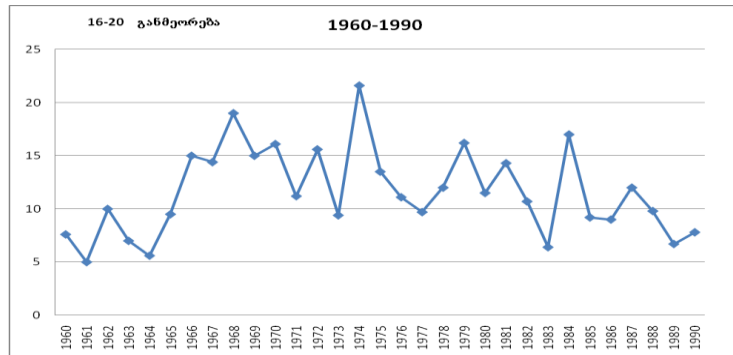
$$B = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{საშ}} A = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{საშ}}$$

სადაც, B არის დინამიკური მდგრადობის პარამეტრი, A – თერმული მდგრადობის პარამეტრი. [4,5,7] ფორმულებიდან ჩანს, რომ საჭიროა მეტეოროლოგიური ელემენტების მრავალწლიური მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება და მათი ექსტრემალური მნიშვნელობების ცოდნა. შერჩეული იქნა თერმული და დინამიკური პირობებით განსხვავებული რეგიონები, ამ ეტაპზე ქუთაისის რეგიონი დამუშავდა და მოხდა ქარის რეჟიმის დახასიათება. მოვიყვანოთ ზოგიერთი ცხრილური და დიაგრამული მახვენებლები.

ცხრილი 1. 16-20 გრადაციების განმეორებათა რიცხვი თვეების და წლების მიხედვით, ქუთაისის რეგიონისათვის

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშ.
1960	16	7	2	2	10	0	6	0	5	7	23	13	7,6
1961	10	1	2	2	2	3	1	2	2	27	3	5	5
1962	18	16	8	3	7	4	1	4	16	7	25	12	10
1963	6	14	8	9	14	0	0	9	6	6	9	2	7
1964	2	11	9	3	0	2	0	0	9	14	3	14	5,6
1965	27	11	12	11	11	0	0	12	11	4	4	11	9,5
1966	9	0	14	30	21	7	0	2	9	24	40	24	15
1967	8	29	23	19	20	5	0	0	11	15	26	17	14,4
1968	17	18	27	29	21	6	1	11	17	30	17	33	19
1969	40	14	18	11	5	7	9	19	11	5	22	21	15
1970	35	26	29	26	14	11	6	0	11	17	8	11	16,1
1971	22	15	21	15	26	0	5	6	13	5	3	3	11,2
1972	27	25	17	20	11	2	15	25	13	7	14	11	15,6
1973	18	6	13	15	5	3	1	12	18	13	4	5	9,4
1974	24	34	48	21	5	1	5	11	32	50	19	9	21,6
1975	7	21	13	16	6	14	2	7	7	29	20	20	13,5

1976	3	11	29	13	3	0	1	0	3	14	33	23	11,1
1977	33	19	7	13	12	4	3	6	6	8	3	2	9,7
1978	9	30	11	40	14	1	9	4	13	6	3	4	12
1979	16	14	13	18	50	6	0	11	16	7	39	4	16,2
1980	18	13	33	2	8	7	9	3	9	23	4	9	11,5
1981	37	21	10	6	8	0	7	0	13	33	7	30	14,3
1982	5	5	27	13	22	9	4	0	7	17	12	7	10,7
1983	4	9	10	0	17	0	0	2	5	8	8	14	6,4
1984	23	53	36	15	20	5	0	0	9	4	8	30	17
1985	15	0	16	17	13	0	2	11	2	14	14	6	9,2
1986	9	29	27	17	1	0	0	9	0	1	1	15	9
1987	18	15	14	11	7	0	1	6	1	48	20	3	12
1988	3	20	18	9	6	0	0	4	14	35	6	3	9,8
1989	0	0	12	6	1	2	1	6	10	9	31	3	6,7
1990	6	3	1	9	19	5	0	0	11	14	2	24	7,8

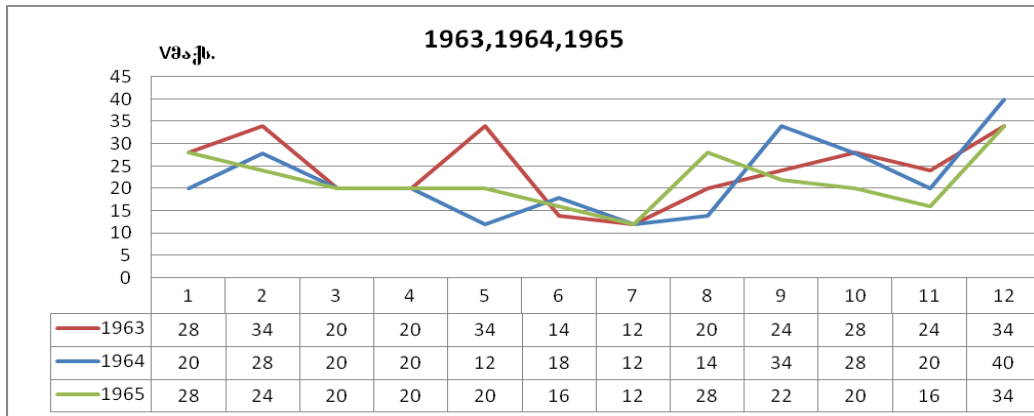


ნახ.1. 16-20 გრადაციების განმეორებათა რიცხვის საშუალო მნიშვნელობები წლების მიხედვით.

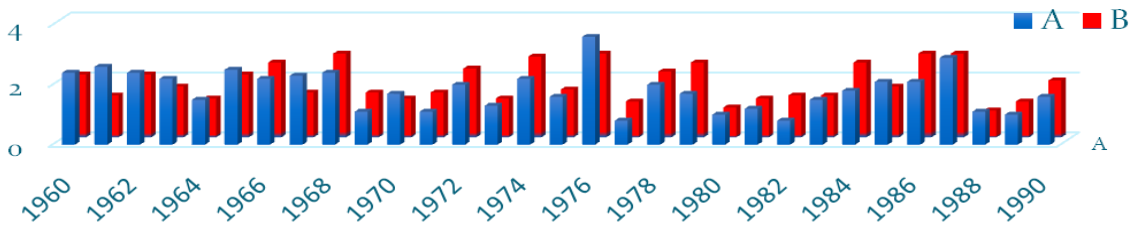
ამ ნაშრომში მთავარი ყურადღება მიექცა ქარის განმეორადობას (16-20) მ/წმ სიჩქარის ინტერვალში და მის ცვლილებას 5 და 10 წლიანი პერიოდებისათვის, ასევე რეგიონზე ქარის გაბატონებული მიმართულების გამოყოფას.

ცხრილი 2. ხუთწლიანი და ათწლიანი შუალედებით ქარის ექსტრემალური მნიშვნელობები

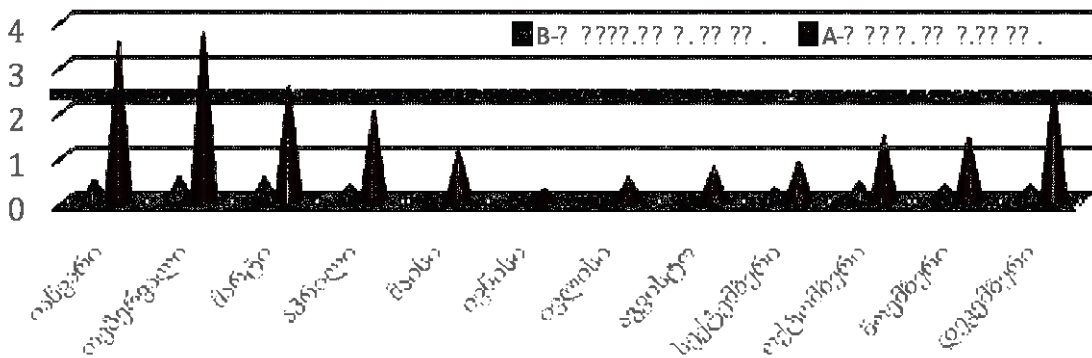
5-წლიანი შუალედი	თვე	დღე	Vმაქს.	5-წლიანი შუალედი	V მაქს.	V მინ.	
						მინ.	მაქს.
1960-1964/1964	XII	8/9	40 / 40	1960-1964	40	1	14
1965-1969/1969	I	6	43	1965-1969	43	1	10
1970-1974/1970	III	10	39	1970-1974	39	2	18
1975-1979/1978	II	6/7	42/42	1975-1979	42	1	8
1980-1984/1984	II	7	37	1980-1984	37	2	10
1985-1990/1988	I	11	32	1985-1990	32	2	10
<b>საშ.</b>			<b>39</b>	<b>საშ.</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
10-წლიანი შუალედი				10-წლიანი შუალედი			
1960-1969 / 1969	I	6	43	<b>1960-1969</b>	<b>43</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
1970-1980 / 1970	III	10	39	<b>1970-1980</b>	<b>39</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
1981-1990 / 1984	II	7	37	<b>1981-1990</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
<b>საშ.</b>			<b>40</b>	<b>საშ.</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>9</b>



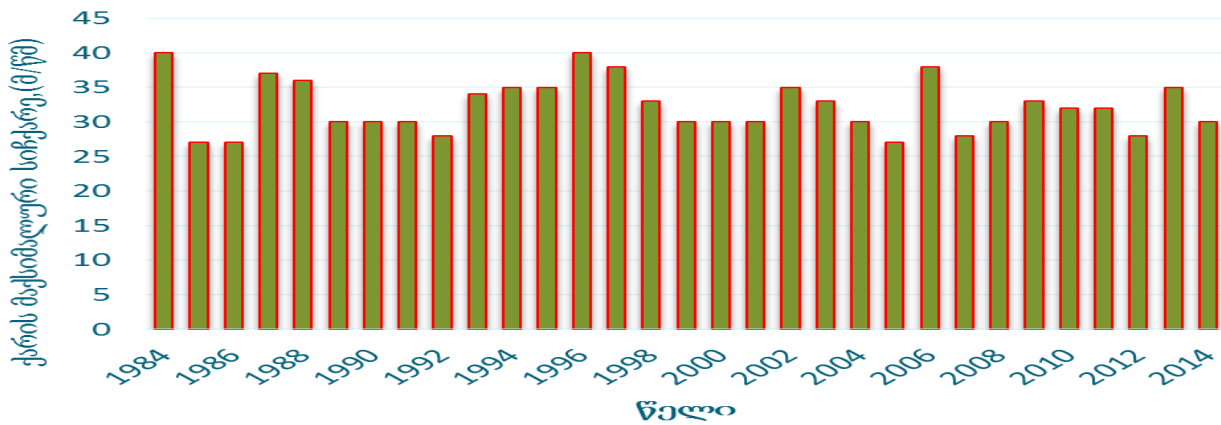
ნახ.2. ქარის მაქსიმალური მნიშვნელობები



ნახ.3. A და B კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობების განაწილება წლების მიხედვით (ქარის სიჩქარის 16-20 მ/წმ-თვის).



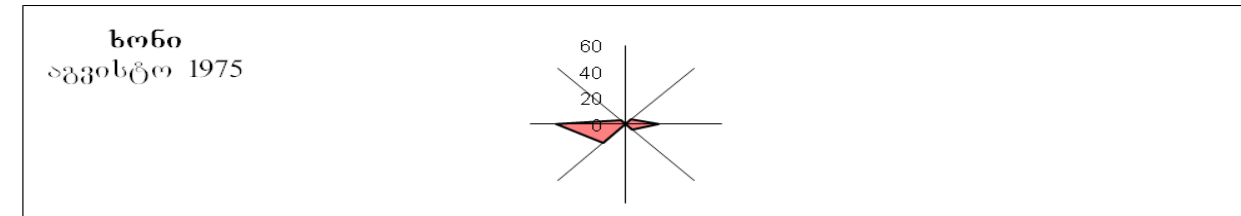
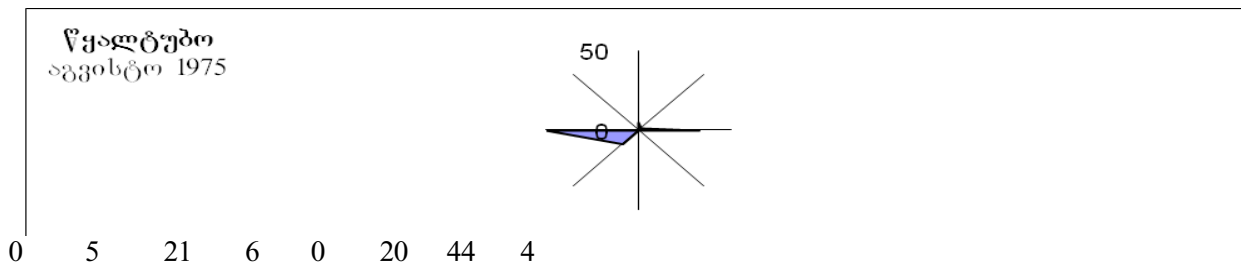
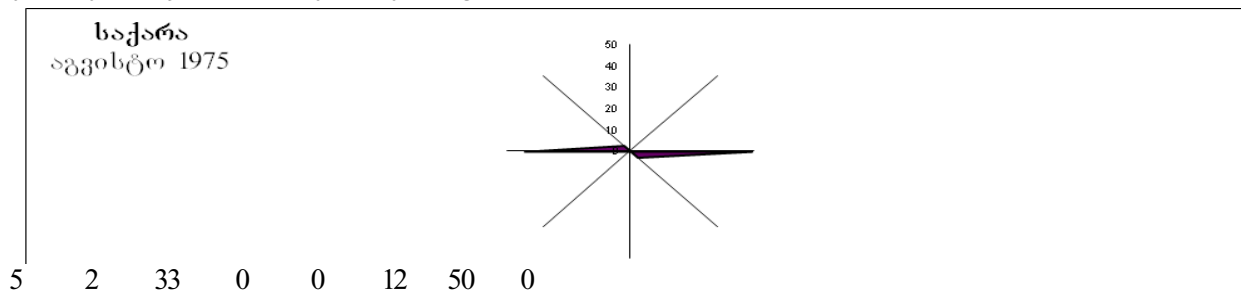
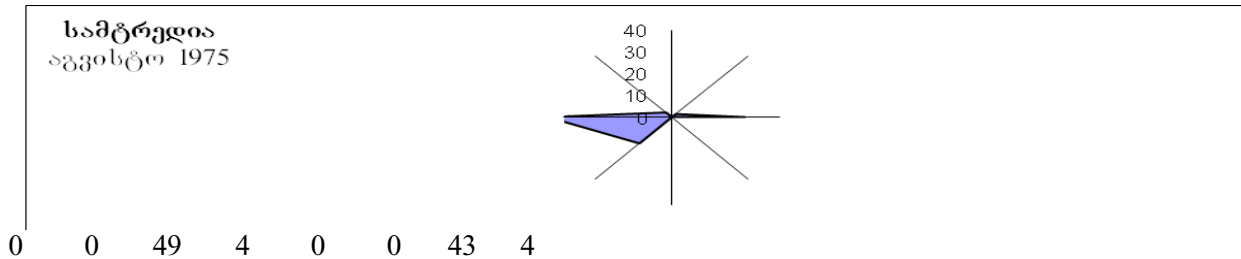
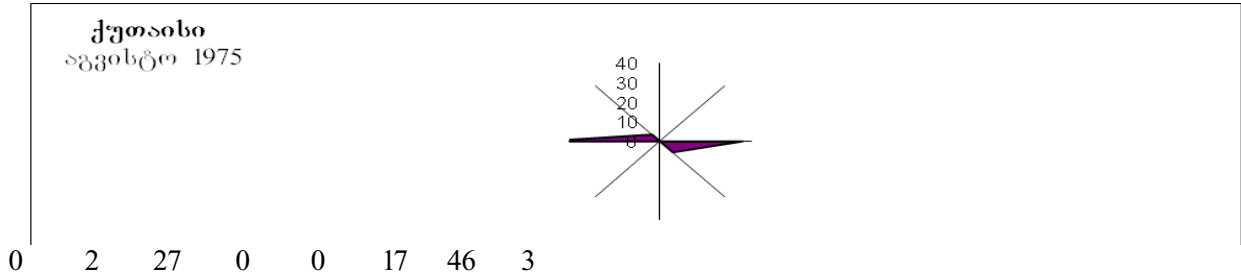
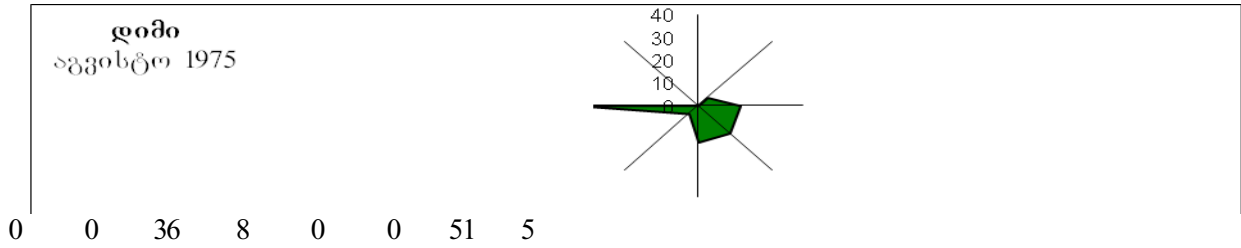
ნახ.4. დინამიკური და თერმული მდგრადობის კოეფიციენტების განაწილება 1984-2014 წლებისათვის (ქარის სიჩქარე  $V > 25$  მ/წმ).



ნახ. 5. ქარის მაქსიმალური სიჩქარის (25 მ/წმ –ს ზემოთ) განაწილება წლების მიხედვით ქუთაისის რეგიონისათვის

ქუთაისის რეგიონზე განისაზღვრა ქარის გაბატონებული მიმართულება ექვს პუნქტში, აიგო სათანადო ქარის „ვარდები“ თვეებისა და საშუალო წლიური მნიშვნელობებისათვის. (იხილეთ გრაფიკები)

0 5 16 17 16 5 46 0



დასკვნები:

ა) 16-20 მ/წმ ქარის სიჩქარის მნიშვნელობები მაქსიმალურია მარტში, აპრილში და ნოემბერში. ხოლო მინიმალურია ზაფხულში, კერძოდ ივნისში. ყველაზე დიდია ქარის სიჩქარეთა მნიშვნელობები 16-20 მ/წმ ინტერვალისათვის, ხოლო შედარებით იშვიათი ქარები გვაქვს ქარის სიჩქარის 25-29 მ/წმ შუალედისათვის.

ბ) ამ დიაპაზონის ქარის სიჩქარე წლების მიხედვით იწვევს წანაცვლებას ერთი თვის ფარგლებში, მაგ. 1960 წელს მაქსიმალური ქარი იყო მარტში, აპრილში და დეკემბერში. ხოლო 1961 წელს მაქსიმალური ქარი დაფიქსირდა იანვარში, თებერვალში და სექტემბერში.

გ) როგორც ქარის სიჩქარეებზე ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, ქარის სიჩქარეები 25-40 მ/წმ-ის ინტერვალში დაფიქსირებულია, ძირითადად თებერვალ-მარტში და ოქტომბერ-ნოემბერში, თუმცა არის გამონაკლისი შემთხვევებიც. მაგ. 1992 და 1995 წლებში მაისისა და ივლისის თვეში, ქარის მაქსიმალური სიჩქარე არის 28 მ/წმ, ანალოგიურად 2002 წელს მაის-ივლისის თვეში ქარის სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობაა 30 მ/წმ.

დ) გაანალიზებული იქნა 15 მ/წმ სიჩქარეზე მეტი ქარის გრადაციები 5 მ/წმ ინტერვალით, მათი განმეორადობა 5 და 10 წლიანი პერიოდით. ამ გრადაციების მდგრადობის პარამეტრები განისაზღვრა და გაირკვა თანაფარდობა სიჩქარესა და A და B პარამეტრებს შორის.

ე) აღმოჩნდა, რომ მდგრადობის პარამეტრები მაქსიმუმს აღწევენ იანვარ-მარტში, მინიმუმს ოქტომბერში, პრინციპში ქარის სიჩქარის ცვლილების შესაბამისად. დასაბუთდა, რომ ქუთაისის რეგიონში ყველაზე ხშირია (16-20) მ/წმ სიჩქარის ქარი, ხოლო გაბატონებული მიმართულებაა დასავლეთ-აღმოსავლეთი.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ზ. ხვედელიძე „დინამიკური მეტეოროლოგია“ თბილისი. თსუ, 2002 წ. გვ.535
2. R. “Holton Dynamic Meteorology “ Fourth edition-university of Washington, 2004p. 533.
3. Л. Матеев“ Основы общей метеорологии физика атмосферы“ Гидрометеологическое издательство. Ленинград, 1965г с 875.
4. Динамическая метеорология - под редакцией Д. Лаихтмана, Л. гидрометиздат, 1976г, с 607.
5. ზ. ხვედელიძე, დ. ჯანეზაშვილი „რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში“ ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი „ფიზიკა“, (<http://gesj. Internet-academy. Org.ge/physic/>;2013, N 1(3),გვ. 65-76.
6. А. Аситашвили, К. Сапицкий, З. Хведелидзе“ Изучение локальной циркуляции ветра в районе Душети Грузинской С ССР“ Москва, метеорология и гидрология, 1968г. N 61,ст. 92-94.
7. Modelling of atmospheric fields world scientific;Theoretical physic, 1996,p 755.
8. ზ. ხვედელიძე „ატმოსფერული პროცესების არამდგრადობის ენერჯის განსაზღვრა ლოკალური რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით“ ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი „ფიზიკა“, (<http://gesj. Internet-academy. Org.ge/physic/>;2014, N 1(11) გვ.30-38.
9. З.Хведелидзе, Т. Шаламберидзе, Е. Тагвадзе „Изучение вихревых полей ветра на горной территории“ Экологические системы и приборы, М.2009г, с41-46
- 10.Z.Khvedelidze “On Pressure Drop Distribution at High Power PerturbationOver the Mountainous Territory“ Bulletin the Georgian Academy of sciences,155 N1, 2015 p.62-67Co-aut. Inga Samkharadze\*, Teimuraz Davitashvili.

### უაკ 551.583

ქარის რეჟიმის შესწავლა ბოლო 50 წლის განმავლობაში, ქუთაისის რეგიონისთვის, სტატისტიკური მდგრადობის პარამეტრების გამოყენებით /ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ზოტიკიშვილი ნ., შალამბერიძე თ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2016, ტ.123,გვ.44-49. ქართ. რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ქარის რეჟიმის შესწავლას ამა თუ იმ ტერიტორიაზე, ცხადია დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, გამომდინარე მისი მრავალი თვისების პრაქტიკული თვალსაზრისიდან. ეს საკითხი ყოველთვის აქტუალური იყო და ასევე რჩება, განსაკუთრებით მთა-გორიანი რეგიონებისათვის. შრომის მიზანია, ბოლო 50 წლის მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მასალით, დახასიათებული იქნას ქარის რეჟიმი საქართველოს ცალკეული რეგიონებისათვის. განიხილება ქუთაისის რეგიონზე გაბატონებული ქარის ბუნების შესწავლა სტატისტიკური მიდგომით. აღმოჩნდა, რომ მდგრადობის პარამეტრები მაქსიმუმს აღწევენ იანვარ-მარტში, მინიმუმს ოქტომბერში, პრინციპში ქარის სიჩქარის ცვლილების



შესაბამისად, დასაბუთდა, რომ ქუთაისის რეგიონში ყველაზე ხშირია (16-20) მ/წმ სიჩქარის ქარი, ხოლო გაბატონებული მიმართულება არის დასავლეთ-აღმოსავლეთი.

**UDC 551.583**

**Study of Wind Regime for Kutaisi region over the past 50 years, by using the parameters of statistical stability./Z.Khvedelidze, I.Samkharadze, N.Zotikishvili, T.Shalamberidze/Tansactions of the of Hydrometeorology of Georgian Technical University. 2016, vol123., pp.44-49, Geo., Summary, Geo., Eng., Rus.**

The study of the wind regime in a given territory, of course, has a great theoretical and practical importance, based on the practical point of view of its many properties. This issue has always been, and remains actually especially for mountainous regions. The aim of the work is based on the materials of meteorological observations over the past 50 years to be characterized of the wind regime for certain regions of Georgia. We consider the study of the nature of the wind of the Kutaisi region, taking into account the statistical approach. It had been revealed that the parameters of stability rechs to peak in January-March, the minimum in October, in principle, in accordance with the wind speed changes. It has been proved that in the Kutaisi region very often the wind speed reaches to 16-20 m/min., and the prevailing direction is west-east.

**УДК 551.583**

**ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМА ВЕТРА ДЛЯ КУТАЙСКОГО РЕГИОНА В ТЕЧЕНИИ ПОСЛЕДНИХ 50 ЛЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ (Хведелидзе З., Самхарадзе И., Зотикишвили Н., Шаламберидзе Т./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2016, Т.123 ,с.44-49, Груз. Рез. Груз., Англ., Рус.**

Изучение режима ветра на той или иной территории, естественно, имеет большое теоретическое и практическое значение, исходя, с практической точки зрения, из его многочисленных свойств. Этот вопрос всегда являлся и остается актуальным, особенно для горных регионов. Целью работы, основываясь на материалах метеорологических наблюдений за последние 50 лет, является характеристика режима ветра для отдельных регионов Грузии. Рассматривается изучение природы ветра, господствующего в Кутаисском регионе, с учетом статистического подхода. Оказалось, что параметры устойчивости достигают максимума в январе-марте, минимума – в октябре, в принципе, в соответствии с изменениями скорости ветра. Было обосновано, что в Кутаисском регионе особенно часто скорость ветра достигает 16-20 м/мин., а господствующим направлением является западно-восточное.

**ღრუბლების ანსამბლისა და ფიონების რიცხვითი მოდელირება**

**გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ. ა. ბეგალიშვილი ნ. ნ.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

როგორც ცნობილია, საქართველოსთვის მეტად აქტუალურია მეზომეტეოროლოგიური, კერძოდ, ნოტიო პროცესების (ღრუბელი, ნისლი, ფიონები) შესწავლა. განსაკუთრებით ყურადსაღებია ამ პროცესების რიცხვითი მოდელირება, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია მათი პროგნოზირება, მათზე ხელოვნური ზემოქმედება, ფინანსურად ძვირი, ტექნიკურად და ეკოლოგიურად რთული და საშიში პროცესების იმიტირება „ქაღალდზე“. თავისთავად ეს დარგი მეტად მნიშვნელოვანია ჰიდრომეტეოროლოგიის, ეკოლოგიის, სოფლის მეურნეობის, საზღვაო-საავიაციო მეტეოროლოგიისა და სხვა სფეროებისათვის. ასევე აღსანიშნავია ამ სამუშაოების წარმოება დღევანდელი საქართველოსა და გლობალური დათბობის ფონზე.

მოცემულ ნაშრომში შევსებით ღრუბელთა და ნისლის ანსამბლის წარმოქმნას, მათ ურთიერთტრანსფორმაციასა და ფიონებს. ერთი შეხედვით, ეს საკითხები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია, მაგრამ ყველა ამ პროცესს საერთო საფუძვლად უდევს ატმოსფეროს თერმოჰიდროდინამიკა, ნოტიო პროცესები, წყლის ორთქლის კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფა და ა. შ.

**ნოტიო პროცესების ანსამბლი და მათი ურთიერთტრანსფორმაცია.** ღრუბელთა ანსამბლის შექმნის პირდაპირი და უკუპროცესი მეტად აქტუალურია ნალექების გამოწვევა-შეწყვეტის თვალსაზრისით: გაყოფისას ღრუბელთა პირეული იზრდება, შესაბამისად, იზრდება აორთქლება, რაც იწვევს ღრუბლის წყლიანობის შემცირებას – მის დასუსტებას და პირიქით, ღრუბელთა ანსამბლის გარდაქმნა ერთიან სისტემად ზრდის ნალექების მოსვლის ალბათობას.

**ამოცანის დასმა** დაწვრილებით მოცემულია ჩვენს ადრინდელ სტატიებში [1-3], ამიტომ სიმოკლისათვის ორგანოზომილებიან (x-z ვერტიკალურ სიბრტყეში) ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასაზღვრო ფენის (**ამსფ**) და მასში მიმდინარე პროცესების აღწერილი განტოლებათა სისტემა და შესაბამისი საწყის-სასაზღვრო პირობები არ მოგვეყავს. მოგვეყავს მხოლოდ იმ ფიზიკური კონსტანტებისა და ამოცანის პარამეტრების მნიშვნელობები, რომლებიც სხვადასხვა რიცხვით ექსპერიმენტებში არ იცვლებოდნენ:  $\alpha = 0.033 \text{ m}^2 / (\text{sec} \cdot \text{grad})$ ,  $S = 0.004 \text{ grad/m}$ ,  $L = 600 \text{ cal/g}$ ,  $c_p = 0.24 \text{ cal/(g} \cdot \text{grad)}$ ,  $\mu = 10^4 \text{ m}^2/\text{sec}$ ,  $\nu = 10 \text{ m}^2/\text{sec}$ , ფარდობითი ტენიანობა  $f = 95 \%$ ,  $X = 80 \text{ km}$ ,  $Z = 2 \text{ km}$  (აღნიშვნები იხილეთ [1-3] - ში)

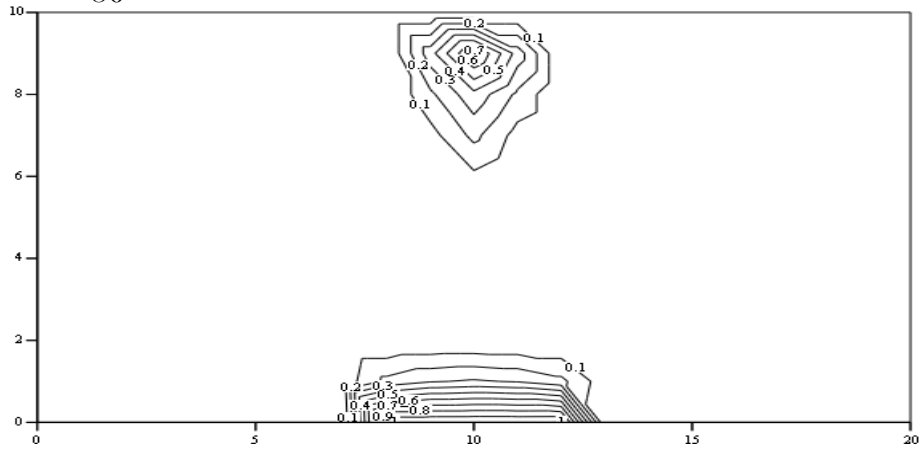
ამოცანის რიცხვითი ამოხსნის შედეგად მიღებული გვაქვს **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკული, სინოტივისა და წყლიანობის ველების სივრცულ-დროითი განაწილება. სიმოკლისათვის აქცენტს ვაკეთებთ მხოლოდ ნოტიო პროცესების (ღრუბელი, ნისლი) ანსამბლზე, მათ ურთიერთტრანსფორმაციაზე.

**ა) ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა.** ჩვენი მოდელის საშუალებით იმიტირებულ იქნა **ამსფ**-ის ისეთი რეჟიმი, როცა ერთდროულად არსებობს ნისლიცა და ღრუბელიც. ამ დროს ადგილი აქვს ღრუბლის მიღევასა და ნისლის გაძლიერებას. ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა საინტერესოა არა მარტო ლოკალური პროგნოზის, არამედ ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც. სწორედ ამ დროს კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფა აპირობებს რამდენიმეფენიანი ტემპერატურული ინვერსიის გაჩენას (ღრუბლისქვეშა, ღრუბლისზედა, ნისლისზედა და ა.შ. ინვერსიები), რომელშიც ადგილი აქვს მავნე ნივთიერებათა აკუმულაციას. ამ მოვლენას მატყვევმა უწოდა დინამიური წარმოშობის ინვერსია. იგივე შეიძლება ითქვას მრავალრიცხოვანი ნოტიო პროცესების ანსამბლის შემთხვევაშიც, რომელსაც ქვემოთ განვიხილავთ.

რა თქმა უნდა, ეს რეჟიმი მიიღწევა მაღალი ფარდობითი ტენიანობის ( $f = 95 \%$ ) დროს. მოვიყვანოთ ის პარამეტრები ( $\mu = 10^4 \text{ m}^2/\text{sec}$ ,  $\nu = 10 \text{ m}^2/\text{sec}$ ,  $t = 15 \text{ სთ}$ ), რომლის დროსაც გვაქვს ზემოთაღნიშნული სურათი, ნახ. 1.

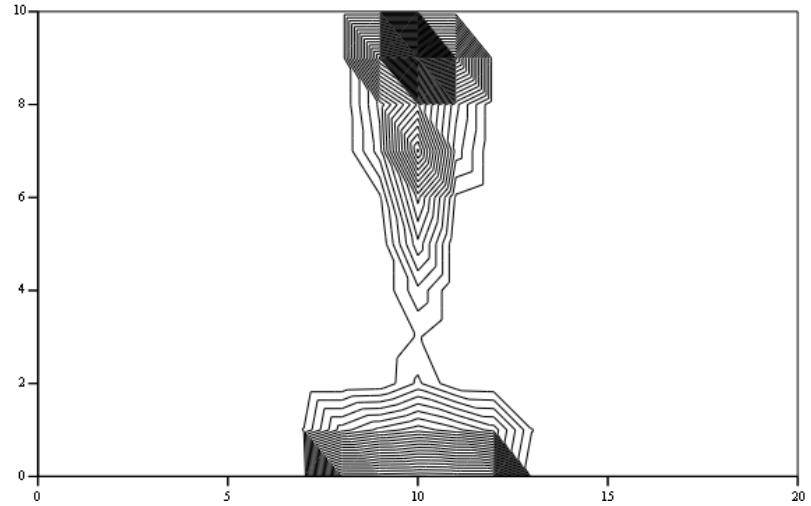
როგორც ნახაზიდან 1. ჩანს, 15 საათისათვის ერთდროულად დაიშორება როგორც ნისლი, ასევე ღრუბელი, თანაც ნისლის მაქსიმალური წყლიანობა ( $1\text{ გ/კგ}$ ) სჭარბობს ღრუბლისას ( $0,7\text{ გ/კგ}$ ).

გ) **ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსი.** ბუნებრივია, ტურბულენტური რეჟიმი არსებით გავლენას ახდენს **ამსფ**-ის პროცესების ჩამოყალიბებაში. თეორიიდან ცნობილია და ჩვენს მიერ ჩატარებული რიცხვითი მოდელირებითაც დადგინდა, რომ  $\mu$ -ის ზრდა იწვევს ნოტიო ველებს ჰორიზონტალურ, ხოლო  $\nu$ -ის ზრდა ვერტიკალურ „გაჭიმვას“. ქედან გამომდინარე, მოცემული მოდელის საშუალებით შესაძლებელია ღრუბლისა და ნისლის არა მარტო ერთდროული არსებობა, არამედ მათი გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსის სიმულირება. ამის მიღწევა ხორციელდება ფარდობითი ტენიანობისა და ტურბულენტური რეჟიმის გარკვეული პირობებში, კერძოდ, როდესაც ფარდობითი ტენიანობა  $f=98\%$ ,  $\mu=9000 \text{ m}^2/\text{sec}$ ,  $\nu=10 \text{ m}^2/\text{sec}$ .



ნახ.1. ღრუბლისა და ნისლის წყლიანობის  $\nu$  (გ/კგ) იზოხაზები ( $t = 15$  სთ )

ნისლისა და ღრუბლის გაერთიანება მოხდა მხოლოდ ვიწრო, სამი დერძული ერთწერტილიანი „ყელის“ საშუალებით, ნახ. 2. ამიტომაც ვიყავით იძულებული, რომ აგველო იზოხაზების დიდი რაოდენობა; ნახაზი რომ არ გაგვერთულებინა, იზოხაზებს რიცხვითი მნიშვნელობები არ წავაწერეთ. სიცხადისათვის მაინც აღვნიშნავთ, რომ ღრუბლის წყლიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობა უდრის 1,72 გ/კგ, ხოლო ნისლისა კი 1,01 გ/კგ. რომ გვეჩონოდა უფრო მცირეებიჯიანი ბადე, ალბათ უფრო განიერ „ყელს“ მივიღებდით. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსი არსებობდა  $\approx 13$  - დან 17 საათამდე.

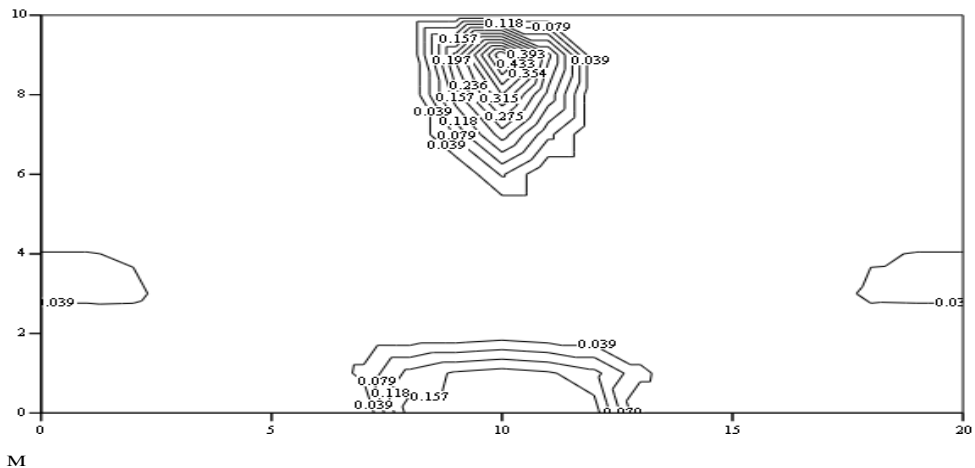


ნახ.2. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსის წყლიანობის  $\nu$  (გ/კგ) იზოხაზები ( $t = 15$  სთ )

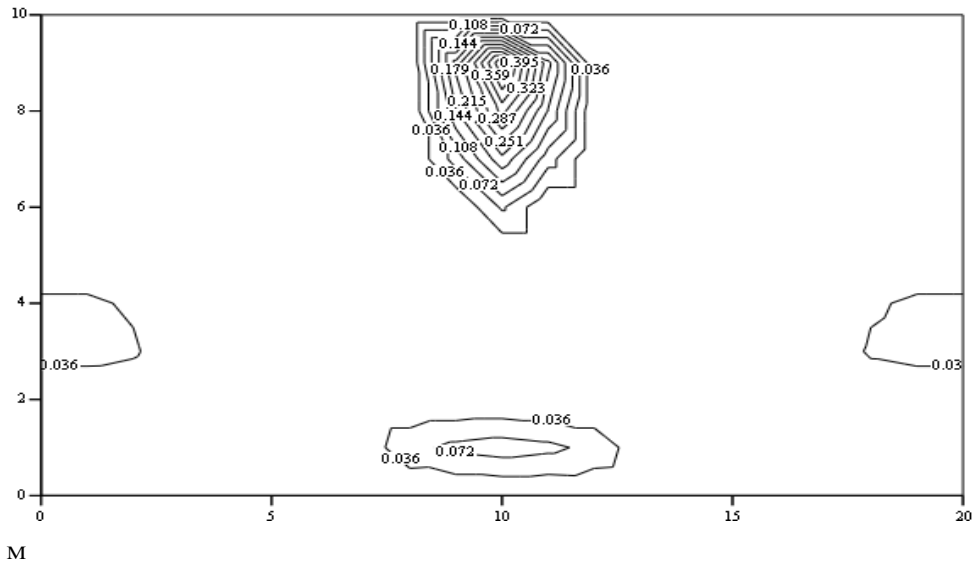
**დ) ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი.** რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგად (ამოცანის გარკვეული პარამეტრების შერჩევის ხარჯზე – განსაკუთრებულ აქცენტს ვაკეთებთ ჰორიზონტალურ ტურბულენტობაზე  $\mu=9000 \text{ m}^2/\text{sec}$ ) იმიტირებულ იქნა ასეთი საინტერესო

სცენარი: როდესაც ნისლი ძლიერდება, ის, ძირითადად, ტურბულენტობის გამო გადაფარავს, სცდება „კუნძულის“ კორიზონტალურ ზომებს. ტემპერატურის დღე-ღამური სვლის დროს, როდესაც ქვეფენილი იწვევს გათბობას, ბუნებრივია, სითბური „კუნძულის“ თავზე არსებული რადიაციული ნისლი სუსტდება, ან გადაგვარდება ფენა ღრუბლად, ან სულაც განიბნევა, იმ დროს, როცა მის გარეთ შენარჩუნებული გვაქვს ნისლი. ფაქტიურად ადგილი აქვს რადიაციული ნისლის ტრანსფორმაციას ორ დაბალ ფენა ღრუბლად, შემდეგ კი თვითონ გადაგვარდა ფენა ღრუბლად: ნახ. 3. გვაქვს 3 ფენა ღრუბელი და ერთი რადიაციული ნისლი, ხოლო ნახ. 4. – 4 ფენა ღრუბელი.

ფიზიკურად აქ ყველაფერი ლოგიკურ ჩარჩოში ჯდება, მაგრამ მეტეოროლოგიური დაკვირვებებიდან ამგვარი პროცესი ჩვენთვის არ იყო ცნობილი. საინტერესოა სწორედ ისაა, რომ ეს ანომალური სცენარი გათამაშდა ჩვენი რიცხვითი მოდელის საშუალებით. ვეცდებით მომავალში მოვიპოვოთ შესაბამისი ექსპერიმენტული მასალა.



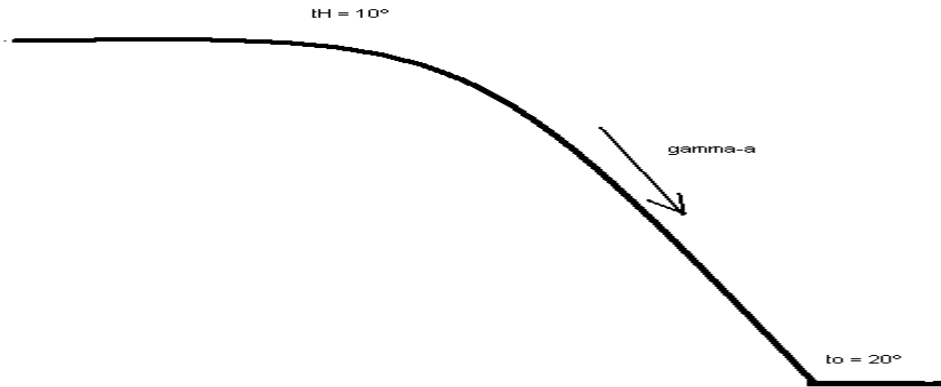
ნახ. 3. ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი ( $v$  g/kg,  $t = 23,2$  სთ).



ნახ. 4. ღრუბლების ანსამბლი ( $v$  g/kg,  $t = 23,6$  სთ).

ფიონების ასლებური კლასიფიკაცია და მათი რიცხვითი მოდელირების შესაძლებლობა.  
 მეტეოროლოგიაში არსებობს კარგად ცნობილი ტერმინი “ფიონი”. ესაა დაღმავალი, თბილი, მშრალი ქარი. მას აქტუალური მნიშვნელობა აქვს მთელ რიგ მეზომეტეოროლოგიურ პროცესებში: ატმოსფეროს თერმოჰიდროდინამიკა, ღრუბელ-ნისლწარმოქმნა, აგრომეტეოროლოგია; ის იწვევს სათბურის ეფექტს. ფიონების სეზონური და სივრცულ-დროითი განაწილება მეტად აქტუალურია ქალაქის, სოფლისა და კურორტული დაგეგმარებისათვის და ა. შ. ისინი ასევე მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ გაუდაბნოების პროცესებში, რაც მჭიდრო კავშირშია გლობალური დათბობის პრობლემასთან.

სქემატურად განვიხილოთ ფიონის ფორმირების მექანიზმი. კლასიკური მეტეოროლოგიიდან ცნობილია, რომ აღმასვლისას მშრალი ჰაერი (ეს პროცესი შეიძლება ჩაითვალოს მშრალადიაბატურ აღმასვლად) ყოველ 100 მეტრზე ცივდება 1 გრადუსით, ე. ი. მშრალადიაბატიანი გრადიენტი  $\gamma_a = 0.01 \text{ grad/m}$ . ბუნებრივია, დადმავალი მშრალი ჰაერი იგივე კანონით გათბება, ე. ი.  $\gamma_a = -0.01 \text{ grad/m}$ . როგორც წესი, ჰაერის დადმასვლას განიხილავენ მთიდან ბარში, ე. წ. “თაროდან”, ნახ. 5. (დაეუშვათ, მთის სიმაღლე  $H = 1000 \text{ მ}$ , მთაზე ტემპერატურა  $t_H = 10 \text{ C}^\circ$ ).



ნახ. 5. ფიონი.

მშრალადიაბატურად დადმასვლის შედეგად მთის ძირში ადგილი აქვს დათბობას -  $t_0$  გახდა  $20 \text{ C}^\circ$ .

აი, ესაა ფიონის ტრადიციული განმარტება.

ეხლა განვიხილოთ ფიონის ფორმირების გენეზისი უფრო სრულად: მთაზე ჰაერის დადმასვლის გარდა მხედველობაში მივიღოთ აგრეთვე პროცესის საწყისი ეტაპი – ჰაერის აღმასვლა და ღრუბელ-ნალექწარმოქმნაც. ამ პოზიციებიდან გამომდინარე შემოგვაქვს ფიონების ახლებური კლასიფიკაცია მშრალადიაბატური, ნოტიოადიაბატური და ნოტიო-მშრალადიაბატური ფიონების სახით. განვიხილოთ თვითოეული დაწვრილებით.

ა) **მშრალადიაბატური ფიონი.** წარმოვიდგინოთ მშრალი ჰაერის მთაზე გადაღინება ( $H = 1000 \text{ მ}$ , აღმასვლისას ტემპერატურა მთის ძირში  $t_1 = 20 \text{ C}^\circ$ ). ჰაერის მშრალადიაბატიანი აღმასვლისას მთის წვერში ის გაცივდება და  $t_H = 10 \text{ C}^\circ$ , ხოლო მშრალადიაბატიანი დადმასვლისას ის ისევ გახდება  $t_2 = 20 \text{ C}^\circ$ , ე. ი. გვაქვს იგივე ტემპერატურა, რაც გვქონდა მთის გადაღმა., ნახ. 6.

ამ სახის ტრადიციულ ფიონს ვუწოდოთ მშრალადიაბატური.

ბ) **ნოტიოადიაბატური ფიონი.** ნოტიო ჰაერის აღმასვლისას პროცესი გარკვეულწილად სხვანაირად ვითარდება: თუ ამ დროს ჰაერმა მიაღწია კონდენსაციის დონეს, ადგილი აქვს წყლის ორთქლის ფაზურ გარდაქმნას (წარმოიქმნება ღრუბელი), რომლის დროსაც გამოიყოფა კონდენსაციის ფარული სითბო და ამის გამო ჰაერი გაცივების პარალელურად თბება. ამიტომ ჰაერი ყოველ 100 მ-ზე ცივდება არა 1 გრადუსით, არამედ 0.6 გრადუსით, ე. ი. საქმე გვაქვს ჰაერის ნოტიოადიაბატურ გაცივებასთან. ხაზი გავუსვათ იმ ფაქტს, რომ პროცესს ვიხილავთ ნალექების წარმოშობის გარეშე.

ბუნებრივია, ჰაერი მთის გადაღმა დაეშვება ნოტიოადიაბატურ რეჟიმში:  $\gamma_a = 0.006 \text{ grad/m}$ .

ე. ი. მთის წინ, ასვლისას  $t_1 = 20 \text{ C}^\circ$ , მთის თავზე ტემპერატურა უფრო მაღალია ( $t_H = 14 \text{ C}^\circ$ ), ვიდრე მშრალადიაბატური აღმასვლისას, ხოლო მთის ძირას გადაღმა ისევ  $t_1 = t_2 = 20 \text{ C}^\circ$ .

ამრიგად, ნოტიოადიაბატური გადაღინებისას, ნახ. 7, ტემპერატურა მთის ძირას, გადაღმა და გადმოღმა ერთიდაიგივეა ისევე, როგორც მშრალადიაბატიან შემთხვევაში მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ჰაერის ტემპერატურა მთის თავზე მეორე შემთხვევაში უფრო მეტია, ვიდრე პირველში ნახ. 6.

აღვნიშნოთ, რომ ორივე განხილულ შემთხვევაში ფიონი არაა მშრალი.

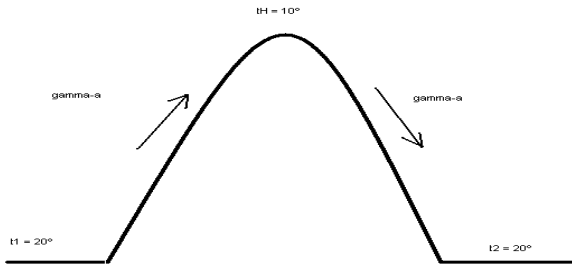
გ) **ნოტიო-მშრალადიაბატური ფიონი.** განვიხილოთ უფრო რთული სცენარი: ნოტიო ჰაერის აღმასვლა კონდენსაციის დონის მიღწევის შემდეგ ხორციელდება ნოტიო ადიაბატურ რეჟიმში ( $\gamma_b = 0.006 \text{ grad/m}$ ), რის გამოც ჩნდება ღრუბელი; მთის თავზე მოდის ნალექი წვიმის

სახით და შემდეგ უკვე მშრალი ჰაერი ეშვება მთის ძირში მშრალ ადიაბატურ რეჟიმში ( $\gamma_a = 0.01 \text{ grad/m}$ ).

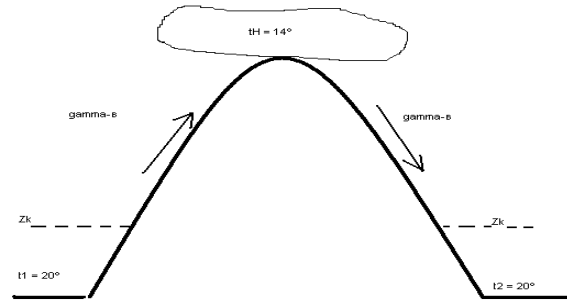
ამ შემთხვევაში მთის უკან (დაშვებისას) ადგილი აქვს ჰაერის უფრო მეტ გათბობას, ვიდრე ჰაერის გაცივებას მთის წინ (აღმასვლისას).

ფიონის ამ სახეს ვუწოდებთ ნოტიო- მშრალადიაბატურს, ნახ. 8.

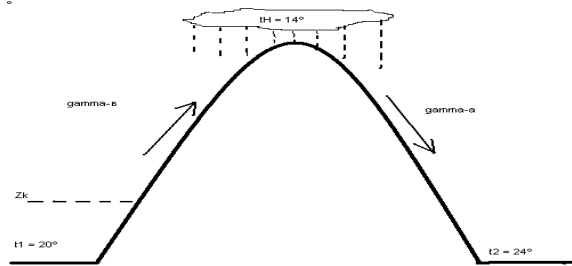
აი, სწორედ ნოტიო- მშრალადიაბატური ფიონის დროს გვაქვს ჰაერის რეალური გათბობა და “გაშრობა”.



ნახ. 6. მშრალადიაბატური ფიონი



ნახ. 7. ნოტიოდიაბატური ფიონი.



ნახ. 8. ნოტიო- მშრალადიაბატური ფიონი.

ფიონის ეს სახე იმითიცაა საინტერესო, რომ ღრუბლების შემთხვევაში კონდენსაციის ფარული სითბო გამოიყოფა ადამიანისათვის მიუღწევად რადენიმეკილომეტრიან სიმაღლეზე. ამ შემთხვევაში კი ამ სითბოს გამოყოფა ხდება მიწის ზედაპირზე, პირდაპირ “ლანგარზე”, რომლის გათვალისწინება და გამოყენება რეალურად შეგვიძლია ეკოლოგიური, აგრომეტეოროლოგიური, ტურისტული და სხვა მიზნებისათვის

რაც შეეხება ფიონების რიცხვით მოდელირებას, აღვნიშნავთ, რომ მიუხედავად იმისა, რომ 2-განზომილებიანი ამსფ-ის ჩვენეული მოდელი ბრტყელია (ჰაერის მთაზე გადადინებას ვერ გაითვალისწინებს), მაინც შეიძლება ფიონისმსგავსი პროცესების მოდელირება. ცნობილია, რომ კონვექცია არის ორგვარი: თავისუფალი და იძულებითი. კლასიკური ფიონების შემთხვევაში (ჰაერის მიერ მთის გადადინებისას აღმა-დაღმასვლა) გვაქვს იძულებითი კონვექცია. მაგრამ ჩვენი ბრტყელი მოდელის შემთხვევაშიც ადგილი აქვს ჰაერის აღმა-დაღმასვლას ოღონდ მთის გამო კი არა, არამედ ატმოსფეროს შესაბამისი სტრატეფიკაციისა და ქვეფენილის ტემპერატურის გამო (ამას პირობითად თავისუფალი კონვექცია ვუწოდოთ). ამ შემთხვევაშიც შესაძლებელია გვექონდეს სამივე ტიპი ზემოთმოყვანილი ფიონისა. უნდა ვიფიქროთ, რომ ჩვენი მოდელის შემთხვევაში ტემპერატურის ველი იქნება უფრო გლუვი, ვიდრე იძულებითი კონვექციისას – ამ შემთხვევაში აღმავალ და დაღმავალ დენებს შორის არსებობს თბოიზოლაციური ფაქტორი, მთა.

ნოტიო- მშრალადიაბატური ფიონის (ეს ყველაზე საინტერესო შემთხვევა) მოდელირებისათვის დროის იმ მომენტში ( $t$ ), რომელშიც გვაქვს ღრუბლის მაქსიმალური წყლიანობა, პროგრამულად ვსპობთ წყალს (ხელოვნურად “მოგვყავს” წვიმა), ვანულებთ  $f$  ფარდობით ტენიანობას, ე. ი. თუ  $t = t' f = 0$ .

რიცხვითი რეალიზაციის პირველი შედეგები დამაიმედებელია – დაიმზირება შედარებით თბილი დაღმავალი ჰაერი.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов – Л.: Гидрометеиздат, 1969, -295 с.
2. გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ატმოსფეროს მეზოპროცესებში სითბური ტალღის გავრცელების შესახებ. ჰიდრომეტეორსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.
3. გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ზოგიერთი ანომალური მეზოპროცესის მოდელირება. ჰიდრომეტეორსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

**ღრუბლების ანსამბლისა და ფიონების რიცხვითი მოდელირება.** /გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ. ა. ბეგალიშვილი ნ. ნ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.50-55.-ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.

ჩვენს მიერ დამუშავებული არასტაციონარული ატმოსფეროს მეზომასშტაბური სასახლვრო ფენის რიცხვითი მოდელის ბაზაზე სიმულირებულია ნოტიონ პროცესების (ღრუბლები, ნისლი) ანსამბლი.

სტატიაში აქცენტი კეთდება ნოტიო პროცესების ურთიერთქმედებასა და ურთიერთგარდაქმნაზე ზემოთხსენებული ანსამბლის ფარგლებში.

დეტალურადაა გამოკვლეული ფიონების გენეზისი. ისინი კლასიფიცირებულია მშრალადიაბატურ, ნოტიოდიაბატურ და ნოტიო-მშრალადიაბატურ ფიონებად. დასმულია ამოცანა ფიონების რიცხვითი მოდელირების შესახებ ატმოსფეროს ბრტყელი, ორგანზომილებიანი მეზომასშტაბური სასახლვრო ფენის ფარგლებში. ამოცანა რიცხვითი რეალიზაციის სტადიაზეა. მიღებულია პირველი დადებითი რეზულტატები.

UDK 551.551.1, 551.575-6

**Numerical simulation of clouds ansamble and Foehns.**/ Geladze G. Sh., Begakishvili N. A., Begakishvili N. N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2016. - v.123. – pp.50-55. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The ensemble of humidity processes (fogs, layered clouds) has been simulated on the basis of the numerical model of a non-stationary mesoscale boundary layer of atmosphere (MBLA) developed by us.

In this work the accent becomes on interaction and interconversion of humidity processes in the above-stated ensemble.

Genesis of Foehns is in detail investigated. They are classified on dryadiabatic, mostadiabatic and most-dryadiabatic Foehns. It is stated a problem about numerical modelling of Foehns in frame of a flat, two-dimensional mesoscale boundary layer. The problem is at a stage of numerical realisation. The first encouraging results are received.

удк 551.551.1, 551.575 -6

**Численное моделирование облачного ансамбля и фёнов.**/Геладзе Г. Ш., Бегалишвили Н. А., Бегалишвили Н. Н./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2016. – т.123. – с.50-55. - Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

На базе разработанного нами численной модели нестационарного мезомасштабного пограничного слоя атмосферы симулирован ансамбль влажностных процессов (облака, туман).

В статье акцент делается на взаимодействие и взаимопревращение влажностных процессов в рамках вышеупомянутого ансамбля.

Детально исследован генезис фёнов. Они классифицированы на сухоадиабатические, влажноадиабатические и влажно- сухоадиабатические фёны. Поставлена задача о численном моделировании фёнов в рамках плоского, двухмерного мезомасштабного пограничного слоя атмосферы. Задача находится на стадии численной рефликации. Получены первые положительные результаты.

**კოსმოსში და მზეზე მიმდინარე მოვლენების კავშირი  
ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებთან**

რ.სამუკაშვილი, ჯ.ვანნაძე, ც.დიასამიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

როგორც ცნობილია, დედამიწა წარმოადგენს მზის სისტემის ერთერთ და მასთან შედარებით ახლო მყოფ პლანეტას. როგორც ბოლო პერიოდის გამოკითხვებმა აჩვენა, დედამიწა იმყოფება მზის გვირგვინის ზედა ნაწილში. იგი ფაქტიურად მოძრაობს მზის გვირგვინიდან გამოტყორცნილი პლაზმით დაკავებულ სივრცეში [1].

ამუამად მეცნიერებაში, როგორც აქსიომა, არსებობს შეხედულება, რომ სამყარო არის ერთიანი, მთლიანი და მასში მიმდინარე ყველა მოვლენა (ბიოტური, აბიოტური) ფიზიკურად დაკავშირებულია ერთმანეთთან. დედამიწის ატმოსფეროზე, ჰიდროსფეროზე და ლითოსფეროზე მუდმივად მოქმედებენ კოსმოსური სივრციდან მძლავრი ფაქტორები (მათ შორის მიზიდულობის ძალებიც); მზიდან და კოსმოსური სივრციდან წამოსული რადიაციების ნაკადები, ეომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა სივრცის ტალღების ელექტრომაგნიტურ რხევებს. დედამიწაზე კოსმოსიდან ეცემა აგრეთვე დისოცირებული მატერიის უწვრილესი ნაწილაკები: ელექტრონები, იონები და კორპუსკულები, რომლებსაც გააჩნია დიდი ენერგია. აღსანიშნავია, რომ როგორც აქტიური და არააქტიური მზის გამოსხივება, ასევე კოსმოსური სხივები წარმოადგენენ ენერგიის იმ მთავარ წყაროს რომლებიც მოქმედებენ დედამიწაზე მიმდინარე ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებზე.

მზის აქტივობის ზემოქმედება დედამიწის გეოგრაფიულ გარსზე წარმოადგენს სწრაფად განვითარებადი მეცნიერების ერთერთი დარგის-ჰელიოგეოფიზიკის-კვლევის საგანს. ჰელიოგეოფიზიკა ორგანულად აერთიანებს დედამიწის შემსწავლელ ისეთ დარგებს, როგორცაა ჰელიოფიზიკა და გეოფიზიკა (გეოგრაფია). როგორც ცნობილია, მზის აქტივობის პერიოდში ადგილი აქვს რენტგენის, ულტრაიისფერ და რადიოტალღების (1მ-ის დიაპაზონში) გამოსხივების ინტენსივობის მკვეთრ ზრდას პასიურ მზესთან შედარებით [2,3,4]. გარდა ამისა, აქტიური მზიდან მოდიან ელექტრობით დამუხტული ნაწილაკები (კორპუსკულები), რომლების სიჩქარე აღემატება ე.წ. პარაბოლურ სიჩქარეს (617კმ/წმ). ამ სიჩქარით ნაწილაკები გადალახავენ მზის მიზიდულობას და გადიან პლანეტათშორის სივრცეში. დედამიწის ატმოსფეროში მოხვედრისას ისინი იწვევენ გეომაგნიტურ ქარიშხლებს და პოლარულ ნათებას. გარდა ამისა, მზიდან გამოტყორცნილი კორპუსკულები იწვევენ ძალიან დიდი გამჭვალავი (შემღწევი) უნარიანობის პირველადი კოსმოსური სხივების ინტენსივობის ზრდას, რომლებიც დედამიწისაკენ მოემართებიან სამყაროს სიღრმეებიდან. ცნობილია, რომ პირველადი კოსმოსური სხივები წარმოადგენენ სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების (უმთავრესად მსუბუქი ელემენტების) ატომების ბირთვების ნაკადს, რომელთაც გააჩნია ფანტასტიურად დიდი ენერგია და სინათლის სიჩქარე. პირველადი კოსმოსური სხივები ენერგიის სიდიდის მიხედვით იყოფიან სამ კატეგორიად: პირველი  $10^{13}$  ელექტრონვოლტის ენერგიის სხივები, მეორე  $10^{15}$ - $10^{16}$  ელექტრონვოლტის ენერგიის კოსმოსური სხივები, რომლებიც მოდიან გალაქტიკის ცენტრის მახლობელი სივრციდან. მესამე კატეგორიის კოსმოსური სხივები, რომელთა ენერგიის დონის ზედა ზღვარი დაუდგენელია, ეს სხივები დედამიწაზე მოდიან გალაქტიკათშორის სივრციდან [5]. მზის აქტიური რადიაცია ხასიათდება გეოაქტიურობით, შთაინთქმება რა დედამიწის გეოგრაფიულ გარსში იგი იწვევს მასში ფიზიკური მდგომარეობის ცვლილებებს. უნდა აღინიშნოს, რომ პასიურ მდგომარეობაში მყოფი მზე ასევე ასხივებს კორპუსკულებს, მაგრამ მზის აქტივობის პროცესში ადგილი აქვს კორპუსკულების საერთო ნაკადში უფრო დიდი ენერგიის (სიხისტის) მქონე კორპუსკულების კუთრი წონის ზრდას, რაც ზრდის მათ გეოაქტიურობას. მზის აქტიურობა დიდ გავლენას ახდენს დედამიწის ატმოსფეროს ზედა ფენებზე, სადაც ხდება მზის მოკლეტალღიანი ულტრაიისფერი ( $\lambda < 3000\text{\AA}$ ) და რენტგენის სხივების, აგრეთვე კორპუსკულარული გამოსხივების შთანთქმა. ამ ფენებში ულტრაიისფერი რადიაციის ზემოქმედების შედეგად ხდება მოლეკულარული ქანგბადის დისოციაცია და ოზონოსფეროს და იონოსფეროების წარმოშობა და ხორციელდება შორეული და ზემორეული რადიოკავშირები. იონოსფეროს ფიზიკური თვისებების ცოდნას აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა კოსმონავტიკაში: კოსმოსური ხომალდები, ორბიტალური ობსერვატორიები,



დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები დაფრინავენ იონოსფეროში. რადიოკავშირი კოსმოსურ აპარატებს შორის და დედამიწასთან ხორციელდება იონოსფეროს მეშვეობით.

საინტერესოა ის ფაქტი, რომ კოსმოსური სხივების ნაწილი განპირობებულია აქტიური მზის მიერ, რაც დასტურდება მზეზე ძლიერი ქრომოსფერული ამოფრქვევების შედეგად პირველადი კოსმოსური სხივების ინტენსივობის გაძლიერებით. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ მზეზე კორპუსკულარული ამოფრქვევების ინტენსივობის გაძლიერებისას აღინიშნებოდა დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების სიჩქარის შემცირება (დამუხრუჭება), რაც განპირობებული იყო კორპუსკულების ხარჯზე ჰაერის სიმკვრივის ზრდით 30-40%-ით. 220 კმ სიმაღლეზე 15-35<sup>0</sup>-ის განედებში [2].

როგორც სათანადო ლიტერატურაში არსებული მრავალრიცხოვანი ფაქტი აჩვენებს [6], აქტიური მზის გამოსხივება დიდ გავლენას ახდენს არამარტო ატმოსფეროს მაღალ ფენებზე, არამედ ტროპოსფეროში და ჰიდროსფეროში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებზე. ისინი განიცდიან მზის გეოაქტიური რადიაციის ეფექტურ ზემოქმედებას, როგორც უშუალოდ (ატმოსფეროს ზედა ფენების გავლენის გარეშე), ასევე მათი მეშვეობით, ვინაიდან ატმოსფეროს ყველა ფენა ფიზიკურად დაკავშირებულია ერთმანეთთან, ამიტომ მზის აქტივობის მოქმედება რომელიმე მაღლივ ფენაზე აუცილებლად განაპირობებს სხვა დაბალ ფენებში შესაბამის ფიზიკურ ცვლილებებს.

აქტიური მზის დედამიწისაკენ მიმართული კორპუსკულების ნაკადი, რომ მოქმედებს ტროპოჰიდროსფეროში მიმდინარე ფიზიკურ მოვლენებზე ამას მაგალითად ამტკიცებს კოლოიდური ხსნარების დალექვის ინტენსივობა (სიჩქარე) რომელიც წარმოადგენს მზის აქტივობის ფუნქციას. ამ კავშირის კორელაციის კოეფიციენტი  $r=+0,9$ -ს. ბორტელსმა [2] აღმოაჩინა, რომ აქტიური მზის გამოსხივებაში არსებობს რადიაცია, რომელიც ხელს უწყობს ატმოსფეროში არსებული გადაცივებული წყლის მცირე რაოდენობების (წვეთების) გაყინვას. ბორტელსის თანახმად 5მლ რაოდენობის გადაცივებული წყლის წვეთების გაყინვა  $+6^0$  ტემპერატურამდე შედარებით სწრაფად ხდება აქტიური მზის დროს [2]. გამორიცხული არ არის, რომ მზის აქტივობა აგრეთვე ხელს უწყობს მისგან გამოტყორცნილი კორპუსკულარული ნაწილაკების მეშვეობით სეტყვის ღრუბლებში წყლის ორთქლის კონდენსაციის პროცესებსაც, რაც ალბათ მოქმედებს სეტყვის ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების შედეგებზე იმ თვალსაზრისით, რომ ღრუბლებში შეტანილი რეაგენტების ეფექტურობას აძლიერებს მზის კორპუსკულები, რომლებსაც გააჩნია კონდენსაციის დამატებითი ბირთვების გენერაციის უნარი, რაც აფერხებს სეტყვის მარცვლების ზრდის ინტენსივობას და დადებითად მოქმედებს აქტიური ზემოქმედების შედეგებზე.

დადგენილია, რომ მზის აქტივობის ზრდა იწვევს ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციის და ტურბულენტობის გაძლიერებას, ციკლონები და ანტიციკლონური სისტემების ინტენსიფიკაციას. ამასთანავე ერთად მზის აქტივობის ინტენსივობის ზრდაზე შედარებით მეტად რეაგირებენ ღრმა ციკლონები და მძლავრი ანტიციკლონები. ზოგადად კი დედამიწაზე კლიმატის და საერთო ცირკულაციის ძირითადი რითმები ემთხვევიან მზის აქტივობის რითმებს [2].

ჰიდროლოგიურ მოვლენებში ასევე ადგილი აქვს მზის აქტივობის მოქმედების გამოვლინებებს. მდინარეების, ტბების, გრუნტის წყლების და საერთოდ ოკიანეების ჰიდროლოგიური რეჟიმი როგორც ცნობილია განპირობებულია კლიმატწარმომქმნელი ფაქტორებით (მათ შორის ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციით, რომელიც თავის მხრივ დაკავშირებულია მზის აქტივობასთან. ეს მოვლენები ერთმანეთისაგან განსხვავდება გეოგრაფიული რაიონების მიხედვით. [5,6].

აღსანიშნავია, რომ გრუნტის წყლების და გაუმდინარე ტბების დონეები აგრეთვე მდინარეთა წყლის ხარჯებიც რიგ შემთხვევებში ავლენენ მზის აქტივობასთან მეტნაკლებ კავშირს, ამაზე მეტყველებს სადგურ ქვიან ტრამალებში გრუნტის წყლების დონეზე 1890-1940 წლებში ჩატარებული დაკვირვებების ინფორმაცია [7,8].

აღსანიშნავია, რომ ჩვენი პლანეტის უდიდესი გაუმდინარე ტბა-კასპიის ზღვა წარმოადგენს მზის აქტივობის ე.წ. სარკეს. მისი დონის ცვლილებები დაკავშირებულია ზამთრის პერიოდში ვოლგის წყალშემკრებ აუზში ნალექების რაოდენობის ცვლილებებზე, რაც თავის მხრივ განპირობებულია ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციის რყევებთან, რომელიც კავშირშია მზის აქტივობასთან. ვინაიდან ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციაზე დიდ გავლენას ახდენს მზის აქტივობა, ბუნებრივია მისი გავლენის არსებობაც მსოფლიო ოკიანის დონეზე [5].

## ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Назарова М.Н., Переяслова Н.К. О потоках солнечных космических лучей «Солнечно-атмосферных связи». Гидрометеиздат, Л., 1974.
2. Дружинин И.П., Хомьянова И.В. Резкие изменения солнечной активности и переломы хода геофизических процессов. В сб. «Солнечная активность и жизнь Рига, изд-во «Знание», 1967.
3. Балотинский М.С., Сленцов Б.А. О влиянии солнечной активности на многолетние изменения повторяемости форм атмосферной циркуляции. «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. 18, М., 1964.
4. Внзе В.Ю. Колебание солнечной активности и ледовитость арктических морей. «Доклады на юбилейной сессии ААНИИ, М. 1945.
5. Мустель Э.Р., Кубишкин В.В., Бонелис И.В. Корпусуля рныу потоки и космические лучи солнечного происхождения и их воздействие на тропосферу Земли. «Астрономический журнал» т.ХІІІ, вып. 2, 1966.
6. Эйгенсон М.С. и др. Солнечная активность и её земные проявления. Гидрометеиздат, М.- Л., 1948.
7. Логинов В.Ф. Некоторые особенности проявления солнечной активности в стоке реки Европы. Солнечные данные №7, М., 1967.
8. Эйгенсон М.С. Солнце, погода и климат. Гидрометеиздат, Л., 1963.

უაკ 551.590.21.

კოსმოსში და მზეზე მიმდინარე მოვლენების კავშირი ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებთან. /რ.სამუკაშვილი, ჯ.ვანაძე, ც.დიასამიძე/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომათა კრებული, 2016, ტ.123, გვ.56-58, ქართ., რტზ: ქართ., ინგ, რუს. განხილულია კავშირი კოსმოსსა და მზეზე მიმდინარე მოვლენებსა და ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებს შორის.

UDC551.590.21.

Space and sun on developments in relation to hydrometeorological processes. /R.Samukashvili, J.Vachnadze, Ts.Diasamidze/Transactions of the Institute Hydrometeorology et the Georgian Technical University. 2016, vol. 123, pp.56-58, Georg., Summ: Georg., Eng., Rus.

Discusses the connection between the space the sun and the hydrometeorological processes.

УДК 551.590.21.

Связи с гидрометеорологическими процессами и событиями в космосе и на Солнце. /Р. Самукашвили, Дж. Вачнадзе, Ц.Диасамидзе/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, 2016, с.56-58, Груз., Рез: Груз., Англ., Рус.

Обсуждена связь между метеорологическими процесами и событиями в космосе и на Солнце.

**ბიონომიკის თანამედროვე პრობლემები კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით**

**ბ. ბერიტაშვილი<sup>1</sup>, ნ. კაპანაძე<sup>1</sup>, დ. ერისთავი<sup>2</sup>**

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

2-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გაგლილი ორი საუკუნის მანძილზე წიაღისეული საწვავის მზარდი გამოყენების შედეგად ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის არამიზანმიმართული შეცვლის გზით კაცობრიობამ საიმედოობის მაღალ დონეზე (0.90-0.95) დაამტკიცა „სათბურის ეფექტის“ თეორიის მართებულობა, რამაც ამჟამად ამ ეფექტის შედეგებთან ბრძოლის, ანუ მათი განეიტრალების გზების ძიების პრობლემა დააყენა დღის წესრიგში. 2000-იანი წლების დასაწყისიდან ერთ-ერთ ასეთ გზად გეოინჟინერია მიიჩნევა.

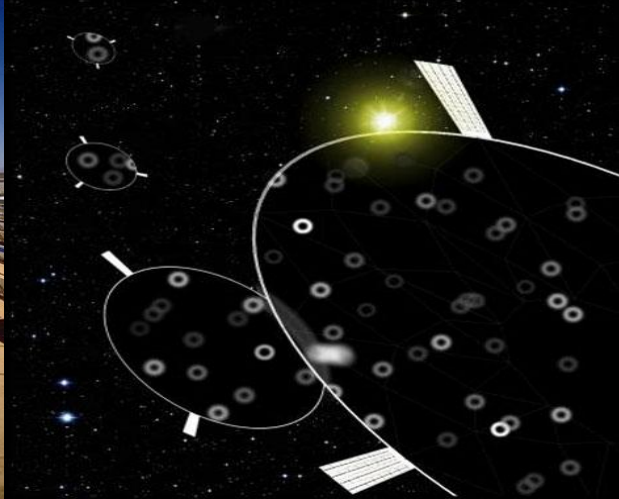
გეოინჟინერია წარმოადგენს დედამიწის ოკეანეებზე, ხმელეთსა და ატმოსფეროზე ფართომასშტაბურ საერთაშორისო ზემოქმედებას, რომელიც უფრო ხშირად გამოიყენება კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის კონტექსტში. მასში განიხილება სექემების დიდი სიმრავლე, რომელიც მოიცავს გოგირდის ნაწილაკების გაფრქვევას სტრატოსფეროში მზის რადიაციის ასარეკლად (ე.წ. „მზის რადიაციის მართვას“), რკინის ნაწილაკების ჩაყრას ოკეანეებში ნახშირორჟანგის მშანთქმელი პლანქტონის საკვებად, ღრუბლებში იოდოვანი ვერცხლის გაფრქვევას დიდ ფართობებზე წვიმის გამოსაწვევად, გენეტიკურად მოდიფიცირებული ისეთი მცენარეების გამოყვანას, რომელთა ფოთლები მზის რადიაციის გაზრდილი ამრეკლადობით ხასიათდება და სხვ. ამრიგად, გეოინჟინერია აერთიანებს ახალ და მრავალფეროვან ტექნოლოგიებს, რომლებიც აქამდე კლასიფიცირებული იყო როგორც მზის რადიაციის მართვა/მენეჯმენტი (SRM), ნახშირორჟანგის შთანთქმა და სეკვესტრირება (დაგროვება) და ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედება.

მზის რადიაციის მართვის ტექნოლოგიები მიზნად ისახავს სათბურის გაზების მიერ გამოწვეული ეფექტის განეიტრალებას მზიდან მოსული სხივური ენერჯის კოსმოსში დაბრუნების/არეკვლის გზით. ეს ტექნოლოგიები მოიცავს ატმოსფეროს ზედა ფენებში მზის რადიაციის ამრეკლავი ნაწილაკების გაფრქვევას, მზიდან მოსული რადიაციის ბლოკირებას „კოსმოსური საჩრდილობლებით“, უდაბნოების ზედაპირის დაფარვას ამრეკლავი საფარით. ამ ტექნოლოგიებიდან არცერთი არ ამცირებს სათბურის გაზების კონცენტრაციას ატმოსფეროში და ისინი გამიზნულია მხოლოდ ამ გაზებით გამოწვეული გვერდითი ეფექტების (დედამიწის ზედაპირისა და ჰაერის ტემპერატურის ზრდის) შესამცირებლად.

გეოინჟინერიაში შემავალი SRM ტექნოლოგიებიდან აღსანიშნავია:

- **ხელოვნური ვულკანი.** მზიდან მოსული რადიაციის არეკვლის გასაზრდელად სტრატოსფეროში ნაწილაკების (მაგ. გოგირდის, ტიტანის დიოქსიდის) უწყვეტი გაფრქვევა თვითმფრინავებიდან, საარტილერიო დანადგარებიდან, გიგანტურ აეროსტატებზე მიმაგრებული შლანგებიდან და ა.შ.
- **უდაბნოს დაფარვა.** უდაბნოებში დიდი ფართობების დაფარვა ამრეკლავი მასალებით (ნახ.1).
- **კოსმოსური საჩრდილობელი.** ერთ-ერთი ვარიანტი ითვალისწინებს დედამიწიდან მილიონობით კმ მანძილზე ტრილიონობით მცირე ზომის ნაწილაკების გაბნევას 100 000 კმ სიგრძის ხელოვნური „ღრუბლის“ შესაქმნელად, რომელიც აარიდებს დედამიწას მზიდან წამოსული რადიაციის დაახლოებით 10%-ს.
- **არქტიკის ყინულის ზედაპირის დაფარვა.** ამ შემთხვევაში იგულისხმება არქტიკის მყინვარების დაფარვა საიზოლაციო მასალით მზის სხივების ასარეკლად და დნობის თავიდან ასაცილებლად.
- **დედამიწის ამრეკლავი ზედაპირის გათეთრება.** გეოინჟინერიის ეს დაბალი დონის ტექნოლოგია ითვალისწინებს სახლების სახურავებისა და გზების ზედაპირების თეთრად შეღებვას მზის სხივების არეკვლის გასაზრდელად.
- **კლიმატთან თავსებადი კულტურების გამოყვანა.** ამ შემთხვევაში საუბარია მზის რადიაციის გაზრდილი ამრეკლადობის მქონე გენმოდეფიცირებული მცენარეების გამოყვანაზე, აგრეთვე გვალვის, სიცხისა და დამლაშებული ნიადაგების მიმართ გამძლე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოყვანასა და გავრცელებაზე.

- კოსმოსური სარკეები. დელამიწასა და მზეს შორის ალუმინის ამრეკლავი ბადის მოწყობა (ნახ.2).
- მიწათსარგებლობის ფართომასშტაბური ცვლილება/წვიმის წყლის შეგროვება. აქ იგულისხმება წყლის რესურსების ფართომასშტაბური საინჟინრო მართვა – გადანაწილება დრუბელთა ველების შესაქმნელად მზის რადიაციის დიდი ფართობებიდან არეკვლის მიზნით.



**ნახ. 1. უდაბნოს დაფარვა ამრეკლავი მასალებით**

**ნახ. 4. კოსმოსური სარკეები დელამიწის ორბიტაზე**

ნახშირორჟანგის შთანთქმისა და დაგროვებისათვის შემოთავაზებულია შემდეგი ტექნოლოგიები:

- ოკეანის ნაყოფიერების გაზრდა რკინისა ან აზოტის გამოყენებით. ეს ტექნოლოგია ითვალისწინებს ოკეანეში საკვები ნივთიერებების დამატებას ფიტოპლანქტონის ზრდის დასაჩქარებლად ზღვების ზედაპირიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმის გაძლიერების მიზნით,
- ბიოწვა(Biochar) – ბიომასის წვა პირობების პირობებში (ყანგბადის უკმარისობის გარემოში ნახშირბადის გამოყოფის გარეშე) და კონცენტრირებული ნახშირბადის ჩამარხვა მიწაში.
- ნახშირორჟანგის შთანთქმა ატმოსფეროდან, მისი მინერალიზაცია და სეკვესტრირება. ეს ტექნოლოგია ითვალისწინებს CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფას ჰაერიდან ნატრიუმის თხევადი ჰიდროქსიდის გამოყენებით, რომელიც გარდაიქმნება ნატრიუმის კარბონატად და შემდგომ მიიღება მყარი ნახშირორჟანგის სახით, რომელიც ჩამარხდება მიწაში.
- ოკეანის აღმავალი და დაღმავალი ნაკადების შეცვლა. ამ შემთხვევაში მიღების დახმარებით უნდა მოხდეს ზღვის სიღრმიდან საკვები ნივთიერებებით მდიდარი ცივი წყლის მასების ამოქაჩვა ზედაპირზე, რაც ხელს შეუწყობს მის გაგრილებას და ოკეანის მიერ CO<sub>2</sub>-ის სეკვესტრირებას
- ოკეანის ტუტეანობის გაზრდა გულისხმობს ნახშირმჟავას მარილების (კარბონატების) დამატებას ოკეანის წყლებში ნახშირბადის შთანთქმის გასაზრდელად.
- მცენარეთა ნარჩენების ოკეანეში პერმანენტული სეკვესტრირება, რაც გულისხმობს ნახშირბადის დაგროვებას ზღვის წყალში ხეების ტოტებისა და სხვა ბიომასის ჩამარხვის გზით.
- გენეტიკურად მოდიფიცირებული წყალმცენარეებისა და ზღვის მიკრობების გამოყვანა ნახშირორჟანგის გაზრდილი შთანთქმის უზრუნველსაყოფად ოკეანეების ან შემოფარგლული წყალსატევების ზედაპირიდან ან, უკიდურეს შემთხვევაში, შენობათა სახურავებიდან და კედლებიდან.

ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედების დარგში გეოინჟინერიის ტექნოლოგიებიდან განიხილება ორი მიმართულება:

- **ღრუბლებზე ზემოქმედება ნალექთა ხელოვნური რეგულირების მიზნით.** ეს ტექნოლოგია გულისხმობს ქიმიურ ნივთიერებათა (ჩვეულებრივ ვერცხლის იოდიდის) ფართომასშტაბურ გაფრქვევას ღრუბლებიდან წვიმის ან თოვლის სტიმულირებისა და გაძლიერებისათვის. ეს სამუშაოები ახლაც ფართოდ წარმოებს აშშ და ჩინეთში მიუხედავად მათი ეფექტურობისადმი საკმაოდ სკეპტიკური დამოკიდებულებისა. სამუშაოების მთავარ მიზანს შეადგენს წყალსაცავებში წყლის რესურსების გაზრდა მათი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გასაზრდელად და წყალსაცავებთან დაკავშირებული სარწყავი სისტემების ეფექტურობის ასამაღლებლად. გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ამ ტიპის სამუშაოები საბჭოთა კავშირშიც ტარდებოდა, განსაკუთრებით უკრაინაში, და მიზნად ისახავდა ზამთრის ნალექების ხელოვნურ გაზრდას. სამხრეთ კავკასიაში 1980-იან წლებში ნხვ ექსპერიმენტები მიმდინარეობდა აღმოსავლეთ საქართველოში სიონის წყალსაცავის აუზში და სომხეთში (სევანის ტბის აუზში). 1970-1980-იან წლებში საბჭოთა კავშირის სამხრეთ რაიონებში საკმაოდ ინტენსიური სამუშაოები ტარდებოდა სექტყვასთან ბრძოლის დარგშიც, თუმცა მათი ლოკალური მასშტაბის გათვალისწინებით ამ სამუშაოთა განხილვა გეოინჟინერიის თვალსაზრისით გაუმართლებელია. აღნიშნული ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგრეთვე შებრუნებულ ამოცანაში – დიდ ტერიტორიაზე ღრუბელთა დასაშლელად რეაგენტის დოზირების გაზრდის გზით. მაგ. 1986 წელს ჩერნობილის კატასტროფის შემდეგ უკრაინის, ბელორუსიისა და რუსეთის მიმდებარე ტერიტორიებზე რამდენიმე თვის განმავლობაში წარმოებდა ღრუბელთა დაშლის ფართომასშტაბური სამუშაოები ნალექთა მოსვლის დაუშვებლობის მიზნით.
- **ზემოქმედება ტროპიკულ გრივადლებზე,** რაც მიზნად ისახავს მათი ტრაექტორიების ხელოვნურად შეცვლას ან მათი ინტენსივობის შესუსტებას. ექსპერიმენტები ამ მიმართულებით პერიოდულად ტარდება აშშ-ში, თუმცა მათი მასშტაბურობისა და ჩატარებასთან დაკავშირებული რისკების გათვალისწინებით შედეგებზე საუბარი ჯერ ნაადრევია.

გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის (UNFCCC) და კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭოს (IPCC) ფარგლებში წარმოებული სამუშაოებისაგან განსხვავებით, რომლებიც მიმართულია კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ანთროპოგენური ფაქტორების შესუსტებისაკენ ეკოსისტემების დაცვისა და აღდგენის გზით, გეოინჟინერია ცდილობს წიაღისეული საწვავის მოხმარებით გამოწვეული პრობლემების გადაჭრას ძველი გზით, რომელიც გულისხმობს ბუნების ძალოვან გაკონტროლებას ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. ასეთ მიდგომაზე დაყრდნობით შესაძლებელი იქნება მომავალშიც წიაღისეული საწვავის უზრუნველი მოხმარების გაგრძელება იმ იმედით, რომ გეოინჟინერია შეძლებს დარღვეული გლობალური სითბური ბალანსის აღდგენას (ანუ პლანეტარული თერმოსტატის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნებას) სხვადასხვა ახალ ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით. ცხადია, რომ კლიმატის ცვლილების პრობლემებისადმი ამგვარი მიდგომა ხელსაყრელ გარემოს უქმნის წიაღისეული საწვავის მომპოვებელ კორპორაციებს გააგრძელონ თავიანთი საქმიანობა გარემოსდაცვით საკითხებზე ნაკლები დანახარჯების გაწევით და, შესაბამისად, საფინანსო მოგების გაზრდით.

გეოინჟინერიის დარგში დაგეგმილი სამუშაოების გლობალური მასშტაბისა (დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის რადიაციის ხელოვნური რეგულირება, ოკეანის ქიმიური თვისებების შეცვლა) და მათ შედეგებთან დაკავშირებული შესაძლო საფრთხეების გათვალისწინებით საჭიროა წინასწარვე შემდეგი ფაქტორების მხედველობაში მიღება:

- აღნიშნული სამუშაოები არ ექვემდებარება წინასწარ გამოცდას, რის გამოც სამუშაოთა ჩატარების უარყოფითი შედეგის მიღების შემთხვევაში იქმნება გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფის საშიშროება.
- აღნიშნული სამუშაოები არღვევს დედამიწის მოსახლეობისა და ქვეყნების თანასწორუფლებიანობის პრინციპს. ეკოლოგიურად განვითარებული ქვეყნების ან მძლავრი კორპორაციების გაერთიანებას შეუძლია გლობალურ გარემოზე ისეთი ზემოქმედების მოხდენა, რომელიც სულაც არ შედის დანარჩენი ქვეყნების ინტერესებში.

- გეოსაინჟინრო პროცესების განხორციელება, თავისი მასშტაბურობის გამო, ათობით მილიარდი დოლარის დაფინანსებას მოითხოვს, რაც ხელეწიფებათ მხოლოდ ძალიან მდიდარ ქვეყნებს ან მილიარდერებს. დაუშვებელია, რომ მსოფლიოს მოსახლეობის ესოდენ მცირედი ნაწილი წყვეტდეს იმ გლობალური გარემოს ბედს, რომელიც თანაბრად ეკუთვნის პლანეტის მთელ მოსახლეობას.
- ეს პროექტები მოიცავს რისკებსა და განუზღვრელობებს, რომლებიც შეიძლება დაკავშირებული იყოს მექანიკურ და ადამიანურ შეცდომებთან, ეკოსისტემებისა და ბიომრავალფეროვნების არასწორ გაგებასთან, კლიმატის ცვალებადობის გაუთვალისწინებლობასთან ან დაფინანსების ჩავარდნებთან.
- ბევრი საინჟინრო ტექნოლოგია ფარული სახით მოიცავს სამხედრო დარგში გამოყენების შესაძლებლობას, რითაც არღვევს გაერთიანებული ერების გარემოზე ხელოვნური ზემოქმედების ხელშეკრულების (ENMOD) პირობებს, რომლებიც კრძალავს გარემოზე ზემოქმედების მტრული მიზნების გამოყენებას.
- გეოსაინჟინრო პროექტები შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც სათბურის გაზების ემისიების შემამცირებელი ღონისძიებებისა და ბიომრავალფეროვნების დაცვის ალტერნატივა. ეს საქმიანობა შეიძლება განიხილებოდეს როგორც „დროის გაწვდვის“ სტრატეგია, რომელიც ემსახურება განახლებადი ენერჯის დანერგვის ხელოვნურად დაგვიანებას.
- ზემოთ ჩამოთვლილი სამუშაოებთან ერთად არსებობს კიდევ ერთი საფრთხე, რომელიც დაკავშირებულია ინტელექტუალური საკუთრების დაცვის პრობლემასთან. როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, გეოსაინჟინერიის ადვოკატირებაში ჩართული ზოგიერთი მეცნიერი და ბიზნესმენი შეერთებულ შტატებსა და სხვა ქვეყნებში აყალიბებს კერძო იურიდიულ კომპანიებს, რომლებიც აპატენტებენ გეოსაინჟინერიის დარგში სხვადასხვა გამოგონებებს საგანზე 20 წლიანი მონოპოლიის უფლებით და ცდილობენ აქედან საფინანსო მოგების მიღებას.
- გეოსაინჟინრო პატენტების ნაწილი ეფექტურად ისაკუთრებს სხვადასხვა ქალაქებში ადგილობრივი მოსახლეობის აბორიგენულ და ტრადიციულ ტექნოლოგიებს. მაგალითად, მდ. ამაზონის მკვიდრი აბორიგენები უძველესი დროიდან იყენებდნენ ნახშირის მიწაში ჩამარხვის ტექნოლოგიას, რომელიც ამჟამად მრავალი პატენტის საფუძველად არის გამოყენებული.  
ამ და მომავალში სხვა გაუგებრობებისა და საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად საერთაშორისო თანამეგობრობამ მკაცრი კონტროლი უნდა დააწესოს გეოსაინჟინერიის დარგში წარმოებულ ყველა სამუშაოზე და მოახდინოს მათი ეფექტური მართვა. ამისთვის საჭირო იქნება შემდეგი ღონისძიებების ჩატარება:
- გეოსაინჟინრო პრობლემების განხილვა უნდა წარმოებდეს საერთაშორისო დონეზე გამჭვირვალე და ანგარიშგებადი ფორმით, სადაც ყველა ქვეყნის მთავრობას მიეცემა დემოკრატიულად მონაწილეობის მიღების საშუალება.
- გეოსაინჟინერიასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებები უნდა შეესაბამებოდეს მოქმედ საერთაშორისო კანონმდებლობას, მათ შორის კანონებს, რომლებიც იცავს მშვიდობასა და უსაფრთხოებას, ადამიანის უფლებებს, ბიომრავალფეროვნებას, ეროვნულ სუვერენიტეტს და კრძალავს მეტეოროლოგიურ პროცესებზე ხელოვნური ზემოქმედების გამოყენებას აგრესიის მიზნით.
- მიღებული გადაწყვეტილებები უნდა ითვალისწინებდეს დაგეგმილი ქმედებების ისეთ კრიზისულ შედეგებს, როგორცაა შიმშილობა, სიღარიბე, ბიომრავალფეროვნების კარგვა, ეკოსისტემების განადგურება და ოკეანის მჟავიანობის ხარისხის ზრდა.
- გეოსაინჟინერიის დარგში დაგეგმილი და მიღებული გადაწყვეტილებები უნდა ეყრდნობოდეს იმ პრინციპს, რომ არც კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული კრიზისის სერიოზულობა და არც არსებული სამეცნიერო ღონის უკმარისობა არ შეიძლება გამოყენებული იქნას აღნიშნულ დარგში ექსპერიმენტების გასამართლებლად.

აღნიშნული პრობლემა უკვე ორ ათწლეულზე მეტი ხნის განმავლობაში წარმოადგენს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის საზრუნავს. კონვენციის ოფიციალური პოზიციის თანახმად გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით თვალსაზრისით გაანალიზებულ და დასაბუთებულ ტექნოლოგიებს შეუძლია ორმხრივად მომგებიანი გადაწყვეტილებების უზრუნველყოფა, რომლებიც გლობალური ეკონომიკური ზრდისა და კლიმატის ცვლილების შერბილების (მითითაციის) თანაარსებობის საშუალებას იძლევა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ,

ტექნოლოგიებს შეუძლია ჩვენი განვითარების თანამედროვე გეზის უზრუნველყოფა, რომელიც გამოიხატება მოხმარებისა და წარმოების ზრდაში, ამ პროცესის უარყოფითი შედეგების გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ გარემოსდაცვითი კრიტერიუმები ჯერ სრულად არ არის ჩამოყალიბებული, კერძო სექტორის როლი მათ ფორმირებაში უდავოდ მიიჩნევა. იმ დიდი პოტენციალს გათვალისწინებით, რომელიც კერძო ბიზნესს გააჩნია კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების განვითარებაში, შექმნის დაგვარად მეტი ყურადღება უნდა მიექცეს ამ პოტენციალის მეცნიერულად დასაბუთებული გზით გამოყენებას. ეს საშუალებას მისცემს კაცობრიობას განავითაროს გარემოსდაცვითი ტექნოლოგიები ფართო საზოგადოების ინტერესების გათვალისწინებით და არ დაუშვას ვიწრო კორპორაციული მიზნების მისაღწევად გამიზნული დაუსაბუთებელი ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებმაც, შესაძლოა, გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფა გამოიწვიოს.

### ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. Mooney P., Wetter K.Y. and Bronson D. Darken the sky and whiten the earth \_ the dangers of Geoen지니어ing. Development Dialogue, n 61, 2012, pp.210-237. www. dhf, uu.se
2. Google - 7 идей геоинженерии, или как изменить ситуацию на Земле к лучшему –Удаление из воздуха CO<sub>2</sub>.
3. <http://insiderblogs.info/chemtrails-kak-eto-rabotaet/>

უაკ 551.521;631.67;662.997

**გეოინჟინერიის თანამედროვე პრობლემები კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით.**

/ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, დ. ერისთავი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრო-მეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.59-63.-ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია გეოინჟინერიის ახალი და მრავალფეროვანი ტექნოლოგიები, რომლებიც აქამდე კლასიფიცირებული იყო როგორც მზის რადიაციის მართვა/მენეჯმენტი (SRM), ნახშირორჟანგის შთანთქმა და სეკვესტრირება და ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედება. გაანალიზებულია გეოინჟინერიის დარგში დაგეგმილი სამუშაოების შედეგებთან დაკავშირებული შესაძლო საფრთხეები და დასახულია მათი თავიდან აცილების საშუალებები.

UDC 551.521;631.67;662.997

**Modern problems of geoen지니어ing related with climate change** ./Beritashvili B., Kapanadze N., Eristavi D./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2016. - v.123. – pp.59-63. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

New and diverse geoen지니어ing technologies are discussed, classified as solar radiation management (SRM), CO<sub>2</sub> removal and weather modification. Possible hazards related with the results of planned geoen지니어ing activities are analyzed along with the means of their prevention.

УДК 551.521;631.67;662.997

**Современные проблемы геоинженерии, связанные с изменением климата.** /БериташвилиБ. Ш., КапанадзеН. И., ЭриставиД. В./Сб. ТрудовИнститутаГидрометеорологииГрузинскогоТехнического Университета. –2016. – т.123. – с.59-63. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрены новые разнообразные технологии геоинженерии, классифицируемые как контроль солнечной радиации (SRM), поглощение CO<sub>2</sub>и активные воздействия на погодные явления. Проанализированы возможные опасности связанные с результатами планируемых работ в области геоинженерии и определены пути их устранения.

**აჭარის მთიანი რაიონების ზვავსაშიშროება**

მ.სალუქვაძე, ს. გორგიჯანიძე, ნ. კობახიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

მრავალწლიანი საველე სამუშაოების დროს მოპოვებულმა მასალებმა და საარქივო მონაცემებმა (1924-2014 წწ.), ასევე 2012-2016 წწ. უხვთოვლიანმა ზამთარმა, აჭარის მთიან რაიონებში სხვადასხვა წლებში ადამიანთა მსხვერპლმა და ნგრევამ ცხადყო, რომ მოსახლეობა არ არის დაზღვეული ზვავების ჩამოსვლით გამოწვეული კატასტროფული შედეგისაგან.

ზოგადად, საქართველოს ტერიტორიის მთიან რაიონებში ჩატარებული კვლევებით დადგენილია, რომ მსხვერპლისა და ზარალის 90% მოდის საშუალო და სუსტი ზვავსაშიშროების რაიონებზე. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ ძლიერი ზვავსაშიშროების რაიონების მოსახლეობისათვის კარგად არის ცნობილი ზვავების ჩამოსვლის ადგილი და თავს არიდებენ ასეთი ტერიტორიების ათვისებას. სუსტი და საშუალო ზვავსაშიშროების რაიონებში კი მოსახლეობას საფრთხეს სპორადული ზვავები უქმნის, ანუ ისეთი ზვავები, რომელთა წარმოქმნა რამდენიმე წელიწადში ან რამდენიმე ათეულ წელიწადში ერთხელ ხდება ან ისეთი ზვავები, რომლებიც განსაკუთრებით უხვთოვლიან ზამთრებში სცილდებიან თავისი ყოველწლიური გაერცელების საზღვრებს [ 1 ].

აჭარის მთიან რაიონებში დიდია მოსახლეობის სიმჭიდროვე. ასევე დიდია ბუნებრივი მატებაც. 15<sup>0</sup>-ზე ნაკლები დახრილობის ფერდობების მქონე ათვისებული ტერიტორიიდან მიღებული სოფლის მეურნეობის პროდუქტები სრულად ვერ აკმაყოფილებს მოსახლეობის საარსებო მოთხოვნილებას და ამიტომ ახალი, ძირითადად, ტყით დაფარული ტერიტორიების ათვისება ხდება. აჭარის მაღალმთიან ნაწილში 15<sup>0</sup>-ზე მეტი დახრილობის ფერდობები ტერიტორიის 83%-ს შეადგენს და ტყის გაჩენვა თუნდაც რამდენიმე მ<sup>2</sup>-ზე იწვევს ახალი კერების გაჩენას და უკვე საფრთხეს წარმოადგენს არა არსებული, არამედ ახლად წარმოქმნილი ზვავშემკრებებიც.

**ცხრილი 1. აჭარის ტერიტორიის ჰიფსომეტრია, ტყიანი ტერიტორია და ფერდობების დახრილობა**

სიმაღლითი ზონები,მ	%	სიმაღლითი ზონები,მ	ტყიანი ტერიტორია,%	ფერდობების დახრილობა, გრად.	%
<200	11	<200	11	<15	17
201-500	13	201-1000	31	15-25	48
501-1000	18	1001-2000	40	26-35	33
1001-1500	22	>2000	18	>35	2
1501-2000	18				
2001-2500	14				
>2500	4				

აჭარის ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი, მთელი ფართობის 48% უკავია ფერდობებს, რომელთა ზედაპირის დახრილობა 15-25<sup>0</sup>-ია და მათ დიდი ფართობი უკავია მდინარეების აჭარისწყლის, ჩაქვისწყლისა და კინტრიშის აუზების დაბალ და საშუალომთიან ზონებში, ასევე მდ. ქვაბლიანის აუზის საშუალო და მაღალმთიან ზონებში. ტერიტორიას, რომლის ზედაპირის დახრილობა შეადგენს 25-35<sup>0</sup>-ს უკავია 33% და თანაბრად არის განაწილებული ყველა სიმაღლით ზონაში. ტერიტორიის 11% - 200 მ-ზე დაბლა, 72% - 500მ-დან 2500 მ-მდე და მხოლოდ 4% მდებარეობს 2500 მ-ზე მაღლა. ტყით მაღალმთიანი ნაწილის 42%-ია დაფარული, ხოლო 2200-2400 მ-ის სიმაღლეზე წარმოდგენილია სუბალპური მენხერი ტყე, უფრო მაღლა - ალპური მდელოები, სხვადასხვა ჯიშის ბალახებით (ცხრ. 1). ჩვენს მიერ შედგენილია ჰიფსომეტრიის, რელიეფის დახრილობის და ტყის საფარის განაწილების რუკები.

წლის ცივ პერიოდში (XI-III) მაღალმთიან რაიონებში, ძირითადად, მყარი ნალექები მოდის. 1000 მ-ის სიმაღლემდე მათი წილი ნალექების წლიური რაოდენობის 2-18%-ია, 1000-2000 მ-ის სიმაღლეზე იზრდება 18-20-დან 50%-მდე, ხოლო 2000 მ-ის ზემოთ 50-80%-ია (ცხრ. 2).



**ცხრილი 2. მყარი ნალექების მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური მნიშვნელობები აჭარის ტერიტორიაზე**

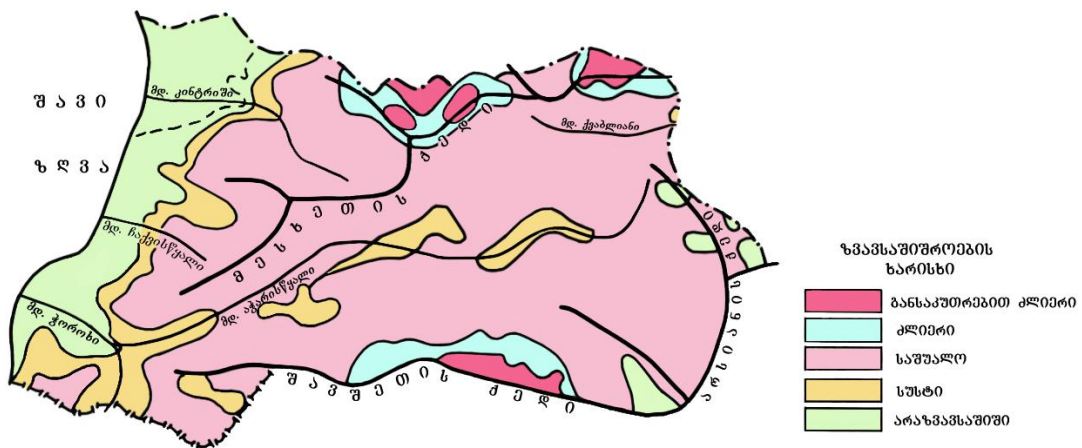
მეტეოროლოგიური სადგური	სიმაღლე, მ	მყარი ნალექების რაოდენობა		
		მაქსიმალური	საშუალო	მინიმალური
მწვანე კონცხი	94	392	116	13
ქედა	256	432	185	62
ხულო	923	590	231	62
ცისკარა	1210	1426	877	618
გოდერძის გადასასვლელი	2025	1189	653	365

თოვლის საფარის სიმაღლე დიდი ცვალებადობით ხასიათდება როგორც დროში, ისე სივრცეში (ცხრ.3). უხვთოვლიან ზამთარში თოვლის სიმაღლე მესხეთის ქედის მიმდებარე ფერდობებზე 500 სმ-ს აღემატება და მხოლოდ აჭარის უკიდურეს ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილშია 100 სმ-ზე ნაკლები. მცირეთოვლიან ზამთარშიც კი მესხეთის, არსიანის, შავშეთის ქედების საშუალო და მაღალმთიან ფერდობებზე თოვლის სიმაღლე 100-120 სმ-ს აღემატება.

**ცხრილი 3. თოვლის საფარის მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური მნიშვნელობები აჭარის ტერიტორიაზე**

თოვლის საფარი სიმაღლე და გავრცელების არე (% მთლიან ტერიტორიაზე)					
მაქსიმალური	%	საშუალო	%	მინიმალური	%
<100	3	<75	12	<30	24
101-200	14	76-150	35	31-60	21
201-300	25	151-225	24	61-90	14
301-400	35	226-300	16	91-120	13
401-500	7	>300	13	>120	28
>500	16				

აჭარის ტერიტორიის დარაიონება ზვავსაშიშროების ხარისხის მიხედვით ზვავსაშიშროების ისეთი რაოდენობრივი მახასიათებლების ცვალებადობის თავისებურებების დადგენის საფუძველზეა შესაძლებელი, როგორცაა ტერიტორიის ზეგვაქტიურობა (ზეგვსაშიში ტერიტორია, პროცენტებში), ზეგვაქტიურობის გავრცელების სიხშირე (ზეგვაქტიურობის რაოდენობა 1 კმ<sup>2</sup>-ზე), ზეგვაქტიურობის ჩამოსვლის სიხშირე (ჩამოსული ზეგვაქტიურობის რაოდენობა) და ზეგვსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობა (ზეგვსაშიში დღეთა რაოდენობა). ყველა ამ რაოდენობრივი მახასიათებლებისათვის შედგენილია რუკები, რომლებიც საფუძველად დაედო აჭარის ტერიტორიის ზვავსაშიშროების ხარისხის მიხედვით დარაიონების რუკას (ნახ.1, ცხრ.4). ამასთან ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლები განვიხილეთ, როგორც ძირითადი და თანაბარი მნიშვნელობის მქონე [2].



**ნახ.1. აჭარის ტერიტორიის ზვავსაშიში რაიონების რუკა**

აჭარის ტერიტორიაზე გამოიყო ოთხი: განსაკუთრებით ძლიერი, ძლიერი, საშუალო და სუსტი ზვავსაშიშროების რაიონები

**ცხრილი 4. აჭარის ტერიტორიის ზვავსაშიშროების რაიონები**

№	ზვავსაშიშროების მახასიათებლები	სუსტი	საშუალო	ძლიერი	განსაკუთრებით ძლიერი
1	ზვავაქტიურობა,%	<20	>20	>40	>60
2	ზვავშემკრებების გაერცვლების სიხშირე, 1კმ <sup>2</sup>	<5	>5	>10	>15
3	ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე, შემთხვევა	<5	>5	>10	>15
4	ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა, დღე	<50	>50	>100	>150

აჭარის 87 დასახლებულ პუნქტს 161 ზვავშემკრებიდან ჩამოსული ზვავი ემუქრება, მათ შორის ქობულეთის რაიონის 4 სოფელს - 17 ზვავი; ხელვაჩაურის რაიონში 3 სოფელს - 7 ზვავი; ქედის რაიონის 14 სოფელს - 27 ზვავი; შუახევის რაიონის 21 სოფელში 44 ზვავის ჩამოსვლაა მოსალოდნელი, ხოლო ხულოს რაიონის 45 სოფელში 66 ზვავის კერაა. ეს ზვავშემკრებები მდინარეების: კინტრიშის, ჩაქვისწყლის, მაჭახელისწყლის, სკურდიდის, აჭარისწყლის, კალასკურის, ახახუნდერეს, აკავერთას, ლონდარის, ჭვანისწყლის, ნაღვარევისწყლის, ვანისწყლის, ჩირუხისწყლის, ტბეთის, დიაკონიძის, ღორჯომის, ნაფლატისწყლის, სხალთას და კალოტას აუზებში მდებარეობს. ამ ზვავების ჩამოსვლა უხვთოვლიან ზამთარშია მოსალოდნელი. აჭარის მთიან რაიონში, წლების განმავლობაში, ზვავების შედეგად 50 ადამიანი დაიღუპა, დაინგრა 146 საცხოვრებელი და 65 დამხმარე ნაგებობა, დაზიანდა ასეულობით საცხოვრებელი სახლი, განადგურდა მსხვილფეხა და წვრილფეხა საქონელი, ათეულობით ჰა ტყე და ციტრუსი. მრავალმა ოჯახმა ეკომიგრანტის სტატუსი მიიღო და იძულებული შეიქმნა დაეტოვებინა სახლ-კარი.

**ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА**

1. ლ. ქალღანი, მ. სალუქვაძე. თოვლის ზვავები საქართველოში, თბილისი, 2015, 169 გვ.
2. ლ.ქალღანი, მ.სალუქვაძე, ნ.კობახიძე. თოვლის ზვავები. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. საქართველოს ჰავა, აჭარა, ტ. 110, 2003. გვ.126-135.

უაკ.551.578.46

**აჭარის მთიანი რაიონების ზვავსაშიშროება.** /მ.სალუქვაძე, ს. გორგიჯანიძე, ნ. კობახიძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2016, ტ. 123, გვ.64-66. ქართ. რუხ. ქართ., ინგლ., რუს. შედგენილია აჭარის ტერიტორიის ზვავსაშიშროების რუკა, გამოვლენილია სუსტი, საშუალო, ძლიერი და განსაკუთრებით ძლიერი ზვავსაშიშროების რაიონები. უხვთოვლიან ზამთარში აჭარის მთიანი რაიონის 87 დასახლებულ პუნქტს 161 ზვავი ემუქრება.

UDK. 551.578.46

**AVALANCHE HAZARD ON THE ADJARA MOUNTAINOUS DISTRICTS** /M. Saluqvadze, S. Gorgidjanidze, N. Kobakhidze/ Transactions of the of Hydrometeorology of Georgian Technical University. 2016, vol123., pp.64-66, Geo., Summary, Geo., Eng., Rus. Avalanche hazard Map of Adjara terrain has been drawn. Low, medium, high and very high, risk avalanche hazard districts were determined. Findings show that 87 settlements are under 161 snow avalanche threat.

УДК.551.578.46

**ЛАВИНООПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАЙОНОВ АДЖАРИИ.**/М. Салуквадзе, С.Горгиджанидзе, Н. Кобахидзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2016, Т.123,с.64-66, Груз. Рез. Груз., Англ., Рус. Составлена карта лавиноопасности территории Аджарии, выявлено слабый, средний, сильный и особенно сильный лавиноопасные районы. В многоснежную зиму 87 населенным пунктам горного района Аджарии угрожает 161 лавин.

**კლიმატის გლობალური დათბობის ბავშვანა მდინარე ვერძს თვის საშაულო და სეზონური წყლის ხარჯების ცვალებადობაზე**

გურამ გრიგოლია<sup>1</sup>, დავით კერესელიძე<sup>2</sup>, მერაბ ალავერდაშვილი<sup>2</sup>,  
ვაჟა ტრაპაიძე<sup>2</sup>, გიორგი ბრეგვაძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
<sup>2</sup>ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

ელ-ფოსტა: vazha.trapaidze@tsu.ge;

კლიმატის გლობალურმა ცვლილებამ კიდევ უფრო მძაფრად დაგვანახა ეკონომიკის სხვადასხვა დარგების წყლით უზრუნველყოფის პრობლემა, განსაკუთრებით კი სარწყავი წყლით. დღეისათვის მნიშვნელოვნად შეეიცვალა მდინარის შიგაწლიური მახასიათებლები. კლიმატის ცვლილების სცენარების შესაბამისად მოსალოდნელია არა იმდენად მდინარეთა წლიური ჩამონადენის სიდიდის ცვლილება, არამედ ამ ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების ცვლილება, კერძოდ, შემცირდება მცირეწყლიანი პერიოდის და გაიზრდება უხეწყლიანი პერიოდის ჩამონადენი, ცხადია აღნიშნული პროგნოზის განვრცობა საქართველოს ტერიტორიის კლიმატური, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და გეოლოგიური მრავალფეროვნებიდან გამომდინარე მთელს მის ტერიტორიაზე შეუძლებელია.

ბუნებრივია მდინარეთა ჩამონადენის დარეგულირების საკითხი მომავალში უფრო მწვავედ დადგება. აქედან გამომდინარე აუცილებელია დადგენილ იქნას მდინარეთა საშუალო თვიური და სეზონური ხარჯებისა და წლიურიდან მათი პროცენტული წილების ცვალებადობის ტენდენციები

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მონაცემებით გასული საუკუნის ბოლო ათწლეული (1990-2000 წწ) იყო ყველაზე თბილი, რაც ნიშნავს რომ კლიმატის ცვლილება გამოიხატება დადებით ტენდენციაში ანუ დათბობაში.

ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება შეიძლება განხილულ იქნეს გასაშუალოების სხვადასხვა ინტერვალის არჩევით (საშუალო სეზონური, საშუალო თვიური, საშუალო დღეულამური) შიგაწლიურ დეტალიზაციას განსაზღვრავს მდინარის ჩამონადენის ხელოვნური დარეგულირების სიღრმე, ცნობილია რომ ღრმა მრავალწლიური რეგულირების დროს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ჩამონადენის რყევას ცალკეულ წლებში და წელთა თანამიმდევრულ რიგში, უფრო არაღრმა რეგულირების შემთხვევაში (სეზონური), ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება შიგაწლიურ განაწილების რყევას სეზონებში, თვეებში ან უფრო მცირე ინტერვალებში. ჩამონადენის დაურეგულირების შემთხვევაში, საჭიროა ყურადღება გავამახვილოთ დაბალი წყალმცირობის დღეულამურ ხარჯებზე და მინიმალური ჩამონადენის დგომის ხანგრძლივობაზე.

შიგაწლიური განაწილების გაანგარიშებათა საფუძველზე დგინდება წყალსამეურნეო პარამეტრები (წყლის გარანტირებული ხარჯი, ენერჯის გამომუშავება, წყალსაცავის მარეგულირებელი მოცულობა და სხვა). აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვანია თვეების მიხედვით ჩამონადენის წილის განსაზღვრა და რაოდენობრივი ცვლილებების დინამიკის გამოვლენა, რაც გულისხმობს ტრენდის შეფასებას, ტრენდის გამოვლენის თვალსაზრისით ხერხს წრფივი რეგრესია წარმოადგენს, ხოლო, ტრენდის ნიშნადობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით ( $x$ ) სიდიდეს და მის რიოგით ნომერს ( $i$ ) შორის კორელაციის კოეფიციენტის ( $r_{xi}$ ) სიდიდით.

საკითხის სრულფასოვნად შესწავლისათვის მნიშვნელოვანია მონაცემების სისრულე და საიმედოობა. გრძელპერიოდის დაკვირვების მონაცემები (ბოლო წლების ჩათვლით) მდინარეთა უმრავლესობაზე შედარებით ნაკლებად გავაჩნია, ერთ-ერთი მდინარე სადაც მონაცემების საიმედო, გრძელპერიოდის რიგია არის მდ. ვერე (თსუ ლაბორატორია). შეიძლება ითქვას რომ ისინი რეპრეზენტატიულია და სრულად ასახავს იმ ტენდენციებს, რაც დამახასიათებელია მსგავსი ტიპის მქონე მდინარეებისათვის.

შიგაწლიური განაწილების შესწავლის დროს ცალკეული თვეებისათვის მნიშვნელოვანია გამოსახოს თითოეული თვის წილის პროცენტები წლიურიდან, რომელიც თვიურ ხარჯებთან ერთად უფრო საიმედო შედეგებს გვაძლევს. ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება გამოითვლება წყალსამეურნეო წლების მიხედვით, რომელიც იწყება წყალუხვი სეზონიდან ძირითადად აპრილიდან. ჩვენს მიერ გამოვთვალა მდინარე ვერეს (თსუ ლაბორატორია)

თვის საშუალო და სეზონური ხარჯები  $Q$ , მოდულური კოეფიციენტები  $K$ , წილი პროცენტებში  $P\%_Q$ , ხარჯების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_Q$  და წილების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_{P\%}$  1963 - 2014, 1963 - 1989 და 1990 - 2014 წ.წ. პერიოდისათვის შედეგები მოცემულია ცხრ №1,2,3

ცხრ. №1. მდ. ვერეს (თსუ ლაბორატორია) თვის საშუალო ხარჯები  $Q$ , მოდულური კოეფიციენტები  $K$ , წილი პროცენტებში  $P\%_Q$ , ხარჯების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_Q$  და წილების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_{P\%}$  (1) 1963 - 2014, (2) 1963 - 1989 და (3) 1990 - 2014 წ.წ. პერიოდისათვის

		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	წლის
$Q$	1	1.44	2.20	2.29	1.31	0.64	0.60	0.47	0.54	0.65	0.53	0.48	0.63	0.98
	2	1.42	2.00	2.01	1.14	0.57	0.70	0.52	0.51	0.58	0.51	0.48	0.64	0.92
	3	1.46	2.45	2.65	1.53	0.72	0.48	0.41	0.57	0.74	0.56	0.47	0.63	1.06
$K$	1	1.47	2.24	2.34	1.34	0.65	0.61	0.48	0.55	0.66	0.54	0.48	0.65	-
	2	1.54	2.18	2.19	1.24	0.62	0.76	0.56	0.56	0.63	0.56	0.52	0.69	-
	3	1.38	2.31	2.50	1.44	0.68	0.45	0.39	0.54	0.70	0.52	0.45	0.59	-
$P\%_Q$	1	12.12	18.04	18.69	10.95	5.49	4.93	4.26	4.81	5.70	4.89	4.39	5.72	-
	2	12.36	17.27	17.31	10.49	5.35	5.78	4.94	4.93	5.63	5.04	4.74	6.16	-
	3	11.83	19.03	20.46	11.53	5.67	3.84	3.38	4.65	5.80	4.70	3.95	5.17	-
$r_Q$	1	0.08	0.18	0.22	0.27	0.23	-0.22	-0.15	0.13	0.19	0.11	0.02	0.06	0.25
	2	0.22	0.14	0.05	0.14	0.02	-0.29	-0.07	0.08	0.06	0.14	0.05	0.09	0.12
	3	-0.04	0.06	0.20	0.27	0.29	0.10	0.11	0.23	0.13	-0.01	0.12	0.21	0.24
$r_{P\%}$	1	-0.04	0.06	0.15	0.13	0.10	-0.29	-0.28	-0.03	0.03	-0.05	-0.11	-0.05	-
	2	0.10	0.01	-0.02	0.06	0.04	-0.28	-0.13	0.02	0.03	0.09	0.02	0.09	-
	3	-0.22	-0.12	0.12	0.23	0.25	-0.03	-0.06	0.02	0.00	-0.25	-0.13	0.09	-

ცხრ. №2 მდ. ვერეს (თსუ ლაბორატორია) თვიური ხარჯების ხარჯების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_Q$  და წილების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_{P\%}$  1963 - 2014, 1963 - 1989 და 1990 - 2014 წ.წ. პერიოდისათვის

	$n$	$\sigma_r$	$2\sigma_r$
1963 - 2014	48	0.15	0.30
1963 - 1989	27	0.20	0.40
1990 - 2014	21	0.22	0.44

ცხრ. №3 . მდ. ვერეს (თსუ ლაბორატორია) სეზონური ხარჯები  $Q$ , მოდულური კოეფიციენტები  $K$ , წილი პროცენტებში  $P\%_Q$ , ხარჯების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_Q$  და წილების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_{P\%}$  (1) 1963 - 2014, (2) 1963 - 1989 და (3) 1990 - 2014 წ.წ. პერიოდისათვის

		III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-I
$Q$	1	1.98	0.85	0.55	0.50
	2	1.81	0.80	0.54	0.54
	3	2.19	0.91	0.57	0.55
$K$	1	2.02	0.87	0.56	0.56
	2	1.97	0.87	0.59	0.59
	3	2.06	0.86	0.54	0.52
$P\%_Q$	1	48.8	21.4	14.8	15.0
	2	46.9	21.6	15.5	15.9
	3	51.3	21.0	13.8	13.8
$r_Q$	1	0.21	0.09	0.08	0.07
	2	0.16	-0.12	0.02	0.11
	3	0.10	0.28	0.17	0.16
$r_{P\%}$	1	0.10	-0.03	-0.10	-0.08
	2	0.03	-0.12	-0.03	0.08
	3	-0.11	0.25	0.00	-0.06

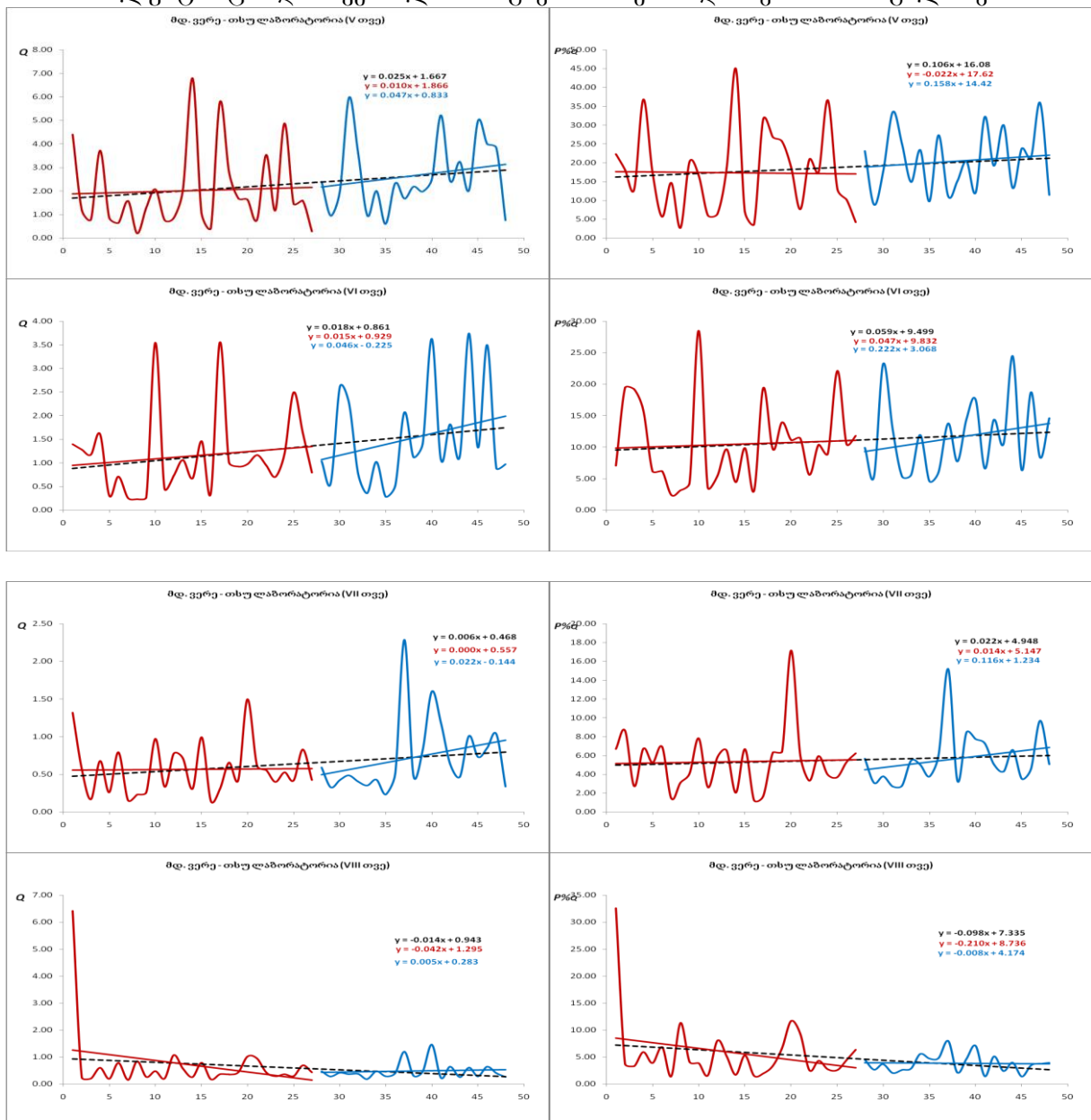
ტრენდის ნიშნადობა შეიძლება შეფასდეს შემთხვევით სიდიდესა და მის რიგით ნომერს შორის კორელაციის კოეფიციენტით  $r$ . თუ გათვლების შედეგად აღმოჩნდება რომ კორელაციის კოეფიციენტი და რანგობრივი კრიტერიუმები მეტია  $2\sigma_r$ -ზე, სადაც

$$\sigma_r = \frac{(1-r^2)}{\sqrt{n-1}} \quad \text{ან} \quad \sigma_r = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n-1}},$$

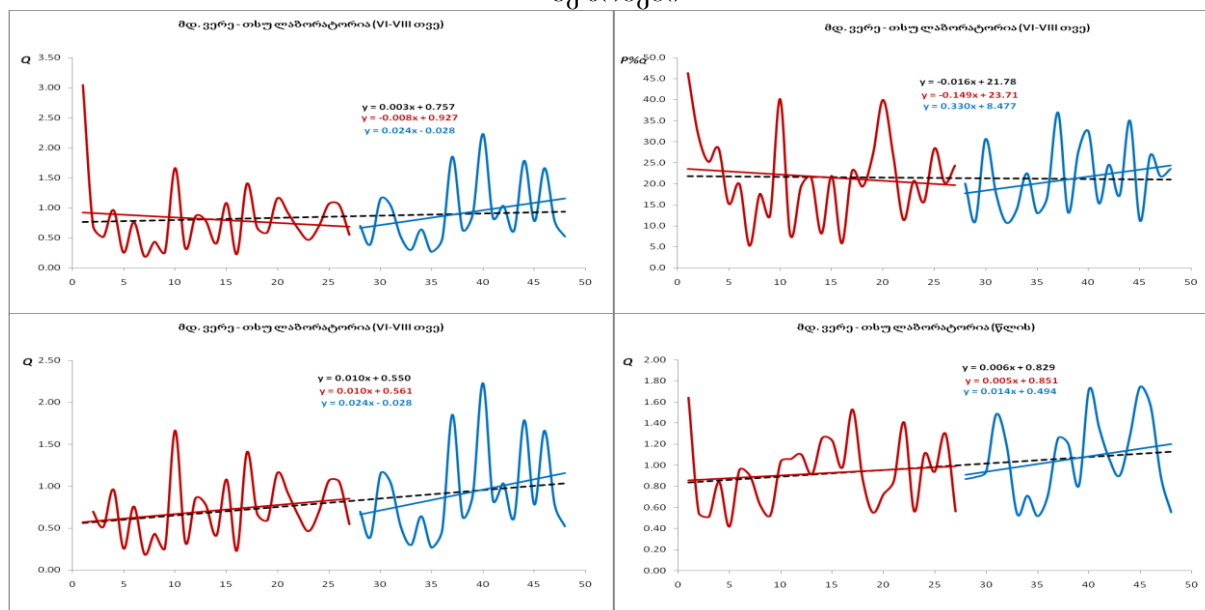
მაშინ ტრენდი ჩაითვლება სარწმუნოდ. ფაქტიურად

გათვლებმა გვიჩვენა რომ ტრენდი არცერთ სეზონში და თვეში თვეში არ ფიქსირდება, ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა ივნისის თვეში აქვს 1990-2014 წწ პერიოდისათვის, ხოლო სეზონებისათვის გაზაფხულის პერიოდში (III-V) 1963 – 2014. დანარჩენ თვეებსა და სეზონებში მცირე მნიშვნელობები აქვს, ოღონდ გარკვეულ პერიოდში (ძირითადად III-V) არის დადებითი ტენდენციები. ხოლო ზოგიერთ თვეებში (ძირითადად VIII-IX) უარყოფითია. ასევე გარკვეულ თვეებსა და სეზონებში ადგილი აქვს კორელაციების თანხვედრას. თუ შევადარებთ ცალკეული თვეების წყლის ხარჯების ცვალებადობის კორელაციის კოეფიციენტებს თითქმის ყველა თვეში (III, IV და XII) თვეების გარდა გლობალური დათბობის პერიოდების 1990-2014 წწ-ში თვიური წყლის ხარჯების ზრდის ტენდენციები უფრო მეტია ვიდრე 1963-1990 წწ-ში, ასეთივე სურათი გვაქვს სეზონურ (გარდა III-VI) და წლიური ხარჯების შემთხვევაში.

საილუსტრაციოდ მოყვანილია ზოგიერთი თვისა და სეზონის მაგალითები.



## სეზონები



### ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ., “წლის დასაწყისის გავლენა მდინარის წლიური ჩამონადენის და ნალექების ურთიერთკავშირზე და ტრენდზე” პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 115, 2008
2. G. Grigolia, D. Kereselidze, K. Bilashvili, V. Trapaidze, G. Bregvadze “ASSESSMENT OF VARIABILITY OF FLOODS AND FRESHETS FREQUENCY IN SEPARATE MONTH OF SOME GEORGIA’S RIVERS” Prosedings ICAE-2015, pp 75-78, 2015

უაქ 551

კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა მდინარე ვერეს თვის საშუალო და სეზონური წყლის ხარჯების ცვალებადობაზე./გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ალავერდაშვილი მ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.68-71.ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

თვის საშუალო და სეზონური წყლის ხარჯების ცვალებადობის დინამიკის დასადგენად ჩატარებულია მდინარე ვერეს შიგაწლიური (თვიური და სეზონური) ჩამონადენის გაანგარიშება. გამოთვლილია მდ. ვერეს თვის საშუალო და სეზონური ხარჯები  $Q$ , მოდულური კოეფიციენტები  $K$ , წილი პროცენტებში  $P\%$ , ხარჯების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_Q$  და წილების ტრენდის კორელაციის კოეფიციენტები  $r_{P\%}$

1963 - 2014, 1963 - 1989 და 1990 - 2014 წ.წ. 1966-86 წ.წ პერიოდისათვის. გათვლებმა გვიჩვენა რომ ტრენდი არცერთ სეზონში და თვეში არ ფიქსირდება, ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა ივნისის თვეში აქვს 1990-2014 წწ პერიოდისათვის, ხოლო სეზონებისათვის გაზაფხულის პერიოდში (III-V) 1963 – 2014. დანარჩენ თვეებსა და სეზონებში მცირე მნიშვნელობები აქვს, ოღონდ გარკვეულ პერიოდში (ძირითადად III-V) არის დადებითი ტენდენციები. ხოლო ზოგიერთ თვეებში (ძირითადად VIII-IX) უარყოფითია. ასევე გარკვეულ თვეებსა და სეზონებში ადგილი აქვს კორელაციების თანხვედრას.

UDC 551

**EFFECT OF GLOBAL CLIMATE WARMING ON VARIABILITY OF MONTHLY AVERAGE AND SEASONAL WATER DISCHARGE OF VERE RIVER.** / Grigolia G., Kereselidze D., Alaverdashvili M., Trapaidze V., Bregvadze G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2016. -vol.123. -pp.68-71- Georg., Summ. Georg., Eng., Russ.

Calculation of annual (monthly and seasonal) runoffs of Vere river is made for establishment of dynamics of variability of monthly average and seasonal water discharge. Monthly average and seasonal

water discharge of Vere River  $Q$ , modulus coefficients  $K$ , percentage share  $P\%_Q$ , correlation coefficients of water discharge trends  $r_Q$ , and correlation coefficients of share trends  $r_{p\%}$  for following periods: 1963-2014, 1963-1989 and 1990-2014, 1966-86 are calculated. Calculations show that trends are not fixed in none of seasons and months; the highest index in June is observed for period of 1990-2014, while regarding to seasons – in spring period (III-V) 1963-2014. In other months and seasons it has small values, but in some periods (basically in III-V) are observed positive tendencies, while in some months (basically in VIII-IX) – negative ones. Also in some months and seasons takes place coincidence of correlations.

#### УДК 551

**ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕ-МЕСЯЧНОГО И СЕЗОННОГО РАСХОДА ВОДЫ РЕКИ ВЕРЕ** /Григолия Г., Кереселидзе Д., Алавердашвили М., Трапаидзе В., Врегвадзе Г./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2016.- т.122 .-с.68-71 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

Для установления динамики изменчивости среднемесячного и сезонного расхода воды проведен расчет внутригодовых стоков (месячных и сезонных) реки Вере. Вычислены среднемесячные и сезонные расходы воды реки Вере  $Q$ , модульные коэффициенты  $K$ , доля в процентах  $P\%_Q$ , коэффициенты корреляции трендов расхода  $r_Q$ , и коэффициенты корреляции трендов долей  $r_{p\%}$  для следующих периодов: 1963-2014, 1963-1989 и (3) 1990-2014 гг.. 1966-86 гг. Расчеты показали, что тренд не фиксируется ни в одном из сезонов и месяцев, самый высокий показатель в июне наблюдается для периода 1990-2014 гг., а по отношению к сезонам – в весенний период (III-V) 1963 – 2014. В остальные месяцы и сезоны он имеет малые значения, однако в определенные периоды (в основном III-V) наблюдаются положительные тенденции, а в некоторые месяцы (в основном VIII-IX) – отрицательные. Также в определенные месяцы и сезоны имеет место совпадение корреляций.

**მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყალმცირობის ჩამონადენის შუშასება**  
 ბასილაშვილი ცისანა  
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
 თბილისი, საქართველო jarjini@mail.ru

მდინარის წყალმცირობის პერიოდის ჩამონადენი ჰიდროლოგიური რეჟიმის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ექსტრემუმს წარმოადგენს და ამ ექსტრემალური სიტუაციის წარმოქმნის მიზეზი ბუნებრივ პროცესებთან ერთად ადამიანის ზემოქმედებაცაა. წყალმცირობის პერიოდი მდინარეზე მყარდება მაშინ, როდესაც აუზის ზედაპირზე არ მოდის ან ძალიან მცირეა ატმოსფერული ნალექები და მდინარე საზრდოობს ძირითადად მიწისქვეშა გრუნტის წყლებით. მაგრამ სადღეისოდ ბუნებრივ ფაქტორებთან (გლობალური დათბობა, გვალება) ერთად, ადამიანის ზემოქმედებით (ტყის გაჩეხვა, ნიადაგის დეგრადაცია) გამოწვეულმა უკუპროცესებმა (ტემპერატურის, აორთქლებისა და ინფილტრაციის მატება) საგრძნობლად დაწია გრუნტის წყლების დონე, რამაც შეამცირა წყალმცირობის ჩამონადენი, ხოლო ზოგიერთი მდინარე საერთოდ დაშრა. ამ მოვლენების სწორი შეფასება მეტად მნიშვნელოვანია წყალსამეურნეო სისტემების დაგეგმარებისა და მართვისათვის.

ამ მხრივ საქართველოში საყურადღებოა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეები, განსაკუთრებით მდ. ალაზანი, რომელიც არის მთავარი სარწყავი არტერია კახეთის ნაყოფიერი ნიადაგების ფართო ველებზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის მისაღებად.

აღსანიშნავია, რომ ბოლო დროს გლობალური დათბობის გააქტიურების შედეგად მდ. ალაზნის აუზში ხშირია მდინარეთა დაშრობის პროცესები, განსაკუთრებით მის მარჯვენა შენაკადებზე ზაფხულის მაღალი ტემპერატურების დროს, როდესაც ალაზნის ვაკეზე იზრდება აორთქლება, ატმოსფერული ნალექებიც არ მოდის და შედეგად ეს შენაკადები ვეღარ აწვევენ შესართავამდე მდ. ალაზანს და ამის შესაბამისად მცირდება მისი წყლის ჩამონადენი.

1 ცხრილში მოცემულია მდ. ალაზნის აუზში ნალექებისა და აორთქლების რაოდენობრივი მნიშვნელობები სხვადასხვა სიმაღლით ზონებში მიღებული [1] ნაშრომის მიხედვით, საიდანაც ჩანს, რომ მდ. ალაზნის ხეობაში 500 მ სიმაღლიდან 3000 მ-მდე ნალექების რაოდენობა იზრდება 900 მმ-დან 2200 მმ-მდე, აორთქლება კი მცირდება 600 მმ-დან 400 მმ-მდე ჰაერის ტემპერატურის შემცირების შესაბამისად სიმაღლის მატებასთან ერთად. ამ ანალიზიდან ირკვევა, რომ ნალექებისა და აორთქლების უფრო მეტი რაოდენობრივი მნიშვნელობებია მდ. ალაზნის მარცხენა შენაკადებზე – ჩელთზე, რომელიც კავკასიონის ქედის 3000 მ სიმაღლეებიდან იღებს სათავეს. აქ ნალექები 1200 მმ-დან (500 მ სიმაღლეზე) იზრდება 2300 მმ-მდე (3000 მ სიმაღლეზე), აორთქლება კი 700 მმ-დან 400 მმ-მდე მცირდება.

ცხრილი 1. ატმოსფერული ნალექების (P, მმ) და აორთქლების (V, მმ) წლიური ჯამები სიმაღლითი ზონების მიხედვით მდ. ალაზნის აუზის ტერიტორიაზე [1]

მდინარის აუზი	ელემენტი	500	1000	1500	2000	2500	3000
ალაზანი	P	900	1100	1550	2000	2180	2200
ალაზანი	V	600	640	630	560	500	400
ჩელთი	P	1200	1640	1860	2060	2260	2300
ჩელთი	V	700	700	660	560	520	400
კისისხევი	P	800	950	1300			
კისისხევი	V	540	600	620			

2 ცხრილში მოცემულია მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების საზრდოობის წყაროები [1] ნაშრომის მიხედვით, რომლის თანახმად მდ. ალაზანზე სოფ. შაქრიანთან მდინარის წყლის მთლიანი მოცულობის (1988 მლნ მ<sup>3</sup>) 42,8 % ანუ 594,1 მლნ მ<sup>3</sup> მიწისქვეშა გრუნტის წყლებია, 30,5 % ანუ 423,3 მლნ მ<sup>3</sup> წვიმის წყლებია და მხოლოდ 26,7 % ანუ 370,6 მლნ მ<sup>3</sup> არის თოვლის ნაღობი წყლები.

ამავე ცხრილიდან ირკვევა, რომ საზრდოობის წყაროების თითქმის ასეთივე შეფარდებაა მდ. ალაზნის შენაკადებზეც, იმ განსხვავებით, რომ მათ საზრდოობაში უფრო მეტი წილი (50–52 %) მოდის მიწისქვეშა გრუნტის წყლებზე, ვიდრე თვით მდ. ალაზანზე.



ცხრილი 2. მდინარეთა ჩამონადენი (მლნ მ<sup>3</sup>) და საზრდოობის წყაროები (%)  
მდ. ალაზნის აუზის ტერიტორიაზე [1]

მდინარე – პუნქტი	აუზის ფართობი, კმ <sup>2</sup>	საშუალო სიმაღლე, მ	ჩამონადენი მლნ. მ <sup>3</sup>	მიწის ქვეშა	თოვლის	წვიმის
ალაზანი – შაქრიანი	2200	1250	1388	42,8	26,7	30,5
სტორი – ლეჩური	212	1840	243	48,0	28,0	24,0
დიდხევი – არტანა	86	1560	102	52,0	24,8	23,2
ჩელთი – ბოგინის	60	1990	68	50,2	20,8	29,0
ჩართლისხევი – ხიზაბავრა	38	1730	47	49,5	16,4	34,1

საყურადღებოა აგრეთვე მდ. ალაზნის აუზში არსებული წყლის ბალანსის ელემენტების მნიშვნელობები [2] ცნობარის მიხედვით: საქართველოს ფარგლებში მდ. ალაზნის წყალშემკრები აუზის 5462 კმ ფართობის ზედაპირზე მოსული წლიური ნალექების მთლიანი რაოდენობა 5957 მლნ მ-ს შეადგენს, საიდანაც 2848 მლნ მ იხარჯება აორთქლებაზე, დანარჩენი 3109 მლნ მ წყალი კი ჩაედინება მდინარეებში, რომლიდანაც 1284 მლნ მ წარმოადგენს მიწისქვეშა გრუნტის წყლებს, ე.ი. ზედაპირული ჩამონადენი შეადგენს მხოლოდ 1825 მლნ მ-ს. პროცენტული განზომილებით ეს მონაცემები ასე ნაწილდება მდ. ალაზნის აუზის ზედაპირზე მოსული ნალექების 47,8 % ჰაერში ორთქლდება, 52,2 % ჩადის მდინარეებში, რომლის 58,8 % წყალი ჩაედინება მდინარეთა კალაპოტებში ზედაპირული ჩამონადენის სახით, დანარჩენი 41,2 % კი მიწისქვეშა ჩამონადენის სახით ხვდება მდინარეთა კალაპოტებში.

ამრიგად მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლის ჩამონადენის ფორმირებაში აღინიშნება გრუნტის წყლების დიდი უპირატესობა, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ალაზნის აუზში მიწისქვეშა წყალშემცველი პორიზონტის 3000 კმ-იანი ფართობი უდიდესია აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ბუნებრივი მტკნარი წყლის რესურსი 24,4 მ/წმ-ს შეადგენს, რომლის საექსპლუატაციო მარაგი 19 მ/წმ-ს შეადგენს.

3 ცხრილში მოცემულია მდ. ალაზანზე და მის შენაკადებზე არსებული წყლის რესურსები და მათ შორის მიწისქვეშა გრუნტის წყლების ჩამონადენი და მისი წილი წლიურ ჩამონადენში [2] ცნობარის მიხედვით. ალაზნის არტეზიული აუზის მაღალი წყალშემცველობა განპირობებულია აქ მდებარე წყალშემცველი პორიზონტის პიფსომეტრიული ზედაპირის დიდი დახრილობით და მისი მაღალი ფილტრაციული თვისებებით. აქ არსებული ბუნებრივი არტეზიული წყლის რესურსების მოღუღია 10 ლ/წმ კმ<sup>2</sup> ფართობზე ანუ მისი ფენა 315 მმ-ია.

ცხრილი 3. მდ. ალაზნის აუზის წყლის რესურსები [2]

მდინარე	ფართობი კმ <sup>2</sup>	სიმაღლე მ	სიგრძე კმ	საშუალო წლიური ჩამონადენი			მიწისქვეშა ჩამონადენი	
				ხარჯი მ <sup>3</sup> /წმ	მოცულ. მლნ მ <sup>3</sup>	ფენა მმ.	მლნ მ <sup>3</sup>	(%) წლ.
ალაზანი მაზიმჩაი	5546	940	168	98,2	3110	547	12,84	41,2
ალაზანი ჯოყოლო	276	2220	36,5	14,5	456	1660		
შაქრიანი	2203	1250	91,6	43,1	1360	620	642	47,4
ილტო	337	1250	45	7,49	236	700		
სტორი	281	1610	41	9,15	288	1025		
სტორი ლეჩური	212	1840	25	7,71	243	1150	121	50,0
ლოპოტა დიდხევი	263	1400	32,5	7,10	224	850		
დიდხევი არტანა	86	1560		3,17	100	1160	423	42,3
კაბალი	394	850	49	10,3	325	820		

მიწისქვეშა გრუნტის წყლების ასეთი დიდი მარაგი მდ. ალაზნის აუზში მეტად მნიშვნელოვანია მდინარის ჩამონადენის რეგულირებისათვის, განსაკუთრებით მშრალი

კლიმატის პირობებში, როდესაც ატმოსფერული ნალექები არ მოდის და მდინარეში წყდება წყლის ზედაპირული ჩამონადენი და ამ დროს მდინარე საზრდოობს მხოლოდ გრუნტის წყლებით.

ჰიდროლოგიაში გრუნტის წყლების ჩამონადენის პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის იყენებენ მეუენის (წყალმცირობის) პერიოდის მინიმალურ დღე-ღამურ ან 10 დღიან (დეკადურ) ან 30 დღიანი ხანგრძლივობის უმცირეს თვიურ წყლის ხარჯებს. 4 ცხრილში მოცემულია მდ. ალაზნის აუზის მდინარეთა მინიმალური 30 დღიანი და დღე-ღამური წყლის ხარჯები მიღებული [3] ნაშრომში 1980-იან წლებამდე არსებული ყოველდღიურ დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე.

5 ცხრილში მოცემულია მდ. ალაზანზე და მის შენაკადებზე მეუენის სეზონის 10 დღიანი მინიმალური ჩამონადენი სხვადასხვა (75%-დან 99%-მდე) უზრუნველყოფით, [4] ცნობარის მიხედვით. მაღალმთიან მდინარეთა აუზებში მეუენის სეზონი ზამთრის თვეებში აღინიშნება, დაბალმთიან აუზებში კი ზაფხულობით და შემოდგომაზეც. ყველა მდინარეზე უმცირესი ჩამონადენით ხასიათდება ზამთრის თვეები.

ჩვენ მიერ გაანგარიშებულ იქნა მდ. ალაზნის დეკადური წყლის ხარჯების საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობები, მათი წილი წლიურ ჩამონადენში, მათი ცვალებადობა (ვარიაციის კოეფიციენტი) და ექსტრემალური (უდიდესი და უმცირესი) სიდიდეები. როგორც ირკვევა მდ. ალაზანზე უმცირესი წყლის ხარჯები სოფ. ბირკიანთან (2,6–2,9 მ<sup>3</sup>/წმ) აღირიცხება თებერვლის I დეკადიდან მარტის I დეკადამდე, ხოლო სოფ. შაქრიანთან უმცირესი დეკადური ხარჯი (4,5 მ<sup>3</sup>/წმ) აღირიცხულია ზაფხულშიც (აგვისტოს III დეკადაში) და ზამთარშიც (დეკემბრის III დეკადაში).

დღე-ღამური წყლის ხარჯების მიხედვით კი, ყველაზე უმცირესი მინიმალური წყლის ხარჯების მნიშვნელობები მდ. ალაზანზე სოფ. ბირკიანთან არის 1 მ<sup>3</sup>/წმ, რომელიც აღირიცხა 1958 წელს, სოფ. შაქრიანთან კი არის 3,8 მ<sup>3</sup>/წმ აღირიცხული 1977 წელს.

ცხრილი 4. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების 30 დღიანი და დღე-ღამური მინიმალური წყლის ხარჯები (მ<sup>3</sup>/წმ) [3]

მდინარე – პუნქტი	დაკვირვების პერიოდი	წლების რაოდენობა	30 დღიანი		დღე-ღამური	
			საშუალო	მინიმალური	საშუალო	მინიმალური
ალაზანი – ბირკიანი	1951 – 1980	30	5,23	3,48	4,17	1,00
ალაზანი – შაქრიანი	1936 – 1980	45	15,8	5,66	13,7	3,80
ალაზანი – ჭიაური	1936 – 1980	45	20,8	8,52	17,3	5,33
ალაზანი – ზემო ქელი	1958 – 1980	22	38,8	18,8	34,0	17,4
სამეურისწყ-ხადორი	1951 – 1980	30	1,72	1,12	1,32	0,36
სტორი – ღებური	1946 – 1980	35	2,72	1,89	2,44	1,40
დიდხევი – არტანა	1946 – 1980	35	1,10	0,63	0,97	0,58
ინწობა – საბუე	1958 – 1980	22	0,40	0,11	0,27	0,03
ჩელთი – შილდა	1951 – 1980	31	0,54	0,21	0,41	0,01
დურუჯი – ყვარელი	1961 – 1980	20	0,54	0,28	0,45	1,23

აღსანიშნავია, რომ ბოლო პერიოდში ავტორთა კოლექტივის მიერ წარმოდგენილ [5] ნაშრომში მდინარის ჩამონადენში გრუნტის წყლების მარაგის შეფასებისათვის რეკომენდირებულია გამოყენებულ იქნეს ზამთრის პერიოდის მინიმალური თვიური წყლის ხარჯი. ამასთან დაკავშირებით, მდ. ალაზანზე თუ შევადარებთ მდინარის წყლის საშუალო თვიურ და დღე-ღამურ ხარჯებს, ირკვევა, რომ სოფ. ბირკიანთან მინიმალური თვის ხარჯი აღირიცხება თებერვალში, რომელიც შეადგენს 5,38 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, რაც 4,38 მ<sup>3</sup>/წმ-ით ანუ 4-ჯერ აღემატება მინიმალურ დღე-ღამურ (1 მ<sup>3</sup>/წმ) ხარჯს. სოფ. შაქრიანთან კი, სადაც მინიმალური

დღე-ღამური წყლის ხარჯი იყო 3,8 მ<sup>3</sup>/წმ, მინიმალური თვიური ხარჯი იანვარში 19 მ<sup>3</sup>/წმ-ს შეადგენს, რაც 15,2 მ<sup>3</sup>/წმ-ით, ე.ი. 4-ჯერ აღემატება მის მინიმალურ ხარჯს.

ცხრილი 5. მდ. ალაზნის აუზის მდინარეთა მექენის სეზონის 10 დღიანი მინიმალური ჩამონადენი სხვადასხვა უზრუნველყოფით [4]

მდინარე-პუნქტი	მექენის სეზონი	საშუალო		10 დღიანი მინიმალური ჩამონადენის მოდული (ლ/წმ, კმ <sup>2</sup> ) % უზრუნველყოფით						
		ხარჯი	მოდული							
		მ <sup>3</sup> /წმ	ლ/წმ,კმ <sup>2</sup>	75	80	85	90	95	97	99
ალაზანი-ბირკიანი	ზამთარი	4,66	16,5	13,5	13,1	12,4	11,3	10,3	9,57	8,51
ალაზანი-შაქრიანი	ზაფხულ – შემოდგომა	21,6	9,86	7,67	7,26	6,76	6,21	5,43	4,98	4,16
	ზამთარი	16,3	7,44	5,66	5,34	4,93	4,47	3,93	3,56	2,92
ალაზანი-ჭიაური	ზაფხულ – შემოდგომა	20,9	4,61	2,74	2,43	2,16	1,81	1,39	1,12	0,77
	ზამთარი	25,4	5,61	4,26	4,02	3,73	3,40	2,96	2,69	2,21
სამყურისწყ-ხაღორი	ზამთარი	1,25	10,3	8,84	8,60	8,26	7,77	7,19	6,78	6,12
სტორი – ლეჩური	ზაფხულ – შემოდგომა	3,22	15,2	11,9	11,3	10,1	9,70	8,58	7,85	6,63
	ზამთარი	2,40	11,8	9,85	9,60	9,16	8,62	7,88	7,54	6,65
დიდხევი – არტანა	ზაფხულ – შემოდგომა	1,07	13,7	10,4	9,87	9,10	8,33	7,31	6,54	5,38
	ზამთარი	0,90	11,5	8,85	8,46	7,82	7,18	6,28	5,64	4,74
ინწობა – საბუე	ზამთარი	9,18	0,38	7,00	6,52	6,28	5,80	5,07	4,59	3,86

ამ მხრივ აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ მდ. ალაზანზე აღრიცხული მინიმალური დეკადური წყლის ხარჯები (სოფ. ბირკიანთან 2,6 მ<sup>3</sup>/წმ და სოფ. შაქრიანთან 4,5 მ<sup>3</sup>/წმ) უფრო ახლოსაა მის მინიმალურ დღე-ღამურ ხარჯებთან (1 მ<sup>3</sup>/წმ და 3,8 მ<sup>3</sup>/წმ).

ამრიგად დასკვნის სახით შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ვინაიდან სოფლის მეურნეობაში მდინარეთა საირიგაციო სისტემების მომსახურებისა და სარწყავი წყლის რაოდენობის შეფასებისათვის ტრადიციულად გამოიყენება მდინარეთა წყლის დეკადური ხარჯების მნიშვნელობები, ამიტომ მდ. ალაზანზე მინიმალური ჩამონადენის შეფასებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ მათი დეკადური წყლის ხარჯების მნიშვნელობები სოფ. ბირკიანთან 2,6 მ<sup>3</sup>/წმ და სოფ. შაქრიანთან 4,5 მ<sup>3</sup>/წმ.

**ლიტერატურა–REFERENCES– ЛИТЕРАТУРА**

1. Владимирова Л.А., Гигинеишвили Г.Н., и др. Водный баланс Кавказа и его географические закономерности. Мецниереба, Тбилиси, 1991., 141 с.
2. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Под редакцией редакционной коллегии (И. Редактор академик АН Грузии Дзидзигური А.).
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том VI, Грузинская ССР, Гидрометеиздат, Л., 1987, 416 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 9, вып. 1, Западное Закавказье, Гидрометеиздат, Л., 1969, 310 с.
5. Н.А. Бегалишвили, Т.Н. Цинцадзе, В.Ш. Цомая, К.А. Лашаური, Н.Н. Бегалишвили, Н.Т. Цинцадзе. Исследование подземного стока рек и оценка запасов грунтовых вод в Грузии. Тр. Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, Том 117, Тб, 2011, стр. 46 – 50.

უკ 551

მდ. ალაზნის აღმოსავლეთ ნაპირის მდინარეების მინიმალური ჩამონადენის შეფასება /ბასილაშვილი ც/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრო-მეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ.123., 2016. გვ.72-76, ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ბოლო წლებში აღმოსავლეთ საქართველოში გვალვები დიდ ზიანს აყენებს სოფლის მეურნეობას. მიღებულია დაზუსტებული მინიმალური წყლის ხარჯები და მათი ალბათური მნიშვნელობები მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადებისა, რომლებიც აუცილებელია წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენებისათვის.

**UDC 551**

**ESTIMATION OF THE MINIMUM STREAM FLOW FOR THE RIVER ALAZANI AND ITS AFFLUENTS/Basilashvili Ts./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. Vol.123., 2016, pp.72-76, Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

The last years the draught had been highly detrimental to agriculture in Eastern Georgia. There have been determined minimum stream flow and their probable values for the rivers Alazani and its affluents, which are essential from rational utilization of water resources.

**УДК 551**

**ОЦЕНКА МИНИМАЛЬНОГО СТОКА Р. АЛАЗАНИ И ЕЁ ПРИТОКОВ/Басилашвили Ц.З./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. Т.123.,2016. с.72-76, Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.**

В последние годы в Восточной Грузии засуха наносит огромный ущерб сельскому хозяйству. Получены уточнённые характеристики минимального стока воды р. Алазани и её притоков, которые необходимы в целях рационального использования водных ресурсов.

**თანამგზავრული მონაცემებით მთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა გეოდეზიის მეთოდის გამოყენებით**

ლ. შენგელია\*, გ. კორძაია\*, გ. თვაური\*\*, გ. ცომაია\*, მ. ძაძაძია\*\*\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

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

\*\*\* საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო.

სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით ფუნდამენტური კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტის მიმდინარე პროექტის FR /586/9-110/13 ფარგლებში.

**შესავალი**

მყინვარები პლანეტარული მნიშვნელობის მოვლენაა. საქართველოს მყინვარები ქვეყნის მნიშვნელოვანი კლიმატურ - ეკონომიკური რესურსია. ქვეყნის კლიმატური და ოროგრაფიული პირობებიდან გამომდინარე მყინვარები მხოლოდ კავკასიონზე გვხვდება და მათი რაოდენობა 500-ს აღემატება. საქართველოს მყინვარები მიეკუთვნებიან მთის მყინვარებს. მყინვარებს მნიშვნელოვანი როლი გააჩნიათ კლიმატის და წყლის რესურსების ფორმირებაში. საქართველოს მყინვარების შესწავლა 1860 წელს დაიწყო. საქართველოს მყინვარები დაცულია ყოფილი საბჭოთა კავშირის [1-4] და მყინვარების მსოფლიო კატალოგში (World Glacier Inventory /აკრონიმი WGI/). მყინვარების კატალოგში საქართველოს მყინვარები ცალკე არ არის გამოყოფილი და მიკუთვნებულია ყოფილი საბჭოთა კავშირის კავკასიის მყინვარულ სისტემას. საბჭოთა კავშირის კატალოგების გამოცემიდან (1975 და 1977 წწ.) საგრძნობი დროა გასული, ხოლო მყინვარების უკანდახვეის გამო მნიშვნელოვნადაა შეცვლილი მათი კონტურები, ფართობები და სხვა მახასიათებლები, რაც მათი ცვლილების დაწვრილებით შესწავლას მოითხოვს. ამავდროულად ამ კატალოგებში არაა მოხვედრილი ყველა მცირე მყინვარი, ხშირ შემთხვევაში არ არის მოყვანილი მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის მნიშვნელობები, განსაკუთრებით მცირე მყინვარებისათვის.

ამგვარად მნიშვნელოვანია მყინვარების სხვადასხვა მახასიათებლების დადგენა. ამ მახასიათებლებიდან აუცილებელია განისაზღვროს მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლე თანამედროვე ტექნოლოგიური და ინოვაციური მეთოდებით, რაც საფუძველია მყინვარების აბლაციის და აკუმულაციის ფართობების დაანგარიშებისათვის, რაც თავის მხრივ ბაზისია მყინვარებში არსებული მტკნარი წყლის მარაგის დადგენისათვის.

**ძირითადი ნაწილი**

მიწისპირა მონაცემებით ფირნის ხაზის განსაზღვრისათვის არსებობს პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდები.

პირდაპირი მეთოდით ფირნის ხაზის განსაზღვრა ხდება უშუალოდ ველზე. ზაფხულის ბოლოს გლაციოლოგი აუყვება მყინვარის ზედაპირს. დასაწყისში მას ხვდება შიშველი მყინვარი. ზემოთ, მყინვარის ზედაპირზე ჯერ გამოჩნდება თოვლის ლაქები, რომლებიც სიმაღლის ზრდასთან ერთად რაოდენობრივად იზრდებიან და გარკვეულ სიმაღლეზე ქმნიან ერთიან საფარს. სწორედ აქ მდებარეობს ფირნის ხაზი [5].

ფირნის ხაზის განსაზღვრის არაპირდაპირი მეთოდები დამუშავებული აქვთ გეფერს, გესს, რეიდს, კუროვსკის და სხვა. არაპირდაპირი მეთოდებიდან მოვიყვანოთ გეფერის და გესის მეთოდები [5]. მყინვარების კატალოგში საქართველოს მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლე ძირითადად განსაზღვრულია გეფერის მეთოდით.

გეფერის მეთოდით ფირნის ხაზის სიმაღლე არის საშუალო არითმეტიკული ფირნის აუზის შემომფარგვლელი რელიეფის საშუალო სიმაღლის და მყინვარის ენის ბოლოს სიმაღლეს შორის. ამასთან რელიეფის საშუალო სიმაღლე განისაზღვრება მყინვარის გარშემო ყველაზე მაღალი მწვერვალებებისა და მათ შორის არსებული გადასასვლელ(ებ)ის სიმაღლეების საშუალოთი [5].

ამგვარად გეფერის მეთოდით ფირნის ხაზის სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით:

$$T = (S+M)/2 \quad (1),$$

სადაც T-თი მოცემულია ფირნის ხაზის სიმაღლე, ხოლო შესაბამისად S და M არიან ფირნის აუზის შემომფარგველელი რელიეფის საშუალო სიმაღლე და მყინვარის ენის ბოლოს სიმაღლე ანუ მყინვარის მინიმალური სიმაღლე. ფორმულა(5) გამოიყენება აბლაციის პერიოდის ბოლოს. საქართველოსათვის ეს პერიოდი მერყეობს ზაფხულის ბოლოდან შუა შემოდგომამდე, რასაც განაპირობებს ადგილმდებარეობა და ამინდის პირობები.

მეორე არაპირდაპირი მეთოდი მყინვარისფირნის ხაზის სიმაღლის განსასაზღვრავად არის მორფოლოგიური მეთოდი (გესის მეთოდი). აბლაციის მიწურულს მყინვარის ფირნის ხაზი შესაძლებელია პირდაპირ გაივლოს ნახაზზე მოცემულ მყინვარის ზედაპირზე. მყინვარის ენაზე, აბლაციის ზონაში ჰიპსომეტრიული მრუდები მყინვარის მოძრაობის მიმართულებით ამოზნექილი არიან, ხოლო ფირნის აუზში ჩაზნექილი. ფირნის ხაზი მათ შორის მდებარეობს და შედარებით სწორი ხაზით არის წარმოდგენილი. ეს ვიზუალურად კარგად ჩანს, შესაბამის ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

დღესდღეობით, მყინვარების მდგომარეობის მიწისპირა დაკვირვებებით გარკვეული რეგულარობით გაშუქება ფაქტიურად შეუძლებელია. ორივე მეთოდი ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრის, როგორც პირდაპირი ასევე არაპირდაპირი, შრომატევადი და ეკონომიურად ძვირია.

დადგინდა, რომ მყინვარების შესწავლა დედამიწის თანამგზავრული დაკვირვებებით ეფექტური აღტერნატივაა მათი კვლევა-დაკვირვებისათვის და სხვადასხვა სამეცნიერო ამოცანის გადაჭრისათვის, მათ შორის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის [6–10].

თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების გამოყენებით მყინვარების მონიტორინგი უნდა წარმოებდეს დროის ისეთ შუალედში, როცა მინიმალურია თოვლის საფარი ანუ პერიოდისათვის აბლაციის მიწურულიდან ხელახალ გათოვებამდე. თანამედროვე კლიმატის პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალია აგვისტოს ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე.

მყინვარების აბლაციის მიწურულს მიღებული ფირნის ხაზი შეესაბამება ჭეშმარიტ თოვლის ხაზს.

დიდი ზომის მყინვარებისათვის აბლაციის მიწურულს მყინვარის ფირნის ხაზი თანამგზავრულ სურათზე ვიზუალურადაც არის გამოკვეთილი. ამ პერიოდში ფირნის და თოვლის მდებარეობა მაქსიმალურ სიმაღლეს აღწევს, რაც რელიეფშიც მკვეთრად არის გამოხატული. ამ პერიოდში ფირნის ხაზის დადგენა დიდი მყინვარებისათვის მორფოლოგიურადაც არის შესაძლებელი.

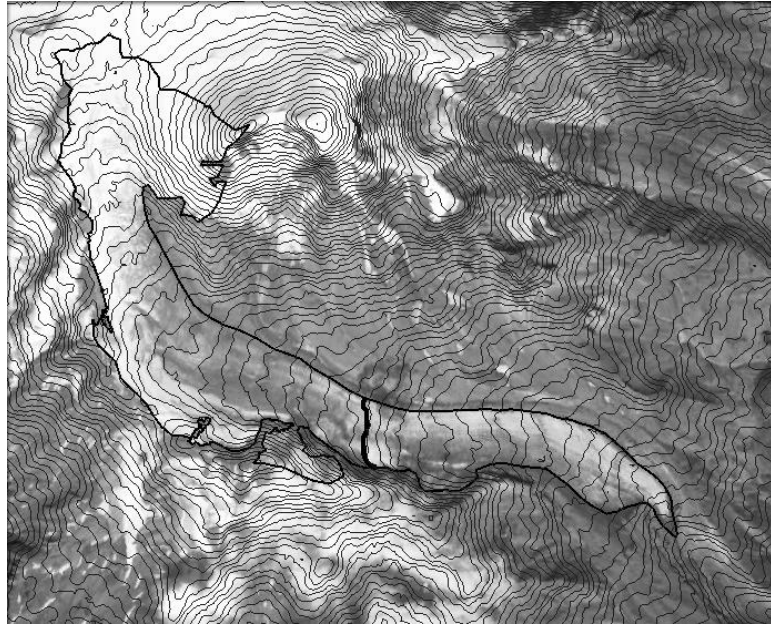
მაგალითისათვის სურ. 1-ზე წარმოდგენილია მყინვარ გერგეთის თანამგზავრული სურათი, რომელზეც რელიეფის ციფრული მოდელის გამოყენებით 30 მ ბიჯით დატანილია სიმაღლის იზოხაზები – ჰიპსომეტრიული მრუდები, კონტური (განსაზღვრული თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებით /თღზ/) და მორფოლოგიური მეთოდით გავლებული ფირნის ხაზი (აღნიშნულია შედარებით სქელი ხაზით). როგორც სურ. 1-ზე ჩანს მორფოლოგიური მეთოდით გავლებული მრუდი მდებარეობს შედარებით სწორი იზოხაზის გასწვრივ, ამოზნექილ და ჩაზნექილ იზოხაზებს შორის.

თღზ-ის მონაცემებით მყინვარების მახასიათებლების დასადგენად პირველ რიგში საჭიროა მათი კონტურების დადგენა. თღზ-ის მონაცემების დამუშავებისათვის საჭირო მეთოდოლოგიური საკითხები, გამოყენებული პროგრამული საშუალებები და სისტემები, რელიეფის 3D განზომილებაში აგება, კონტურების გავლება და დაზუსტება საექსპერტო ცოდნისა და მიწისპირა დაკვირვებების გამოყენებით და სხვა დაწვრილებითაა გაშუქებული [6–10].

თანამგზავრული მონაცემებით გეფერის მეთოდით სარგებლობისას ფორმულა (1) შემდეგნაირად ტრანსფორმირდება:

$$T_1 = (S_1 + M_1) / 2 \quad (2).$$

ფორმულაში ინდექსი „1“ მიუთითებს, რომ მოყვანილი სიდიდეები განეკუთვნებიან თღზ-ს მონაცემებს.



სურ.1. თანამგზავრული სურათის მიხედვით(2010წლის1სექტემბერი) გერგეთის მყინვარის სიმაღლის იზოხაზები, კონტური და ფირნის ხაზი (აღნიშნულია შედარებით სქელი ხაზით).

მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლე რომ განისაზღვროს საჭიროა: მყინვარის მინიმალური სიმაღლე ( $M_1$ ), რაც თღზ-ს მონაცემებით შედარებით მარტივად განისაზღვრება და ფირნის აუზის შემომფარგველი რელიეფის საშუალო სიმაღლე ( $S_1$ ). ამ უკანასკნელის დადგენა თღზ მონაცემებით შეუძლებელია, რადგან მიწისპირა მონაცემებით გეფერის მეთოდის გამოყენების დროს არ არის ცნობილი რა მონაცემებია გამოყენებული თითოეული მყინვარისათვის, კერძოდ რომელი და რამდენი მწვერვალი და გადასასვლელი აიღეს.

ამ პრობლემას ადვილად გადავწყვეტთ, თუკი გამოვიყენებთ იმ ფაქტს, რომ ფირნის აუზის შემომფარგველი რელიეფის საშუალო სიმაღლე კატალოგისა და თღზ-ის მონაცემებით ფაქტიურად ტოლია ანუ

$$S = S_1 \quad (3).$$

ფორმულა (1)-ის მიხედვით:

$$S_1 = S = 2T - M \quad (4).$$

ფორმულა (2)-ში (4)-ის შეტანით ვღებულობთ:

$$T_1 = (2T - M + M_1) / 2 \quad (5).$$

ამგვარად გამოყვანილია თღზ-ის მონაცემებით ფირნის ხაზის გამოთვლის მათემატიკური ფორმულა (5). ამ ფორმულის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ შემაჯავალი სიდიდეების განსაზღვრა ასე თუ ისე მარტივია, ხოლო ფირნის აუზის შემომფარგველი რელიეფის საშუალო სიმაღლე ამ ფორმულაში გამორიცხულია.

ცხრილ 1-ში მოყვანილია მყინვარწვერის მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლის ( $T_1$ )-ის გამოთვლისათვის საჭირო მახასიათებლები: ფირნის ხაზის სიმაღლე კატალოგის მიხედვით ( $T$ ); მყინვარის მინიმალური სიმაღლე კატალოგის ( $M$ ) და თღზ-ის მონაცემების ( $M_1$ ) მიხედვით. ცხრილის ბოლო სვეტში მოყვანილია (5) ფორმულით გამოთვლილი ფირნის ხაზის სიმაღლეები ( $T_1$ ).

უნდა აღინიშნოს, რომ (5) ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი 1-ლ ცხრილში მოყვანილი გერგეთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლე 3760.5 მ ემთხვევა გესის მეთოდით გავღებულ

ფირნის ხაზის მნიშვნელობას იზოხაზების რუკაზე, რომელიც წარმოდგენილია 1-ლ სურათზე. ასევე კარგ თანხმობაშია ეს მონაცემები ცხრილის სხვა მყინვარებისთვისაც.

გეფერის მეთოდს ის უპირატესობა გააჩნია, რომ გესის მეთოდისაგან განსხვავებით იგი არ არის დამოკიდებული რელიეფის ციფრული მოდელის შერჩევაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ცხრილში მოცემული მყინვარწვერის ყველა მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლე გამოთვლილი თღზ-ისმონაცემების საფუძველზე გაზრდილია, მყინვარების კატალოგის მიხედვით მოყვანილ მონაცემებთან შედარებით. ამ მონაცემებს შორის დროითი შუალედი დაახლოებით 50 წელია. დროში ეს სხვაობა და კლიმატის თანამედროვე ცვლილება განაპირობებს მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის ზრდას.

ცხრილი 1.

№	მყინვარის სახელწოდება და №	მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საინდენტიფიკაციო კოდიID	მინიმალური სიმაღლე (მ)		ფირნის ხაზის სიმაღლე (მ)	
			(M)	(M <sub>1</sub> )	(T)	(T <sub>1</sub> )
1	მაილი, 248	SU4G08010041	2360	2469	3170	3224.5
2	ჭაჭი, 242	SU4G08011046	3230	3239	3660	3664.5
3	დეკლორაკი, 241	SU4G08011048	2260	2392	3260	3326
4	აბანო, 240	SU4G08011049	2950	3020	3700	3735
5	გერგეთი, 238	SU4G08011052	2870	3091	3650	3760.5
6	235	SU4G08011056	3350	3758	3680	3884
7	დენკერა, 234	SU4G08011057	3500	3655	3770	3847.5
9	233ა	SU4G08011059	3440	3450	3760	3765
10	მნა, 233	SU4G08011060	2860	3036	3480	3568
12	აღმოსავლეთ სუათისი, 231	SU4G08011062	3000	3230	3500	3615
13	შუა სუათისი, 230	SU4G08011063	2850	2975	3520	3582.5
14	დასავლეთ სუათისი, 229	SU4G08011064	3070	3284	3600	3707
15	222	SU4G08011072	3150	3334	3490	3582

მყინვარწვერის მყინვარების რიცხვითი მახასიათებლები: მინიმალური სიმაღლე მყინვარების კატალოგის (M) და თღზ-ის მონაცემების (M<sub>1</sub>) მიხედვით; ფირნის ხაზის სიმაღლე მყინვარების კატალოგის (T) და გამოთვლილი თღზ-ის მონაცემების (T<sub>1</sub>) მიხედვით

**დასკვნა**

ფირნის ხაზის სიმაღლე ერთერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მყინვარის მდგომარეობის ასახვისათვის.

მიწისპირა მონაცემებით ფირნის ხაზის განსაზღვრისათვის არსებობს პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდები. პირდაპირი მეთოდით ფირნის ხაზის განსაზღვრა ხდება უშუალოდ ველზე.

ფირნის ხაზის განსაზღვრის არაპირდაპირი მეთოდები დამუშავებული აქვთ გეფერს, გესს, რეიდს და სხვა. საქართველოს მყინვარებისათვის ფირნის ხაზის სიმაღლე ძირითადად განსაზღვრულია გეფერის მეთოდის საფუძველზე და შესაბამისი მონაცემები მოყვანილია სსრკ მყინვარების კატალოგში. უნდა აღინიშნოს, რომ ორივე მეთოდი ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის, როგორც პირდაპირი ასევე არაპირდაპირი შრომატევადი და ეკონომიურად ძვირია. ამასთან ერთად დღესდღეობით მყინვარების მდგომარეობის მიწისპირა დაკვირვებებით გარკვეული რეგულარობით გაშუქება ფაქტიურად შეუძლებელია.

მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა და თანაც არა ყველასი მიწისპირა დაკვირვებებით ბოლოს ჩატარდა დაახლოებით 50 წლის წინათ. აუცილებელია მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა თანამედროვე ტექნოლოგიური და ინოვაციური მეთოდებით, რაც საფუძველია მყინვარების აბლაციის და აკუმულაციის ფართობების დადგენისათვის, რაც თავის მხრივ ბაზისია მყინვარებში არსებული მტკნარი წყლის მარაგის დადგენისათვის.



როგორც დადგინდა მყინვარების შესწავლა დედამიწის თანამგზავრული დაკვირვებებით ეფექტური ალტერნატივაა მათი კვლევა-დაკვირვებისათვის და სხვადასხვა სამეცნიერო ამოცანის გადაჭრისათვის შორის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის.

თღზ-ის მონაცემებზე დაყრდნობით ფირნის ხაზის სიმაღლის დადგენისათვის შესაძლებელია გამოყენებულ იყოს მორფოლოგიური მეთოდი, თუმცა ის ყოველთვის ეფექტური არ არის. გეფერის მეთოდს ის უპირატესობა გააჩნია, რომ გესის მეთოდისაგან განსხვავებით იგი არ არის დამოკიდებული რელიეფის ციფრული მოდელის შერჩევაზე. კვლევაში მიღებულია სპეციალური მათემატიკური ფორმულა, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვითვალოთ ფირნის ხაზის სიმაღლე ინტეგრალურად მიწისპირა და თანამგზავრული მონაცემების გამოყენებით. ფორმულაში შემავალი სიდიდეები: მინიმალური სიმაღლეები მყინვარების კატალოგის და თღზ-ის მონაცემების მიხედვით დაფირნის ხაზის სიმაღლე მყინვარების კატალოგის მიხედვით ცნობილია.

წინამდებარე სამუშაოში მყინვარწვერის იმ მყინვარებისათვის, რომლის მახასიათებლები წინასწარაა განსაზღვრული თღზ-ის მონაცემების დამუშავებით, განსაზღვრულია ფირნის ხაზის სიმაღლეები. ერთი მყინვარის გერგეთის მაგალითზე გადამოწმებისათვის გათვლილია ფირნის ხაზის სიმაღლე მორფოლოგიური მეთოდითაც. ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი გერგეთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლე 3760.5მ ემთხვევა გესის მეთოდით გავლებულ ფირნის ხაზის მნიშვნელობას. ასევე კარგ თანხმობაშია ეს მონაცემები ცხრილის სხვა მყინვარებისთვისაც, რაც მეტყველებს მიღებული მათემატიკური ფორმულის ეფექტურობაზე.

#### ლიტერატურა— REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА:

1. В.Ш. Цомая. Каталог Ледников СССР, Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеоиздат, 1975.
2. В.Ш. Цомая, О.А. Дробышев. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 11, „Северный Кавказ, Л: Гидрометеоиздат, 1977.
3. В.Д. Панов Э.С. Боровик. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л: Гидрометеоиздат, 1977.
4. Л.И. Маруашвили, Г. М. Курдгелაიძე, Т.А. Лашхи, Ш.В. Инашвили. Каталог Ледников СССР, Т. 9, вып. 1, ч. 2-6, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеоиздат, 1975.
5. რამინ გობეჯიშვილი, ვლადიმერ კოტლიაკოვი. გლაციოლოგია (მყინვარები). თბ.: უნივერსალი, 2006, 292 გვ.
6. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, V. Tsomaia, M. Dzadzamia. Satellite remote sensing outputs of the certain glaciers in the territory of East Georgia. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. Volume 18, Issue 1, Pages S1–S7, 2015.
7. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია. სუათისის მყინვარების კვლევის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე. თბილისი: ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 120, 2014, გვ. 52-56.
8. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია, მ. ძაძამია. თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა. თბილისი: ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 121, 2015.
9. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური. საქართველოს მყინვარების კვლევა დისტანციური ზონდირების ინოვაციური მეთოდების გამოყენებით. XVIII საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის, “გეოგრაფია: მეცნიერებისა და განათლების განვითარება” მიძღვნილი იუნესკოს 70 წლისთავისადმი, კოლექტიური მონოგრაფია. სანკტ-პეტერბურგი, რუსეთი, 117-124, 2015 (რუს).
10. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით. სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები”, №2 (719), 2015.

უაკ 551.50.501.7

**თანამგზავრული მონაცემებით მთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა გეფერის მეთოდის გამოყენებით/ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია, ძაძამია მ./** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2016,ტ.123, გვ.77-82. ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში მოყვანილია მიწისპირა მონაცემებით მთის მყინვარების ფირნის ხაზის განსაზღვრის პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდები. ორივე მეთოდი ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის, როგორც პირდაპირი ასევე არაპირდაპირი შრომატევადი და ეკონომიურად ძვირია. ამასთან ერთად დღესდღეობით მყინვარების მდგომარეობის მიწისპირა დაკვირვებებით გარკვეული რეგულარობით გაშუქება ფაქტიურად შეუძლებელია. ნაშრომში წარმოდგენილია ალტერნატიული შესაძლებლობა - თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებით მთის მყინვარის ფირნის ხაზის განსაზღვრის მეთოდოლოგია. ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის გამოყვანილია მათემატიკური ფორმულა მიწისპირა და თანამგზავრული კომპლექსური მონაცემების და გეფერის მეთოდის გამოყენებით. მოყვანილია ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრის შედეგები. ფირნის ხაზის სიმაღლის გათვლილი და მორფოლოგიური მეთოდით მიღებული მნიშვნელობები ერთმანეთს ემთხვევა, რაც მეტყველებს მიღებული მათემატიკური ფორმულის ეფექტურობაზე.

UDC 551.50.501.7D

**Determination of the firn line elevation of mountain glaciers based on satellite remote sensing data L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia /L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, V. Tsomaia, M. Dzadzamia/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology et the Georgian Technical University. 2016, vol.123, pp. 77-82.Georg., Summ: Georg., Eng., Rus.**

In the article direct and indirect methods for determination of the firn line height of mountain glaciers according to ground-based observations are considered. Both ground based methodologies are labor intensive and expensive. At the same time coverage of the glaciers with a certain regularity ground-based surface observations is impossible. In the research the alternative possibility - the methodology of determination of the firn line elevation of mountain glaciers based on satellite remote sensing is presented. The mathematical formula for determination of the firn line height using the Hefer method based on complex data of surface and satellite origin is created. Corresponding results of determination of the firn line elevation are presented. Comparison of the values of the firn line heights calculated by formula and determined by morphological method coincide. That shows the effectiveness of received mathematical formula.

УДК 551.50.501.7.

**Поданным спутникового дистанционного зондирования определение фирновой линии горных ледни ков с использованием метода Гефера/ Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури, В.Ш. Цомаи/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2016. вып.123, с.77-82. Груз. Рез: Груз., Англ., Рус.**

В статье рассмотрены прямые и косвенные методы определения фирновой линии горных ледников по данным наземных наблюдений. Оба из них являются трудоемкими и дорогими. В то же время по данным наземных наблюдений освещение состояния ледников с определенной регулярностью невозможно. В работе рассмотрена альтернативная возможность - методология определения фирновой линии горных ледников по данным спутникового дистанционного зондирования. Выведена математическая формула для определения высоты фирновой линии на основе данных наземных и спутниковых наблюдений с использованием метода Гефера. Представлены соответствующие результаты определения высоты фирновой линии. Сравнение величин высот фирновой линии рассчитанных с использованием указанной формулы и полученных морфологическим методом указывает на хорошее совпадению Это показывает на эффективность полученной математической формулы.

**კლიმატის ცვლილების ბავშვებს მდინარის ჩამონადენზე  
და მის მყინვარულ საზრდოობაზე (მდ. ენგური-საბ.ხაიშის კვეთის მახლობლად)  
ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი**

**შესავალი. ამოცანის დასმა**

როგორც ცნობილია, ბოლო 100-150 წლის განმავლობაში მსოფლიოს ბევრ რეგიონში მიმდინარეობს გამყინვარების დეგრადაცია. კავკასიაში მყინვარების დნობა დაკვირვების ტრადიციული მეთოდებით ფიქსირდება 1850-1965 წლების პერიოდში და გამყინვარების საერთო ფართობის შემცირება საკმაოდ კარგად აღიწერება წრფივი კანონით [1]. ეს პროცესი გრძელდება დღემდე, რასაც ადასტურებენ გასული საუკუნის მეორე ნახევარში დაწყებული დისტანციური ზონდირების, კერძოდ კი თანამგზავრული მონაცემები [2]. იმის გათვალისწინებით, რომ XX საუკუნის 90-იან წლებში დაფიქსირებული გლობალური დათბობის ინტენსივობა დღემდე იზრდება, დიდი ალბათობით შეიძლება ვივარაუდოთ მყინვარების უკან დახვევის გაგრძელება ინერციით უახლესი 50 წლის განმავლობაში მაინც.

გამყინვარების დეგრადაციასთან მჭიდრო კავშირშია მყინვარული მდინარის ჩამონადენის ცვლილება, მისი მყინვარული კვების დინამიკა. ამოტომ, ასეთი ტიპის მდინარის ჩამონადენზე დაკვირვების მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყალშემკრებზე და საერთოდ რეგიონში კლიმატის ცვლილების ინდიკატორად. მოცემულ ნაშრომში განხილულია მდ.ენგურის-საგუშაგო ხაიშის კვეთისთვის დამახასიათებელი ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაცია წყალშემკრებზე, რადგან სწორედ ამ შემთხვევაში დაფიქსირებულია მყინვარული საზრდოობის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა კავკასიის და კერძოდ დასავლეთ საქართველოს მდინარეებისათვის [3]. მრავალწლიანი დაკვირვებების მიხედვით ხაიშის კვეთში მდ. ენგურის მყინვარული საზრდოობა შეადგენს მისი სრული ჩამონადენის 20-30%-ს. ასეთ პირობებში მდ. ენგურის მყინვარული კვების სიდიდის გამოყოფა, მისი რყევების და ცვლილების ტენდენციის შესწავლა უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე სხვა მდინარის შემთხვევაში. ნაშრომში [4] მოცემულია ზოგიერთი კვლევის შედეგი, რომელიც ეხება მდ.ენგურის ჩამონადენზე კლიმატის ცვლილების გავლენას. კერძოდ, მყინვარ ჭაღაათზე ჩატარებული გაზომვების არსებული მონაცემების მიხედვით [4,5], განხილულია დამოკიდებულება ზედაპირულ მოდნობასა და მყინვარულ ჩამონადენს შორის. საკმაოდ გაბედული დაშვებების გათვალისწინებით შეფასებულია 2100 წლისთვის ენგურის აუზში მყინვართა ფართობების, მყინვარული ჩამონადენის და მდინარის სრული ჩამონადენის შემცირების სავარაუდო მაჩვენებლები. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ჩატარებულ კვლევებში საერთოდ არ არის გამოყენებული მდ. ენგურის აუზში ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების, ასევე სრული ჩამონადენის ბუნებრივი (დაკვირვებული) მონაცემები და არ არის განხილული მათი ცვლილება, სრული ჩამონადენის კავშირი მოდნობასა და მყინვარულ კვებასთან, შეიძლება მიუთითოდ მიღებული შედეგების დაბალ საიმედოობაზე. სწორედ აღნიშნული საკითხების გადაწყვეტა წარმოდგენილია მოცემული ნაშრომის კვლევის შედეგებში.

**კვლევის მეთოდიკა.**

მყინვარული ჩამონადენის განსაზღვრა მოიცავს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

1. მყინვარული საზრდოობის მქონე მდინარის ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელების შედგენას;
2. მდინარის საერთო ჩამონადენში მყინვარული წყლების წილის შეფასებას;
3. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პირობებში სრული და მყინვარული ჩამონადენის დინამიკის გამოკვლევას.

უფრო დაწვრილებით წარმოვადგინოთ მყინვარული ჩამონადენის განსაზღვრის მეთოდოლოგია მდ. ენგური – ს. ხაიშის ჩამკეტი კვეთის მაგალითზე.

მყინვარული ჩამონადენის გამოკვლევა შეიძლება შესრულდეს მდინარის საერთო ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელის საფუძველზე. მოდელი შეიძლება ასახავდეს R ჩამონადენის ემპირიულ – სტატისტიკურ კავშირს ტემპერატურა – ნალექების (t, P) კომპლექსთან, ანუ

უნდა მოიძებნოს ფუნქცია  $R = f(t, P)$ . ამისათვის გამოყენებული იქნება ხაიშის მეტეოსადგურისა და ჰიდროლოგიური საგუშაგოს ისტორიული მონაცემები, ასევე წყალშემკრებზე ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის სხვადასხვა დროს არსებული პუნქტების ინფორმაცია. ჰიდრომეტეოროლოგიური მახასიათებლების რიგებში გამოტოვებული ელემენტების განსაზღვრა და რიგების მიყვანა ერთი და იგივე პერიოდამდე (ინტერპოლაცია და ექსტრაპოლაცია) შესრულებულია ემპირიული ფუნქციის ორთოგონალურ მდგენელებად (ვექტორებად) დაშლის მეთოდით.

მეორე ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს, წყალბალანსური ტიპის მოდელების აგებით, რომელთა ზოგადი წარმოდგენა დაიყვანება განტოლებაზე

$$R = R_{გრ} + R_{ნალ} + R_{მყ} . \quad (1)$$

აქ  $R$  – მდინარის სრული ჩამონადენია,  $R_{გრ}$  – მიწისქვეშა (გრუნტის წყლების) ჩამონადენი,  $R_{ნალ}$  – ატმოსფერული ნალექებით ფორმირებული ჩამონადენი, ხოლო  $R_{მყ}$  – მყინვარული ჩამონადენი. განტოლებაში შემავალი მყინვარული ჩამონადენის კომპონენტი

$$R_{მყ} = R - R_{გრ} - R_{ნალ} , \quad (2)$$

შეიძლება შეფასდეს დანარჩენი წევრების განსაზღვრით ჰიდრომეტეოროლოგიურ მონაცემთა რიგების საფუძველზე. კერძოდ,  $R$  განისაზღვრება უშუალოდ გაზომვებით მიღებული მახასიათებლებით და რეგრესიული მოდელის  $R = f(t, P)$  გამოყენებით,  $R_{გრ}$  აიღება, როგორც ზამთრის თვეების მინიმალური ჩამონადენის სიდიდე [6], ხოლო  $R_{ნალ} = (P - E) \cdot K$  გამოითვლება ერთის მხრივ, მდნარი მყარი და თხევადი ნალექებისა და მეორეს მხრივ, აორთქლების სიდიდეთა სხვაობით, ასევე აუზისა და კვეთისთვის დამახასიათებელი  $K$  ჩამონადენის კოეფიციენტის მიხედვით.

მყინვარის აბლაციის პერიოდში წარმოქმნილი მოდნობის სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება, მაგალითად, არსებულ ემპირიულ გამოსახულებათა საფუძველზე [3]:

$$Q = 0.038 F (1 + t_{ფ}) \exp (1.37 k_1^2) \quad (3)$$

ან

$$Q = 0.051 F (1 + t_{ფ}) (0.75 + 2.2 k_1^3) . \quad (4)$$

აქ  $Q$  მ<sup>3</sup>/წმ – ნადნობი წყლების საშუალო დღეღამური ხარჯია აბლაციის პერიოდში (აპრილი – ოქტომბერი),  $F$  კმ<sup>2</sup> მყინვარის ზედაპირის ფართობია,  $t_{ფ}$  °C – ფირნის ხაზზე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა აღნიშნულ პერიოდში,  $k_1$  – მყინვარის ენისა და მისი სრული ფართობების შეფარდება. ეს იძლევა საშუალებას დავადგინოთ ჩამკეც კვეთისთვის მდინარის მყინვარული ჩამონადენის  $R_{მყ}$  მ<sup>3</sup>/წმ წილი მყინვარული აუზის  $R$  მ<sup>3</sup>/წმ სრულ ჩამონადენში:

$$K_2 = R_{მყ} / R \times 100\% . \quad (5)$$

მეორე ამოცანის საბოლოო გადაწყვეტა შეიძლება მოხდეს ჩამონადენის მათემატიკური მოდელების გამოყენებით, რომელთა დახმარებით შეიძლება განვსაზღვროთ მყინვარული ჩამონადენის კოეფიციენტის ყოველწლიური მნიშვნელობები.

თუ ჩავთვლით, რომ მყინვარული აუზიდან ჩამონადენი სრულად ქმნის ჩამკეც კვეთში მდინარის მყინვარულ ჩამონადენს, ე.ი.  $R_{მყ} = Q$  (რაც ასევე დასადაგენია), მაშინ კოეფიციენტის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$K_2 = 0.274 n Q / R = 0.01 n F (1 + t_{ფ}) \exp (1.37 k_1^2) / R, \quad (6)$$

სადაც  $n$  აბლაციის პერიოდში დღეთა რიცხვია,  $Q$  და  $R$  საშუალო წლიური ხარჯებია შესაბამისად მყინვარული აუზიდან და მდინარის ჩამკეც კვეთში.

რადგან მოდელების საშუალებით განისაზღვრება მდინარის ყოველწლიური მყინვარული და სრული ჩამონადენის ხარჯები, ამიტომ შესაძლებელი ხდება მესამე ამოცანის გადაწყვეტა – მონაცემთა რიგების საფუძველზე შესაბამისი ტრენდების აგება. ასევე კლიმატის ცვლილების კონკრეტული სცენარებისათვის მოდელის გამოყენებით შეიძლება დავადგინოთ ჩამონადენის მოსალოდნელი ცვლილება, როგორც [7]:

$$dR = (\partial R / \partial t) dt + (\partial R / \partial P) dP. \quad (7)$$

აქ  $\partial R / \partial t$  და  $\partial R / \partial P$  – წარმოადგენენ ჩამონადენის კერძო წარმოებულებს ტემპერატურისა და ნალექების მიმართ და ფიზიკური არსით გამოხატავენ ჩამონადენის მგრძობიარობას ცალ-ცალკე ტემ-

პერატურისა და ნალექთა ცვლილების პირობებში [7]. ამ სიდიდეთა განსაზღვრა ხდება ჩამონადენის მათემატიკური მოდელის საფუძველზე, ხოლო  $dt$  და  $dP$  მოიცემა კლიმატური სცენარით. ანალოგიურად განისაზღვრება მყინვარული ჩამონადენის ცვლილება კლიმატური პარამეტრების ვარიაციების დროს.

თანამედროვე გლობალური დათბობის პირობებში სრული და მყინვარული ჩამონადენის დინამიკის მახასიათებლების შეჯერება მოხდება თანამგზავრული დაკვირვების, მყინვართა დინამიკის ცვლილების და ჩამონადენის ფორმირების მოდელების საფუძველზე მიღებულ მონაცემებთან.

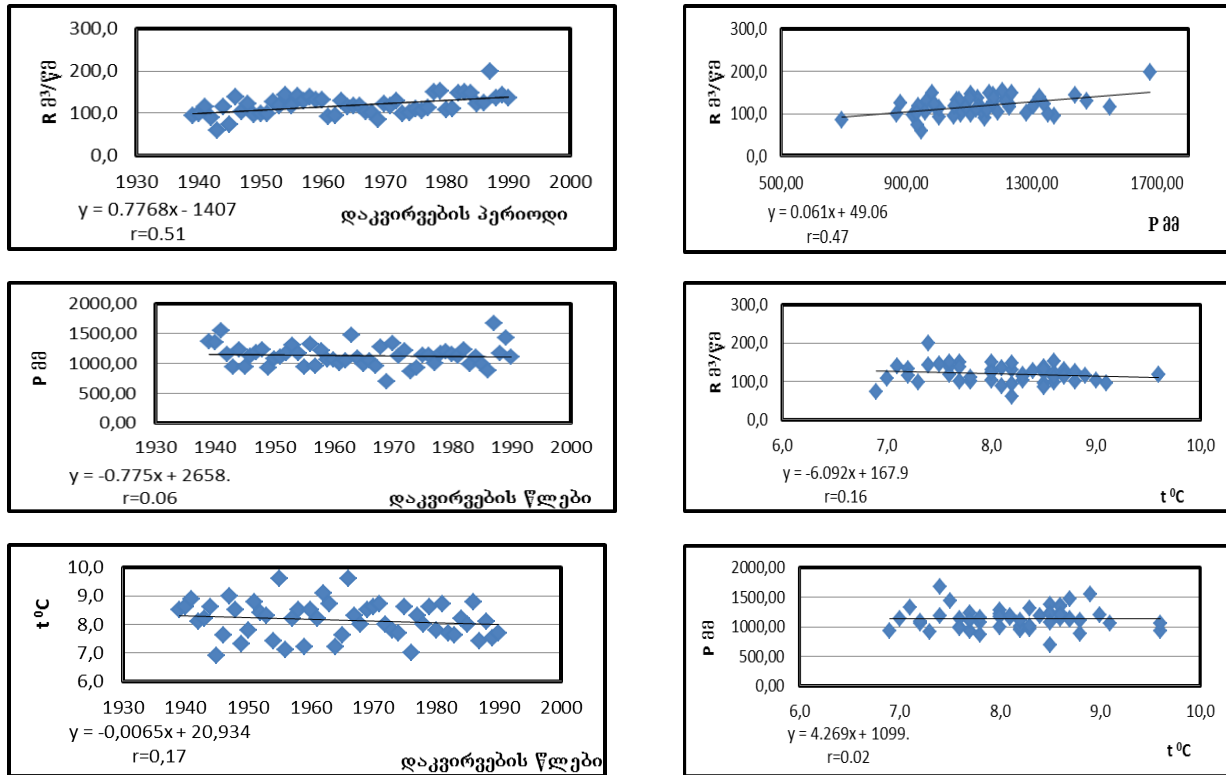
თანამგზავრული მონაცემებით და მოდელებით მიღებული მყინვარული ჩამონადენის რეჟიმის და მისი ცვლილების პარამეტრები შეიძლება შედარებული იქნას ჰიდროგრაფის დანაწევრებით მიღებულ მახასიათებლებთან.

### კვლევის შედეგები.

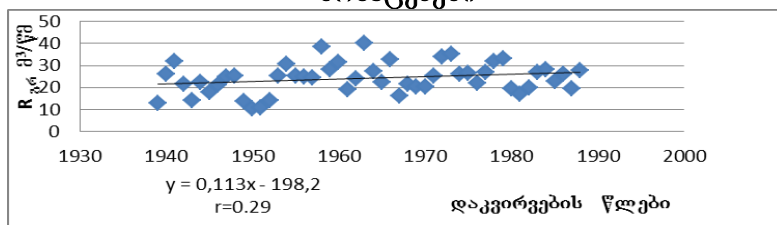
მდ. ენგურის-საგუშაგო ხაიშის კვეთის მიმართ აუზის ფართობია 2780 კმ<sup>2</sup>, მისი საშუალო სიმაღლე-2320 მ ზღვის დონიდან. 1938-1990 წლებში წყალშემკრებზე სხვადასხვა დროს ფუნქციონირებდა ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების დამდგენი 8 მეტეოსადგური და საგუშაგო: ხაიში, ნაკი, ლახამულა, დიზი, ბეჩო, ლახამი, მესტია, ჩოლაში. კლიმატურ ცნობარში, რომელშიც შესულია ინფორმაცია ჰაერის ტემპერატურის შესახებ, წარმოდგენილია მხოლოდ 3 პუნქტის - ხაიშის, ბეჩოსა და მესტიის მონაცემები. ამ მონაცემების მიხედვით წყალშემკრებზე ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობა შეადგენს  $t=7.6^{\circ}\text{C}$ . წყალშემკრებზე ნალექთა ჯამების წლიური საშუალო სიდიდე აღნიშნული 8 მეტეოპუნქტის მიხედვით ტოლია  $P=1116$  მმ. მდ. ენგურის საშუალო წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობა ხაიშთან 1938-1990 წლებში შეადგენდა  $R=110$  მმ/წმ=1248 მმ=3.469კმ<sup>3</sup>. უკვე ამ მონაცემებიდან ჩანს შეუსაბამობა დაფიქსირებულ ნალექთა ჯამებსა და ჩამონადენს შორის -  $R>P$ . ამიტომ, ყოველწლიურ მონაცემებზე გადასვლისას, უმეტეს შემთხვევაში ჩამონადენის კოეფიციენტი  $K=R/P$  ერთზე მეტი აღმოჩნდა. ამან განაპირობა შემდეგ შეფასებებში გვესარგებლა ჩამონადენის კოეფიციენტის კლიმატური მნიშვნელობით  $K=0.75$ , რომელიც აღებული იქნა მდ. ენგურის აუზის ამ ნაწილისათვის გვლადიმიროვის და სხვების კავკასიისა და საქართველოს წყლის ბალანსის კვლევების შედეგების მიხედვით [8,9,10]. აღსანიშნავია, რომ აუზში ნალექთა ჯამების განაწილება სიმაღლის მიხედვით არატიპურია- ნალექები მცირდება მაქსიმუმით ხაიშში (1301 მმ) და ნაკში (1343 მმ), მინიმუმით მესტიაში (918 მმ). ყველა მეტეოპუნქტი განლაგებულია 1600 მ-ზე ქვემოთ, რაც ბევრად ნაკლებია, ვიდრე აუზის საშუალო სიმაღლე (2320 მ). საქმეს არც მეზობელი აუზების - მდინარეების კოდორის და რიონის წყალშემკრებებზე არსებული პუნქტების მონაცემებმა უშველა. მცდელობა მიგველო ნალექთა ჯამების სიმაღლეზე დამოკიდებულების გრაფიკული და ანალიზური სახე უშედეგოდ დასრულდა. ამან კი არ მოგვცა საშუალება ნალექთა ჯამები წყალშემკრებზე დაგვეკავშირებინა აუზის საშუალო სიმაღლესთან და შესაბამისი კორექცია შეგვეტანა ნალექთა ყოველწლიურ მნიშვნელობებში. ასეთ ვითარებაში იძულებული გაუხდით კვლევის მეორე ნაწილში ნალექთა ჯამების ყოველწლიური სიდიდეები წყალშემკრებზე აღგვედგინა ჩამონადენისა და ჩამონადენის კოეფიციენტის კლიმატურ მნიშვნელობათა დახმარებით, რაც ფიზიკურად სავსებით მისაღებია [8-10].

იმის გამო, რომ ზევით ნახსენები 8 პუნქტიდან უმეტესობას ახასიათებს დაკვირვების ძალიან მოკლე რიგები, ისინი დროში სინქრონული არ არიან, ამიტომ შემდგომი ანალიზისათვის განხილული იქნა მხოლოდ ორი მეტეოსადგურის - ხაიშის და მესტიის მონაცემები. ნახ.1-ზე წარმოდგენილი მდ. ენგურის-ს.ხაიშის კვეთში ჩამონადენის, წყალშემკრებზე ნალექთა ჯამების და ჰაერის ტემპერატურის მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზის შედეგები. ნახაზის მარცხენა ნაწილში მოცემულია ამ პარამეტრების დინამიკა 1938-1990 წლებში შესაბამისი ტრენდებით, ხოლო მარჯვენა ნახევარში წარმოდგენილია დამოკიდებულებები: ჩამონადენისა ნალექთა ჯამებზე; ჩამონადენისა ჰაერის ტემპერატურაზე; ნალექთა ჯამების ტემპერატურაზე. როგორც ვხედავთ, განხილულ პერიოდში ჩამონადენი საგრძნობლად იზრდება დაახლოებით  $R=100$ -დან  $R=150$  მმ/წმ-მდე, რასაც თან ახლავს წყალშემკრებზე პრაქტიკულად ნალექთა ჯამების უცვლელი

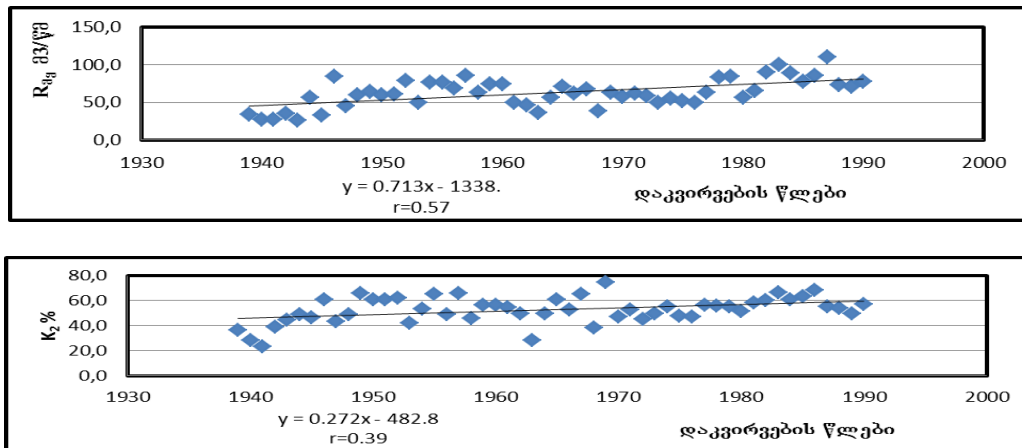
სიდიდე  $P=1135$  მმ და ჰაერის ტემპერატურის შემცირება დაახლოებით  $t=8.5^{\circ}$  -დან  $t=8^{\circ}\text{C}$ -მდე. უნდა ვიფიქროთ, რომ ასეთ მდგომარეობაში ჩამონადენის მატება უნდა იყოს განპირობებული მყინვარული და მიწისქვეშა ჩამონადენის ზრდით (იხ.ნახ.1.ა. და 2.).



**ნახ.1.მდ.ენგურის აუზის დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზი, ჰიდროლოგიური კალენდარული წლის მიხედვით – წლიური მონაცემები**



**ნახ.1.ა. მდ.ენგური – ს.ხაიშის კვეთში დაფიქსირებული მიწისქვეშა ჩამონადენის დინამიკა**



**ნახ.2. მყინვარული ჩამონადენის დინამიკა 1938 - 1990 წლებში**

ცხრ.1-ში მოცემულია მდ. ენგურის-ს.ხაიშის კვეთისთვის მიღებული ემპირიულ-სტატისტიკური მოდელი, რომელიც აკავშირებს ჩამონადენის მნიშვნელობებს წყალშემკრებზე აღნიშნულ ნალექთა ჯამებსა Pმმ და ჰაერის ტემპერატურასთან t°C.

ცხრილი 1. მდ.ენგურის აუზის დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზი და მოდელირება, ჰიდროლოგიური კალენდარული წლის მიხედვით – წლიური მონაცემები

პარამეტრები			სამცვლადიანი რეგრესიის განტოლებით მიღებული მოდელი					
			R=0.03127P-6.7276t+137.65					
			r=0.29; σ <sub>R</sub> =23.49; S <sub>R</sub> =22.47					
მდ.ენგურის ჩამონადენის გაანგარიშება - საგ.ხაიშთან								
n	დაკვირვების წლები		მდ.ენგურის აუზში			ჩამონადენის გამოთვლილი მნიშვნელობა, R, მ <sup>3</sup> /წმ	ცდომილება	
			დაკვირვებული სრული ჩამონადენი R, მ <sup>3</sup> /წმ	საშუალო წლიური ნალექები P მმ	ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა t°C		აბსოლუტური	ფარდობითი
						ΔR , მ <sup>3</sup> /წმ	ΔR /R %	
1	1938	1939	93,6	1370,50	8,5	123,32	29,704	0,317
2	1939	1940	98,3	1350,50	8,6	122,33	24,073	0,245
3	1940	1941	115,9	1548,00	8,9	126,00	10,128	0,087
4	1941	1942	88,5	1150,00	8,1	119,27	30,800	0,348
...	..	..	..	..	..	..	..	..
...	..	..	..	..	..	..	..	..
50	1987	1988	135,6	1178,00	8,1	120,13	15,451	0,114
51	1988	1989	143,8	1437,50	7,5	131,86	11,961	0,083
52	1989	1990	136,2	1103,50	7,7	120,19	15,959	0,117
საშუალო			118,30	1134,63	8,15	118,30	16,68	0,15
მაქსიმუმი			198,60	1677,00	9,57	140,39	58,21	0,89
მინიმუმი			59,54	693,50	6,91	102,01	0,04	0,00

ცხრილში შესულია მოდელის გამოცდის შედეგები. როგორც ვხედავთ საშუალო ფარდობითი ცდომილება აღწევს 15%-ს. მიღებული სამცვლადიანი რეგრესიის განტოლების კორელაციის კოეფიციენტი დაბალია და შეადგენს r =0.29, საშუალო კვადრატული გადახრა აღწევს σ<sub>R</sub>=23.5 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო ცდომილება რეგრესიის წრფის მიმართ S<sub>R</sub>=22.5 მ<sup>3</sup>/წმ. მიღებული მოდელი ასახავს სიტუაციას გლობალური დათბობის ინტენსივობის გაზრდამდე, რომელიც დაიწყო 90-იან წლებში. მიღებული მონაცემები არ ეწინააღმდეგებიან ინფორმაციას, შესულს კლიმატის ცვლილების პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში [11]. რადგან ბოლო კვლევების შედეგების მიხედვით 20 წლიანი პერიოდის მონაცემების გათვალისწინება (1991-2010) იძლევა დასავლეთ საქართველოში ტემპერატურის მატებას და არა შემცირებას [12-14], მიღებული მოდელის გამოყენება კლიმატის ცვლილების რაიმე საპროგნოზო შეფასებებში უნდა შესრულდეს გარკვეული სიფრთხილით. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მოდელში ნალექთა განაწილება წყალშემკრებზე მხოლოდ მიახლოებით ასახავს სინამდვილეს.

შევასრულოთ ჩამონადენის სავარაუდო მნიშვნელობის შეფასება მიღებული მოდელით ორი 2015 და 2100 საპროგნოზო წლებისათვის.

ამრიგად მოდელის მიხედვით

$$R=0.03127P-6.7276t+137.65, \tag{8}$$

საიდანაც

$$dR=0.03127dP-6.7276dt. \tag{9}$$

2015 წლისათვის დასავლეთ საქართველოში და კერძოდ მდ.ენგურის აუზში კლიმატური სცენარის მიხედვით ნალექთა ჯამები წყალშემკრებზე შემცირდება 5%-ით, ხოლო ტემპერატურა გაიზრდება 0.03°C-ით ყოველ წელიწადში, ამიტომ

$$dP = -0.05P = -0.05 \times 1134.6 = -56.7 \text{ მმ,}$$

$$dt = (2015 - 1991) \times 0.03 = 24 \times 0.03 = 0.72^\circ\text{C.}$$

ჩამონადენის ცვლილების მნიშვნელობისათვის ვღებულობთ:

$$dR = -0.03127 \times 56.7 - 6.7276 \times 0.72 = -6.6 \text{ მ}^3/\text{წმ} (-5\%).$$

ამრიგად, 2015 წლისათვის ჩამონადენი შეიცვლება  $R = 118.3 - 6.6 = 111.7 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -მდე.

2100 წლისათვის კლიმატური სცენარის მიხედვით ნალექთა ჯამები უნდა შემცირდეს 10%-ით, ხოლო ჰაერის ტემპერატურამ უნდა მოიმატოს 3°C-ით.

ამიტომ

$$dP = -0.1P = -0.1 \times 1134.6 = -113.46 \approx -113.5 \text{ მმ,}$$

$$dt = 3^\circ\text{C.}$$

$$dR = -0.03127 \times 113.5 - 6.7276 \times 3 = -23.7 \approx -24 \text{ მ}^3/\text{წმ} (-20\%).$$

ამრიგად, 2100 წლისათვის წყალშემკრებზე მოსალოდნელი ნალექთა ჯამების 10%-ით შემცირებისა და ჰაერის ტემპერატურის 3°C-ით მატებისას ჩამონადენი მცირდება დაახლოებით 24 მ<sup>3</sup>/წმ-ით, რაც შეადგენს ნორმის 20%-ს. საუკუნის ბოლოსთვის ჩამონადენის საგარაუდო მნიშვნელობა შეადგენს  $R = 118 - 24 = 94 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ .

ყოველწლიური მყინვარული ჩამონადენის სიდიდეთა შესაფასებლად ვისარგებლოთ ფორმულით (იხ. კვლევის მეთოდიკა):

$$R_{\text{მყ}} = R - R_{\text{გრ}} - (P - E)K, \tag{10}$$

სადაც R-სრული ჩამონადენია,  $R_{\text{გრ}}$ -მიწისქვეშა ჩამონადენი, რომელიც აიღება ზამთრის თვეების სრული ჩამონადენის მინიმუმის გათვალისწინებით, P-ნალექთა ჯამებია წყალშემკრებზე.

$$E = 34t + 383 \tag{11}$$

წლიური აორთქლების სიდიდეა მმ-ში [15], t-წყალშემკრებზე ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობა, ხოლო K-ჩამონადენის კოეფიციენტი, რომელიც, როგორც ეს იყო ზემოთ აღნიშნული, აღებულია 0.75-ის ტოლად.

ცხრ.2-ში მოცემულია მყინვარული ჩამონადენის გამოთვლილი მნიშვნელობები 1938-1990 წლებში, ხოლო ნახ.2 წარმოდგენილია მყინვარული ჩამონადენის და მისი კოეფიციენტის დინამიკა შესაბამისი ტრენდებით.

იმის გამო, რომ (10) განტოლებაში მარჯვენა მხარეს სრული ჩამონადენი R უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე მიწისქვეშა ჩამონადენი  $R_{\text{გრ}}$ , ხოლო ნალექთა ჯამები P ფაქტიურად არ იცვლება, მყინვარული ჩამონადენი მიჰყვება სრული ჩამონადენის მსვლელობას და ასევე იზრდება. როგორც ვხედავთ, მყინვარული ჩამონადენის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს დაახლოებით 23%-ს (27მ<sup>3</sup>/წმ), მაქსიმალური-75%-ს (63მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო საშუალო -53%-ს (63მ<sup>3</sup>/წმ). კოეფიციენტის ეს მნიშვნელობა დაახლოებით 2-ჯერ მეტია სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებულ სიდიდეებზე [3,8-10]. რომ გამოგვესწორებინა ეს მდგომარეობა, ნალექთა ჯამების დაკვირვებულ მონაცემების ნაცვლად, როგორც ეს იყო აღნიშნული, გადავდით წყალშემკრებზე ნალექთა აღდგენილ მნიშვნელობებზე: მათი სიდიდეები გამოთვლილ იქნა ჩამონადენის ყოველწლიური მონაცემების საფუძველზე, როგორც  $P = R/K$ , სადაც  $K = 0.75$  არის ჩამონადენის კოეფიციენტის კლიმატური მახასიათებელი. ამრიგად, ცხრილებში 1 და 2 შეტანილ იქნა ნალექთა ჯამების გამოთვლილ მონაცემთა მასივი და ყველა გამოთვლები გამეორდა იმავე წესით, კვლავ ჩამონადენის ემპირიულ-სტატისტიკური მოდელისა და მყინვარული ჩამონადენის დასადგენად. ცხრილებში 3 და 4 შესაბამისად მოცემულია ჩამონადენის ფორმირების მოდელი და მყინვარული ჩამონადენის ახალი შეფასების შედეგები, ნალექთა ჯამების გამოთვლილ მნიშვნელობათა გათვალისწინებით. ნახაზებზე 3 და 4 წარმოდგენილია ამ შეფასებათა შესაბამისი გრაფიკული ასახვა.



ცხრილი 2. მდ.ენგურის (საგ.ხაიში) აუზის მყინვარული ჩამონადენის გამოთვლილი მნიშვნელობები 1938-1990 წლებში

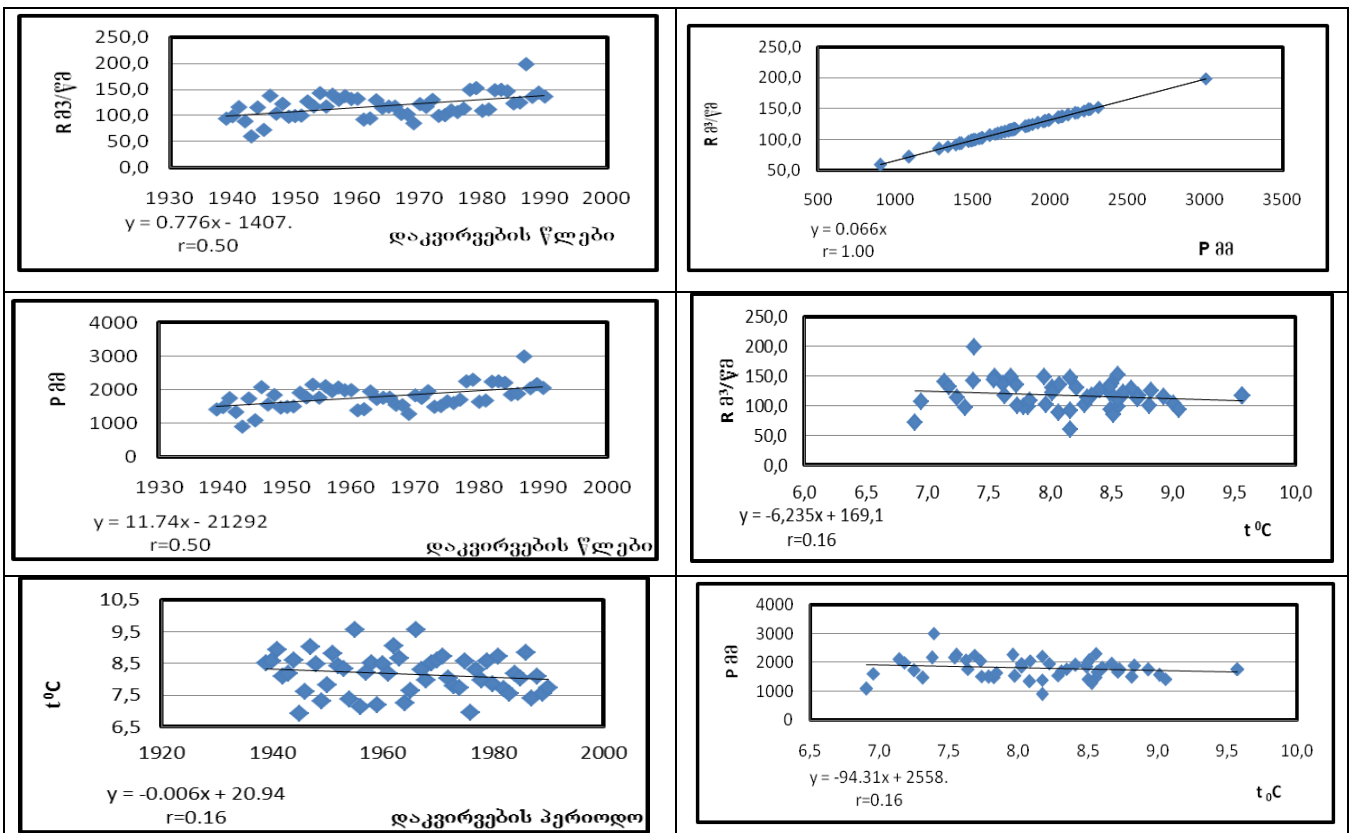
t°C	E მმ	Rსაშ		Rმინ		ოვე	P მმ	(P-E) *0.75	Rყ.		
		მ³/წმ	მმ	მ³/წმ	მმ				მმ	მ³/წმ	K₂%
1938-1939											
8.5	672	93.6	1061.8	13.0	147.5	I	1370.5	523.875	390.5	34.4	36.8
1939-1940											
8.6	675.4	98.3	1115.1	26.0	294.9	III	1350.5	506.325	313.8	27.6	28.1
1940-1941											
8.9	685.6	115.9	1314.8	32.0	363.0	I	1548.0	646.8	305.0	26.9	23.2
1941-1942											
8.1	658.4	88.6	1005.1	21.4	242.8	II	1150.0	368.7	393.6	34.7	39.1
1942-1943											
8.2	661.8	59.5	675.0	14.1	160.0	II	948.0	214.65	300.4	26.5	44.5
-----											
-----											
1987-1988											
8.1	658.4	135.6	1342.0	27.6	313.1	II	1178.0	389.7	639.2	56.3	47.6
1988-1989											
7.5	638	148.8	1545.1	19.9	225.7	II	1437.5	599.625	719.7	63.4	46.6
1989-1990											
7.7	644.8	136.2	1538.2	27.8	315.4	II	1103.5	344.025	878.9	77.4	57.1
საშუალო											
8.15	660.23	118.3	1349.33	24.13	273.78		1134.63	355.80	719.74	63.41	51.63

ცხრილი 3. მდ.ენგურის (საგ.ხაიში) აუზის დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზი და მოდელირება, ჰიდროლოგიური კალენდარული წლის მიხედვით – წლიური მონაცემები აღდგენილია ნალექთა ჯამებით.

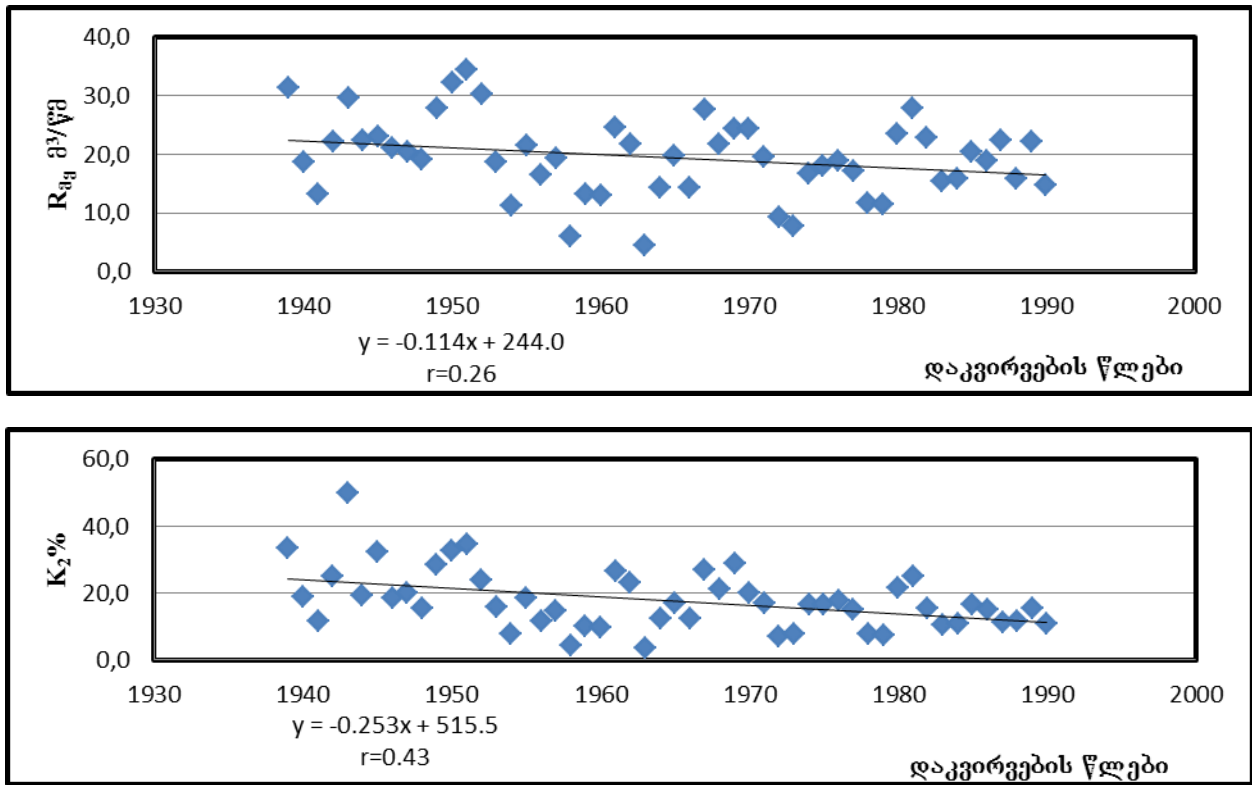
პარამეტრები			სამცვლადიანი რეგრესიის განტოლებით მიღებული მოდელი					
			R=0.07P-0.13t-5.89 r=0.88; σ <sub>R</sub> =23,49; S <sub>R</sub> =3.31					
მდ.ენგურის ჩამონადენის გაანგარიშება - საგ.ხაიშთან								
n	დაკვირვების წლები		მდ.ენგურის აუზში			ჩამონადენის გამოთვლილი მნიშვნელობა R მ³/წმ	აბსოლუტური ცდომილება	ფარდობითი ცდომილება, %
			დაკვირვებული სრული ჩამონადენი R მ³/წმ	გაანგარიშებული საშუალო წლიური ნალექები P მმ	ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა t°C			
1	1938	1939	93.6	1415.98	8.5	92.12	1.476	0.016
2	1939	1940	98.3	1486.19	8.6	97.03	1.275	0.013
3	1940	1941	115.9	1752.65	8.9	115.64	0.262	0.002
4	1941	1942	88.5	1338.15	8.1	86.73	1.773	0.020
-----								
-----								
50	1987	1988	135.6	2050.74	8.1	136.61	1.009	0.007
51	1988	1989	143.8	2175.40	7.5	145.41	1.613	0.011
52	1989	1990	136.2	2059.31	7.7	137.26	1.061	0.008
საშუალო			118.31	1789.37	8.15	118.31	1.07	0.01
მაქსიმუმი			198.60	3003.89	9.60	203.42	4.82	0.06
მინიმუმი			59.50	900.59	6.90	56.09	0.06	0.00

ცხრილი 4.. მდ.ენგურის აუზის (საგ.ხაიში) მყინვარული ჩამონადენის გამოთვლილი მნიშვნელობები 1938-1990 წლებში

t°C	E მმ	Rსაშ		Rმინ		ოვე	P=R/K მმ	(P-E) *0.75	Rმყ		
		მ³/წმ	მმ	მ³/წმ	მმ				მმ	მ³/წმ	K₂%
1938-1939											
8.5	672	93.6	1062.0	13.0	147.5	I	1416.0	557.9875	356.5	31.4	33.6
1939-1940											
8.6	675.4	98.3	1114.6	26.0	294.9	III	1486.2	608.0925	211.6	18.6	19.0
1940-1941											
8.9	685.6	115.9	1314.5	32.0	363.0	I	1752.6	800.286	151.2	13.3	11.5
1941-1942											
8.1	658.4	88.5	1003.6	21.4	242.8	II	1338.1	509.809	251.0	22.1	25.0
1942-1943											
8.2	661.8	59.5	675.4	14.1	160.0	II	900.6	179.0907	336.4	29.6	49.8
-----											
-----											
1987-1988											
8.1	658.4	135.6	1538.1	27.6	313.1	II	2050.7	1044.257	180.7	15.9	11.7
1988-1989											
7.5	638	143.8	1631.6	19.9	225.7	II	2175.4	1153.051	252.8	22.3	15.5
1989-1990											
7.7	644.8	136.2	1544.5	27.8	315.4	II	2059.3	1060.886	168.2	14.8	10.9
საშუალო											
8.2	660.2	118.3	1342.0	24.1	273.8		1789.4	846.9	221.4	19.5	17.8



ნახ.3. მდ.ენგურის აუზის დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზი, ჰიდროლოგიური კალენდარული წლის მიხედვით – წლიური მონაცემები აღღგენილი ნალექთა ჯამებით



ნახ.4. მყინვარული ჩამონადენის დინამიკა 1938 - 1990 წლებში

როგორც ვხედავთ, ახალ შეფასებებში მყინვარული ჩამონადენის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 3.5% (4.6 მ<sup>3</sup>/წმ), მაქსიმალური-50% (29.6 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო საშუალო - დაახლოებით 18% (19.5 მ<sup>3</sup>/წმ), რაც სავსებით მისაღებია. მყინვარული ჩამონადენის დინამიკა ამ შემთხვევაში ხასიათდება დადებითი ტრენდებით, რადგან (10) განტოლებაში ნაღვეტა როლი მეტად გაზრდილია: ისინი მიჰყვებიან ზრდად სრულ ჩამონადენს, ხდება მათი მატება, რაც ამცირებს მყინვარული ჩამონადენის სიდიდეს და ქმნის დადებით ტრენდს.

იგივე მყინვარული ჩამონადენის შეფასება მოვახდინოთ განსხვავებული მიდგომით, რისთვისაც გამოვიყენოთ (3) ან (4) განტოლებები. შერჩეული იქნა ოთხი წელი: 1965, 1990, 2015 და 2100. პირველი ორი წელი აღებულია იმისთვის, რომ შევადაროთ არსებულ მონაცემებს და ზევით მოყვანილ კვლევის შედეგებს.

1965 წლის მყინვარული ჩამონადენის შეფასება შესრულდა თანახმად მონაცემებისა მონოგრაფიიდან [3].

მყინვართა სრული ფართობი ენგურის აუზში  $F=288.3\text{კმ}^2$ , ჰაერის ტემპერატურა ფირნის ხაზზე  $4.6^{\circ}\text{C}$ . აბლაციის პერიოდში მყინვარების ზედაპირის მოდნობის შედეგად წარმოქმნილი მყინვარული ჩამონადენის დღეღამური სიდიდეა

$$Q=0.051 \times 288.3(1+4.6) \times 0.99=81.5\text{მ}^3/\text{წმ}.$$

აქ მყინვართა ფორმის დამახასიათებელი პარამეტრი აღებულია [3]-ის მიხედვით:

$$m = 0.75 + 2.2K_1^3 = 0.99.$$

4-თვიანი აბლაციის პერიოდში ეს იძლევა მოდნობის მნიშვნელობას

$$Q_1=81.5 \times (1.22 \times 2.4 \times 3.6)\text{მლნ მ}^3=859\text{მლნ მ}^3.$$

საგუშავო ხაიშის კვეთში მყინვარული ჩამონადენის სიდიდე ტრანსფორმირდება შემდეგ მნიშვნელობაში:

$$Q_2=R_{მგ}=\frac{859 \times 10^6 \times 10^9 \text{ მ}^3}{2780 \times 10^{12} \text{ მ}^2}=309 \text{ მმ}=27.2 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც შეადგენს საშუალო წლიური სრული ჩამონადენის  $K_2=27.2/118.3=0.23$ , ე.ი. 23%-ს.

1990 წლისათვის მყინვართა საერთო ფართობის ცვლილება შეიძლება დავადგინოთ [1] -ის მიხედვით:

$$F=F_0-0.584(T-T_0)=288.3-0.584(1990-1965)=273.7 \text{ კმ}^2.$$

მყინვარის ზედაპირის მოდნობის დღეღამური სიდიდე შეადგენს:

$$Q=0.051 \times 273.7(1+4.6-0.6) \times 0.99=69.1 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

აქ გათვალისწინებულია 1965 წლისათვის არსებული ტემპერატურა ფირნის ხაზზე ( $4.6^\circ\text{C}$ ) და მისი დაკლება ხაზის 100 მეტრით ზევით აწევასას ( $0.6^\circ\text{C}/100\text{მ}$ ). მიღებულია დაშვება მყინვართა ფორმის დამახასიათებელი პარამეტრის  $m=0.99$  უცვლელობის შესახებ.

4-თვიანი აბლაციის პერიოდში მოდნობის სიდიდე შეადგენს:

$$Q_1=69.1 \times 1.22 \times 2.4 \times 3.6 \text{ მლნ მ}^3=728 \text{ მლნ მ}^3.$$

საგუშავო ხაიშის კვეთში მყინვარული ჩამონადენის სიდიდეა

$$Q_2=R_{\text{მყ}}=\frac{728 \times 10^6 \times 10^9 \text{ მ}^3}{2780 \times 10^{12} \text{ მ}^2}=262 \text{ მმ}=23.1 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც საშუალო წლიური ჩამონადენის

$$R=0.7768 \times 1990-1407=138.8 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

$$K_2=23.1/138.8=0.166 \approx 17\% \text{-ს შეადგენს.}$$

განხილული პერიოდის ნორმის გათვალისწინებით

$$K_2=23.1/118.3=0.195=19.5\%.$$

2015 წლისათვის მყინვართა ფართობის შემცირება ტოლია

$$F=F_0-0.584(2015-1965)=288.3-0.584 \times 50=259.1 \text{ კმ}^2.$$

უშვებთ, რომ ფირნის ხაზის აწევა ამ დროისათვის შეადგენს 200მ, ამიტომ ტემპერატურა დაიწევს  $1.2^\circ\text{C}/200$  მ-ით, ხოლო გლობალური დათბობით გამოწვეული ტემპერატურის მატება ფირნის ხაზზე ტოლია  $(2015-1990) \times 0.03^\circ\text{C}/\text{წელი}=0.75^\circ\text{C}$ .

ამრიგად, მოდნობის დღეღამური სიდიდეა

$$Q=0.051 \times 259.1[1+(4.6-1.2+0.75)] \times 0.99=67.4 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

უშუალოდ მყინვარის ბოლოს 4-თვიანი აბლაციის შემდეგ მოდნობის სიდიდე შეადგენს:

$$Q_1=67.4 \times 1.22 \times 2.4 \times 3.6 \text{ მლნ მ}^3=710.5 \text{ მლნ მ}^3.$$

ხაიშის კვეთში მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობა იქნება

$$Q_2=R_{\text{მყ}}=\frac{710.5 \times 10^6 \times 10^9 \text{ მ}^3}{2780 \times 10^{12} \text{ მ}^2}=255.6 \text{ მმ}=22.5 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც ამ წლისათვის სრული ჩამონადენის (ტრენდის გათვალისწინებით)

$$R=0.7768 \times 2015-1407=158.3 \text{ მ}^3/\text{წმ-ის}$$

$$K_2=22.5/158.3=0.14, \text{ ე.ი. } 14\% \text{-ს შეადგენს.}$$

1938-1990 წლების პერიოდის სრული ჩამონადენის ნორმის გათვალისწინებით

$$K_2=22.5/118.3=0.19=19\%.$$

2100 წლისათვის მყინვართა ფართობი შემცირდება

$$F=F_0-0.584(2100-1965)=288.3-0.584 \times 135=209.5 \text{ კმ}^2 \text{-მდე}$$

ფირნის ხაზის 300 მ-ით აწევა გამოიწვევს ტემპერატურის შემცირებას  $0.6 \times 3=1.8^\circ\text{C}$ -ით, ხოლო გლობალური დათბობის ეფექტი გამოიხატება ხაზზე ტემპერატურის  $3^\circ\text{C}$ -ით მატებით. ამიტომ, მოდნობის დღეღამური სიდიდე იქნება

$$Q=0.051 \times 209.5[1+(4.6+3-1.8)] \times 0.99=71.9 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

ხოლო 4-თვიანი აბლაციის ეფექტი გამოიხატება მოდნობის სიდიდეში

$$Q_1=71.9 \times 1.22 \times 2.4 \times 3.6 \text{ მლნ მ}^3=757.9 \text{ მლნ მ}^3 \approx 758 \text{ მლნ მ}^3.$$

ხაიშის კვეთში ეს სიდიდე ტრანსფორმირდება

$$Q_2=R_{აყ}=\frac{758\times 10^6\times 10^9\text{მ}^3}{2780\times 10^{12}\text{მ}^2}=172.7\text{მმ}=24\text{მ}^3/\text{წმ-მდე}.$$

სრული ჩამონადენის ტრენდის გათვალისწინებით

$$R=0.7768\times 2100-1407=224.3\text{მ}^3/\text{წმ},$$

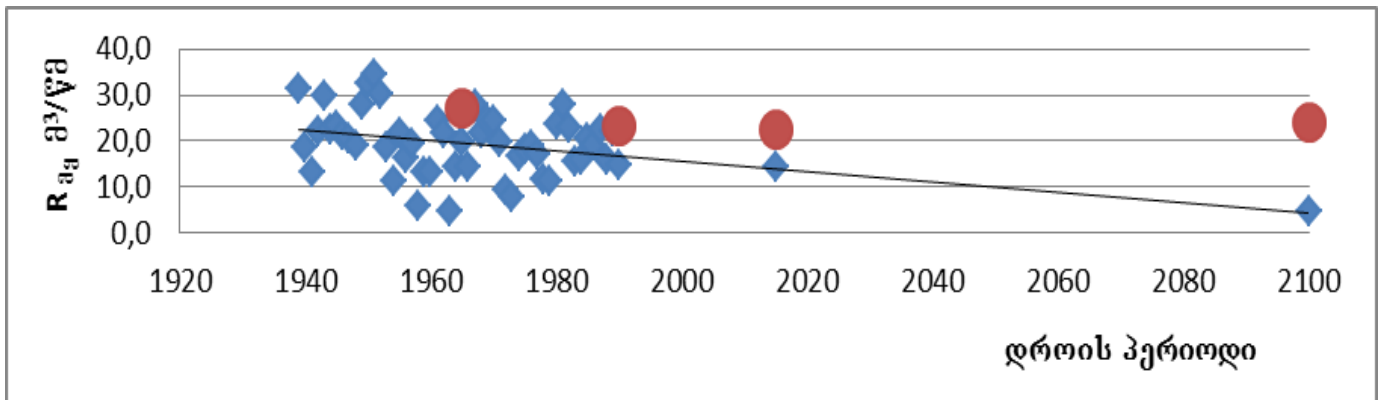
სოლო მყინვარული ჩამონადენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა იქნება  $K_2=24/224.3=0.107\approx 11\%$ .

თუ მხედველობაში მივიღებთ სრული ჩამონადენის ნორმას 1938-1990 წლებში-  $R=118.3\text{მ}^3/\text{წმ}$ , მაშინ  $K_2=24/118.3=0.203\approx 20\%$ .

ამრიგად, მდ.ენგური-საგ.ხაიშის კვეთში მყინვარული ჩამონადენის სიდიდის სავარაუდო შემცირება შეადგენს 27.2მ<sup>3</sup>/წმ-დან (1965) 23-24მ<sup>3</sup>/წმ-მდე (2015, 2100 წლები), რაც 1938-1990 პერიოდის სრული ჩამონადენის ნორმის გათვალისწინებით (118.3მ<sup>3</sup>/წმ) ტოლფასია მყინვარული ჩამონადენის კოეფიციენტის  $K_2$ -ის კლებისა 23%-დან 19-20%-მდე.

განხილულ წლებში ტრენდით გამოთვლილი სრული ჩამონადენის სიდიდეების მიმართ კი,  $K_2$ -ის შემცირება ხდება 23%-დან 11%-მდე.

ნახ.5-ზე მოცემულია ორი სხვადასხვა მეთოდით გამოთვლილი ჩამონადენის მნიშვნელობები. როგორც ვხედავთ, ეს შეფასებები დიდად არ არიან განსხვავებული ერთმანეთისაგან, რაც მიუთითებს კვლევის შედეგების საიმედოობაზე.



ნახ.5. ორი განსხვავებული მეთოდით გამოთვლილი მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობები. ◆ - წყალბალანსური მოდელით გამოთვლილი; ● - მოდნობის ემპირიული ფორმულით გამოთვლილი.

2015 და 2100 წლებში წყალბალანსური მოდელით და მოდნობის ემპირიული ფორმულით გამოთვლილი მყინვარული ჩამონადენის სიდიდეებს შორის დაცილება აიხსნება იმით, რომ მოდნობაში გათვალისწინებულია მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის ტემპერატურის მატება 3°C-ით.

## დასკვნა

გამოკვლეულია მდ.ენგური-საგუშაგო ხაიშის კვეთში სრული და მყინვარული ჩამონადენის დინამიკა კლიმატის ცვლილების პირობებში. კვლევის შედეგები შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ.

1. 1938–1990 წლებში არსებული დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზის შედეგად შესწავლილია წყალშემკრებზე ჰაერის ტემპერატურის, ნალექთა ჯამებისა და ჩამონადენის ცვლილება წლების მიხედვით. მიღებულია, რომ 52 წლის განმავლობაში ფაქტიურად უცვლელი ნალექთა ჯამების პირობებში ( $P=1135\text{მმ}$ ), ჰაერის ტემპერატურის შემცირებისას დაახლოებით 8.5°–დან 8°C–მდე ( $\Delta t=0.5^\circ\text{C}$ ), საგუშაგო ხაიშის კვეთში აღინიშნა მდ. ენგურის სრული ჩამონადენის ზრდა  $R=100\text{მ}^3/\text{წმ}$ -დან თითქმის  $R=150\text{მ}^3/\text{წმ}$ -მდე (ამ პერიოდის ნორმა შეადგენს  $R\approx 120\text{მ}^3/\text{წმ}$ ). ჩამონადენის ზრდა შეიძლება გამოწვეული იყოს მყინვარული საზრდოობის და მიწისქვეშა ჩამონადენის მატებით.

2. აღნიშნული პერიოდის ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების ყოველწლიური მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა მდ.ენგური-საგ.ხაიშის კვეთში სრული ჩამონადენის ფორმირების ემპირიულ-სტატისტიკური მოდელი  $R=f(P,t)$ , რომლის კორელაციის კოეფიციენტი  $r=0.29$ , საშუალო კვადრატული გადახრა  $\sigma_R=23.5\text{მ}^3/\text{წმ}$ , ხოლო ცდომილება რეგრესიის წრფის მიმართ  $S_R=22.5\text{მ}^3/\text{წმ}$ .

მოდელის გამოცდამ არსებულ მასალებზე გვიჩვენა მინიმალური ცდომილება  $\Delta R \approx 0.3\text{მ}^3/\text{წმ}$  (0.3%), მაქსიმალური  $\Delta R \approx 58.2\text{მ}^3/\text{წმ}$  (89%), საშუალო  $\Delta R \approx 17\text{მ}^3/\text{წმ}$  (15%).

მოდელის საფუძველზე შესრულდა მდინარის სრული ჩამონადენის სავარაუდო მნიშვნელობათა შეფასება 2015 და 2100 წლებისათვის. შეფასება განხორციელდა კლიმატის ცვლილების სცენარის მიხედვით, რომლის თანახმად წყალშემკრებზე 2100 წლისათვის ჰაერის ტემპერატურამ უნდა მოიმატოს  $3^\circ\text{C}$ -ით, ხოლო ნალექთა ჯამების შემცირება უნდა მოხდეს ნორმის 5–10%-ით.

ამ შეფასებათა თანახმად 2015 წლისათვის სრული ჩამონადენის სიდიდე შემცირდება  $6.6\text{მ}^3/\text{წმ}$ -ით, რაც შეადგენს ნორმის 5%-ს და გახდება დაახლოებით  $R=112\text{მ}^3/\text{წმ}$ .

2100 წლისათვის ჩამონადენი შემცირდება  $24\text{მ}^3/\text{წმ}$ -ით (20%) და მიაღწევს  $R=94\text{მ}^3/\text{წმ}$  სიდიდეს.

3. ჩამონადენის ემპირიულ-სტატისტიკური და წყალბალანსური მოდელებით შესრულდა მყინვარული ჩამონადენის სავარაუდო სიდიდეთა შეფასება 1938–1990 წლების პერიოდისათვის. კერძოდ აღინიშნა მყინვარული ჩამონადენის კლება  $R_{\text{მყ}}=31\text{მ}^3/\text{წმ}$  (34%)–დან (1938–1939 წწ)  $R_{\text{მყ}}=15\text{მ}^3/\text{წმ}$  (11%)–მდე (1989–1990 წწ). საშუალო სიდიდე ამ პერიოდისათვის ტოლია  $R_{\text{მყ}}=19.5\text{მ}^3/\text{წმ}$  (16.5%) (1964–1965 წწ). ტრენდის გამოყენებით მყინვარული ჩამონადენის სავარაუდო მნიშვნელობამ შეადგინა:  $R_{\text{მყ}}=14.3\text{მ}^3/\text{წმ}$  (12%)–2015 წელს და  $R_{\text{მყ}}=4.6\text{მ}^3/\text{წმ}$  (4%)–2100 წელს.

4. მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობები შეფასდა, ასევე, სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული მყინვარის ზედაპირიდან მოდნობის სიდიდის ემპირიული ფორმულების საფუძველზე. ამ განსხვავებული მიდგომით შესრულებულმა შეფასებამ გვიჩვენა ხაიშის კვეთში ჩამონადენის მყინვარული კომპონენტის შემდეგი სავარაუდო მნიშვნელობები:

1965წ. –  $27.2\text{მ}^3/\text{წმ}$  ( $K_2=23\%$ ),

1990წ. –  $23.1\text{მ}^3/\text{წმ}$  (19.5%),

2015წ. –  $22.5\text{მ}^3/\text{წმ}$  (19%),

2100წ. –  $24\text{მ}^3/\text{წმ}$  (20%).

ამრიგად, ორი განსხვავებული მეთოდით მიღებული მყინვარული საზრდოობის კომპონენტის მნიშვნელობები ახლოს არიან ერთმანეთთან, რაც მიუთითებს კვლევის შედეგების საიმედოობაზე.

მომავალში მყინვარული ჩამონადენის მნიშვნელობები დაზუსტდება მოდნობის გამოსახულებაში შემავალი მყინვართა საერთო ფართობის, ფირნის ხაზის სიმაღლის, მის დონეზე ჰაერის ტემპერატურისა და მყინვართა ფორმის პარამეტრის (მაგალითად, ენის ფართის შეფარდება საერთო ფართობთან) თანამგზავრული მონაცემების საფუძველზე.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვ.ცომაია, ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე და სხვ. გამყინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა გაქრობის კლიმატური პროგნოზი გლობალური დათბობის ფონზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ.119, 2013, გვ.197-203.
2. ლ.შენგელია, გ.კორძასია, გ.თვაური, თ.დავითაშვილი, ნ.ბეგალიშვილი. კავკასიონის მყინვარებზე კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზემოქმედების შესაფასებლად დისტანციური დაკვირვების ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობები. საქ. მეცნ.ეროვნ. აკადემიის „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №4-6, 2012, გვ.24-25.
3. Сванидзе Г.Г., Цомаев В.Ш. (ред). Водные ресурсы Закавказья. Гидрометеоиздат, Л., 1988, 264с.

4. ბ.ბერიტაშვილი, ნ.კაპანაძე, მ.შვანგიერაძე. კლიმატის ცვლილების გავლენის შეფასება მდ.ენგურის ჩამონადენზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ.120, 2014, გვ.69-73.
5. პ.ჯანელიძე (რედ). მყინვარების როლის შეფასება საქართველოში მდინარეული ჩამონადენის ფორმირებაში. საქ. კლიმატის ცვლილების ეროვნული სააგენტო, თბილისი, 2000.
6. Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Цомая В.Ш. и др. Исследование подземного стока рек и оценка запасов грунтовых вод в Грузии. Труды Инст. Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета "Актуальные Проблемы Гидрометеорологии и Экологии", т.117, Тбилиси, 2011, с.46-50.
7. Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Цомая В.Ш. и др. Влияние изменение климата на сток рек в Грузии. Известия Аграрной Науки, т.9. №4, Тбилиси, 2011.
8. Владимирова Л.А. Водный баланс Большого Кавказа. Метниереба, Тбилиси, 1970, 140с.
9. Владимирова Л.А., Шакарашвили В.И., Габричидзе Г.И. Водный баланс Грузии. Метниереба, Тбилиси, 1974, 182с.
10. Владимирова Л.А., Гигинеишвили Г.Н., Джавахишвили А.И., Закарашвили Н.Н. Водный баланс Большого Кавказа и его географические закономерности. Метниереба, Тбилиси, 1991, 144с.
11. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე. თბილისი, 1999.
12. K.Tavartkiladze, N.Begalisvili, T.Tsintsadze, A.Kikava. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. Bulletin of Georgian National Academy of Sciences. Vol.6, №3, 2012, p.55-60.
13. Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р. и др. Создание сеточных массивов климатических данных высокого разрешения для территории Грузии. Метеорология и гидрология, №9, 2013.
14. ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, რ.მესხია, შ.ელიზბარაშვილი. საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში. თბილისი, გამომცემლობა „წიგნის სახელოსნო“, 2013, 128 გვ.
15. Цомая В.Ш., Бегалишвили Н.Н. Гидрометеорологические основы конденсации атмосферной влаги в толще снежного покрова. Труды Инст. Гидрометеорологии АН Грузии "Проблемы Гидрометеорологии и Экологии", т.101, 1998, с.69-92.

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

**კლიმატის ცვლილების გავლენა მდინარის ჩამონადენზე და მის მყინვარულ საზრდოობაზე (მდ. ენგური-საგ.ხაიშის მაგალითზე)/**ნ.ბეგაღიშვილი, თ.ცინცაძე, ნ.ნ.ბეგაღიშვილი, ნ.ცინცაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2016.-ტ.123.-გვ.83-96.-ქართ. რეზ: ქართ., ინგლ., რუს.

1938-1990 წლებში დაკვირვებული ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზის შედეგად შესწავლილია მდ.ენგური-საგ.ხაიშის კვეთისთვის წყალშემკრებზე ჰაერის ტემპერატურის, ნალექთა ჯამებისა და ჩამონადენის ცვლილება. აღნიშნული კვეთისთვის აგებულია სრული ჩამონადენის ემპირიულ-სტატისტიკური და წყალბალანსური მოდელები. მოდელების საფუძველზე გამოკვლეულია სრული ჩამონადენის ნალექებით ფორმირებული, მიწისქვეშა და მყინვარული კომპონენტების დინამიკა. კლიმატის ცვლილების სცენარის საფუძველზე, რომლის მიხედვით 2100 წლისათვის მოსალოდნელია წყალშემკრებზე ტემპერატურის მატება 3°C-ით და ნალექთა ჯამების შემცირება 5-10%-ით, შეფასებულია სრული ჩამონადენისა და მყინვარული მდგენელის სავარაუდო ცვლილებები.

**UDK 551.551.1, 551.575-6**

**Impact of climate change on the river runoff and its glacial component (case study for R.Inguri- village Khaishi)/** Begakishvili N. A., Tsintsadze t., Begakishvili N. N., Tsintsadze N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2016. - v.123. – pp.83-96. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

As a result of statistical analysis of hydrometeorological parameters observed in the period of 1938-1990 the variation of air temperature, precipitation sums and river runoff in the basin are studied for R.Inguri- vil. Khaishi. The empirical-statistical and water-balance models of river runoff are obtained for the given section.

The dynamics of total runoff components- formed by precipitation, underground and glacial- are investigated on the basis of models. Using the Climate Change scenario, according to which the increase of air temperature by 3°C and decrease of precipitation by 5-10% are anticipated at the watershed to 2100, the expected alteration of total river runoff and its glacial component is assessed.

**УДК 551.551.1, 551.575 -6**

**Влияние изменения климата на сток реки и его ледниковую составляющую (на примере р.Ингури-с.Хаиши)/** Бегалишвили Н. А., Цинцадзе Т.Н.,Бегалишвили Н. Н., Цинцадзе Н.Т./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2016. – т.123. – с83-96.- Груз .; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В результате статистического анализа наблюдаемых в 1938-1990 годах гидрометеорологических параметров изучены для реки Ингури-с.Хаиши изменения на водосборе температуры воздуха, сумм осадков и стока реки. Для указанного створа получены эмпирию-статистические и воднобалансовые модели стока реки. На основе моделей исследована динамика компонентов полного стока-сформированная осадками, подземная и ледниковая составляющие. Используя сценарий изменения климата, согласно которому к 2100 году ожидается на водосборе рост температуры воздуха на 3°C и уменьшение сумм осадков на 5-10%, выполнена оценка возможного изменения полного стока реки и его ледниковой составляющей.



## საერვეი

1	სურმავა ა., ინწკირველი ლ., გიგაური ნ. საქართველოს ატმოსფეროში გაფრქვეული და მდინარეში ჩაღვრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების რიცხვითი მოდელების შექმნა...	4
2	მელაძე გ.გ., მელაძე მ.გ. გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით სხვადასხვა ტიპის გვალვების განმეორადობა და მათი აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზირება (დედოფლისწყაროს მაგალითზე).....	10
3	სამუკაშვილი რ., ვაჩნაძე ჯ., დიასამიძე ც. ქარბუქი კახეთში.....	15
4	თავართქილაძე კ. ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე.....	17
5	ფიფია მ. ბეგლარაშვილი ნ. სეტყვიანობის მრავალწლიური ცვლილება აღმოსავლეთ საქართველოში.....	30
6	ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., სისარულიძე ა., შვანგირაძე მ. კლიმატის ცვლილებასთან ქალაქ თბილისის ადაპტირების აქტუალური საკითხები.....	39
7	ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ზოტიკიშვილი ნ., შალამბერიძე თ, ქარის რეჟიმის შესწავლა ბოლო 50 წლის განმავლობაში, ქუთაისის რეგიონისთვის, სტატისტიკური მდგრადობის პარამეტრების გამოყენებით.....	44
8	გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ. ა. ბეგალიშვილი ნ. ნ. ღრუბლების ანსამბლისა და ფიონების რიცხვითი მოდელირება.....	50
9	სამუკაშვილი რ., ვაჩნაძე ჯ., დიასამიძე ც. კოსმოსში და მზეზე მიმდინარე მოვლენების კავშირი ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებთან.....	56
10	ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ერისთავი დ. გეოინჟინერიის თანამედროვე პრობლემები კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით.....	59
11	სალუქვაძე მ., გორგიჯანიძე ს., კობახიძე ნ. აჭარის მთიანი რაიონების ზვავსაშიშროება.....	64
12	გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., ალავერდაშვილი მ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ. კლიმატის გლობალური დათბობის გავლენა მდინარე ვერეს თვის საშაულო და სეზონური წყლის ხარჯების ცვალებადობაზე.....	68
13	ბასილაშვილი ც. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყალმცირობის ჩამონადენის შეფასება.....	72
14	შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., ცომაია ვ., ძაძამია მ. თანამგზავრული მონაცემებით მთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრა გეფერის მეთოდის გამოყენებით.....	77
15	ბეგალიშვილი ნ., ცინცაძე თ., ბეგალიშვილი ნ.ნ., ცინცაძე ნ. კლიმატის ცვლილების გავლენა მდინარის ჩამონადენზე და მის მყინვარულ საზრდობაზე (მდ. ენგური-საგ.ხაიშის მაგალითზე).....	83

1	Meladze G.G., Meladze M.G. Elaboration of the mathematical model of transfer and diffusion of a pollution substance emitted in the atmosphere and river.....	4
2	A. Surmava, L. Intskirveli., N.Giga RECURRENCE OF DIFFERENT TYPES OF DROUGHTS IN CONNECTION TO GLOBAL WARMING AND THEIR AGRO-METEOROLOGICAL FORECAST (ON THE EXAMPLE OF DEDOPLISTSKARO).....	10
3	R.Samukashvili, J.Vachnadze, Ts.Diasamidze Snowstorm in Kakheti.....	15
4	K.Tavartkiladze Climate change impact on the atmospheric precipitation regime.....	17
5	M.Pipia N. Beglarashvili Long-term change of the hailfall in eastern Georgia.....	30
6	Beritashvili B., Kapanadze N., Sikharulidze A., Shvangiradze M. Urgent problems of adaptation to climate change of the city of Tbilisi.....	39
7	Z.Khvedelidze, I.Samkharadze, N.Zotikishvili, T.Shalamberidze Study of Wind Regime for Kutaisi region over the past 50 years, by using the parameters of statistical stability.....	44
8	Geladze G. Sh., Begakishvili N. A., Begakishvili N. N. Numerical simulation of clouds ansamble and Foehns.....	50
9	R.Samukashvili, J.Vachnadze, Ts.Diasamidze Space and sun on developments in relation to hydrometeorological processes. ....	56
10	Beritashvili B., Kapanadze N., Eristavi D. . Modern problems of geoengineering related with climate change .....	59
11	M. Saluqvadze, S. Gorgidjanidze, N. Kobakhidze AVALANCHE HAZARD ON THE ADJARA NOUNTAINOUS DISTRICTS.....	64
12	Grigolia G., Kereselidze D., Alaverdashvili M., Trapaidze V., Bregvadze G EFFECT OF GLOBAL CLIMATE WARMING ON VARIABILITY OF MONTHLY AVERAGE AND SEASONAL WATER DISCHARGE OF VERE RIVER.....	68
13	Basilashvili Ts. ESTIMATION OF THE MINIMUM STREAM FLOW FOR THE RIVER ALAZANI AND ITS AFFLUENTS.....	72
14	L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, V. Tsomaia, M. Determination of the firm line elevation of mountain glaciers based on satellite remote sensing data Dzadzamia.....	77
15	Begakishvili N. A., Tsintsadze t., Begakishvili N. N., Tsintsadze N. Impact of climate change on the river runoff and its glacial component (case study for R.Inguri-village Khaishi).....	83

1	А. Сурмава, Л. Инцкирвели, Н.Гигаури Разработка численных моделей распространения загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу и сброшенного в реку.....	4
2	Меладзе Г.Г., Меладзе М.Г ПОВТОРЯЕМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗАСУХ И ИХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ ДЕДОПЛИСЦКАРО).....	10
3	Р. Самукашвили, Дж. Вачнадзе, Ц.Диасамидзе Метель в Кахетии.....	15
4	К.Таварткиладзе Оценка влияния изменения климата на режиме атмосферных осадков.....	17
5	М.Г. Пипиа Н.Г. Бегларашвили Многолетняя изменение градобития в Восточной Грузии.....	30
6	БериташвилиБ. Ш., КапанадзеН. И., Сихарулидзе А. Д., Швангирадзе М. Я. Актуальные вопросы адаптирования к изменению климата города Тбилиси.....	39
7	Хведелидзе З., Самхарадзе И., Зотикишвили Н., Шаламберидзе Т. ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМА ВЕТРА ДЛЯ КУТАЙССКОГО РЕГИОНА В ТЕЧЕНИИ ПОСЛЕДНИХ 50 ЛЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ.....	44
8	Геладзе Г. Ш., Бегалишвили Н. А., Бегалишвили Н. Н. Численное моделирование облачного ансамбля и фёнов.....	50
9	Р. Самукашвили, Дж. Вачнадзе, Ц.Диасамидзе Связи с гидрометеорологическими процессами и событиями в космосе и на Солнце.....	56
10	БериташвилиБ. Ш., КапанадзеН. И., ЭриставиД. В. Современные проблемы геоинженерии, связанные с изменением климата.....	59
11	М. Салуквадзе, С.Горгиджанидзе, Н. Кобахидзе ЛАВИНООПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАЙОНОВ АДЖАРИИ.....	64
12	Григолия Г., Кереселидзе Д., Алавердашвили М., Трапаидзе В., Врегвадзе Г., ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕМЕСЯЧНОГО И СЕЗОННОГО РАСХОДА ВОДЫ РЕКИ ВЕРЕ.....	68
13	Басилашвили Ц.З. ОЦЕНКА МИНИМАЛЬНОГО СТОКА Р. АЛАЗАНИ И ЕЁ ПРИТОКОВ.....	72
14	Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури, В.Ш. Цомая По данным спутникового дистанционного зондирования определение фирновой линии горных ледников с использованием метода Гефера.....	77
15	Бегалишвили Н. А., Цинцадзе Т.Н.,Бегалишвили Н. Н., Цинцадзе Н.Т. Влияние изменения климата на сток реки и его ледниковую составляющую (на примере р.Ингури-с.Хаиши).....	83