

**რელიეფის გავლენის ზომიერითი მახასიათებლის შესწავლა ლოკალური აბსოლუტური
პროცესების დინამიკაზე**

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

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, სტუ, თბილისი, საქართველო
inga.samkharadze562@ens.tsu.edu.ge

ანოტაცია. წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატურად მკვეთრად განსხვავებული „ქვაბურების“ თავისებურებანი. თეორიული მიდგომითა და მოდელური გათვლებით მიღებულია თითოეული ლოკალური რეგიონისათვის ჰაერის ნაკადის ვერტიკალური სიჩქარისა და რელიეფის გავლენის პარამეტრების მნიშვნელობები. ეს სიდიდეები საშუალებას იძლევა შევასწავლოთ მათი როლი ადგილობრივ კლიმატის ცვლილებასთან.

საკვანძო სიტყვები: ოროგრაფიული პარამეტრები, რელიეფის გავლენა, კლიმატის ცვლილება, ვერტიკალური სიჩქარე.

შესავალი

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში დედამიწაზე გახშირდა ძლიერი მეტეოროლოგიური პროცესები, რაც ძირითადად დაკავშირებულია გლობალური კლიმატის ცვლილებასთან. სამწუხაროდ საქართველოშიც მნიშვნელოვნად მოიმატა ექსტრემალური მეტეოროლოგიური პროცესების სიხშირემ. სხვა მნიშვნელოვან გამოძვევებში მიზეზს შორის საქართველოს რეგიონის არაერთგვაროვანი რელიეფი არის ერთერთი ინდიკატორი, რომელიც განსაზღვრავს სწორედ გახშირებული მეტეოროლოგიური პროცესების სიძლიერეს და ხანგრძლივობას. ამიტომ ასეთი ექსტრემალური პროცესები უმეტეს შემთხვევაში ლოკალური ხასიათისაა. ასეთი პროცესების საპროგნოზო მეთოდოლოგიის შემუშავება პირდაპირ კავშირშია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული კლიმატური თავისებურებების შესწავლასთან. უწყვეტი ოპერატიული მონაცემებით დასაბუთებულია, რომ ზოგიერთი ლოკალური რეგიონის ჰავა მკვეთრად განსხვავდება გარემომცველი მიდამოს კლიმატისაგან. ეს გარემოება ძირითადად რელიეფის ფორმას და მისგან გამოწვეულ დინამიკურ პროცესებს უკავშირდება. აქედან გამომდინარე, რელიეფის გავლენის პარამეტრების განსაზღვრა და მათი ანალიზი მეტად აქტუალური და მნიშვნელოვანია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებულ „ქვაბურებში“ [1,2]. ასეთი მიკროცირკულაციური პროცესების დასაბუთებისათვის წარმოდგენილ ნაშრომში გამოყენებულია ჰიდროდინამიკური მიდგომა.

თუ დედამიწის რელიეფი აღიწერება განტოლებით $z = Z(x, y)$, მაშინ ჰაერის ნაკადის ვერტიკალური სიჩქარე w , აკმაყოფილებს შემდეგ დამოკიდებულებას [1,2,3]:

$$w(x, y, z, t) = U(x, y, z, t) \frac{\partial z}{\partial x} + V(x, y, z, t) \frac{\partial z}{\partial y} \quad (1),$$

სადაც U და V ქარის სიჩქარის კომპონენტებია u_x და u_y საკოორდინატო ღერძების მიმართ, უწყვეტობის განტოლების ინტეგრირებით $z = Z(x, y)$ ზედაპირიდან ∞ – მდე, იმ პირობით, რომ $(\rho w)_{z=\infty} = 0$, სადაც ρ ჰაერის სიმკვრივეა, მიღებულია უწყვეტობის განტოლება შემდეგი სახით [4-7]:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{1}{\eta^2} (\eta, \varphi) \quad (2),$$

სადაც $\eta = \frac{\partial z}{\partial x}$ არის დროზე დამოუკიდებელი, რელიეფის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრი; φ – წნევის მნიშვნელობა მთის წვერზე; P_0 სტანდარტული წნევა ზღვის დონეზე. რელიეფის გავლენა გაითვალისწინება პარამეტრებით [3]:

$$a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}; \quad b = \frac{\partial \ln \eta}{\partial y} \quad (3)$$

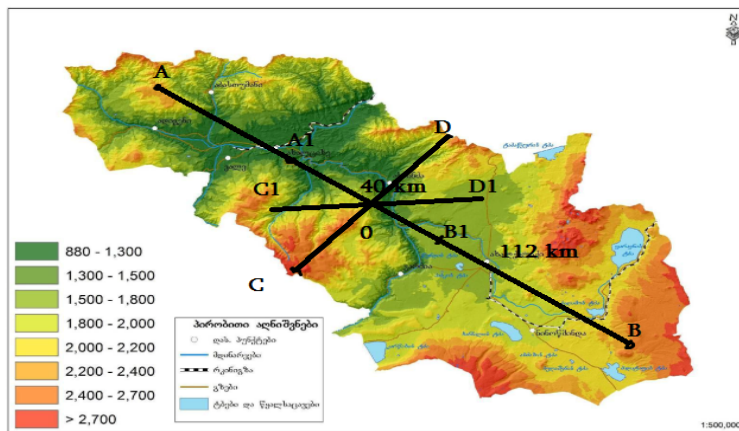
ქარის ვერტიკალური სიჩქარე კი განისაზღვრება ოროგრაფიული იაკობიანით ($P, \ln \theta$) [1-4]:

$$W_{\eta} = \frac{1}{\rho \eta} (p, \ln \eta) H = \frac{1}{\rho \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial x} b - \frac{\partial p}{\partial y} a \right) H \quad (4),$$

ამ სიდიდეების a, b, W_{η} შეფასება კონკრეტული ლოკალური რეგიონისათვის, წარმოადგენს კვლევის ერთ-ერთ ძირითად მიზანს.

მოდელური მიდგომა და გათვლები

თავდაპირველად შევაფასეთ ოროგრაფიული პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები ზემოთ აღწერილი დინამიკური მიდგომით ახალციხის ქვაბურისათვის. ახალციხის შიდა ქვაბურის საშუალო სიმაღლე $H = 1000$ მ, სიგრძე პარალელისა და მერიდიანის გასწვრივ შესაბამისად $\Delta x = 50$ კმ, $\Delta y = 50$ კმ, აღნიშნული მიმართულებით საწყის და ბოლო წერტილებში ატმოსფერული წნევის შესაბამისი რიცხვითი მნიშვნელობებია $P(დ)=980$ მბ, $P(აღ)=850$ მბ, $P(ჩრ)=820$ მბ, $P(სამ)=879$ მბ.



ნახ.1. ახალციხის ვიზიკურ-გეოგრაფიული რუკა.

ვისარგებლებთ a, b და W_{η} პარამეტრების უკვე შემოთავაზებული საანგარიშო ფორმულებით.

A,B,C,D წერტილებში არსებული წნევის მნიშვნელობების მიხედვით ვერტიკალური სიჩქარე გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$W_{\eta} = \frac{1}{\rho \eta} (P \ln \eta) H = \frac{1}{\rho \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \frac{\partial \ln \eta}{\partial y} - \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\partial \ln \eta}{\partial x} \right) H = \frac{1}{\rho \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial x} b - \frac{\partial p}{\partial y} a \right) H = \frac{1}{\rho \eta} \left(\frac{P_A - P_B}{\Delta x} b - \frac{P_C - P_D}{\Delta y} a \right) H$$

$$\text{სადაც } a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}, \quad b = \frac{\partial \ln \eta}{\partial y},$$

$$\text{სადაც } a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}, \quad b = \frac{\partial \ln \eta}{\partial y},$$

$$\Delta x = l_{AB} = 112 \text{ კმ,}$$

$$\Delta y = l_{CD} = 40 \text{ კმ,}$$

$$\Delta x_1 = l_{A_1B_1} = 40 \text{ კმ,}$$

$$a = \frac{(\ln \eta)_A - (\ln \eta)_B}{\Delta x} = \frac{\ln(p_A) - \ln(p_B)}{\Delta x}$$

$$b = \frac{(\ln \eta)_C - (\ln \eta)_D}{\Delta y} = \frac{\ln(p_C) - \ln(p_D)}{\Delta y}$$

ანალოგიურად გამოითვლება რელიეფის ამსახველი პარამეტრების მნიშვნელობები სხვა მოცემულ წერტილებში. ჩატარებული გათვლების შედეგად მივიღებთ: $a = -0,028 \cdot 10^{-4}$ 1/მ; $b = -0,03 \cdot 10^{-4}$ 1/მ; $a = 0,9$ მ. $W_{\eta} = -7,4$ სმ/წმ. W_{η} -ს უარყოფითი მნიშვნელობა მიუთითებს მასზე, რომ ქვაბურში რა

მიმართულებიდანაც არ უნდა შემოედინებოდეს ჰაერის მასა გვაქვს ამ ნაკადის არა აღმასვლა, არამედ ქვედინება ქვაბურის სიღრმისადმი. ჰაერის ნაკადის ვერტიკალური სიჩქარისა რელიეფის ამსახველი პარამეტრების მიღებული მნიშვნელობები ცხადყოფს, რომ ქვაბურში განვითარებული მიკროცირკულაციური პროცესები მართლაც უნიკალურია - ოროგრაფიის გავლენა პარალელსა და მერიდიანის მიმართულებით თითქმის ერთნაირია და აქვს საპირისპირო ნიშნები. ბუნებრივია, ჰაერის ნაკადის ასეთი დინამიკა სერიოზულ გავლენას მოახდენს ლოკალური ამინდის ჩამოყალიბებაზე.

ანალოგიურად გამოვთვალოთ, ჰაერის ნაკადის ვერტიკალური სიჩქარისა და ოროგრაფიის გავლენის მითითებული პარამეტრები მესტიის „ქვაბურისთვის“. სიმარტივისთვის მივიღეთ, რომ „ქვაბურს“ უჭირავს (50×50) კმ² ფართობი. გამოთვლების შედეგად რელიეფის ამსახველი პარამეტრებისთვის მივიღეთ - $a = 7,2 \cdot 10^{-4}$ 1/მ; $b = 10^{-4}$ 1/მ; $a = 7,2b$, ხოლო ოროგრაფიული ვერტიკალური სიჩქარისათვის - $W_k = 10$ სმ/წმ. მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ „ქვაბურის“ მიწისპირა ფენაში ქარი უმეტესად ქრის დასავლეთიდან პარალელის მიმართულებით მთავარი მთაგრეხილის გასწვრივ. მცირე ვერტიკალური სიჩქარის გამო ამ მთებზე მასათა გადადინება ვერ ხორციელდება. ჰაერის ნაკადი ტაფობში რჩება საკმარისად ხანგრძლივი დროით. ამითაა სწორედ განპირობებული სვანეთის კლიმატური თავისებურება - ცივი ზამთარი და ხანგრძლივი გრილი ზაფხული. მოყვანილი მსჯელობიდან ნათელია, რომ მიღებული შედეგი ასაბუთებს იმ კლიმატურ განსაკუთრებულობას, რომელიც რეალურად დაიკვირვება „ქვაბურში“.

ანალოგიური გათვლები ჩავატარეთ ჭიათურის „ქვაბურისთვის“, უპირველეს ყოვლისა, განვსაზღვრეთ ატმოსფერული წნევის სიდიდე მიკროტერიტორიაზე ოთხ წერტილში და ამ წერტილებს შორის მანძილი. აღნიშნული წერტილები ავიღეთ შემდეგ ლოკაციებზე: მდინარე ყვირილას მარჯვნივ - თაბაგრევი, მარცხნივ შუქრუთი, სამხრეთით - კაცხი, ჩრდილოეთით საჩხერე და ამავე დროს განვსაზღვრეთ მოცემულ ლოკაციებს შორის პირდაპირი მანძილი. ქვაბურის სიგრძე ხეობის გასწვრივ დაახლოებით $\Delta x = 30$ კმ-ია, მდინარის დინების მართობული მიმართულებით $\Delta y = 4$ კმ. მიწისპირა ფენის სიმაღლე 1000 მ. თუ მივიღებთ, რომ სოფ. რგანის სიმაღლეა 960 მ, პერევისა - 900 მ, კაცხი - 730 მ, საჩხერე - 455 მ. შესაბამისად წნევის მნიშვნელობები აღნიშნულ ლოკაციებზე იქნება - $P_{რგანი} = 904$ მბ, $P_{პერევი} = 900$ მბ, $P_{კაცხი} = 954,5$ მბ, $P_{საჩხერე} = 927$ მბ. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით მიკროცირკულაციური პროცესების გამსაზღვრელი პარამეტრების მნიშვნელობებისათვის მივიღეთ [1,4]: $a = 3 \cdot 10^{-6}$ 1/მ, $b = -1,75 \cdot 10^{-6}$ 1/მ, $W_k = 6$ მმ/წმ, $a = -1,1b$. ეს მონაცემები იძლევა იმის საფუძველს, რომ აიხსნას ჭიათურის ქვაბურში ჰაერის არსებული მიკროცირკულაციური რეჟიმი. მართლაც დაკვირვებით ჩანს, რომ ქარი უმეტეს შემთხვევაში ქრის დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ (ან პირიქით) მდინარე ყვირილას ხეობის გასწვრივ $a > b$. ვერტიკალური სიჩქარის მინიმალური მნიშვნელობა და შესაბამისად ჰაერის ცირკულაციური ჩახვეულობა ნაკადს ქვაბურში აბრუნებს. ჰაერის ნაკადის ასეთი დინამიკით აიხსნება ის გარემოება, რომ ზაფხულობით ქალაქში ტემპერატურა გაცილებით მაღალია, ვიდრე ქალაქის გარშემო. ზამთრის პერიოდში კი ქვაბურში მცირე თოვლი მოდის, ხოლო ფერდობებზე თოვლის სიმაღლე ასეული სანტიმეტრია.

დასკვნა

წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ზოგიერთი „ქვაბურის“ კლიმატური თავისებურებანი და შესაბამისად დასაბუთებულია მათი როლი ადგილობრივ კლიმატის ცვლილებასთან კავშირში. აღნიშნული ცვლილებების შესასწავლად მოყვანილია რამდენიმე თეორიული და მოდელური მიდგომა საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული სამი „ქვაბურისათვის“, რომელთა კლიმატური პარამეტრები მნიშვნელოვნად განსხვავდება „ქვაბურის“ გარშემო ტერიტორიაზე არსებული კლიმატისაგან. შემოთავაზებული და მათემატიკურად დადასტურებული პროცედურა უზრუნველყოფს, რომ დაზუსტდეს ლოკალურ მიდამოზე ტურბულენტურ გარემოში ქარის რეჟიმის დინამიკა და სხვა კლიმატური პარამეტრების ცვლილებები.

ლიტერატურა

- [1] ხვედელიძე ზ., ტატიშვილი მ., სამხარაძე ი., ზოტიკიშვილი ნ. საქართველოს ცალკეულ რეგიონებისათვის ლოკალური ოროგრაფიის როლის შეფასება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ჰაერის ტურბულენტური ნაკადის დინამიკაში. // სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული, ტ.133, 2023, გვ. 112-116.
- [2] Khvedelidze Z., Samkharadze I., Tatishvili M., Zotikishvili N. Dynamics of microcirculation movement of air flow and climatic peculiarities in Samegrelo-Zemo Svaneti region. // Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU, vol.129, 2020, pp. 113-115.
- [3] ხვედელიძე ზ. რეგიონალური მიკროცირკულაციური ატმოსფერული პროცესების დინამიკა მთა-გორიან ტერიტორიაზე. // მონოგრაფია. ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის გამომცემლობა, თბილისი, 2018 წ., გვ.101.
- [4] ხვედელიძე ზ. ჯანეზაშვილი დ. რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით, ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში. // ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი „ფიზიკა“ (<http://ges.interneacademy.org.ge/physic/>), 2013 წ., გვ. 65-76.
- [5] ხვედელიძე ზ., ზოტიკიშვილი ნ. ქარისა და დედამიწის ლოკალური რელიეფის ურთიერთქმედების, ზოგიერთი თავისებურებების მოდელური გათვლები საქართველოს ტერიტორიაზე. // ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი „ფიზიკა“ (<http://ges.interneacademy.org.ge/physic/>), 2016 წ., გვ. 63-72
- [6] ხვედელიძე ზ. , ჩიტალაძე ა. საქართველოს რეგიონის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სითბური რეჟიმის ბუნება. // „მეცნიერება და ტექნიკა, № 10-12, 1999 წ., გვ. 52-55.
- [7] ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ტატიშვილი მ., ზოტიკიშვილი ნ. ჰაერის ნაკადის მიკროცირკულაციური მოძრაობის დინამიკა და კლიმატური თავისებურებანი სამეგრელო-სვანეთის რეგიონზე. // სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული, „ჰიდრომეტეოროლოგია და ეკოლოგიის პრობლემები“ თბილისი. ტ.129, 2020, გვ. 114-116.

STUDY OF TERRAIN INFLUENTIAL PARAMETERS ON THE DYNAMICS OF LOCAL ATMOSPHERIC PROCESSES

Khvedelidze Z., Tatishvili M., Samkharadze I., Zotikishvili N., Nebieridze N.

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia inga.samkharadze562@ens.tsu.edu.ge

Abstract. The presented paper discusses the peculiarities of climatically diverse "caverns" in the territory of Georgia. The air flow vertical speed values and terrain influence parameters for each local region have been obtained by theoretical approach and model calculations. These quantities allow us to assess their role in local climate change.

Key words: Orographic parameters, terrain influence, climate change, vertical velocity.