

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

უაკ. 551.513.511.509

**ანთროპოგენური ფაქტორის როლის მოდელური შეფასების მეთოდიკა დედამიწის ზედაპირის მოსილობაზე**

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

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

[zurab.khvedelidze@tsu.ge](mailto:zurab.khvedelidze@tsu.ge)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

სადაც  $l = 1,4 \frac{10^{-4}}{m^2}$ ;  $\rho = 1.3 \text{ კგ/მ}^3$ ,

სადგურების განლაგების სქემა ასეთია:

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

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

$$f_{\text{ახალი პერიოდი}} = f_{\text{ძველი პერიოდი}} + \Delta f \quad (2)$$

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

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

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

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

მაგ. ტემპერატურისათვის:

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

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

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

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

გვეცოდინება რა  $\Delta f$  სიდიდე შეიძლება განხორციელდეს პროგნოზული მიდგომა

$$f_{ათოგ} = f_{ათოგ,შედეგ} \pm \Delta f_{ათოგ} \quad (5)$$

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

### დასკვნა.

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

### ლიტერატურა - REFERENCES

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

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

**UDC: 551.513.511.509**

**The method of model assessment of the role of anthropogenic factor on the surface area of the earth /Zurab Khvedelidze, Marika Tatishvili, Inga Samkharadze, Nanuli Zotikishvili/ Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. - pp.19-22. - Georg., Summ. Georg., Eng.** It is especially important to assess the climate change in the area of the local relief in the long-term anthropogenic impact. Such artificial intervention is carried out on various types of (automobile or railway) truss and power plant construction, as well as on open pit works. Clearly, this anthropogenic intervention will affect the local climate and ultimately manifest itself in microclimate and weather changes. The micro-orographic influence has a relatively quick impact on climate change, so the assessment of this problem is very practical, necessary and relevant.

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