

UDC 517.51

ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ჰაერის ტურბულენტური ნაკადის დინამიკის შესწავლა მიკრორელიეფის ცვლილებისას

ხვედელიძე ზ., ზოტიკიშვილი ნ.

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თსუ უნივერსიტეტი, ფიზ-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი; ტ. 260 65 24, E-mail: zurab.khvedelidze@tsu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, კოსტავას 77. წამყვანი ინჟინერი; ტ. 232 59 95, E-mail: nanu.zoti19@gmail.com

ანოტაცია

ნაშრომში მოყვანილია განსაკუთრებული რელიეფის მქონე რეგიონებში, თეორიული და მოდელური მიდგომა ლოკალური მოვლენების შესწავლის მიზნით. ამოცანის დასმის შესაბამისად, გადმოცემულია აღნიშნული მიდგომის მათემატიკური საფუძვლები, სანიმუშო მაგალითები და გათვლები. შემოთავაზებული პროცედურა უზრუნველყოფს, რომ გარკვეული და დაზუსტებული იქნას, საინტერესო ლოკალურ მიდამოზე ტურბულენტურ გარემოში ქარის რეჟიმის დინამიკა და კლიმატური ცვლილებები. მითითებული პრაქტიკული ღონისძიებები მომავალ მეტეოროლოგებს და კლიმატოლოგებს დაეხმარება სასურველი ფიზიკური ამოცანის დადებითად გადაწყვეტაში.

შესავალი

ფიზიკა-მათემატიკური მეცნიერების და გამოთვლითი ტექნიკის უდიდესი მიღწევების საფუძველზე, შესაძლებელი ხდება მრავალი ისეთი ჰიდრომეტეოროლოგიური პრობლემის ზუსტი ან მიახლოებითი გადაწყვეტა, რომლებსაც დიდი თეორიული და პრაქტიკულ-გამოყენებითი ღირებულება აქვს. პირველ რიგში, ასეთ პროცესებს მიეკუთვნება სხვადასხვა წარმოშობის ჰაერის ნაკადის ცირკულაციური მოვლენები, რომლებიც ჩაისახება და ვითარდება განსაკუთრებული ფიზიკური ოროგრაფიის ტერიტორიაზე ან გამოწვეულია ანტროპოგენური ზემოქმედებით. ლოკალურ რეგიონზე განვითარებული მოვლენები არსებით ზემოქმედებას ახდენს მიდამოს ზოგად კლიმატურ თავისებურებებზე და ყოველდღიურ ამინდზე. აქედან გამომდინარე, აღნიშნულ ტერიტორიაზე განვითარებული ატმოსფერული პროცესების შესწავლა თეორიული და მოდელური მიდგომით მოგვცემს შედეგებს, რომლებიც დაასაბუთებენ რეგიონის კლიმატურ თავისებურებებს და ახსნის ამინდის განსაკუთრებულობას. ამოცანის დასმის მიზნით, წარმოდგენილ ნაშრომში მოყვანილია განსაკუთრებული რელიეფის ლოკალურ ტერიტორიაზე განვითარებული, მრავალსახა ატმოსფერული პროცესების შესწავლის რამდენიმე მიდგომა. ამრიგად, ამოცანის ასე დასმა არის და იქნება აქტუალური, როგორც მეცნიერულად ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობით.

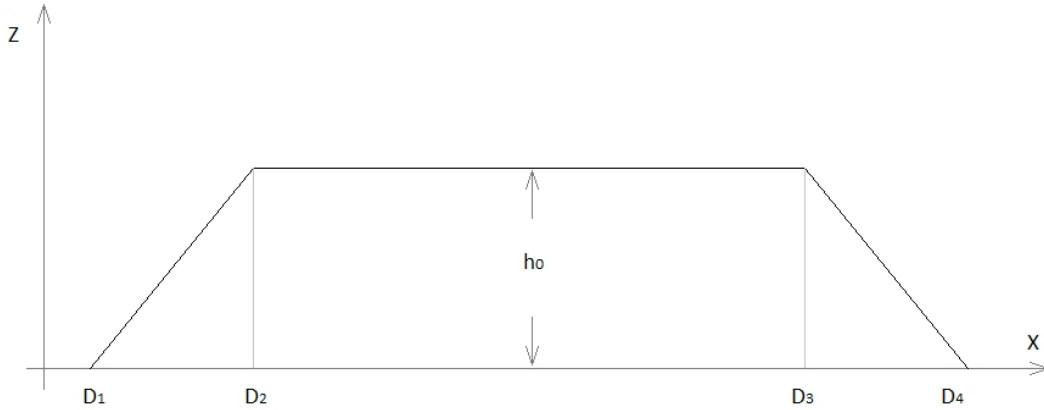
პრაქტიკული აუცილებლობა

გასული საუკუნის ბოლო წლებში მსოფლიო მეცნიერების მიერ „საუკუნის პრობლემად აღიარებულ შვიდ მიმართულებას“ შორის კლიმატის ცვლილება ერთ-ერთ მთავარ პრობლემად დასახელდა და ასეა დღესაც. დედამიწის კლიმატის თანამედროვე მდგომარეობა და ცვლილების ტენდენცია საფრთხეს უქმნის, როგორც ბუნებას ასევე კაცობრიობის არსებობას. უკვე გარკვეულია, რომ ჰაერის ტემპერატურის გლობალური ზრდის მოსალოდნელი საშუალო სიჩქარე ($0.2^{\circ} - 0.8^{\circ}$) ცელსიუს გრადუსით, აღემატება კლიმატური ქვესისტემების შეგუების უნარს. აქედან გამომდინარე, საზოგადოების წინაშე დგება მთელი რიგი საშიში კატასტროფული მოვლენების წარმოშობისა და შემდგომი განვითარების მოწესრიგების აუცილებლობა. გლობალური კლიმატური თავისებურებანი კი განაპირობებს რეგიონალური კლიმატის ცვლილების შესწავლის აუცილებლობას. დგება საკითხი, გამოკვლეულ იქნას ცალკეული რეგიონების ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები: ოროგრაფიული მახასიათებლების, რადიაციული ბალანსის და ანტროპოგენური მდგომარეობის ცვლილება. ცალკეულ რეგიონებზე, ამა თუ იმ მიზნით ტექნიკურ-სამრეწველო სამუშაოების განხორციელება, ძალაუვნებურად იწვევს რელიეფის რღვევას და კლიმატური თავისებურებების საგრძნობლად შეცვლას. ნებისმიერი ანტროპოგენური ჩარევა ლოკალურ ტერიტორიაზე, პირველ რიგში გამოიწვევს რელიეფის სახის გარდაქმნას. ეს კი თავისთავად გამოიწვევს კლიმატური პარამეტრების შეცვლას და ამინდის პირობებზე ზემოქმედებას. ამრიგად აუცილებელია, გამოკვლეული და ახსნილ-დასაბუთებული იქნას სხვადასხვა სამშენებლო ტრასაზე ქარის სიჩქარის, ჰაერის ნაკადის ტურბულენტობის და კლიმატური პარამეტრების ცვლილების ხასიათი, რადიაციული რეჟიმი და გარემოს დაჭუჭყიანება შეფასდეს დროის სხვადასხვა ინტერვალისთვის.

აღნიშნული სახის ქმედებები მიმდინარეობდა და ახლაც გრძელდება ამიერკავკასიის, კერძოდ კი საქართველოს ტერიტორიაზე. საკმარისია დავასახელოთ ტრანსკავკასიის გზა, ღია კარიერული სამუშაოები ჭიათურის, კასპის რაიონის მიდამოებში და სხვადასხვა რეგიონში წარმოებული ჰესების მშენებლობა. ასეთი სამუშაოების შესრულებისას დღის წესრიგში დგება, პირველ რიგში, ატმოსფერული ჰაერის ტურბულენტური ნაკადის დინამიკური ცვლილების შესწავლა უპირველესად მიწისპირა ფენაში. ცნობილია, რომ მთა-გორიან მიდამოზე წარმოიქმნება ოროგრაფიული დამატებითი ტურბულენტური დინება და რხევითი ხასიათის რეგულარული შემფოთებები [1,2,3,4,5,9]. დედამიწის ზედაპირის მიკრორელიეფის ცვლილება, მცირე მასშტაბურიც კი, იწვევს ჰაერის ნაკადის ლოკალურ ცირკულაციას. ნათელი ხდება თუ რა გავლენას გამოიწვევს, ისეთი რელიეფური ცვლილებები, რომლებიც უკვე მითითებული იყო. აუცილებელია ამ რეგიონებზე, რაც შეიძლება მოკლე დროში, გაანალიზებული იქნას მეტეოროლოგიური პარამეტრების სივრცულ-დროითი ცვლილების მიმდინარე რეჟიმი.

თეორიული საფუძველი

ამოცანის დიდი სირთულის გამო, სასურველი შედეგის მისაღწევად, განვითარებულია მიახლოებითი გამოთვლები. ერთ-ერთი შედარებით მარტივი საშუალება არის „ტეხილის“ მეთოდი, ე.წ. ინტერპოლაციური მოდელის აგება, ქარის სიჩქარისა U მდგენელსა და ტურბულენტობის K კოეფიციენტის ვერტიკალურ მდგენელს შორის. მცირე ზომის მთა-რელიეფი მოიცემა $h(x)$ ფუნქციის სახით ისე, რომ $h(x)=0$, როცა $x \leq D_1$ და $x \geq D_4$ (იხ. ნახაზი 1.), როცა $D_2 \leq x \leq D_3$ მაშინ $h(x)=h_0$.



ნახაზი 1. მოდელში გამოყენებული მთა-რელიეფის ფორმა.

$$h(x) = \left\{ h_0 \left[1 - \left(\frac{x-d_2}{d_2-d_1} \right)^2 \right]^2 \right\}, \text{ როცა } D_1 \geq x < D_2 ;$$

$$h(x) = h_0 \left[1 - \left(\frac{x-d_3}{d_4-d_3} \right)^2 \right]^2, \text{ როცა } D_3 \leq x < D_4 .$$

მიღებულია, რომ მთის მიმართ ქარის შემხვედრ ნაკადში სრულდება პირობა [1,4,13]

$$U = U_1 \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}}$$

$$K_z = \gamma + K_1 \frac{z}{z_1}, \text{ როცა } z \leq h$$

$$K_z = \gamma + K_1 \frac{h}{z_1}, \text{ როცა } z > h.$$

ქარის სიჩქარე შეიძლება მოიცემოდეს ლოგარითმული კანონით [1,12]

$$U = U_1(x) \frac{\ln \frac{z-h(x)}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}}, \quad (1)$$

სადაც $U_1(x)$ არის ქარის სიჩქარე $z = z_1$ სიმაღლეზე. რელიეფის განმსაზღვრელი (იხ. ნახაზი 1.) წრფეები შესაბამისად დახრილი და სწორი ზედაპირებია. ეს ზედაპირები გამოისახებიან სიჩქარეთა შეფარდებით, რომელიც მიკრომეტრული მონაცემებით ფასდება ერთი მეტრი სიმაღლისათვის. მთის შემხვედრი ნაკადის ზედა ნაწილში შეიძლება დავუშვათ, რომ $U_1(x) = U_1^0(1 + \alpha_1)$, ხოლო მეორე მხარეს $U_1(x) = U_1^0(1 + \alpha_2)$. პრაქტიკული ექსპერიმენტებიდან მიღებულია, რომ $\alpha_2 = 0,2 - 0,4$, $\alpha_2 = 0,2 - 0,6$. k_z – ის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია მისი პროპორციული დამოკიდებულება ქარის სიჩქარის ცვლილებასთან, რაც მოცემულია შემდეგი სახით $k_z = \mu + \alpha_1 \cdot U_x(x)[z - h(x)]$, აქ $\alpha_1 = \frac{k_1^0}{U_1^0}$. k_1^0 არის k_1 -ის ის მნიშვნელობა, რომელიც მას აქვს ტერიტორიის სწორ ზედაპირზე. $h(x) = h_0$, როცა $D_2 \leq x \leq D_3$; $h(x) = 0$, როცა $x \leq D_1$ და $x \geq D_4$. ამ ფორმულებში U_1 იქნება ქარის სიჩქარე საწყის პუნქტში – რელიეფის დასაწყისში. z_0 არის დედამიწის ზედაპირის მოსილობის სიმაღლე და იცვლება 3 სმ-დან (თოვლის საფარი) 139 სმ-მდე (ხორბლის ყანა, ბუჩქნარი, მცირე სიმაღლის ტყე და ა.შ.); $h_0 = (30-50)$ მ. z_1 იცვლება რამდენიმე მეტრიდან ფლუგერის სიმაღლემდე. ქარის სიჩქარე z_1 დონეზე მიახლოებით შეიძლება ასე დაითვალოს: ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ 100 მეტრ სიმაღლეზე სიჩქარე მაქსიმალურია და უდრის 40 მ/წმ, სიმაღლის შემცირებით ქარის სიდიდეც პროპორციულად მცირდება. აქედან გამომდინარე, მაგალითად 6 მეტრ სიმაღლეზე, სიჩქარე იქნება 2,4 მ/წმ. კავშირი ქარის სიჩქარესა და ტურბულენტობის კოეფიციენტს შორის დამყარებულია დაშვებაზე, რომ დამოკიდებულება მათ შორის პროპორციულია, მაგალითად ასეთი სახით, $k_z = \nu + \alpha_1 U_1(x)[z - h(x)]$ (1), სადაც ν ემპირიულად შეირჩევა 0-დან 1-ის ფარგლებში; $\alpha_1 = \frac{k_1^0}{U_1^0}$, $k_1^0 = k_1$ სწორ ბრტყელ ზედაპირის უბანზე. U_1^* იქნება სიჩქარე რელიეფის ბოლო პუნქტში. ლოკალური რელიეფის გავრცელების შესაბამისად „ტეხილი“ მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნას რამდენიმეჯერ თანმიმდევრობით, ცხადია პარამეტრების შესაბამისი ცვლილებით [1.7.13.14]. უშუალოდ დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს რამდენიმე მეტრის სიმაღლეზე, სასურველია გავითვალისწინოთ ქარის დინამიკური ანუ ხახუნის სიჩქარე.

$$V_*^2 = l^2 / \frac{dc}{dz} / \rho = \frac{\tau_0}{\rho} \quad (2),$$

სადაც $l = \varphi(z + z_0)$ არის ე.წ. შერევის გზა. $\varphi = 0,38$ – კარმენის მუდმივაა. τ_0 ტურბულენტული ხახუნის დამაბულობა დედამიწის ზედაპირთან, ρ ჰაერის სიმკვრივე, c ქარის სიჩქარე ნაკადის მიმართულებით. ეს სიჩქარე შედარებით მცირე

სიდიდისაა, იცვლება $0,1\text{მ/წმ}-3\text{მ/წმ-დე}$, დედამიწის ზედაპირის „მოსილობის“ z_0 სიმაღლის ცვლილების მიხედვით ($0,01\text{ მ-დან} - 10\text{ მ-მდე}$) [12.]. დინამიკური სიჩქარე ვექტორულად (ვინაიდან ეს სიჩქარე განპირობებულია ტურბულენტური დამაბულობის ვექტორით, რომელიც გარკვეულ კუთხეს ადგენს რელიეფთან) ჯამდება ქარის ჰორიზონტალურ მდგენელთან, ამრიგად $U = \sqrt{U_0^2 + V_*^2}$. ატმოსფეროს ქვედა სასაზღვრო ფენაში, რელიეფის გავლენის გათვალისწინების შემთხვევაში, სასურველია ეს სიჩქარე იქნას მიღებული საწყის ფონურ მნიშვნელობად, „ტეხილის“ მეთოდის გამოყენებისას. ამოცანის თეორიული მხარე საკმარისად ვრცლად არის დასაბუთებული გამოქვეყნებულ შრომებში [1,3,5,7]. რთულ-ლოკალური რელიეფის რეგიონისათვის ჰაერის ცირკულაციურ ნაკადში, ვერტიკალური სიჩქარის განსაზღვრისათვის დავუშვათ, რომ დედამიწის რელიეფი აღიწერება განტოლებით: $z = Z(x, y)$, მაშინ ჰაერის ნაკადის ვერტიკალური სიჩქარე w , აკმაყოფილებს შემდეგ დამოკიდებულებას [1,3,4, 9,10.]

$$w(x, y, Z, t) = u(x, y, Z, t) \frac{\partial Z}{\partial x} + v(x, y, Z, t) \frac{\partial Z}{\partial y} \quad (3),$$

სადაც u და v ქარის სიჩქარის კომპონენტებია $0x$ და $0y$ საკოორდინატო ღერძების მიმართ. უწყვეტობის განტოლების ინტეგრირებით $z = Z(x, y)$ ზედაპირიდან ∞ -მდე, იმ პირობით, რომ $(\rho w)_{z=\infty} = 0$, მიღებულია უწყვეტობის განტოლება შემდეგი სახით [1,3,4]:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{\eta^2}(\eta, \phi) \quad (4),$$

სადაც $\eta = \frac{p_z}{p_0}$ არის დროზე დამოუკიდებელი, რელიეფის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრი; p_z წნევის მნიშვნელობაა მთის წვერზე; p_0 სტანდარტული წნევა ზღვის დონეზე. რელიეფის გავლენა გაითვალისწინება პარამეტრებით [3]:

$$a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}; b = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial y} \quad (5)$$

ქარის ვერტიკალური სიჩქარე კი განისაზღვრება ოროგრაფიული იაკობიანით $(P, \ln \theta)$ [3.5].

$$W_h = \frac{1}{\ln \rho} (p, \ln \eta) H = \frac{1}{\ln \rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} b - \frac{\partial p}{\partial y} a \right) H \quad (6).$$

ამ სიდიდეების – a , b და W_h განსაზღვრა-შეფასება კონკრეტული ლოკალური რეგიონისათვის, წარმოადგენს კვლევის ერთ-ერთ ძირითად მიზანს.

მოდელური მიდგომა და გათვლები

მოყვანილი თეორიის საფუძველზე, სანიმუშოდ განვიხილით ცალკეული მიდგომისთვის კონკრეტული მაგალითები. „ტეხილის“ მეთოდის გამოყენებისათვის ავიღოთ წყალტუბო, ქუთაისი, ზესტაფონის მონაკვეთი და მივიღოთ პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობები: $d_1 = 0$ – ემთხვეოდეს კოორდინატა სათავეს; $d_2 = 10^4$ მ – მანძილი წყალტუბოდან ქუთაისამდე; $d_3 = 5 \cdot 10^4$ მ – მანძილი ქუთაისიდან საქარამდე; $d_4 = 1,5 \cdot 10^4$ მ – მანძილი საქარადან ზესტაფონამდე; z_0 დედამიწის „მოსილობის“ სიმაღლე იცვლება 30 სმ-დან 2 მეტრამდე; $z_1 = 12$ მ. ფლუგერის სიმაღლე; z იცვლება 2 მეტრიდან 60 მეტრამდე; $h_0 = 60$ მ, რადგან $u_1 = u|_{x=d_4}$, ამიტომ იგი განისაზღვრება უკვე მითითებული სიჩქარის სიმაღლეზე პროპორციული დამოკიდებულებით, ქედის მიმართ ჰაერის აღმავალი და დაღმავალი ნაკადისთვის ცალ-ცალკე. თუ პირველი შემთხვევისათვის საწყის სიმაღლედ მივიღებთ 12 მეტრს, ხოლო მეორისათვის 4 მეტრს, მაშინ შესაბამისად: $U_1^\uparrow = 4,8$ მ/წმ და $U_1^\downarrow = 1,6$ მ/მწ. აღმავალი დინებისათვის, თუ $h(x) = 33,75$ მ. მაშინ $U(x) = 5,6$ მ /წ მ . დაღმავალი დინებისათვის შესაბამისად: $h_0 = 35,6$ მ და $U(x) = 1,76$ მ/წმ. ქარისათვის ეს მნიშვნელობები კარგ თანხმობაშია ექსპედიციურად დაკვირვებულ სიდიდეებთან, ცდომილება (15-20)%, რაც ქარის სიჩქარისთვის მიღებულ მიახლოებად ითვლება. მოყვანილ მაგალითში, თუ $\nu = 0,5$, ხოლო k_1^0 იცვლება (4-10) კვ. მ/წმ-ის ფარგლებში, მაშინ (1)-ის მიხედვით მივიღებთ: $k_z = (9,9-20,6)$ კვ.მ/წმ. ტურბულენტობის კოეფიციენტის ეს სიდიდე, მთის ზედაპირიდან მითითებულ სიმაღლეებზე სრულიად მისაღებია. მოყვანილი მოდელური გათვლები პირველად კეთდება კონკრეტულ რეგიონზე და ანალოგიურად შეიძლება განხორციელდეს მსგავსი რელიეფის ტერიტორიაზე, რაც წარმოდგენილი შრომის ერთ-ერთი მიზანია.

ქარის ცვალებადობის რეჟიმის შეფასებისათვის, სანიმუშოდ ავიღოთ ჭიათურის რეგიონი. უპირველეს ყოვლისა, უნდა განისაზღვროს ატმოსფერული წნევის სიდიდე მიკროტერიტორიაზე მინიმუმ ოთხ წერტილში. მდინარე ყვირილას მარჯვენა თაბაგრევი (ან რგანი), მარცხენა შუქრეთი (ან პერევისა), სამხრეთით კაცხი, ჩრდილოეთით საჩხერე. განისაზღვროს პუნქტებს შორის პირდაპირი მანძილი. ასევე ჭიათურის მთელი ქვაბურის სიგრძე, მდინარის დინების მიმართულებით, ბოსლევადან საჩხერემდე. პირველ მიახლოებაში ატმოსფერული წნევის განსაზღვრისათვის უნდა ავიღოთ სათანადო პუნქტებში ჰიპსომეტრული სიმაღლე და ვიანგარიშოთ წნევა. ქვაბურის სიგრძე ხეობის გასწვრივ $\Delta x = (25-30)$ კმ.-ია,

მდინარის დინების მართობული მიმართულებით $\Delta y = 4$ კმ. მიწისპირა ფენის სიმაღლე 1000 მ. თუ მივიღებთ, რომ სოფელ რგანის სიმაღლე 960 მ., პერევისას სიმაღლე 900 მ., კაცხი – 730 მ., საჩხერე – 455 მ., შესაბამისი წნევები კი: $p_{რგანი} = 904$ მზ.; $p_{პერევი} = 900$ მზ.; $p_{საჩხერე} = 954,5$ მზ.; $p_{კაცხი} = 927$ მზ. (ეს სიდიდეები მოდელურია და ცხადია უნდა დაზუსტეს). ამ მონაცემებზე დაყრდნობით მიკროცირკულაციური პროცესების განმსაზღვრელი პარამეტრების მნიშვნელობებია [1,4]: $a=3 \cdot 10^{-6}$ 1/მ, $b=1,75 \cdot 10^{-6}$ 1/მ; $w=6$ მმ/წმ. $a < b$. ეს მონაცემები იძლევა იმის საფუძველს, რომ აიხსნას ჭიათურის ქვაბურში ჰაერის არსებული მიკროცირკულაციური რეჟიმი. მართლაც დაკვირვებულია, რომ ქარი უმეტეს შემთხვევაში ქრის დასავლეთიდან–აღმოსავლეთით (ან პირიქით), მდინარე ყვირილას ხეობის გასწვრივ $a > b$. ვერტიკალური სიჩქარე, რამდენიმე მეტრის სიმაღლის ზემოთ ძალზე მცირეა (მხოლოდ რამდენიმე მმ/წმ) და ჰაერის ცირკულაციური ჩახვეულობა ნაკადს ქვაბურში აბრუნებს. ასეთი დინამიკით აიხსნება ის გარემოება, რომ ზაფხულობით ქალაქში ტემპერატურა მაღალია, ვიდრე ქალაქის გარშემო მთა-სერებზე. ზამთრის პერიოდში ქვაბურში მცირე თოვლი მოდის, ტემპერატურა ისე ეცემა, რომ ზოგჯერ მდინარეც კი იყინება მაშინ, როცა სერებზე თოვლის სიმაღლე ასეული სანტიმეტრია. ქალაქში დაიკვირვება მზიანი ამინდი, ნალექი არ არის, ქალაქის გარშემო კი საკმარისად ძლიერი, შხაპუნა წვიმაა.

ცალკე აღსანიშნავია ისეთი ოროგრაფიის გავლენა, რომლის სიმაღლე არ არის დიდი და შედგება გორათა ერთობლიობით. გორათა ერთობლიობა გავრცობილია უპირატესად ერთი მიმართულებით – ქარის გაბატონებული მიმართულებით. აუცილებელია, კლიმატის ცვლილების თვალსაზრისით, გაანალიზებული იქნას მეტეოროლოგიური პროცესების თავისებურებანი მოყვანილი ტიპის ოროგრაფიის „განადგურების“ შემდეგ. როგორ შეიცვლება კლიმატური პირობები, დადებითი ან უარყოფითი მიმართულებით. ეს პირველ რიგში, თავს იჩენს ჰაერის ნაკადის ტურბულენტურ ბუნებაზე, მის ცირკულაციურ რეჟიმზე და აქედან გამომდინარე, ჰაერის დაჭუჭყიანების ხარისხზე. კარგი თუ ცუდი შედეგი, თავს გამოამჟღავნებს ათეული წლის შემდეგ, თუმცა ყოველდღიურ ამინდზეც მოახდენს გავლენას. გარკვეული სახის პროგნოზირებისათვის საყურადღებოა ორი გზა: მათემატიკური – ჰაერის ნაკადის ტურბულენტური თეორიის გამოყენებით და დაჭუჭყიანებული ნივთიერების გავრცელების ემპირიულ-სტატისტიკური ანალიზი [6.7.9.12.13.14]. კონკრეტული შემთხვევისათვის მეტად აქტუალურია ერთი გარემოება. ეს ეხება დედამიწის მიკროტერიტორიის 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 პასუხისათვის ვთავაზობთ მიდგომას. პირველ რიგში აუცილებელია მოპოვებული იქნას, განსახილველ რეგიონზე რაც შეიძლება ხანგრძლივი პერიოდის, ძირითად

მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე დაკვირვებული და გაზომილი მონაცემები. შემდეგ საჭიროა გაკეთდეს უმარტივესი მიდგომა ე.წ. წრფივი ანალოგის – რეგრესიის მეთოდის გამოყენებით, რაც მდგომარეობს შემდეგში: შერჩეულ ტერიტორიაზე მოპოვებული იქნება მეტეოროლოგიური ელემენტების მრავალწლიური დაკვირვების მასალა, ზედაპირის რელიეფურ დამუშავებამდე პერიოდისათვის. ეს მასალა დროის მიხედვით უნდა დაიყოს 10-წლიან პერიოდებად. დროის თითოეულ პერიოდში შეფასდება ყველა ძირითადი ელემენტის საშუალო მნიშვნელობები, განისაზღვრება ამ პერიოდებში თითოეული ელემენტის საშუალო სიდიდეებს შორის წრფივი კავშირი. უნდა გაირკვეს სათანადო ანალოგის კოეფიციენტი ყოველ ათწლეულში. ამ კოეფიციენტების შედარებით დადგინდება ელემენტის ცვლილების ხასიათი. პარამეტრების მიღებული მნიშვნელობები განისაზღვრება მარტივი ფორმულით.

$$t_{\text{არ.წ.}} = t_{\text{ათ.წ.}} \pm \Delta t \quad (8)$$

t (ათწლიანი პერიოდი) უნდა ავიღოთ (1970–1960), (1980–1970), (1990–1980), (2000–1990), (2010–2000), (2020–2010) წლებისათვის, ტემპერატურის შესაბამისი საშუალო მნიშვნელობები. გამოიყოს რელიეფის ფორმის შეცვლამდე და შეცვლის შემდეგი წლები. თითოეული პერიოდისათვის Δt დროში, უნდა განისაზღვროს სხვადასხვა გრადაციებით მაქსიმალური, მინიმალური სიდიდეები, აგრეთვე განმეორადობა. უნდა დადგინდეს მათი რაოდენობა და აბსოლუტური მაქსიმუმი. ყოველივე ეს ჩატარდეს რელიეფის შეცვლამდე და რელიეფის ფორმის შეცვლის შემდეგი პერიოდებისთვის. შედეგების ანალიზის შემდეგ, გაკეთდება დასკვნები სამუშაო პროცესების ავ-კარგიანობაზე. ანალოგიური მიდგომით უნდა შეფასდეს წყალსაცავების, ჰესების მშენებლობებით და სხვადასხვა ხასიათის ანტროპოგენური გავლენით გამოწვეული კლიმატური თავისებურებანი.

გარემოს დაჭუჭყიანების პრობლემა

ლიტერატურაში აღიარებულ თეორიაზე დაყრდნობით, შესაბამისი მათემატიკური მიდგომის გამოყენებით [3,5,6,7,9,12,13], გვეცოდინება რა ქარის სიჩქარის სიდიდე, ატმოსფეროს მდგრადობის მაჩვენებლები, ნაკადის ტურბულენტური ბუნება, გარემოს დაჭუჭყიანების სიმძლავრე, შეიძლება განხორციელდეს თანამედროვეობის ერთ-ერთი მტკიცვეული საკითხის, ჰაერში მინარევების პროგნოზირების საკითხი. [5,6,7,13] ატმოსფეროში მინარევის დიფუზიის განტოლების ანალიზიდან გამომდინარე, ცხადი ხდება, რომ მინარევის შენარჩუნება და კონცენტრაციის ცვლილება, დედამიწის ზედაპირთან სიახლოვეში, განპირობებულია ქარის სიჩქარით და ტურბულენტური შერევით. ჰაერის დაჭუჭყიანების შეფასებისათვის, ძირითად ინტერესს წარმოადგენს კონცენტრაციის განსაზღვრა მიწისპირა ფენაში (უკიდურესი მაქსიმუმი 1000 მ.), სადაც ქარის სიჩქარე უტოლდება გეოსტროფიულს. ამ ფენის ერთ-ერთი მახასიათებელია ის, რომ მასში

ინახება სითბოს ნაკადი და მოძრაობის რაოდენობა სიმაღლის მიხედვით. ამასთანავე შედარებით მკვეთრად იცვლება ქარის სიჩქარე, ტემპერატურა, ტურბულენტობა და ატმოსფეროს მდგრადობა. ცხადია ჰაერში მინარევის კონცენტრაციის არსებობა და შენარჩუნება, არსებითად დამოკიდებულია სიმაღლეზე და ჰორიზონტალურ მანძილზე. შემჩნეულია, რომ სიმაღლის მიხედვით კონცენტრაციის მაქსიმუმი წაინაცვლებს წყაროსკენ – უდიდესია ნარევის გამოტყორცნის დონეზე. ჰორიზონტალური მანძილის გაზრდით კონცენტრაცია ეცემა, ასევე დადგენილია, რომ ატმოსფეროს მდგრადი მდგომარეობის შემთხვევაში, წყაროდან განსაზღვრულ მანძილზე, თითქმის ქრება მინარევის კონცენტრაციის ვერტიკალური ზრდა [6,7,12,13,14]. საქართველოს ლოკალურ ტერიტორიებზე განსაკუთრებით საყურადღებოა, ატმოსფეროში მინარევის გავრცელებაზე დედამიწის ზედაპირის ოროგრაფიის გავლენა. ამოცანის რიცხვითი ამოხსნების შედეგებმა აჩვენეს, რომ ჰაერის დაჭუჭყიანების წყარო თუ იმყოფება მთის მიმართ ქარის შემხვედრ მხარეს, მაშინ შემფოთების (კონცენტრაციის) მაქსიმუმი დიდია [6.7.12]. ეს სიდიდე დაახლოებით 25%-ით მეტია სწორ ზედაპირზე მნიშვნელობასთან შედარებით, როცა წყაროს სიმაღლე 50 მეტრია. წყაროს სიმაღლე თუ (150-200) მეტრია, მაშინ მოყვანილი განსხვავება 18%-ია. ამრიგად, შემფოთებულ ჰაერში მინარევის რაოდენობა მაქსიმალურია მთა-ბორცვიან ადგილებში. ეს ფაქტი აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული სხვადასხვა კატეგორიის მაგისტრალებისა და ნებისმიერი ღია კარიერული სამუშაოების შესრულებისას. ეს საკითხი მრავალ ავტორს აქვს შესწავლილი სხვადასხვა მიახლოებაში და შესაბამისი მასალა შეიძლება მოიპოვოთ ლიტერატურაში [5,6,7,13,14].

ლიტერატურა

1. ხვედელიძე ზ. „რეგიონალური მიკროციკლაციური ატმოსფერული პროცესების დინამიკა მთა-გორიან ტერიტორიაზე“ მონოგრაფია, ჰმი-ის გამომცემლობა, თბილისი. 2018 წ. გვ.101.
2. ელიზბარაშვილი ე. „საქართველოს ჰავა“ მონოგრაფია, ჰმი-ის გამომცემლობა, თბილისი. 2017 წ. გვ.360.
3. ხვედელიძე ზ., ჯანუაშვილი დ. „რეგიონის მიკროკლიმატური პარამეტრებით ლოკალური ქარის რეჟიმის განსაზღვრა ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში“, ქესჟ „ფიზიკა“ (<http://ges.interneacademy.org.ge/physic/>). 2013 წ. გვ. 65-76.
4. ხვედელიძე ზ., ზოტიკიშვილი ნ. „ქარისა და დედამიწის ლოკალური რელიეფის ურთიერთქმედების ზოგიერთი თავისებურების მოდელური გათვლები საქართველოს ტერიტორიაზე“. ქესჟ „ფიზიკა“ ([http // ges.interneacademy.org.ge/physic /](http://ges.interneacademy.org.ge/physic/)). 2016 წ. გვ 63-72.
5. ხვედელიძე ზ., გურგენიძე მ. „ატმოსფეროს დინამიკა და აეროზოლური მინარევები ატმოსფეროში“. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე 152, 1995 წ. №3, გვ.516-524.

6. გუნია გ. „ეკოლოგიური მონიტორინგი“ სახელმძღვანელო. ჰმის გამომცემლობა, თბილისი. 2019 წ. გვ. 244.
7. ხვედელიძე ზ. „ტალღური მოძრაობა ატმოსფეროს ქვედა ფენებში და დაჭუჭყიანების პრობლემა“ (ლექციების კურსი). თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი 1991 წ, გვ. 201.
8. Хведелидзе З. „Влияние орографии и β эфффекта на волнавиe движения в атмосфере“, метеорология и гидрология, 1982 г. ст. 110-115.
9. ხვედელიძე ზ., ჩიტალაძე ა. „საქართველოს რეგიონის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის სითბური რეჟიმის ბუნება“. „მეცნიერება და ტექნიკა“ 1999 წ. №10-12, გვ.52-55.
10. ხვედელიძე ზ., დანელია რ., შალამბერიძე თ., აპლაკოვი ა., თაგვაძე ე. „დედამიწის ლოკალური რელიეფით გამოწვეული ტალღური შეშფოთებების მათემატიკური მოდელირება და მისი გავლენა ატმოსფერულ მოვლენებზე.“ საერთაშორისო სამეცნიერო-საინფორმაციო ჟურნალი „საქართველოს ნავთობი და გაზი“ 2007 წ. №21, გვ. 64-70.
11. ხვედელიძე ზ., სამხარაძე ი., ტატიშვილი მ., ზოტიკიშვილი ნ. „ჰაერის ნაკადის მიკროცირკულაციური მოძრაობის დინამიკა და კლიმატური თავისებურებანი სამეგრელო-სვანეთის რეგიონზე“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰმი-ის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული №129 „ჰიდრომეტეოროლოგია და ეკოლოგიის პრობლემები“ 2020, თბილისი ტ.129 გვ.114-116.
12. მატვეევი ლ. „ზოგადი მეტეოროლოგიის კურსი – ატმოსფეროს ფიზიკა“ თსუ გამომცემლობა. (ქართული თარგმანი, რედ. ზ. ხვედელიძე) თბილისი. 1987 წ. გვ.705.
13. Берлянд М. „Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы“ Л. Гидрометеоздат 1975 г. ст.449.
14. Берлянд М. „Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы“ Л. Гидрометеоздат 1985 г. ст.271.

Article received: 2021-06-04