ISSN 1512-1461

UDC: 550.8

რეგიონალური ატმოსფერული პროცესების მადონური ბუნების შესახებ ლოკალური რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით.

ზ.ხვედელიძე, დ.ჯანეზავილი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია:
ატმოსფერულ პროცესებზე მრავალწლიური დაკვირვებების ანალიზით შემჩნეულია, რომ პოლარულ განედებში, სადაც კორიოლისის ძალის განედის მიხედვით ცვლილება და ბაროკლინობა სუსტია, ნაკადიში პოტენციალური გრიგალის გადატანა და ტენდეცია უმნიშვნელოა. ციკლონური და ანტიციკლონური არეები იღებენ ისეთ კონფიგურაციას, რომლებიც საკმარისად დიდ ხანს არის შენარჩუნებული. საშუალო განედებში ასეთი სტრუქტურების შენარჩუნების პირობები უფრო სპეციფიკურია და ატარებს დიპოლურ ხასიათს- ციკლონურ და ანტიციკლონური ცენტრებით. სწორედ ამ დიპოლურ სტრუქტურებს ადარებენ იდეალური ნაკადის კონფიგურაციას, რომლებსაც სოლიტონებს და მადონებს უწოდებენ.
ბოლო წლებში ჩატარებულმა რიცხვითმა ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ მეზომასშტაბურ პროცესებშიც, მთა-გორიან ტერიტორიაზე შესაძლებელია ჩამოყალიბდეს ხანგძლივი პერიოდიანი მადონური სტრუქტურები.
სტატიაში გაანალიზირებულია ამიერკავკასის ტერიტორიისათვის, ატმოსფერული პროცების ხასიათის გათვალისწინებით, მადონური სტრუქტურების ჩამოყალიბების შესაძლებლობა. განხილულ რეგიონში რელიეფი უზრუნველყოფს ჰაერის ნაკადში ხანგძლივი პერიოდით რამოდენიმე ცენტრიან ბრუნვით-ჩახვეულ მოძრაობას, როცა რელიეფი წარმოდგენილია სამკუთხა , ოთკუთხა პირამიდის ანდა განსაზღვრული ხარისხის პოლინომის სახით,მაშინ ცნობილი მეთოდებით შესრულებულია შესაბამისი თეორიული გათვლები.მოყვანილ შრომაში ჩატარებულია ეს თეორიული გათვლები ,რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით და მიღებულია სათანადო დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: *ატმოსფერული პროცესები, პოტენციალური გრიგალი, ციკლონური და ანტიციკლონური არეები*

შესავალი :

დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების შესწავლა, იმ კანონზომიერებების და ფაქტორების დადგენა, რომლებიც განაპირობებენ მათ ხასიათს, თანამედროვეობის აქტუალურ პრობლემათა რიგს განეკუთვნება. მიუხედავად იმისა, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში მნიშვნელოვნად გაფართოვდა ატმოსფეროს მდგომარეობაზე და მასში მიმდინარე პროცესებზე დაკვირვებათა ქსელი მთელი მსოფლიოს მასშტაბით, მათ ტექნიკურ აღჭურვაში კი რევოლუციური ხასიათის ცვლილებები მოხდა; შეიქმნა მონაცემების ანალიზის არნახული შესაძლებლობები. მაინც კაცობრიობა ჯერ კიდევ შორს არის ატმოსფერული პროცესების შესწავლის სრულყოფილი შესაძლებლობისაგან. [1, 2, 3, 4, 5]

აქედან გამომდინარე ახალი ფიზიკურ – მათემატიკური მოდული, რომელიც ითვალისწინებს ამა თუ იმ ფიზიკურ ფაქტორს, რითაც აზუსტებს პროცესების დიაგნოზსა და პროგნოზს არის აუცილებელი და მნიშვნელოვანი. ბუნებრივია ერთ-

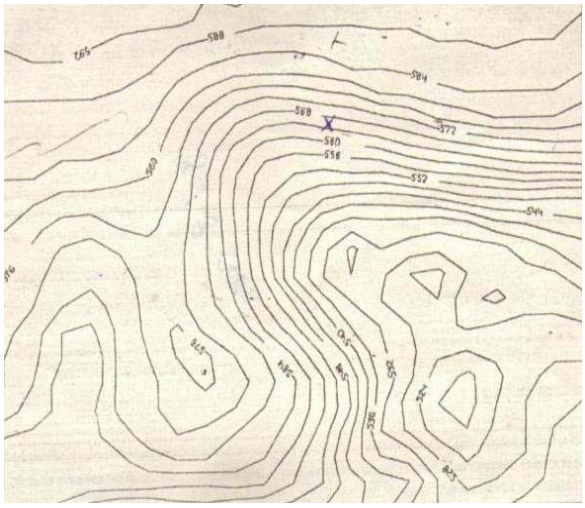
ISSN 1512-1461

ერთი საყურადღებო ფაქტორი არის დედამიწის რელიეფის გავლენის გათვალისწინება, რომელიც არსებით გავლენას ახდენს როგორც ზოგად ცირკულაციაზე ასევე განსაკუთრებით რეგიონალურ ლოკალურ ატმოსფერულ პროცესებზე. [3. 4. 6. 7. 8]

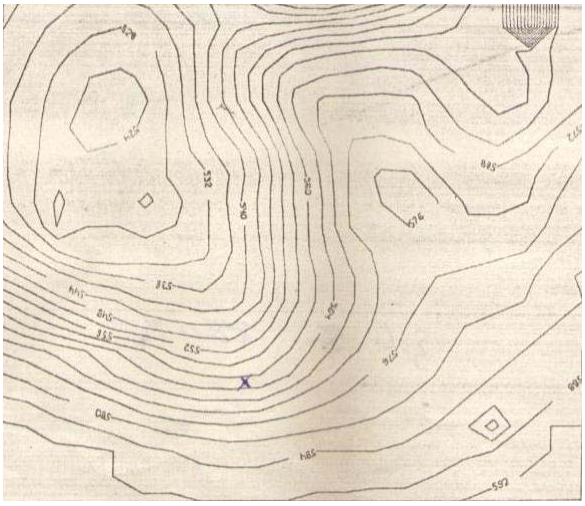
ამოცანის დასმა:

ამიერკავკასიის რეგიონზე ატმოსფერული პროცესების ერთ-ერთი მეტად მნიშვნელოვანი თავისებურება დამტკიცებული თეორიულად და პრაქტიკულად არის ის ფაქტი, რომ მეტეოლოგიური ელემენტების ველებს აქვს კავკასიონის ქედის გასწვრივ წაგრძელების ტენდენცია [4.6.7] . ეს თავისებურება განაპირობებს იმას, რომ აღნიშნულ ტერიტორიაზე ძირითად ფონურ ნაკადად მიღებულია დასავლეთ-აღმოსავლეთის შემოჭრები [3,4,7] ამ ფონურ ნაკადს კი ემატება მცირემაშტაბიანი ოროგრაფიული შეშფოთების ტალღური პროცესები, რომელთა შესწავლა უმეტეს შემთხვევებში არის არსებითი და გადამწყვეტი.

სინოპტიკური მონაცემების ანალიზი ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე აჩვენებს აგრეთვე, რომ ტალღურ პროცესებს ხშირად აქვთ სინუსოიდური და წრიული ფორმაც კი (ნახ. 1,2,: სადაც x წერტილი შეესაბამება თბილისს). იგივე დასტურდება დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან მიღებული ღრუბლების სურათებით (სურ. 1,2). ხშირად ამიერკავკასიის რეგიონალური რელიეფი უზრუნველყოფს ჰაერის ნაკადში ბრუნვით-ჩახვეული მოძრაობების წარმოქმნას, რომლებსაც რამოდენიმე ცენტრი აქვთ.

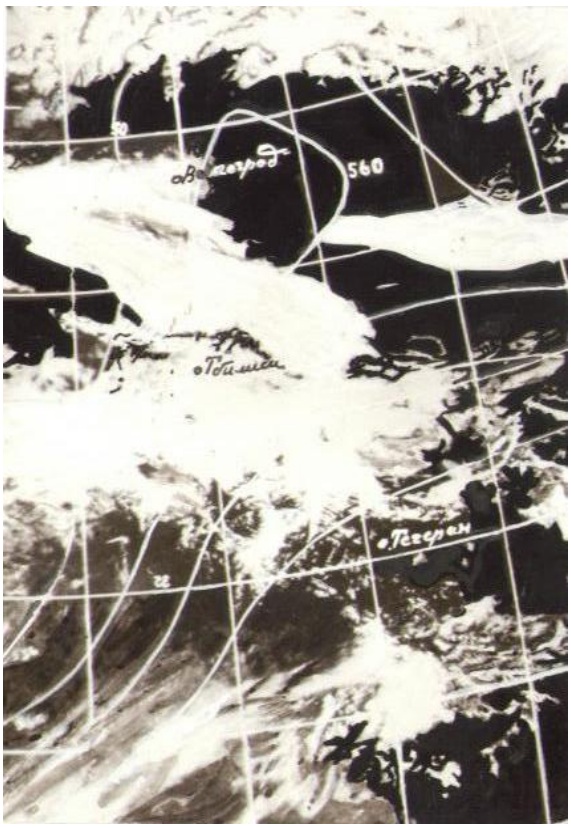


ნახ.1.



ნახ.2.

ISSN 1512-1461



სურათი 1. სურათი 2.

ასეთი სტრუქტურის წარმონაქმნების არსებობის ასახსნელად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ე.წ. “მადონური” ტიპის ამოცანები [2,5,9,10].ვისარგებლოთ ჰაერის ნაკადის სიჩქარის როტორის Z მდგენელისათვის მიღებული განატოლებით, რომელსაც ექვივალენტურ-ბაროტროპულ გარემოსათვის აქვს სახე [1,3,7,8].

$$\frac{\partial \Omega_z}{\partial t} + u\frac{\partial(\Omega_z + l)}{\partial x} + v\frac{\partial(\Omega_z + l)}{\partial y} + \beta v = -lD \quad (1)$$

სადაც $\Omega_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$, $D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$ - სიჩქარის ბრტყელი დივერგენცია, l – კორიოლისის პარამეტრი, U და V სიჩქარის მდგენელები ox და oy საკორდინატო ღერძების გასწვრივ; t დრო; β – როსბის პარამეტრია.

დავახასიათოთ რელიეფის გავლენა $\eta = \frac{P_z}{P_o}$-ს პარამეტრით, სადაც P_z არის წნევის სიდიდე Z სიმაღლეზე, P_o წნევის სტანდარტული მნიშვნელობით. ამ პარამეტრის გათვალისწინებით გეოსტროფიული ქარის მდგენელები იქნება [3, 7]

$$u = -\frac{1}{\eta}\frac{\partial \psi}{\partial y}; v = \frac{1}{\eta}\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2)$$

სადაც ψ ატმოსფერული ნაკადების დენის ფუნქცია. (2)-ის გათვალისწინებით (1) განტოლება ჩაიწერება შემდეგნაირად :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\Delta\psi + a\frac{\partial \psi}{\partial x} + b\frac{\partial \psi}{\partial y}) + \beta\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{\eta}(\eta, \psi) - \frac{1}{\eta}(\psi, \Delta\psi) \quad (3)$$

ISSN 1512-1461

აქ $a = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial x}$, $b = -\frac{\partial \ln \eta}{\partial y}$ - მთის მერიდიანისა და პარალელის გასწვრივ დახრის მახასიათებელი პარამეტრებია; (A, B)-იაკობინი; Δ-ლაპლასის მრტყელი ოპერატორი..

(3) განტოლების მადონური სტრუქტურის შესწავლისათვის, როგორც ეს მიღებულია სხვა ავტორებთან [2,9,10] დავუშვათ განტოლების სტაციონალური ნაწილის ნულთან ტოლობა:

$c(\psi, \square\psi) + (\ln \eta, \psi) + \beta\psi_x = 0$ (4)

სადაც $c = \frac{1}{\eta_{\text{საშ}}}$ და β მუდმივებია

(4) განტოლება განსხვავდება ლიტერატურაში ცნობილი ანალოგიური განტოლებებიდან რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით, ე.ი $(\ln \eta, \psi)$ იაკობიანის დამატებით

(4) განტოლება შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$(\psi, c\square\psi + \beta y - \ln \eta) = 0$ (5)

Eეს განტოლება $\eta(x, y)$-ის მიმართ არის არაწრფივი, არაერთგვაროვანი კერძოწარმოებულიანი განტოლება. მას ზოგადად აქვს უამრავი ამოხსნა, რომელთა აგების სქემა ემყარება შესაბამის მახასიათებელი განტოლების დაწერას. ერთ-ერთი ამოხსნა შეიძლება ასე წარმოდგეს

$\eta(x, y) = k, e^{c\square\psi(xy) + \beta y}$ (6)

სადაც $k_1 = const$. (6) ჩასმით (5) – ში იაკობიანი ხდება ნული [2,10], რაც იძლევა საშუალებას $\Delta\psi$ წარმოვადგინოთ ჯამის სახით:

$\square\psi = f(\psi) + \beta y$ (7)

სადაც $f(\psi)$-ნებისმიერი ფუნქციაა და იგი შეიძლება ავიღოთ შემდეგნაირად [2]

$f(\psi) = M_o - h_1^2\psi$ (8)

აქ M_o და h_1 მუდმივებია. (8) – ს გამოყენებით გვაქვს განტოლება:

$\square\psi + h_1^2\psi = M_o + \beta y + \ln \eta$ (9)

შემდეგში ამოცანა მოითხოვს $\eta(xy)$ ფუნქციის გამოსახვას რელიეფის მახასიათებელი პარამეტრებით და თითოეული ცალკეული შემთხვევისთვის (9) განტოლების ამოხსნას.

ბუნებრივია რელიეფი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას სხვადასხვა ხარისხის პოლინომით, რომელთაგან შეირჩევა ის, რომელიც კარგად ასახავს ამიერკავკასიის ფიზიკურ რელიეფს. აღმოჩნდა, რომ ამიერკავკასიის მთა- გორიანი ტერიტორიის ფორმა კარგად წარმოდგება სამკუთხა (ან ოთხკუთხა) პირამიდის სახით, რომლებიც პარაბოლური განტოლებებით აღიწერება [1, 3, 8]. Aამის გათვალისწინებით რელიეფი წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$\eta = \eta_o e^{-(ax^2 + by^2)}$ (10)

შესაბამისი განტოლება კი იქნება :

$\square\psi + \lambda^2\psi = M_o - \ln \eta_o - \beta y + ax^2 + by^2$ (11)

ვისარგებლოთ ამოხსნის იმ მიდგომით, რომელიც დეტალურად არის მოყვანილი [2,9,10,13] და დავწეროთ (9) განტოლება პოლარულ კოორდინატებში (11)–ს გათვალისწინებით:

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial\psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial\psi}{\partial r} + \lambda^2\psi = M_1 - \beta r \sin\vartheta + Ar^2 + Br^2 \cos 2\vartheta \quad (12)$$

ISSN 1512-1461

სადაც $M_1 = M_o - \ln\eta_o; A = \frac{a+b}{2}; B = \frac{a-b}{2}$ (13)

მე – (12) განტოლება განსხვავდება [2,10] – ში მიღებულ შესაბამის განტოლებებიდან მხოლოდ კოეფიციენტების მნიშვნელობებით. ეს კოეფიციენტები მიიღება მუდმივებად, ამიტომ (12) განტოლების ამოხსნას (შუალედური პროცესების გარეშე) საბოლოო სახე ასე დაიწერება:

$$\psi(r,\vartheta) = \frac{M_o - \ln\eta_o}{\lambda^2} - \frac{\beta R}{\lambda^2}[\frac{r}{R} - \frac{I_1(\lambda,r)}{I_2(\lambda,R)}]\sin\vartheta + \frac{a+b}{\lambda^2}r^2 - \frac{4(a-b)}{\lambda^4}[1 - I_o(\lambda,r)] \quad (14)$$

სადაც λ პარამეტრი შეირჩევა სასაზღვრო პირობიდან, როცა $r = R$ ფუნქციის r-ით წარმოებულის ნულთან ტოლობით I_0 და I_1, ბესელის ფუნქციებია, შესაბამისად ნულოვანი და პირველი რიგის.

ანალიზი და შედეგები:

λ- პარამეტრის განსაზღვრებისათვის გამოვიყენოთ პირობა [2,10], რომ არგუმენტის დიდი სიდიდისათვის ბესელის ფუნქციის ნულები [11,12] ემთხვევა $\cos(t - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4}) = o$ -ის მნიშვნელობას, ე.ი.

$$\lambda R = \frac{\pi}{2} + m\pi \qquad m \in Z$$

საიდანაც

$$\lambda = \frac{1}{R}(\frac{\pi}{4} + m\pi), \quad R = \frac{1}{\lambda}(\frac{\pi}{4} + m\pi) \quad (15)$$

ვისარგებლოთ ბესელის ფუნქციების გრაფიკული წარმოდგენით [12] და შევფასოთ მათი ნულების მიახლოებითი მნიშვნელობები, გვექნება

$I_0(\xi_1) = 0{,}025$ როცა $\xi_1(0) = 2{,}4$

$I_0(\xi_2) = 0{,}0068$ როცა $\xi_2(0) = 5{,}5$

$I_0(\xi_3) = -0{,}0125$ როცა $\xi_3(0) = 8{,}68$

ანალოგიურად:

$I_1(\xi_1) = 0{,}00128$ როცა $\xi_1(0) = 3{,}8$

$I_1(\xi_2) = 0{,}0047$ როცა $\xi_2(0) = 7{,}0$

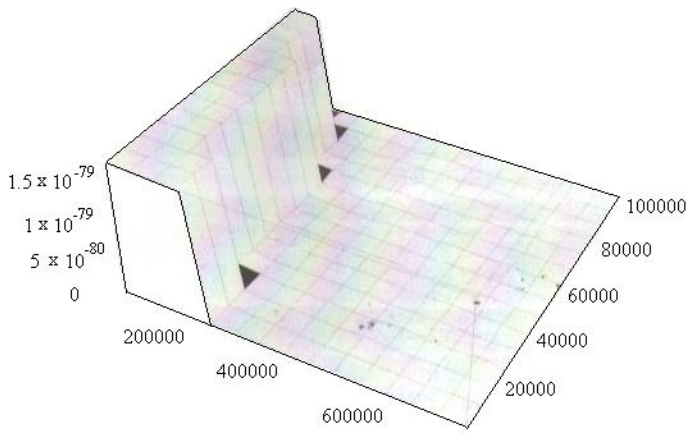
$I_1(\xi_3) = 0{,}0435$ როცა $\xi_3(0) = 10{,}1$

ვინაიდან $\xi_2(0) = 7{,}0$, ამიტომ $\lambda R = 7{,}0$, თუ მივიღებთ როგორც [10] , რომ R=2,25 ერთეულის, მაშინ $\lambda = 3$; η_0 კავკასიისათვის განვსაზღვროთ პირობიდან

$$\eta_0 e^{-(ax^2+by^2)} = 4*10^3$$

როცა მადონას ცენტრის კოორდინატები ემთხვევა კოორდინატთა სათავეს მოთავსებულს მცირე კავკასიაში ($h = 4*10^3$) ,მაშინ სათანადო შეფასებით [1,3,7,8] $a = 0{,}8*10^{-6}\frac{1}{\partial}$; $b = 6{,}4*10^{-6}\frac{1}{\partial}$ ხოლო რეალური მოსაზრებიდან გამომდინარე სასურველია M_0 □ 20 -ლი. ასეთ პირობებში (6) ,(იგივე 10)-ე ფორმულით გათვლილი $\eta(xy)$ -ს აქვს ნახ. 3-ზე გამოსახული სახე (პარამეტრების შესაბამისი მნიშვნელობები მოყვანილია ნახაზზე).

ISSN 1512-1461



ნახ.3.

დავუშვათ, რომ $\beta = 0$, რაც მისაღებია ამიერკავკასიისათვის (ტერიტორიის სიმცირის გამო), მაშინ (12) ფორმულიდან

$$\frac{\ln \eta(xy)}{\eta_0} = c\square\psi \quad (16)$$

აქედან ჩანის, რომ დენის ფუნქციის ლაპლასინის ცვლილება სიმაღლის მიხედვით პროპორციულ დამოკიდებულებაშია ფიზიკური რელიეფის ნატურალურ ლოგარითმთან. ეს კონკრეტულ რეფლიეფისათვის წარმოებული გათვლებითაც დასტურდება.

ექსტრემალურ მნიშვნელობისთვის (16) ფორმულიდან გვაქვს :

a) $r = 0 \quad \psi(a) = \dfrac{M_0 - \ln \eta_0}{\lambda^2}$ (17)

ზემოდ მითითებული მონაცემებით, გამოდის, რომ $\psi(0) = 1,3$

b) $r = R \quad \psi(R, \vartheta) = \dfrac{M_0 - \ln \eta_0}{\lambda^2} + \dfrac{a+b}{\lambda^2} R^2 - \dfrac{a+b}{\lambda^4}[1 - I_0(\lambda, R)]$ (18)

Aანდა მიახლოება

$$\psi(R, \vartheta) = \frac{M_0 - \ln \eta_0}{\lambda^2} + \frac{a+b}{\lambda^2} R^2 \quad (19)$$

(19)-იდან გამომდინარეობს, რომ $r = R$-ისათვის დენის ფუნქციის დამოკიდებულება იმ წრის რადიუსთან, რომლის შიგნით ვითარდება ლოკალური მადონური სტრუქტურა არის პარაბოლური. ეს კი ამართლებს ჩვენს მიერ შერჩეული რელიეფის ფორმას.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ ამიერკავკასიაზე პროცესებს აქვთ ჰაერის მასების დასავლეთ–აღმოსავლეთის შემოჭრების ტენდენცია. ასეთ პერიოდებში ხშირად დაიკვირვება ხანგრძლივი დროით შეშფოთებები, თითქმის ნაკადზე დამოუკიდებლად [3,4,7]. მაგალითისთვის 2010 წლის 12 ივლისიდან აგვისტოს ბოლომდე ანტიციკლონური ბლოკინგური სიტუაცია ამიერკავკასიაზე მაღალი ტემპერატურით და სუსტი ქარით ტროპო-სფეროს სხვადასხვა სიმაღლეზე. ამ პირობებში მცირე ცირკულაციური პროცესების მოდელირებისათვის მთავარია ლოკალური რელიეფური პირობები. მთა-გორიანი ტერიტორიისათვის შეიძლება მივიღოთ რომ სიჩქარის ველის

ISSN 1512-1461

შეშფოთება განსაზღვრულ პირობებში პროპორციულია დენის ფუნქციის გრადიენტისა [4,14] ,

$$\psi = \frac{Q}{4\pi r} \quad (20)$$

სადაც Q-შეშფოთების სიმძლავრეა. ასეთ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ, რომ $U = const$ [2] და ჰაერის ნაკადის ჰორიზონტალური ადვექცია გამოვთვალოთ ფორმულით.

$$A = -\frac{\partial \psi}{\partial y}\frac{\partial \Delta \psi}{\partial x}$$

Pპოლარული კოორდინატთა ზემოთ მითითებულ სისტემაში გვექნება

$$A = -\frac{3Q^2}{32\pi}\frac{\sin 2\vartheta}{r^6} \quad (21)$$

რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით კი

$$A = -\frac{Q^2}{4\pi}\frac{1}{r^2}(b\cos\vartheta - a\sin\vartheta) \quad (22)$$

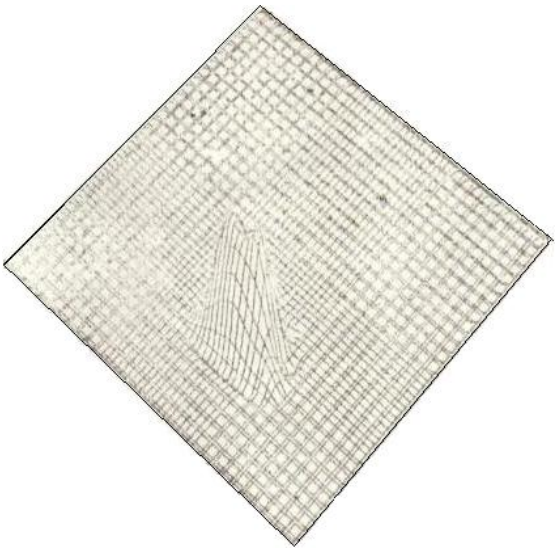
იმ შემთხვევაში, როცა რელიეფის ფორმა აღიწერება პარაბოლური ტიპის განტოლებით, რომელიც შეესაბამება (14) დამოკიდებულობის ამოხსნას $r = R$ პირობისას (იხ. ნახ. 4, 5), გვაქვს ნაკადის შეშფოთების ჰორიზონტალურად სუსტი გავრცელება, მანძილის მე-6 ხარისხის უკუპროპორციულად. პოლარულ კუთხის $(0, 2-\pi)$ შუალედში $\frac{\pi}{8}$ ბიჯით ცვლილებისას,შესაბამისი ფუნქციის სახე $r = 500$ და $r = 100$ მეტრისთვის მოცემულია ნახაზ 5 და 6-ზე.

დენის ფუნქციის ფორმა მოყვანილი ნახ. 5 და 6 – ზე მიუთითებს, რომ აღნიშნული ატმოსფერული პროცესები ლოკალური რელიეფის გავლენით იძენს მადონურ ბუნებას ორი ცენტრით ($r = 0$ და $r = R$). სტრუქტურის ხანგრძლივობა განისაზღვრება საათებით და დღე-ღამითაც კი. ზოგადად მადონური სტრუქტურა ჩახვეულებებით არ მიიღება , ვინაიდან აღებული ტერიტორიის სიდიდე არასაკმარისი აღმოჩნდა შესაბამისი სტრუქტურის ჩასახვა-განვითარებისათვის.

შესრულებული სამუშაო იძლევა საშუალებას გაკეთდეს შესაბამისი დასკვნა.

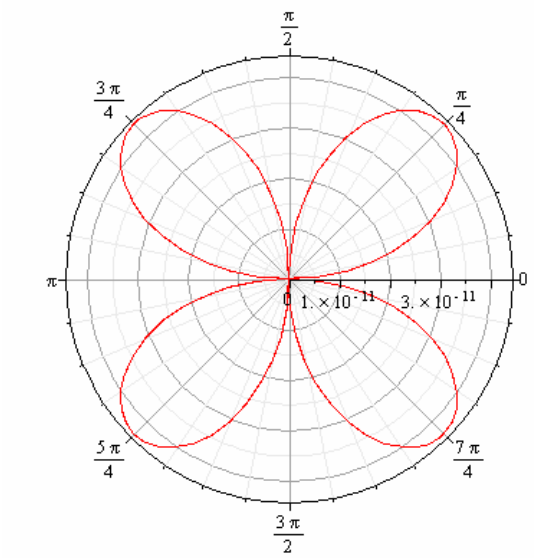
1. ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ხშირად დაკვირვებულია ხანგრძლივ პერიოდიანი, სტაციონალური ტალღების არსებობა განპირობებული რელიეფური შეშფოთებებით,რომლებსაც აქვთ ერთ ან ორი ცენტრიანი მადონური სტრუქტურა.
2. დენის ფუნქცია პროპორციულია მადონური სტრუქტურის მაქსიმალური რადიუსის კვადრატის, რაც რეგიონალური პროცესებისათვის შემჩნეულია პირველად.
3. რელიეფის გავლენით წარმოქმნილი ოროგრაფიული შეშფოთების ჰორიზონტალური ადვექცია სუსტია, მცირდება მინიმუმ მანძილის მეორე ხარისხის უკუპროპორციულად. ეს გარემოება უზრუნველყოფს სტაციონალური ხანგრძლივი პერიოდის ტალღების არსებობას სხვადასხვა პერიოდით, წლის სხვადასხვა სეზონში, რაც ოპერატიულ პრაქტიკაში დაიკვირვება.

ISSN 1512-1461

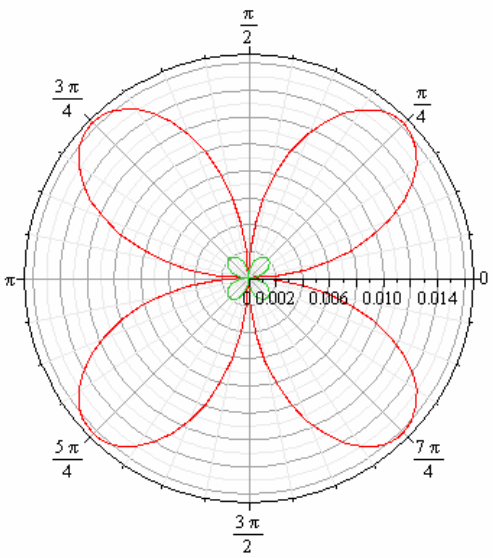


ნახ. 4

ნახ. 5



ნახ.6



ნახ.7

ISSN 1512-1461

ლიტერატურა:

1. Хведелидзе „ К Вопросу о решении прогностического уравнения бароклиной атмосферы с учотом влияния гор“ Труды ТГУ , А 4(146) ,1972г, ст 110-120.
2. Е .М. Добрышман „ О квазитрехметрных модонах в тропосфере ниских широт,“ Метеорология игидрология , N 1 , 1983г, ст 5-16.
3. ზ.ხვედელიძე “დინამიკური მეტეოროლოგია” ,თ.ს.უ. გამომცემლობა , 2002 წელი, გვ. 535
4. Е. А.напетваридзе „ Общие черты атмосферных циркуляции“ Труды Тб НИГМИ, вып 10 , 1962г, ст 10-15.
5. „ Динамическая метеорология“ под . редакции Д. Л . Лаихтман , Л. гидрометиздат , 1976г, ст 607.
6. Z. Khvedelidze “To the study of hydrodynamic Aguotion of atmosphere zonal model on the territory of the Caucasus” Buclety of the Georgian Academy of Scienies, 155 N 1, 1997y. p.62-68
7. З. Хведелидзе; Н. Рамишвили; И. Аладашвили ;Т. Шаламберидзе „Математические моделирование микроциркулационных процессов с учотом физико-географических условий Закавказия“ Москва .Экологические проблемы и приборы, N4. 2006г, ст. 43-48
8. Z. Khvdelidze ;T .Davitashvili ; N .Kutaladze ;L. Megrelidze; I. Samkharadze „On integral properties of meteorological value forecasting schemes „slow modified“ flow considering orography“ Scientefic-Technical Information-International Jounal , Georgian oil and gaz 24, 2009 , p.18-29.
9. W. Verkley „The constraction of barotrophic modons on a sphere“ I . atmos scieneces, 1984. vol. 41 , p1168-1175 .
10. M .E.Stern „Minimal propeties of planetary addies“ I Mar. Rec . 1975. N 1 ,Vol. 133
11. А . Тихонов и А. Самарский „Уравнения математической физики“ издател. технико-теоретической литературы М. 1953. ст 679.
12. Корн ,Т. Корн „Справочник по математике“ Издател „Наука“, М .1978г ,ст830.
13. M . Svenson“ Eqvivalent modons is simple shear“ Jounal of the atmospheric scilnees, 1986,N24, vol84 , p.3167-3185.
14. З. Хведелидзе, Т. Шаламберидзе, Е. Тагвадзе “Динамика и экология локалных атмосферных процессов с учотом вляния физического рельефа Грузии”; Москва, Экологические системы и приборы, N 2, 2008г ,ст 45-50

Article received: *2011-05-09*