УДК 513. 511. 509

“ნელა ცვალებადი“ ატმოსფერული ნაკადის საპროგნოზო სქემების ინტეგრალური თვისებები რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით

ზ. ხვედელიძე, ი. სამხარაძე

ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ჭავჭავაძის 3.

ანოტაცია

მეტეოროლოგიური ელემენტების რიცხვითი პროგნოზირებისას ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებების გამოყენების საფუძველზე შემოთავაზებულია რიცხვითი სქემების რამოდენიმე ინვარიანტული სიდიდე დედამიწის რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით. ეს სიდიდეები იძლევიან საშუალებას არამარტო დაზუსტდეს პროგნოზის ხარისხი , არამედ გამოყენებულ იქნას ,როგორც რიცხვითი სქემების მდგრადობის კრიტერიუმები. დამტკიცებულია ე.წ. ,,ნელა ცვლადი” ატმოსფერული პროცესებისათვის მოყვანილი ინვარიანტების მუდმივობა დასაშვები სიზუსტით. ეს მექანიზმი საშუალებას მოგვცემს რეგიონალური პროცესებისათვის მოვახდინოთ სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის პარამეტრიზაცია და კლიმატის წრიული მერყეობის ანალიზი თანამედროვე გლობალური დათბობის ფონზე.

***საკვანძო სიტყვები**: ადვექცია; პოტენციალური გრიგალი; სტაციონალური; ენერგია; ვექტორი.*

შესავალი

ბოლო 30-40 წლის განმავლობაში თეორიული მეტეოროლოგიისა და გამოთვლითი მათემატიკის მიღწევების საფუძველზე ჩამოყალიბდა ამინდის პროგნოზის რიცხვითი მეთოდების ახალ-ახალი მიმართულებები , რომლებსაც დასაწყისი მისცა ი. კიბელის [1,2], ჩარნის [1-3], და სხვა მრავალი მეცნიერის აღიარებულმა გამოკვლევებმა.

მიღებულია, რომ ამინდის პროგნოზირების საფუძველს წარმოადგენს ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. ამ სისტემის ანალიზური ამოხსნა ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება და გამოიყენება მხოლოდ მიახლოებითი რიცხვითი ამოხსნები. ასეთ ამოხსნებს კი თან სდევს სხვადასხვა ხასიათის შეცდომები, რომელიც დროითი ბიჯებით ინტეგრირებისას იკრიბება და გვაძლევს არასასურველ შედეგს.

აქედან გამომდინარე აუცილებელი ხდება ყურადღება მიექცეს შენახვის კანონებზე დამყარებული რიცხვითი სქემების ინტეგრალურ თვისებების შესრულებას,[1-5]. ასეთი მიდგომა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია როდესაც განიხილება საძიებელი სიდიდის რეგიონალური პროგნოზული მოდელი ლოკალური ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინებით[5,6,7,8].

მეტეოროლოგიური ელემენტების განსაზღვრის თანამედროვე მეთოდები იძლევიან შესაძლებობებს ამ პარამეტრების ზონალური გასაშუალება მოვახდინოთ დროის სხვადასხვა პერიოდით (დღეღამიდან-წლამდე). ცნობილია, რომ

ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა პრინციპული არაწრფიობიდან გამომდინარე არსებობს ტალღებსა და საშუალო ნაკადსშორის ურთიერთქმედება. კერძოდ საშუალო ნაკადის სტრუქტურამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს ტალღების გავრცელებაზე, გამოიწვიოს" ტალღური სხივების " რეფრაქცია და პირიქით არაწრფივმა ტალღურმა ეფექტმა ცვლილება შეიტანოს საშუალო ნაკადის ყოფაქცევაში [9,11].ეს იძლევა იმის საშუალებას, რომ ნებისმიერი მეტეოროლოგიური ელემენტის ველი წარმოდგენილი იქნას ფონური და შეშფოთების სიდიდეთა ჯამის სახით. აღნიშნული გარემოება იძლევა საშუალებას რეგიონალურ ტერიტორიაზე ფართომასშტაბიანი ცირკულიაცის, როგორც ფონური სიტუაციის მექანიზმის გამოკვლევაში გამოყენებული იქნას ქვემოთ შემოთავაზებული კვაზიინვარიანტები. ამისათვის დროითი გასაშუალების პერიოდი უნდა იყოს შედარებით ხანგძლივი (დეკადური მაინც)[3,9,11].თეორიული გამოკვლევების რიცხვითმა ანალიზმა აჩვენა,რომ არსებობს დიდი ალბათობა იმისა, რომ ატმოსფერო ხანგძლივი დროის განმავლობაში იმყოფებოდეს ამინდის მიხედვით ერთმანეთისადმი განსხვავებულ ისეთ რეჟიმში(ბლოკინგრებული სიტუაცია) ,რომელთა შორის გადასვლა ხდება შედარებით სწრაფად . ასეთ პირობებში პროგნოზის კლასიკური შეფასება შეიძლება იყოს არასწორი და ამინდის რეჟიმი აღმოჩნდეს მეტხანს მდგრადი…ვიდრე ეს მითითებული იყო ამ პროცესების შესწავლამ მიგვიყვანა აზრამდე, რომ ატმოსფეროს დინამიკის შესწავლაში ორი მიმართულებაა (კვანტური მიდგომა). ერთ -ერთი , რომელსაც შეიძლება ეწოდოს ტალღური ,განვითარდა დაბალი რიგის არაწრფივი პროცესების გამოკლევაში, როგორიცაა როსბის სინოპტიკური და ოროგრაფიული ტალღები . შემჩნეული იყო, რომ მარტივ არაწრფივ ბაროტროპულ მოდელს, რომელიც აღწერს ფართომასტაბიან და ოროგრაფიულ ტალღას, შეიძლება ჰქონდეს ორი სხვადასხვა მდგომარეობა. ამასთან ერთი მათგანი არის დაბალი ზონალური ინდექსით (დიდ პერიოდიანი ბლოკინგირებული სისტემის დამახასიათებელი), სადაც ოროგრაფიის გათვალისწინება აუცილებელი ხდება . ატმოსფერული პროცესების კვანტური დინამიკის მეორე გზა, რომელსაც შეიძლება კორპუსკულური ვუწოდოთ განვითარებული იქნა სოლიტონური და მადონური სტრუქტურის წარმოდგენაში. ეს კი დინამიკის არაწრფივი ანტოლებების განსაკუთრებული ლოკალიზირებული ამოხსნებია. ამრიგად ატმოსფერული პროცესების დინამიკაში წრფივი დისპერსია წარმოიშობა . როგორც როსბის ტალღის ეფექტი საშუალო ნაკადში ,ხოლო არაწრფივობა დაკავშირებულია ადვექციასთან. ..ელიასონსა და პარმის მიერ[11] შემჩნეული იქნა , რომ "როცა ტალღები წრფივი სტაციონალურია და ნაკადი კონსერვატიული , მაშინFF ნაკადის დივერგენცია ნულის ტოლია ". Aამ თეორიის თანახმად:

$\frac{\partial A}{\partial t} + \nabla F = D + 0(h^0)$ სადაც A და D არის ტალღური მახასიათებლების გასაშუალებული კვადრატული ფუნქცია. $\frac{\partial A}{\partial t}$-წევრი აღწერს არასტაციუნალობას, ∇F D-მიუთითებს არაკონსერვატულობაზე, უკანასკნელი წევრი კი ახასიათებს არაწრფიობას. ბუნებრივია ვექტორის დივერგენციის ნულთან ტოლობა უფრო მარტივი მოთხოვნაა, ვიდრე საშუალო ნაკადის ენერგიის განტოლების შესრულება. ამიტომ ამ ვექტორს იყენებენ '"ნელი ცვალებადობის" ტალღების ბუნების შესასწავლად. აღნიშნული მიდგომა გვაძლევს უფლებას ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე, ზონალური ნაკადის უპირატესუბის პირობებში, შემოვიტანოთ კვაზი ინვარიანტული ინტეგრალური მახასიათებელი "ნელა ცვალებადი" ტალღური შეშფოთების შემთხვევაში. ამასთანავე დროითი გასაშუალების პერიოდი ავიღოთ დეკადური სიდიდის, რის საფუძველსაც

იძლევა სინოპტიკური პრაქტიკა. მართლაც, ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე არა იშვიათად არის შემჩნეული ათი და მეტი დღეღამური პერიოდის ციკლონური ან ანტიციკლონური გრიგალური “ ჩახვეულობები”, რომლებსაც ზონალური გავრცელების ტენდენცია აქვთ. [10,12,14].

ამოცანის დასმა:

დედამიწის ზედაპირის რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით კოორდინატთა- $\sigma = \dfrac{p}{p_s(x,y,z)}$ სისტემაში ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სისტემას ბაროტროპული ატმოსფეროსათვის აქვს სახე [1,3,5] :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} - ev + \frac{\partial \Phi}{\partial x} - R\overline{T}\frac{\partial \ln p_s}{\partial x} = 0\,, \tag{1}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} - eu + \frac{\partial \Phi}{\partial y} - R\overline{T}\frac{\partial \ln p_s}{\partial y} = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial (u\widetilde{\Phi}_s)}{\partial x} + \frac{\partial (v\widetilde{\Phi}_s)}{\partial y} = 0, \tag{3}$$

სადაც $p-$ ატმოსფერული წნევაა, p_s- წნევა დედამიწის ზედაპირზე; $x, y, \sigma-$ კოორდინატთა ღერძები, $u, v-$ ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელები შესაბამისად ox და oy ღერძების მიმართ. $t-$ დრო, $l = 2\omega \sin\varphi$ - კორიოლისის პარამეტრია, $\phi-$ გეოგრაფიული განედი, $\omega-$ დედამიწის თავის ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური სიჩქარე; $\Phi-$ გეოპოტენციალი; R-გაზების უნივერსალური მუდმივა. $\widetilde{\Phi} = \Phi - \Phi_s, \Phi_s-$ გეოპოტენციალის მნიშვნელობა მთის ზედაპირზე. შევნიშნოთ, რომ მოდელი არ არის კვაზიგეოსტროფული ,ვინაიდან რელიეფის გავლენით ტემპერატურის გრადიენტი არ არის ნული.

$$\overrightarrow{\nabla_\sigma} T \neq 0 \tag{4}$$

(σ სისტემაში რელიეფის გავლენით მამრავლი $\sigma\dfrac{\partial \Phi}{\partial \sigma} = -RT$, სადაც $T-$ აბსოლუტური ტემპერატურა ცვალებადი სიდიდეა და ამიტომ ტემპერატურის გრადიერტი $\vec{\nabla}\sigma T \neq 0$) ასეთი სტრუქტურის გამო მოდელი ხდება ბაროკლინური და მოითხოვს დამატებით - სითბოს მოდენის განტოლების გამოყენებას . ყოველივე ეს კიდევ უფრო მნიშვნელოვანს ხდის ე.წ. კონსერვატორული სიდიდეების შემოტანას და შენახვის კანონების სამართლიანობის დაცვას.

შემოვიტანოთ რამდენიმე კონსერვატიული სიდიდე.

.

სრული ენერგიის შენახვა:

განტოლებაში (1) და (2) ბოლო წევრები წარმოვადგინოთ ასე : $RT\dfrac{\partial \ln P_s}{\partial x}, RT\dfrac{\partial \ln P_s}{\partial y}$,

გავამრავლოთ (1) განტოლება $u-$ ზე მეორე $v-$ ზე და (3) ($\dfrac{u^2+v^2}{2} + \widetilde{\Phi}$) სიდიდეზე და შევკრიბოთ, გვექნება:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{u^2+v^2}{2} + \widetilde{\Phi}\right)\widetilde{\Phi} = -\left(u\frac{\partial \widetilde{\Phi}}{\partial x} + v\frac{\partial \widetilde{\Phi}}{\partial y}\right)\widetilde{\Phi} - \widetilde{\Phi}\left(\widetilde{\Phi} + \frac{u^2+v^2}{2}\right)D \tag{5}$$

აქ D ბრტყელი ივერგენციაა. აღვნიშნოთ

$$E_0 = \widetilde{\Phi}\frac{u^2+v^2+\widetilde{\Phi}}{2} \tag{6}$$

მაშინ (5) ასე გადაიწერება:

$$\frac{\partial E_0}{\partial t}+\frac{D(uE_0)}{\partial x}+\frac{\partial(vE_0)}{\partial y}+\frac{1}{2}[\frac{\partial}{\partial x}(U\widetilde{\Phi}^2)+\frac{\partial}{\partial y}(v\widetilde{\Phi}^2)]=0 \tag{7}$$

ამ განტოლების S -ფართობზე ინტეგრირებით, მივიღებთ:

$$I=\int_S \widetilde{\Phi}\ \frac{u^2+v^2+\widetilde{\Phi}}{2}dS \tag{8}$$

Eეს ინტეგრალი ინახება ბაროტროპულ ატმოსფეროში დამოუკიდებლად იმისა რა მეთოდით იხსნება საწყის განტოლებათა სისტემა.

კვაზი ინვარიანტული სიდიდეები:

გავამრავლოთ (1) განტოლება კვლავ $U-$ზე , მეორე $v-$ზე, ხოლო უწყვეტობის განტოლება $R\overline{T}-$ზე, რომელიც ჩაწერილი იქნება კოორდინატთა σ -სისტემაში შემდეგი სახით:

$$\frac{d\ln p_s}{dt}=-(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}) \tag{9}$$

შეკრების შედეგად მივიღებთ:

$$\frac{d}{dt}(\frac{u^2+v^2}{2}+R\overline{T}\ln p_s)=-u\frac{\partial\Phi}{\partial x}-v\frac{\partial\Phi}{\partial y}-(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial y})R\overline{T}-RTu\frac{\partial\ln p_s}{\partial x}-R\overline{T}v\frac{\partial\ln p_s}{\partial y}$$

გამოვსახოთ $R\overline{T}\ln p_s=-\Phi_s$ და ატმოსფეროს საშუალო დონისათვის , სადაც $D=0$, გვექნება :

$$\frac{d}{dt}(\frac{u^2+v^2}{2}-\Phi_s)=\vec{v}\ R\overline{T}\vec{\nabla}\ln p_s+\vec{v}\vec{\nabla}\Phi \tag{10}$$

თუ (10)-ის მარჯვენა მხარე

$$\mathrm{U}\ \vec{v}\ R\overline{T}\vec{\nabla}\ln p_s+\vec{v}\vec{\nabla}\Phi=0 \tag{11}$$

სადაც $\vec{v}$ -ქარის საშუალო სიჩქარეა, $\vec{\nabla}-$ გრადიენტი, მაშინ ინახება სიდიდე

$$E=\frac{u^2+v^2}{2}-\Phi_s \tag{12}$$

E სიდიდე თავისი ფიზიკური შინაარსით ემთხვევა ელისონ-პალმის F ვექტორს ე.წ. ,,ნელა ცვლადი ” ნაკადისათვის. შემოწმებულ იქნა (10) განტოლების ორივე მხარის ცვლილებები ერთი-ორი დღეღამის განმავლობაში და აღმოჩნდა , რომ (10)-ის მარცხენა მხარის სრული ენერგიის $E-$ს ცვლილება მინიმუმ ერთი-ორი რიგით მცირეა ვიდრე (11)-ისა. (ცხ. №1). აქედან გამომდინარე (12) შეიძლება მივიღოთ ,,ნელა ცვლადი” ნაკადის ინვარიანტად და ვუწოდოთ მას კვაზიინვარიანტული სიდიდე.

ვისარგებლოთ (1), (2), (9), და სტატიკის განტოლებებით და სტაციონალური წესით მივიღოთ ქარის სიჩქარის გრიგალის $\Omega_z=\frac{\partial V}{\partial x}-\frac{\partial U}{\partial y}$ განტოლება [3,5].

$$\frac{d}{dt}(\Omega+l)+(\Omega+l)\frac{d\ln p_s}{dt}=0 \tag{13}$$

Aაქედან ჩანს, რომ გამოსახულება

$$\frac{(\Omega+l)}{p_s}=const \tag{14}$$

ე.ი განხილულ მოდელში პოტენციალური გრიგალი არის კონსერვატორული სიდიდე. თუ (13) განტოლებას რელიეფის გავლენის გათვალისჭინებით ჩავწერთ , მივიღებთ [1,3,5]:

$$\frac{d}{dt}(\Delta\Phi + l^2(1-\ln p_s)) = b\frac{\partial}{\partial x}(\sigma\frac{\partial\Phi}{\partial\sigma}) - a\frac{\partial}{\partial y}(\sigma\frac{\partial\Phi}{\partial\sigma}) \qquad (15)$$

სადაც $\Delta\Phi = \Omega_z$; Δ-ბრტყელი ლაპლასიანია;

$a = -\frac{\partial \ln p_s}{\partial x}$; $b = -\frac{\partial \ln p_s}{\partial y}$; -მთის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრები დედამიწის პარალელისა და მერიდიანის გასწვრივ შესაბამისად. (15) განტოლების მარჯვენა მხარე არაძლიერი ბაროკლინური პროცესებისათვის, აგრეთვე სიმეტრიული მთის მასივებისთვის (A=B) უდრის ნულს. ეს კი ნიშნავს ,რომ სიდიდე

$\Delta\Phi + l^2(1-\ln p_s) = const$

ანუ

$$z = \Delta\Phi + K^2\Phi_s = const \qquad (16)$$

სადაც $K^2 = \frac{l^2}{RT} = 0{,}12\cdot 10^{-11}\frac{1}{m^2}$ ამრიგად, მივიღეთ კვლავ კვაზი ინვარიანტი z ,რომლის სამართლიანობა შემოწმებულ იქნა რეალურ მასალაზე [5], მოყვანილი კვაზი ინვარიანტები (12) და (16) შემოწმებულ უნდა იქნან პროგნოზურ რიცხვითი სქემებისათვის დედამიწის რელიეფის გავლენის გათვალისწინების შემთხვევებში და შეიძლება გამოყენებულ იქნან გამოთვლითი სქემების მდგრადობის მახასიათებლადაც კი.

ცხრილი №1 მოყვანილია z სიდიდისა და (15) ფორმულის მარჯვენა მხარის დღეღამური ცვლილების მნიშვნელობები საიდანაც ჩანს რომ (15)-ის მარჯვენა მხარეში მდგომ გამოსახულების დღერამური ცვლილება მინიმუმ ერთი რიგით მაინც მცირეა ვიდრე z სიდიდის იგივე პერიოდში ცვლილებაზე , აქედან გამომდინარე შეიძლება პირველი მიახლოებით მივიღოთ (16)-ის სამართლიანობა.

ცხრილებში №2 და №3 მოცემულია z და სიდიდეების(15) დღეღამური ფარდობითი ცვლილების მნიშვნელუბები ამიერკავკასის რეგიონზე ჰაერის მასების ოთხი გამსაზღვრელი სინოპტიკური სიტუაციების მიხედვით. საწყისი ველი აღებული იყო AT_{500} იზობარული ზედაპირის რუქიდან 1988 წლის ივლისის თვისათვის. მასალა აღებული იქნა სწორკუთვოვანი ბადის კვანძ წერტილებში ცენტრით თბილისში (ცხრილში მოყვანილია 5X5 წერტილის სიდიდეები), ჰორიზომტალური ბიჯი 250 კმ. შეფასება მოხდა 100 საკვანძო წერტილში. მონაცემებიდან ჩანს, რომ სიდიდე ინახება კარგად (1-1,5)%—ის სიზუსტით [5].

ცხადია, ანალოგიური გზით შეიძლება მივიღოთ კვაზიინვარიანტები ბაროკლინური გარემოსათვის. სინოპტიკური თვალსაზრისით ,,ნელა ცვალებადი" ნაკადის პირობებში ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე გაბატონებული ხდება ზონალური გადატანა, მასათა მერიდიანული გავრცელებით ეს ჩანს AT_{700} იზობარულ ზედაპირზე გეოპოტენციალური ველის იზოგიბსების სტრუქტურიდან, რომლებიც მოცემულია სურ. 1,2 –ზე. სწორედ ასეთი პროცესები გლობალურ მასშტაბებში აღიწერება ელიასონ-პარმის ვექტორით [11]. ასეთი თანხვედრა გლობალური და რეგიონალური პროცესებისა შემჩნეულია პირველად. იგივე მოვლენას ადასტურებს ატმოსფეროს გეოპოტენციალის ველის გავლენის ფუნქციები აგებული ბაროკლინური მოდელის მიხედვით ე.წ. ξ®კოორდინატთა სისტემაში [3,10-12], ნახ.1-ზე მოყვანილია გეოპოტენციალის ველი

სხვადასხვა დონეზე დროის სხვადასხვა ხანგრძლივობით. იზოხაზების განლაგება ნათლად მიუთითებს ნაკადის მერიდიანულ გავრცელებას, ე.ი. ზონალურ პროცესს, სადაც ელიასონ-პარმის ვექტორის მსგავსად ინახება ზემოთ მითითებული კვაზიინვარიანტები.

ნახ. №1-5 მოყვანილია AT_{700} იზობარული ზედაპირზე გეოპოტენციალის ველის მნიშვნელობები, სადაც მითითებული დროის მომენტისათვის იზოხაზების განლაგება ნათლად მიუთითებს ნაკადის მერიდიანულ გავრცელებაზე ე.ი ზონალური პროცესის არსებობაზე.

ამრიგად მოყვანილ მაგალითებში აღმოჩნდა, რომ ამიერკავკასის ტერიტორიაზე " ნელა ცვალებადი " ნაკადის შემთხვევაში მასათა გადატანა ხდება მერიდიანული მიმართულებით, ანალოგიურად გლობალური პროცესებისა სადაც მოდელი აღიწერება ელისონ-პარმის ვექტორით. აღსანიშნავია, რომ რელიეფის გავლენით იზოხაზები გადაინაცვლებიან და წაგრძელდებიან დიდი და მცირე კავკასიონის ქედის გასწვრივ ,რაც ფიზიკურად გამართლებულია. რეგიონალურ და გლობალურ პროცესებს შორის ასეთი თანხვედრა შემჩნეულია პირველად. მიუხედავად იმისა . რომ გათვლები ჩატარებულია მცირე მასალაზე, მაინც შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა; ამიერკავკასის ტერიტორიაზე "ნელა ცვალებადი" ჰაერის ნაკადის გავრცელების დროს მოყვანილი კვაზიინვარიანტები ინახება საკმარისი სიზუსტით. ბუნებრივია მათი გამოყენება მოგვცემს საშუალებას არა მარტო დაზუსტდეს პროგნოზის ხარისხი, არამედ შესაბამისად შეფასდეს გამოტვლითი სქემების მდგრადობის კრიტერიუმებიც.

ცხრილი№1

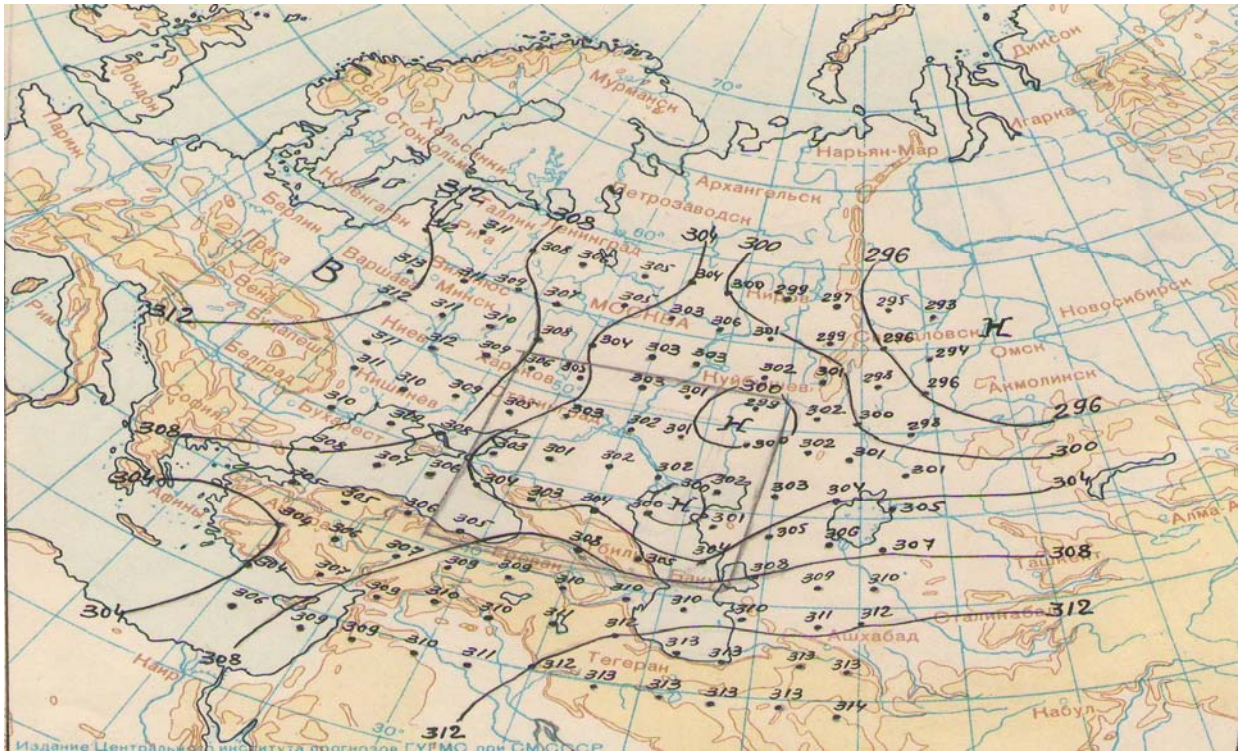
(9) ფორმულის მარცხენა მხარის $\Delta\varphi + K^2\varphi_2$ (ზედა რიცხვი) და მარჯვენა $b\frac{\partial}{\partial x}(\sigma\frac{\partial\varphi}{\partial x} - a\frac{\partial}{\partial y}(\sigma\frac{\partial\varphi}{\partial y})$ (ქვედა რიცხვი) დღეღამური ცვლილების მნიშვნელობები.					(21) ფორმულაში შემავალი სიდიდეების EE (ზედა რიცხვი) და $\vec{V}R\vec{T}\nabla lnP_s + \vec{V}\nabla\varphi$ (ქვედა რიცხვი) დღეღამური ცვლილების მნიშვნელობები.				
−0.5 / −0.03	−0.4 / −0.08	1.2 / 0.1	0.1 / 0.06	0.1 / 0.1	−0.15 / 1.88	−0.01 / 5.88	0.03 / −3.70	0.11 / −3.81	−0.09 / −12.55
0.0 / −0.08	0.4 / 0.05	0.83 / 0.6	−0.5 / 0.07	−0.5 / 0.14	−0.11 / −11.57	0.0 / −3.56	−0.06 / 2.76	−0.02 / 7.11	0.6 / −6.29
0.9 / 0.2	0.1 / 0.004	0.1 / 0.1	0.1 / 0.2	0.1 / 0.5	−0.10 / −0.76	−0.09 / −10.34	−0.01 / 2.33	0.02 / 8.16	−0.08 / −5.70
0.0 / 0.2	0.2 / 0.3	0.2 / 0.5	−0.1 / −0.2	−0.1 / −0.1	0.11 / −14.03	0.00 / −11.98	0.05 / −10.93	−0.04 / −6.09	0.07 / 4.52
−0.6 / −0.1	−0.3 / 0.2	0.1 / 0.02	−0.2 / −0.1	−0.1 / −0.02	−0.06 / 7.15	0.04 / −4.84	−0.12 / −5.81	−0.04 / −3.35	−0.09 / −4.34

ცხრილი N2

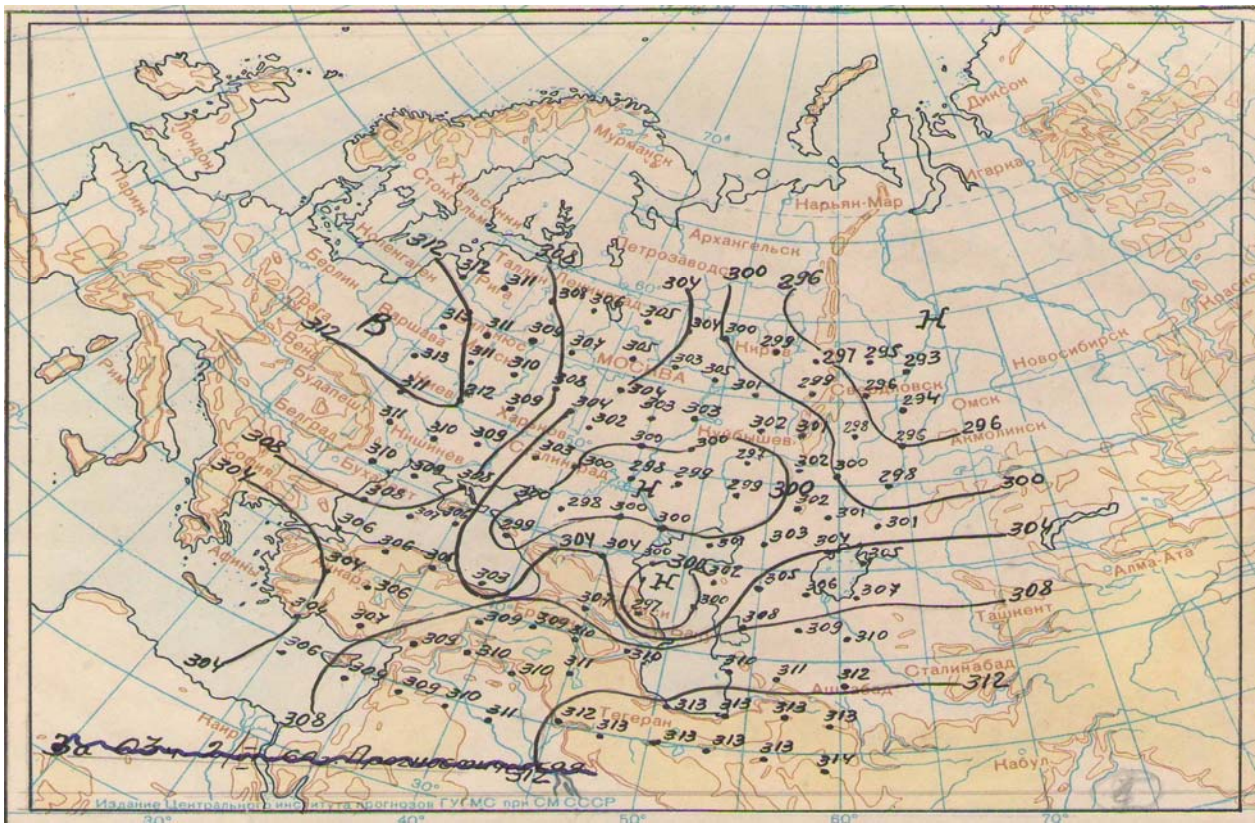
კვაზი ინვარიანტის $z=\Delta\phi+k^2\phi s$ ფარდობითი ცვლილების (დღეღამური) $s(\Delta\phi+k^2\phi s)100\%/z$ მნიშვნელობები სინოპტიკური სიტუაციების მიხედვით																					
დასავლეთის შემოჭრა	0.26	0.10	-0.07	-0.15	-0.04	აღმოსავლეთის შემოჭრა	0.24	0.29	0.07	-0.06	-0.28	ტალღური შეშფოთება	0.18	0.33	0.34	0.36	0.25	მაღალი წნევის სიტუაცია	-0.7	-0.06	-0.01	-0.03	0.05
	0.10	-0.05	-0.15	-0.16	-0.04		0.36	0.24	-0.09	0.08	-0.16		0.23	0.29	0.31	0.18	0.20		0.01	-0.07	-0.10	-0.14	0.03
	-0.06	-0.19	-0.26	-0.22	-0.09		0.21	0.14	0.08	-0.20	-0.18		0.12	0.11	0.03	0.07	0.10		-0.02	-0.01	0.01	-0.03	-0.05
	-0.19	-029	-0.27	-0.13	0.07		0.14	-0.09	-0.07	0.01	-0.15		0.11	0.10	-0.01	0.00	0.00		0.00	0.01	0.03	0.02	-0.05
	-0.25	-0.33	-0.31	-0.21	0.04		-0.07	0.06	0.00	-0.21	0.00		0.09	0.11	-0.01	-0.03	0.00		0.08	0.02	-0.02	-0.09	0.12

ცხრილი N3

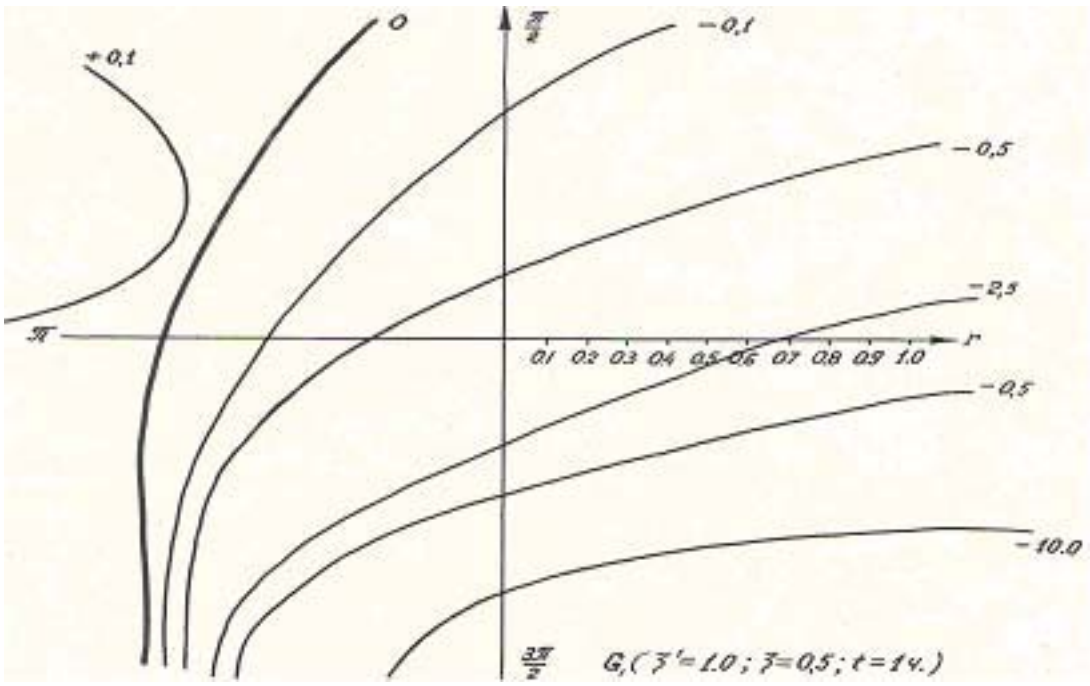
$\frac{\Delta E}{E}100\%$ გამოსახულების მნიშვნელობები სინოპტიკური სიტუაციების მიხედვით																					
დასავლეთის შემოჭრა	3.0	1.7	-1.8	-1.6	-1.1	აღმოსავლეთის შემოჭრა	-1.5	-6.2	1.5	1.2	7.7	ტალღური შეშფოთება	-6.7	-6.0	-1.0	2.1	-5.5	მაღალი წნევის სიტუაცია	1.0	1.7	8.3	9.6	4.3
	5.6	-2.2	5.0	-2.9	-1.3		2.2	4.2	-5.6	-1.8	-2.8		-7.8	-7.1	-4.0	-3.0	1.2		-7.0	-4.6	-2.8	-1.0	5.4
	-1.5	-3.6	1.8	-4.2	-1.3		3.3	-5.0	3.2	6.2	1.6		-4.7	6.6	2.7	-1.9	-1.3		3.1	-1.1	-9.0	-9.4	-2.6
	-4.9	-1.1	7.6	-5.9	1.2		4.2	7.4	-1.6	5.4	-7.0		10.0	2.1	11.5	2.0	3.0		-6.6	9.1	3.6	2.4	-5.9
	-8.4	-1.7	3.5	2.3	-11.8		-8.8	-1.2	-4.8	8.0	1.2		-7.0	4.0	5.3	9.0	-5.2		1.0	-3.0	0.00	6.3	4.7


Мурманск
Динсон
Игарка
Нарьян-Мар
Архангельск
Петрозаводск
Новосибирск
Омск
Акмолинск
Алма-Ата
Ташкент
Сталинабад
Ашхабад
Тегеран
Набул
Лондон
Парижи
Осло
Стокгольм
Хельсинки
Ленинград
Рига
Таллин
Берлин
Прага
Варшава
Минск
Киев
Вена
Будапешт
Белград
Бухарест
Софии
Афины
Анкара
Тбилиси
Баку
Харьков
Нижний Новгород
Куйбышев
Свердловск
Тобольск
Москва
70°
60°
50°
40°
30°

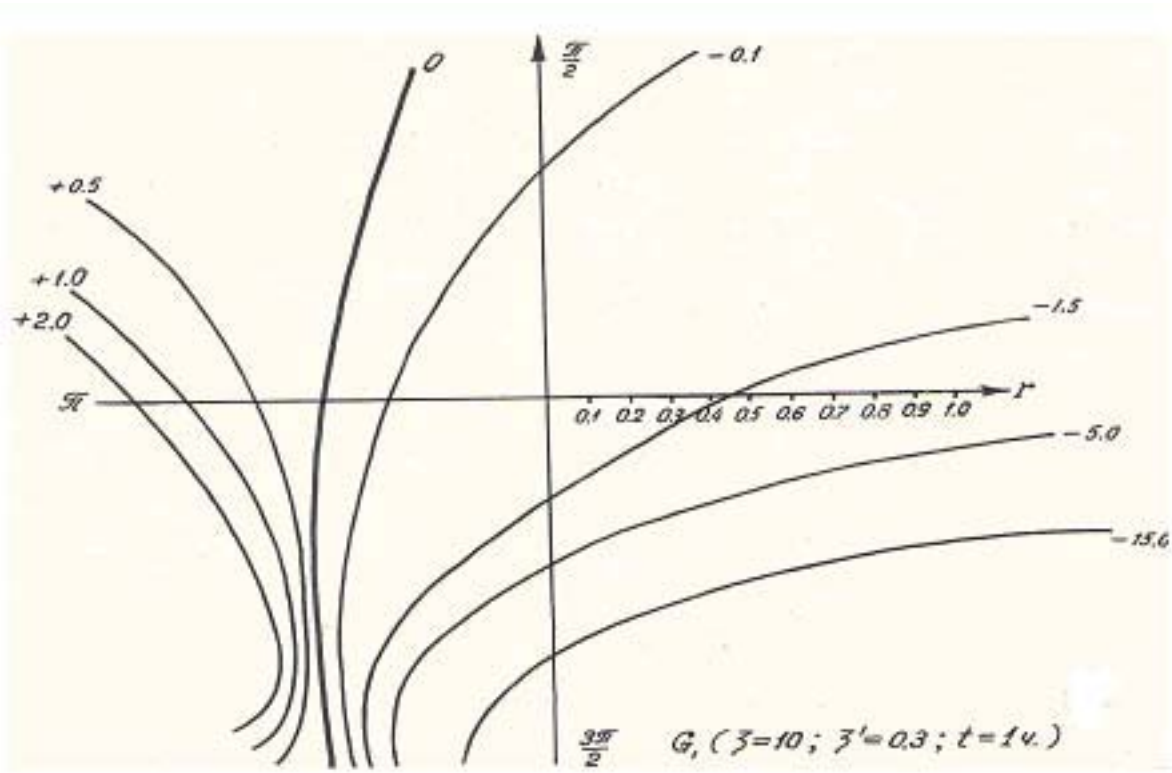
სურ.1


Мурманск
Динсон
Игарка
Нарьян-Мар
Архангельск
Петрозаводск
Новосибирск
Омск
Акмолинск
Алма-Ата
Ташкент
Сталинабад
Ашхабад
Тегеран
Набул
Лондон
Парижи
Осло
Стокгольм
Хельсинки
Ленинград
Рига
Таллин
Берлин
Прага
Варшава
Минск
Киев
Вена
Будапешт
Белград
Бухарест
Софии
Афины
Анкара
Тбилиси
Баку
Харьков
Нижний Новгород
Куйбышев
Свердловск
Тобольск
Москва
Издание Центрального института прогнозов ГУГМС при СМ СССР
70°
60°
50°
40°
30°

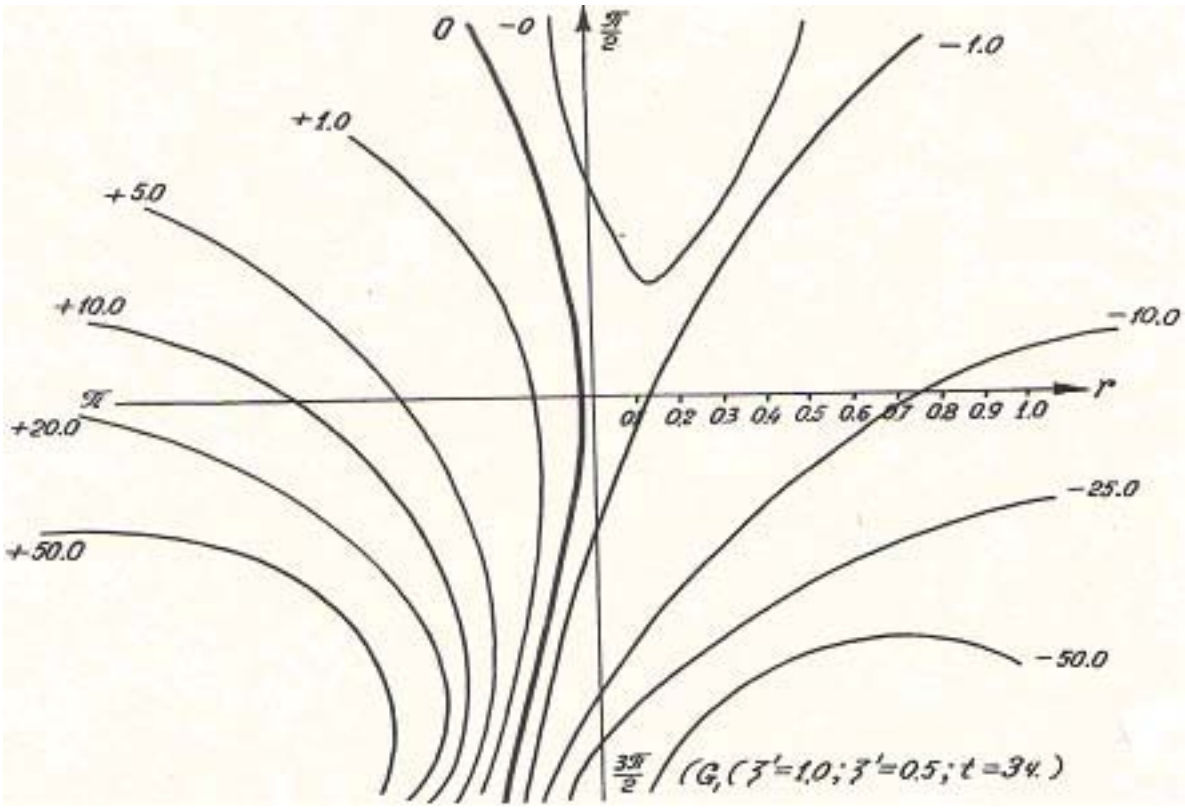
სურ.2


0
+0,1
−0,1
−0,5
−2,5
−0,5
−10.0
r
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1.0
G,(ζ'=1.0; ζ=0,5; t=1ч.)

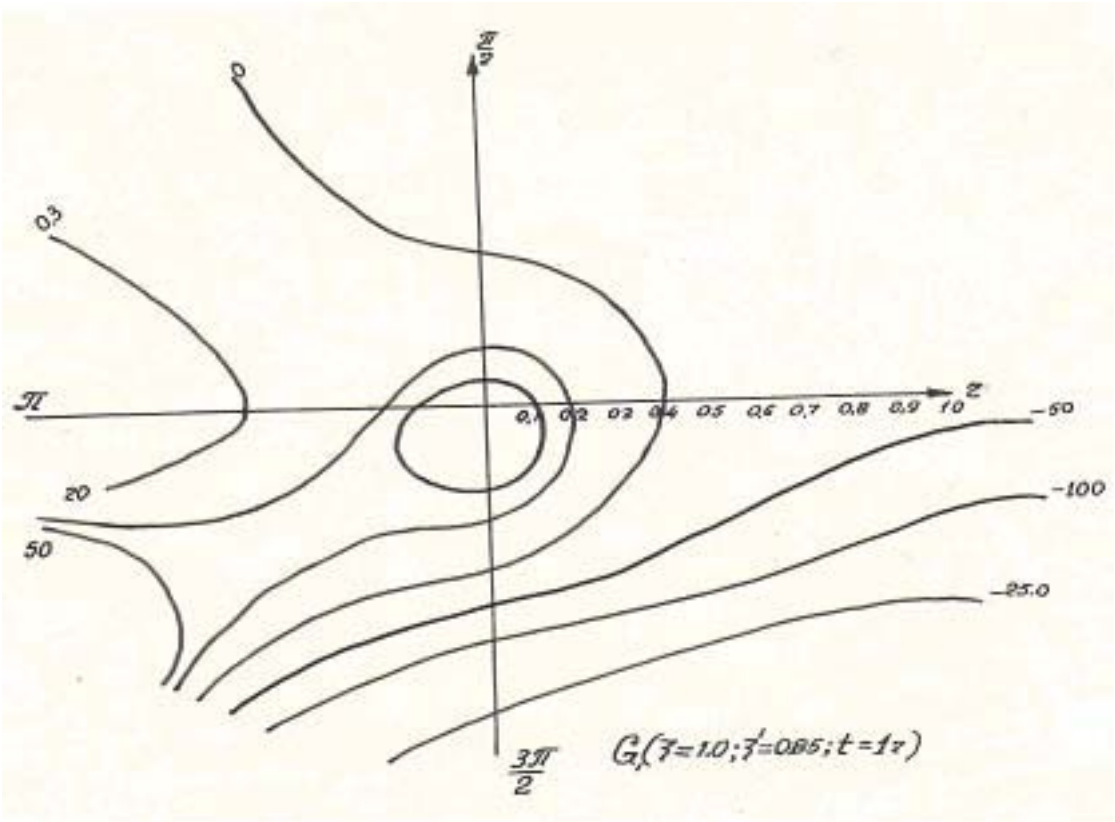
ნახ.1


0
−0.1
+0.5
+1.0
+2.0
−1.5
−5.0
−15.6
r
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1.0
G,(ζ=10; ζ'=0.3; t=1ч.)

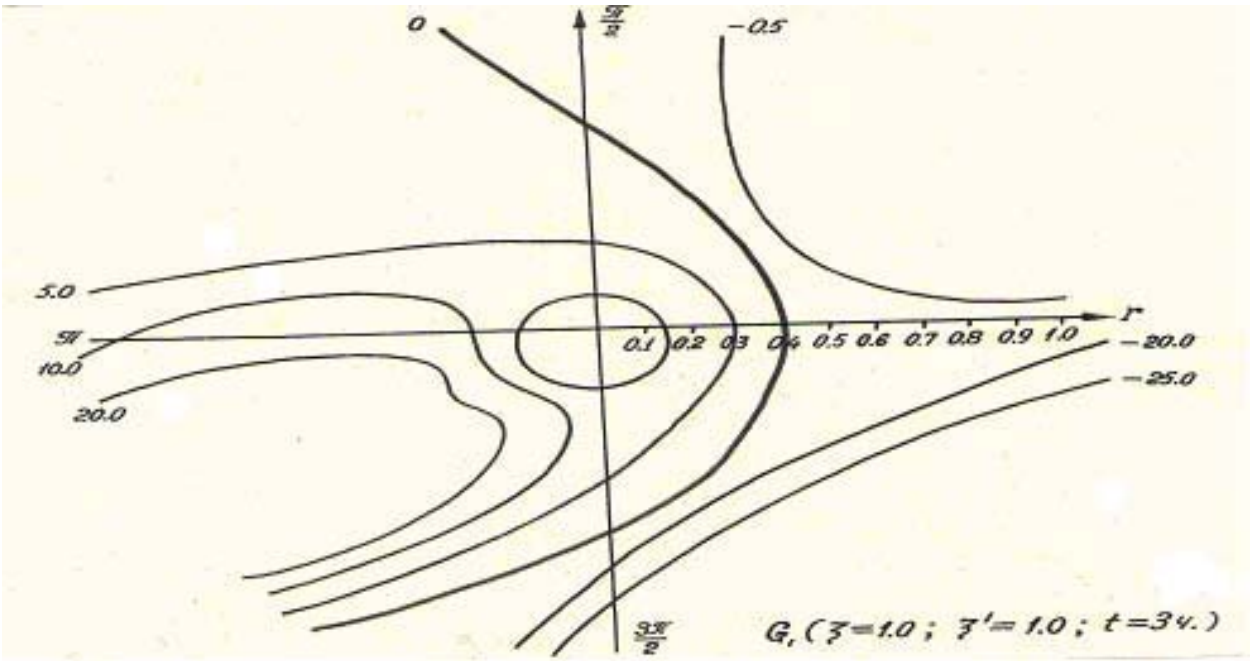
ნახ.2



ნახ.3



ნახ. 4


0
$\frac{\pi}{2}$
−0.5
5.0
π
10.0
20.0
r
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0
−20.0
−25.0
$\frac{3\pi}{2}$
G, (ζ=1.0 ; ζ'=1.0 ; t=34.)

ნახ .5

ლიტერატურა:

1. Н.Н. Белов, Е.П. Борисенко, Б.Д. Пании, ,,Численные методье прогноза погода'' Гидриметеоиздател 1982 г. С 375.
2. З. В. Хведелидзе ,, О сохраняющеися величение в баротропной модели при учете влияня рельефа»» Метеорология и гидрология, №2 1980. С. 104-108.
3. ზ. ხვედელიძე ,,დინამიკური მეტეოროლოგია'' თსუ. 2002წ. გვ. 528.
4. З. В. Хведелидзе, М.Г. Гургенидзе, Л.А. Копидзе ,,Об интегральных свойствах прогнозических моделей метеорологических элементов с учетом вляня орографии» Сообщения Академии наук. Грузии, 145, №2 1992 г. С 220-225.
5. З.В. Хведелидзе, Н.А. Павленишвили ,,Описание энергетических характеристик атмосферных процессов на примере Кавказкого регионе» Метеорология и гидрология, 1996г. №2, с 48-53.
6. Z. Kvedelidze, R. Kvedelidze ,, On the influence of the relief on the geopotential in the lover layers of the atmosphere" Journal of the Georgian Geophysical Society, Atmosphere, Ocean cosinie Rays, 1996. P 51-58.
7. Modeling of Atmosphere flown fields .World scientific Theoretical Physic.london. 1996p.755
8. В.Н. Кадышников ,,Применение метода интегральных соотнищений при рещении полиых прогностичеиних уравнених метеорологии» Изв.АН СССР, серия геофизык,1962 №2,с 1083-1092.
9. Д. Н. Уоялос. ,,Роль перемешений баротропной енергий в обшей циркуляции атмосферы,, Из . книги ,,Динамики климати,,, 1988 г. Л. Гидриметеоиздатель.ст.50-90.
10. Z. Khvedelidze ,, Tu the Study of Hydrodynamic Equation of atmosphere zonal Model on the Territory of the Caucasus." Bulletin of the Georgian Academy of sciences , 155, N 1, 1997. P.62-68 .
11. Eliasen A and Palm ,, On the transfer of energy in Stationary mountain waves " Geophys. Norv. 22. N 3, 1-23.1961 .
12. Напетваридзе Е. Л. «Общие черты атмосферной циркуласии». Труды Тб. Нигми , ввеп.10. 1962. С. 10-15.
13. З. Хведелидзе, Н. Рамищвили, Т. Щаламберидзе, И Адеишвили. "Математическое моделирование микроциркуляционных процесов с учетом физико-географических Условий Закавказъя". Экологические системы и приборы. М. 2006г. с. 43-48
14. ზ. ხვედელიძე, რ. დანელია, თ. შალამბერიძე, რ. აპლიკოვი, ე. თაგვაძე ,,დედამიწის ლოკალური რელიეფით გამოცვეულ ტალღური შეშფოთების მათემატიკური მოდელირება და მისი გავლენა ატმოსფერულ მოვლენებზე ". საერთაშორისო სამეცნიერო- ტექნიკური საინფორმაციო ანალიტიკური რეფერირებული ჟურნალი ,, საქართველოს ნავთობი და გაზი".№21. გვ. 64-70.
15. Хведелидзе З., Давиташвили Т., Самхарадзе И. "Математическое моделирование гидро-воздушных потоков в узких каналах с учетом рельефа дна" Экологические системы и приборы. Россия. №5, 2007г. с. 60-66

Article received: 2009-02-25