

უკ 551.58

**ჰაერის ნაკადის საპროგნოზოსკეების ინვარიანტული სიდიდეების შესახებ რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით**

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 ჰიდრო-თერმოდინამიკის არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. ამ სისტემის ანალიზური ამოხსნა ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება და გამოიყენება მხოლოდ მიახლოებითი რიცხვითი ამოხსნები. ასეთ ამოხსნებს კი თან სდევს ხსავდასხვა ხასიათის შეცდომები, რომელიც დროითი ბიჯებით ინტეგრირებისას იკრიბება და გვამღვეს არასასურველ შედეგს.

აქედან გამომდინარე აუცილებელი ხდება ყურადღება მიექცეს შენახვის კანონებზე დამყარებული რიცხვითი სკემების ინტეგრალურ თვისებების შესრულებას, [1-5]. ასეთი მიდგომა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია როდესაც განიხილება საძიებელი სიდიდის რეგიონალური პროგნოზული მოდელი ლოკალური ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინებით [5-8]. ..ელასონსა და პარმის მიერ [11] შემჩნეული იქნა, რომ “როცა ტალღები წრფივი სტაციონალურია და ნაკადი კონსერვატიული, მაშინ ნაკადის დივერგენცია ნულის ტოლია“. ამ 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 არასტაციონარობას,  $\nabla F$  მიუთითებს არაკონსერვატულობაზე, უკანასკნელი წევრი კი ახასიათებს არაწრფიობას. ბუნებრივია ვექტორის დივერგენციის ნულთან ტოლობა უფრო მარტივი მოთხოვნაა, ვიდრე საშუალო ნაკადის ენერჯის 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 შემფოთების შემთხვევაში. ამასთანავე დროითი გასაშუალების პერიოდი ავიღოთ დეკადური სიდიდის, რის საფუძველსაც იძლევა სინოპტიკური პრაქტიკა. მართლაც, ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე არა იშვიათად არის შემჩნეული ათი და მეტი დღელამური პერიოდის ციკლონური ან ანტიციკლონური გრიგალური “ჩახვეულობები”, რომლებსაც ზონალური გავრცელების ტენდენცია აქვთ. [10,12,14].

დედამიწის ზედაპირის რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით კოორდინატთა სისტემაში -  
 $\sigma = \frac{p}{p_s(x,y,z)}$  ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სისტემას ბაროტროპული ატმოსფეროსათვის აქვს სახე

[1,3,5,16] :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - ev + \frac{\partial \Phi}{\partial x} - R\bar{T} \frac{\partial \ln p_s}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - eu + \frac{\partial \Phi}{\partial y} - R\bar{T} \frac{\partial \ln p_s}{\partial y} = 0, \quad (2)$$

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

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

$$\nabla_{\sigma} T \neq 0 \quad (4)$$

( $\sigma$  სისტემაში რელიევის გავლენით მამრავლი  $\sigma \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma} = -RT$ , სადაც  $T$  – აბსოლუტური ტემპერატურა

ცვალებადი სიდიდეა და ამიტომ ტემპერატურის გრადიენტი  $\nabla \sigma T \neq 0$ ) ასეთი სტრუქტურის გამო მოდელი ხდება ბაროკლინური და მოითხოვს დამატებით -სითბოს მოდენის განტოლების გამოყენებას. ყოველივე ეს კიდევ უფრო მნიშვნელოვანს ხდის ე.წ. კონსერვატიული სიდიდეების შემოტანას და შენახვის კანონების სამართლიანობის დაცვას.

შემოვიტანოთ რამდენიმე კონსერვატიული სიდიდე.

**სრული ენერჯის შენახვა:**

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

განტოლება  $u$  –ზე მეორე  $v$  –ზე და (3)  $(\frac{u^2 + v^2}{2} + \Phi)$  სიდიდეზე და შევკრიბოთ, გვექნება:

$$\frac{d}{dt} (\frac{u^2 + v^2}{2} + \Phi) \tilde{\Phi} = -(u \frac{\partial \tilde{\Phi}}{\partial x} + v \frac{\partial \tilde{\Phi}}{\partial y}) \tilde{\Phi} - \tilde{\Phi} (\tilde{\Phi} + \frac{u^2 + v^2}{2})_D, \quad (5)$$

აქ  $D$  ბრტყელი ივერგენციაა. აღვნიშნოთ

$$E_0 = \tilde{\Phi} \frac{u^2 + v^2 + \Phi}{2}, \quad (6)$$

მაშინ (5) ასე გადაიწერება:

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

ამ განტოლების  $S$  -ფართობზე ინტეგრირებით, მივიღებთ:

$$I = \int_S \tilde{\Phi} \frac{u^2 + v^2 + \Phi}{2} dS, \quad (8)$$

ეს 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  $R\bar{T}$  –ზე, რომელიც ჩაწერილი იქნება კოორდინატთა  $\sigma$  -სისტემაში შემდეგი სახით:

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

შეკრების შედეგად მივიღებთ:

$$\frac{d}{dt} (\frac{u^2 + v^2}{2} + R\bar{T} \ln p_s) = -u \frac{\partial \Phi}{\partial x} - v \frac{\partial \Phi}{\partial y} - (\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}) R\bar{T} - RTu \frac{\partial \ln p_s}{\partial x} - R\bar{T}v \frac{\partial \ln p_s}{\partial y} \quad R\bar{T} \ln p_s = -\Phi_s \quad \text{და} \quad \text{ატმოსფეროს}$$

საშუალო დონისათვის, სადაც  $D = 0$ , გვექნება:

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

თუ (10)-ის მარჯვენა მხარე

$$\int \bar{R} \bar{T} \nabla \ln p_s + \int \bar{R} \nabla \Phi, \quad (11)$$

სადაც  $\int$  -ქარის საშუალო სიჩქარეა,  $\nabla$  – გრადიენტი, მაშინ ინახება სიდიდე [5,16]

$$E = \frac{u^2 + v^2}{2} - \Phi_s \quad (12)$$

$E$  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 ენერჯის  $E$ -ს ცვლილება მინიმუმ ერთი-ორი რიგით მცირეა ვიდრე (11)-ისა. (ცხრ.1). აქედან გამომდინარე (12) შეიძლება მივიღოთ „ნელა ცვლადი“ ნაკადის ინვარიანტად და ვუწოდოთ მას კვაზინვარიანტული სიდიდე.

ცხრილი 1. ჟურნალი variabilities of the left  $\Delta\phi + K^2\phi_2$  (upper number) and right  $b \frac{\partial}{\partial x} (\sigma \frac{\partial \phi}{\partial \sigma} - a \frac{\partial}{\partial y} (\sigma \frac{\partial \phi}{\partial \sigma}))$  (lower number) sides of equation (9)

-0.5	-0.4	1.2	0.1	0.1
-0.03	-0.08	0.1	0.06	0.1
0.0	0.4	0.83	-0.5	-0.5
-0.08	0.05	0.6	0.07	0.14
0.9	0.1	0.1	0.1	0.1
0.2	0.004	0.1	0.2	0.5
0.0	0.2	0.2	-0.1	-0.1
0.2	0.3	0.5	-0.2	-0.1
-0.6	-0.3	0.1	-0.2	-0.1
-0.1	0.2	0.02	-0.1	-0.02

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 [3,5,16].

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

ააქედან ჩანს, რომ გამოსახულება

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

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

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

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

$$a = -\frac{\partial \ln p_s}{\partial x}; \quad b = -\frac{\partial \ln p_s}{\partial y};$$

-მთის გავლენის მახასიათებელი პარამეტრები დედამიწის პარალელისა და

მერიდიანის გასწვრივ შესაბამისად. (15) განტოლების მარჯვენა მხარე არამდებრივი 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

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

სადაც  $K^2 = \frac{l^2}{RT} = 0,12 \cdot 10^{-11} \frac{1}{m^2}$  ამრიგად, მივიღეთ კვლავ კვაზი ინვარიანტი z, რომლის სა-

მართლიანობა 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.

ცხრ.1-ში მოყვანილია z სიდიდისა და (15) ფორმულის მარჯვენა მხარის დღედამური ცვლილების მნიშვნელობები საიდანაც ჩანს რომ (15)-ის მარჯვენა მხარეში მდგომ გამოსახულების დღედამური ცვლილება მინიმუმ ერთი რიგით მაინც მცირეა ვიდრე z სიდიდის იგივე პერიოდში ცვლილებაზე, აქედან გამომდინარე შეიძლება პირველი მიახლოებით მივიღოთ (16)-ის სამართლიანობა.

ასევე შეფასდა ფორმულა (15) ორივე მხარის დღედამური ფარდობითი ცვლილების მნიშვნელობები ამიერკავკასიის რეგიონზე ჰაერის მასების ოთხი გამსაზღვრელი სინოპტიკური სიტუაციების მიხედვით. საწყისი ველი აღებული იყო  $AT_{500}$  იზობარული ზედაპირის რუქიდან 1988 წლის ივლისის თვისათვის. მასალა აღებული იქნა სწორკუთხოვანი ბადის კვანძ ფერტილებში ცენტრით თბილისში, ჰორიზონტალური ბიჯი 250 კმ. შეფასება მოხდა 100 საკვანძო ფერტილში. გამოთვლებმა გვიჩვენეს, რომ სიდიდე ინახება კარგად (1-1,5)%-ის სიზუსტით [5].

სინოპტიკური თვალსაზრისით „ნელა ცვალებადი“ ნაკადის პირობებში ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე გაბატონებული ხდება ზონალური გადატანა, მასათა მერიდიანული გავრცელებით, ეს ჩანს  $AT_{700}$  იზობარულ ზედაპირზე გეოპოტენციალური ველის იზოგისების სტრუქტურიდან. 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. წყვეტილი სისტემაში [3,10-12,]. ამოთვლებმა ასევე აჩვენეს, რომ გეოპოტენციალის ველი სხვადასხვა დონეზე დროის სხვადასხვა ხანგრძლივობით ნათლად მიუთითებდა ნაკადის მერიდიანულ გავრცელებას, ე.ი. ზონალურ პროცესს, სადაც ელიასონ-პარმის ვექტორის მსგავსად ინახება ზემოთ მითითებული კვაზინვარიანტები.

### დასკვნა

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

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Н. Белов, Е.П. Борисенко, Б.Д. Панин, 1982 г., „Численные методы прогноза погоды“ Гидрометеоиздател , С 375.
2. З. В. Хведелидзе 1980., „О сохраняющемся величии в баротропной модели при учете влияния рельефа“ Метеорология и гидрология, №2 , С. 104-108.
3. ზ. ხვედელიძე „დინამიკური მეტეოროლოგია“ თსუ. 2002წ. გვ. 528.
4. З.В. Хведелидзе, М.Г. Гургенидзе, Л.А. Копидзе 1992 г., „Об интегральных свойствах прогнозических моделей метеорологических элементов с учетом влияния орографии“ Сообщения Академии наук. Грузии, 145, №2 С 220-225.
5. З.В. Хведелидзе, Н.А. Павленишвили 1996г. „Описание энергетических характеристик атмосферных процессов на примере Кавказского региона“ Метеорология и гидрология, №2, с 48-53.
6. Z. Kvedelidze, R. Kvedelidze 1996., „On the influence of the relief on the geopotential in the lower layers of the atmosphere“ Journal of the Georgian Geophysical Society, Atmosphere, Ocean cosine Rays, P 51-58.
7. Modeling of Atmosphere flow fields .World scientific Theoretical Physic.London. 1996, p.755
8. В.Н. Кадышников 1962., „Применение метода интегральных соотношений при решении полиых прогностических уравнений метеорологии“ Изв. АН СССР, серия геофизик, №2, с 1083-1092.
9. Д. Н. Уоялос. 1988 г., „Роль перемещений баротропной энергии в общей циркуляции атмосферы., Из. книги „Динамика климата,,“ Л. Гидрометеоиздател. ст.50-90.
10. Z. Khvedelidze ,, 1997., „To 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, P.62-68 .
11. Eliassen A and Palm ,, 1961, „On the transfer of energy in Stationary mountain waves “ Geophys. Norv. 22. N 3, 1-23. .
12. Напетваридзе Е. Л. 1962 «Общие черты атмосферной циркуляции». Труды Тб. Нигми , вып.10.. С. 10-15.
13. З. Хведелидзе, Н. Рамишвили, Т. Щаламберидзе, И. Адеишвили. 2006г „Математическое моделирование микроциркуляционных процессов с учетом физико-географических Условий Закавказья“. Экологические системы и приборы. М.. с. 43-48
14. ზ. ხვედელიძე, რ. დანელია, თ. შალამბერიძე, რ. აპლიკოვი, ე. თავგაპე 2005, დედამიწის ლოკალური რელიეფით გამოწვეულ 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. 2011г. „Математическое моделирование гидро-воздушных потоков в узких каналах с учетом рельефа дна” Экологические системы и приборы. Россия. №5, с. 60-66
16. Davitashvili T. 1996 Numerical model of the meteorological fields prediction with account of orography influence.-Reports of enlarged sessions of the seminar of VIAM vo# 8., No. 3.. pp. 12-15.

უკ 551.58

**ჰაერის ნაკადის საპროგნოზო სქემების ინვარიანტული სიდიდეების შესახებ რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით.** /ზ. ხვედელიძე, თ. დავითაშვილი, ნ. კუტალაძე, ნ. მეგრელიძე, ი. სამხარაძე./ ჰმი-ს შრომათა კრებული – 2011 – ტ.116. გვ. 5-8-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მეტეოროლოგიური ელემენტების რიცხვითი პროგნოზირებისას ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებების გამოყენების საფუძველზე შემოთავაზებულია რამდენიმე ინვარიანტული სიდიდე დედამიწის რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით. ეს სიდიდეები იძლევიან საშუალებას არამართ 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.

**UDC 551.58 On Some Invariants of Forecasting Schemes Taking Into Consideration Orography.** /Z. Khvedelidze, T. Davitashvili, N.Kutaladze, I.Megrelidze, I. Samkharadze/ Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology of Georgia. – 2011, – V.116 – p.5-8 – Georg.: Summ. Georg., Eng., Russ.

While numerical prediction of meteorological fields with account of orography, on bases of full system of hydrothermodynamic equations some invariants of numerical scheme are proposed. These invariants give us possibility to precise quality of numerical scheme and as well to use the invariants as criteria of numerical schemes stability. For the “Slow Modified” atmospheric processes regularity (constancy) of these invariants in the permissible precision is proved. Such kind mechanism gives us possibility to make parameterization of different influence factors for regional processes and to analyze climate circular changeability on the background of modern climate warming process.

**УДК 551.580 Некоторых Инвариантах Прогностических Схем с Учётом Орографий.** /З.Хведелидзе,Т.Давиташвили,Н.Куталадзе,Л.Мегрелидзе,И.Самхарадзе./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии.– 2011,Т.116.,с.5-8-Груз.,Рез.Англ., Рус.

В настоящей работе предложено несколько инвариантов численных схем прогноза метеорологических элементов с учётом орографий на основе полных уравнений гидротермодинамики. Эти инварианты дают возможность не только уточнить качество прогноза, но также использовать как критерий устойчивость численных прогностических схем. Также показано постоянно приведенных инвариантов с допустимой точностью, для так называемых «Медленно меняющихся» атмосферных процессов. Этот механизм позволяет параметризовать влияние различных факторов для региональных процессов и проводить анализ годового изменения климата на фоне глобального климатического потепления.