

დ. დემეტრაშვილი

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

უკ 551.558.21:551.551.32

ჰაერის ფონური ნაკადის მიერ საქართველოს რელიეფის გარსდენის მათემატიკური მოდელირების შედეგები./დ.

[1,2]-ში ამოხსნილი იყო თავისუფალ ატმოსფეროში ჰაერის ნაკადის მიერ მთის გარსდენის სივრცითი არასტაციონარული ამოცანა და რიცხვითი ექსპერიმენტები ჩატარებული იყო მოდელური იზოლირებული მთის შემთხვევაში. წინამდებარე სტატიის მიზანია მოკლედ აღვწეროთ [1,2]-ში განხილული მოდელის საფუძველზე ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტების ზოგიერთი შედეგი საქართველოს რელიეფის გათვალისწინებით.

მოკლედ დავახსიანოთ მოდელის ძირითადი თავისებურებანი. მოდელს საფუძვლად უდევს ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში, რომელიც შეიცავს დიდმასშტაბური ფონური პროცესის დამახასიათებელ მეტეოროლოგიურ სიდიდეებს. ვიხილავთ რა ტროპოსფეროში მოძრავ ჰაერის მასას როგორც იდეალურ სითხეს, ქვედა საზღვარზე მოიცემა ჰაერის ნაწილაკების სრიალის პირობა

$$w = u \frac{\partial \delta}{\partial x} + v \frac{\partial \delta}{\partial y}, \quad \text{როცა} \quad z = \delta(x, y),$$

ხოლო ზედა საზღვარზე – ტროპოპაუზის სიმაღლეზე

$$w = \frac{\partial H}{\partial t} + u \frac{\partial H}{\partial x} + v \frac{\partial H}{\partial y}, \quad \varphi' = 0, \quad \text{როცა} \quad z = H(x, y, t).$$

აქ  $u$ ,  $v$  და  $w$  ჰაერის ნაკადის სიჩქარის მდგენელებია შესაბამისად  $x$ ,  $y$  და  $z$  ღერძების გასწვრივ ( $z$  ღერძი მიმართულია მიწის ზედაპირიდან ვერტიკალურად ზემოთ, ხოლო  $x$  და  $y$  ღერძები - შესაბამისად აღმოსავლეთისა და ჩრდილოეთის მიმართულებით),  $\delta(x, y)$  რელიეფის აღმწერი ფუნქციაა,  $\varphi'$  წნევის ანალოგის შემფოთებაა, ხოლო  $H(x, y, t)$  თავისუფალი ზედაპირია, რომლის საშუალებითაც ხდება ამოხსნის არის ზედა საზღვრის მოდელირება. რელიეფთან დაკავშირებულ კოორდინატთა სისტემაში გადასვლის შემდეგ ამოცანა ამოხსნილია ლაქს-ვენდროფის ორბიჯიანი მეთოდის გამოყენებით [3]. აღვნიშნოთ, რომ ამოცანის ასეთი ფორმულირება წარმოადგენს [4]-ში განხილული ორგანოზომილებიანი მოდელის განზოგადოებას სამგანზომილებიანი რელიეფის შემთხვევაში.

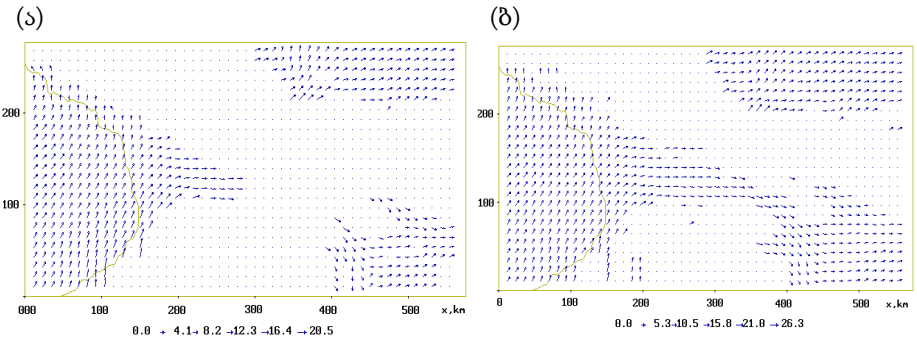
საქართველოს ტერიტორიისათვის მოდელის რეალიზაციის მიზნით ამოხსნის არე ივარებოდა სათვლელი ბადით, რომლის პარამეტრები იყო: ვერტიკალზე აიღებოდა 31 სათვლელი დონე, ხოლო თითოეულ დონეზე ბადის მთავარი კვანძების რაოდენობა  $x$  და  $y$  ღერძების გასწვრივ შესაბამისად შეადგენდა 49 და 26-ს მუდმივი ჰორიზონტალური ბიჯებით  $\Delta x = \Delta y = 12$  კმ. ვერტიკალური ბიჯი რელიეფთან დაკავშირებულ სისტემაში  $\Delta z = 1/30 \approx 0.033$ , რომელიც დეკარტის მართკუთხოვან კოორდინატა სისტემაში შეესაბამება ბიჯს  $\Delta z = 400$  მ შეუშფოთებელი თავისუფალი ზედაპირისა და  $\delta(x, y) = 0$  შემთხვევაში. არელიეფისა და  $\partial\delta/\partial x$ ,  $\partial\delta/\partial y$  დახრილობების საწყისი მასივები მიიღებოდა ნკმ ბიჯის მქონე ბადის კვანძებში საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული რუკიდან. ამის შემდეგ ხდებოდა ამ მასივთა გაგლუვება [5]-ში წარმოდგენილი ფორმულის საშუალებით, რის შედეგადაც რელიეფისა და დახრილობების საბოლოო გაგლუვებული მნიშვნელობები მიიღებოდა სათვლელი ბადის კვანძებში (12 კმ ბიჯით).

ჩატარებულ რიცხვით ექსპერიმენტებში თავისუფალი ზედაპირი  $t = 0$  საწყის მომენტში მოიცემოდა 12 კმ სიმაღლეზე, ხოლო დროითი ბიჯის მნიშვნელობა  $\Delta t = 2$  წთ შეირჩეოდა გამოთვლითი არამდგრადობის კრიტერიუმის შესრულების გათვალისწინებით. ფონური დინება, რომლის პარამეტრები მოდელში აპრიორულად მოიცემოდა, ჩნდებოდა საწყის მომენტში და 2 სთ-ის განმავლობაში აღწევდა სტაციონარულ მდგომარეობას. გამოთვლის შედეგები განიხილებოდა ინტეგრების დაწყებიდან  $t=10$  სთ მომენტისათვის, რის შემდეგაც მეტეოროლოგიური ველები მნიშვნელოვნად აღარ იცვლებოდნენ.

ერთ-ერთი რიცხვითი ექსპერიმენტი ჩატარებული იყო დასავლეთის ფონური დინების შემთხვევაში. როგორც ცნობილია ასეთი პროცესების განმეორებადობა საკმაოდ მაღალია წლის თბილ პერიოდში [6,7]. ფონური ქარის მდგენელები  $x$  და  $y$  ღერძების გასწვრივ აიღებოდა შემდეგნაირად:  $UU = 10$  მ/წმ,  $V = 0$ .

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ჰაერის დინების გათვლილი ვექტორული ველები 600 და 1000 მ სიმაღლეებზე ზღვის დონიდან. ამ სურათებიდან კარგად ჩანს, რომ დასავლეთის ფონური დინება გარკვეულ დეფორმირებას განიცდის. ამოხსნის არეში მოქცეული შავი ზღვის ნაწილი და კოლხეთის დაბლობი დასავლეთის დინებისათვის წარმოადგენს ქარპირა მხარეს, სადაც ჰაერის ნაკადი “შეიგრძნობს” მოახლოებული ოროგრაფიის არსებობას. ნახაზიდან კარგად ჩანს, რომ შავი

ზღვის ტერიტორიასა და კოლხეთის დაბლობზე ფონური დინება მოახლოებული მთის მასივების გავლენით გადაიხრება მარცხნივ ძირითადი მიმართულებიდან და უმეტესად მიმართულია სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ. აჭარისა და აფხაზეთის სანაპიროებთან მიახლოებისას, რომლებიც ხასიათდებიან რელიეფის მკვეთრი ამღლებით, ჰაერის ნაკადი მეტად უხვევს ჩრდილოეთით და აფხაზეთის სანაპიროებთან ქარის სიჩქარის  $x$  მდგენელი ნიშანსაც კი იცვლის. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქარპირა მხარეს ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ჰაერის დინების გადახრა მარცხნივ ფონური ქარის მიმართულებიდან კორიოლისისა და წნევის გრადიენტის ძალების ერთობლივი მოქმედების შედეგია.

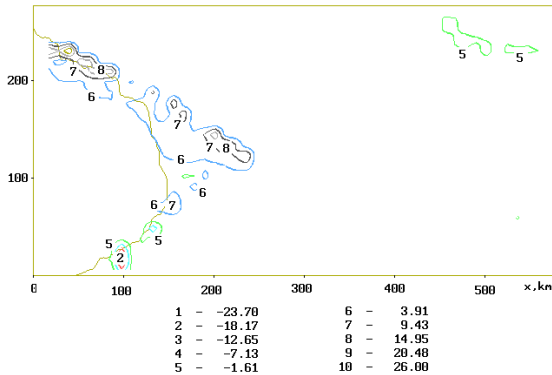


ნახ.1. დინების ველი დასავლეთის ფონური ქარის დროს ( $U=10\text{მ/წმ}$ ) ზღვის დონიდან (ა) 600 და (ბ) 1000 მ სიმაღლეებზე.

მთის მასივთან მიახლოებისას ნაკადის მექანიკური დამუხრუჭების გამო კორიოლისის ძალა მცირდება და შესაბამისად ირღვევა წონასწორობა ამ ორ ძალას შორის. ამგვარად, კორიოლისისა და წნევის გრადიენტის ძალის ტოლქმედი მიმართული იქნება ფონური მიმართულებიდან მარცხნივ და ნაკადსაც შესაბამისად აიძულებს გადაიხაროს იმავე მიმართულებით. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ანალოგიური შედეგი მიღებულია აგრეთვე [8]-ში კავკასიის რეგიონში განვითარებული საშუალო მასშტაბის ატმოსფერული პროცესების მოდელირებისას დასავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში. რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ სიმაღლის მატებასთან ერთად შემოფოთებული დინების მიმართულება თანდათან უახლოვდება ფონურს და ზღვის დონიდან დაახლოებით 6კმ სიმაღლეზე დინება კვლავ განედურ მიმართულებას ღებულობს. გამონაკლისი კავკასიონის

ქედის ზემოთ არსებული არეა, სადაც დაიკვირვება გადახრები ფონური მიმართულებიდან.

მთათაშორისო დადაბლება ჰაერის მასებისათვის წარმოადგენს დერეფანს, სადაც დასავლეთიდან შემოჭრილი ფონური დინება ვრცელდება აღმოსავლეთ საქართველოშიც თითქმის მიმართულების შეუცვლელად. ჰაერის მასების მოძრაობა ოროგრაფიულად არაერთგვაროვანი ქვეფენილი ზედაპირის ზემოთ წარმოშობს ვერტიკალურ სიჩქარეებს, რომლებიც ემატებიან სინოპტიკური პროცესებისათვის დამახასიათებელ შედარებით მცირე ვერტიკალურ სიჩქარეებს. ნახ.2-ზე ნაჩვენებია ვერტიკალურ სიჩქარეთა განაწილება ზღვის დონიდან 200მ



სიმაღლეზე.

ნახ.2. ვერტიკალური სიჩქარის იზოწირები (სმ/წმ-ში) დასავლეთის ფონური ქარის დროს ( $U = 10$ მ/წმ) ზღვის დონიდან 200 მსიმაღლეზე.

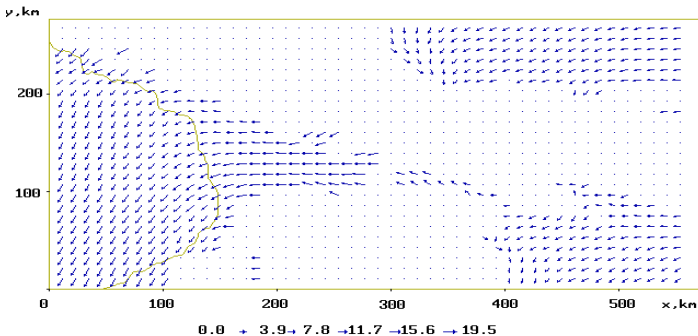
კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე, რომელიც დასავლეთის ფონური ქარისათვის წარმოადგენს ქარპირა მხარეს, დაიკვირვება ჰაერის აღმავალი მოძრაობა, რაც ხელშემწყობ პირობებს ქმნის ღრუბელთა განვითარებისა და ნალექებისათვის.

განსახილველი არის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, რომელიც დაბლობს წარმოადგენს ჰაერის ნაკადი გადმოლახავს რა კავკასიონს, ქვემოთ ეშვება. ამიტომ აქ სჭარბობს დადმავალი დენები. გათვლილი ტემპერატურის შეშფოთებათა ველის ანალიზმა აჩვენა, რომ ტემპერატურის შეშფოთებათა განაწილების სურათი ძირითადად ყალიბდება ვერტიკალური მოძრაობის გავლენით. იმ ადგილებში, სადაც ჰაერის აღმავალ დინებასა აქვს ადგილი, ადიაბატური გაფართოების გამო

ჰაერი ცივდება, ხოლო დაღმავალი მოძრაობის რაიონებში ადიაბატური შეკუმშვის გამო - თბება. ამიტომაც კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე დასავლეთის ფონური ქარის დროს ძირითადად ადგილი აქვს ჰაერის გაცივებას, ხოლო ამოხსნის არის ჩრდილო-აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში - ჰაერის გათბობას.

შემდეგი რიცხვითი ექსპერიმენტი ჩატარებული იყო აღმოსავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში. ცნობილია, რომ ასეთი სახის სინოპტიკური პროცესები ყველაზე მეტად დაიკვირვება წლის ცივ სეზონში [6,7]. ამ შემთხვევაში ფონური ქარის მდგენელები იყო  $U=-10$  მ/წმ,  $V=0$ . N

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია ჰაერის დინებათა ვექტორული ველი 800 მ სიმაღლეზე. ამ შემთხვევაში ჰაერის მასები შავი ზღვის ტერიტორიაზე გავრცელებისას იცვლიან მიმართულებას და გადაიხრებიან ფონური ქარის მიმართულებიდან მარცხნივ. ისევე როგორც დასავლეთის ქარის შემთხვევაში, ეს მოვლენა კორიოლისისა და წნევის გრადიენტის ძალების ერთობლივი მოქმედების შედეგია. ნახ.3-დან ჩანს, რომ ჰაერის დინებამ შესაძლოა ფონური შეუმფოთებელი დინების  $x$  მდგენელის საწინააღმდეგო ნიშანიც შეიძინოს. ეს მოვლენა დაიკვირვება იმ ადგილებში, სადაც მთა ნაკადის მიმართ კედლის როლს ასრულებს და ჰაერის ნაკადი ატმოსფეროს ქვედა ფენებში იძულებულია შემოიხვიოს ძირითადი მიმართულებიდან მარცხნივ.

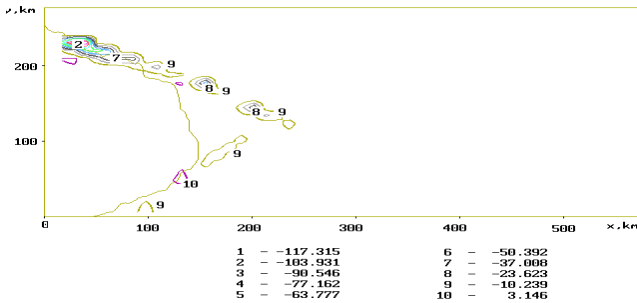


ნახ.3. დინების ველი აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს ( $U=10$ მ/წმ) ზღვის დონიდან 800 მ სიმაღლეზე

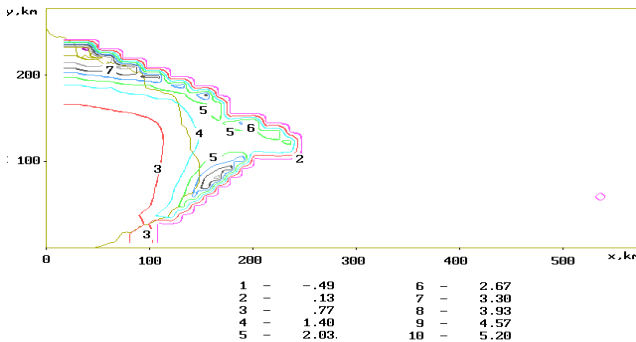
ნახ. 4 – ზე ნაჩვენებია გამოთვლილი ვერტიკალური სიჩქარისა და ტემპერატურის შეშფოთების ველი ველი ზღვის დონიდან 200 მ სიმაღლეზე. ნახაზიდან კარგად ჩანს, რომ აღმოსავლეთის ფონური

პროცესის დროს კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე მთების ქარზურგა რაიონებში დაიკვირვება საკმაოდ მძლავრი დაღმავალი დინებები, რომლებსაც თან ახლავს ჰაერის ადიაბატური გათბობა. ესაა სწორედ დაკვირვებებიდან კარგად ცნობილი ფიონური ქარები, რომლებიც ხშირად ვითარდებიან დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოსავლეთის ფონური პროცესების დროს [7].

(ა)



(ბ)



ნახ. 4. (ა) ვერტიკალური სიჩქარეებისა და (ბ) ტემპერატურის შემფოტების ველი 200 მ სიმაღლეზე აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს

#### ლიტერატურა- REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Demetrashvili D. I. A nonstationary three-dimensional problem of mesoscale processes over orographically inhomogeneous Earth's surface. International workshop on limited-area and variable resolution models (Beijing, China, 23-27 October, 1995), WMO/TD – N 699, pp.293-298.

2. Деметрашвили Д. И., Кордзадзе А. А. Нестационарная пространственная модель атмосферных процессов, обусловленных орографической неоднородностью подстилающей поверхности. Сообщения АН Грузии, 1995, т. 152, N 1, с.87-91.
3. Рихтмайер Р. Д., Мортон К. У. Разностные методы краевых задач. М., Мир, 1972, 418 с.
4. Деметрашвили Д. И. Нестационарная задача о мезомасштабных процессах в свободной атмосфере над орографически неоднородной поверхностью Земли. Изв. АН СССР, физика атмосф. и океана, 1979, т. 15, N 7, с.609-709.
5. მიქაშავიძე ბ. ა. გამოთვლითი არამდგრადობა და გაგლუვება. ჰმი-ის ინსტიტუტის შრომები. 1996, ტ. 100, გვ. 52-58.
6. ჯავახიშვილი შ. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე. თბილისი, 1981, 183 გვ.
7. Климат и климатические ресурсы Грузии. Л.Гидрометеоиздат,1971,384 с.
8. Kordzadze A., Surmava A. The numerical investigation of the meteorological fields distribution in the Caucasian Region in the presence of the background western wind . III. The atmosphere moisture, cloudiness and the soil moisture. Journ. of Georgian Geoph. Soc., v. 8b, 2003, p. 28-38.

შპაკ 551.558.21:551.551.32

**ჰაერის ფონური ნაკადის მიერ საქართველოს რელიეფის გარსდენის მათემატიკური მოდელირების შედეგები./დ. დემეტრაშვილი/. ჰმი-ს შრომათა კრებული -2007.-ტ.114.-გვ.85-96.- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**  
მოცემულია არასტაციონარული სივრცითი ჰიდროსტატიკური მოდელის საფუძველზე ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგები საქართველოს ტერიტორიისათვის (ჰორიზონტალური ბიჯით 12კმ) აღმოსავლეთისა და დასავლეთის ფონური ქარების შემთხვევებში. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ მოდელი კარგად აღწერს საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული მეტეოროლოგიური პროცესების თავისებურებებს, მათ შორის - ფიონური ქარების წარმოშობას დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოსავლეთის ფონური პროცესების დროს.

UDC 551.558.21:551.551.32

**Results of mathematical modelling of a streamline of a relief of Georgia by air background current./Demetrashvili D/. Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2007. - т.114. – p.. 85-96 - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Results of numerical experiments which have been carried out on the basis of non-stationary spatial hydrostatic mesoscale model for territory of Georgia (by horizontal step of 12 kms) are presented in case of east and western background winds. Calculations have shown, that the model well describes features of meteorological processes developing on

territory of Georgia, including formation of foehn winds on territory of the Western Georgia at eastern background stream.

**УДК 551.558.21:551.551.32**

Результаты математического моделирования обтекания рельефа Грузии воздушным фоновым потоком./Д. И. Деметрашвили/. Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2007. – т.114. – с.85-96. – Груз.; рез. Груз., Англ.,Русск.

Представлены результаты численных экспериментов, проведённых на основе нестационарной пространственной гидростатической мезомасштабной модели для территории Грузии (горизонтальным шагом 12 км) в случае восточного и западного фонового ветров. Расчёты показали, что модель хорошо описывает особенности метеорологических процессов, развивающихся на территории Грузии, в том числе - формирование фёновых ветров на территории Западной Грузии при восточном фоновом потоке.