

უკ 551.51; 556.12

**კახეთის რეგიონში აქტიური ზემოქმედების რაიონებში მეზომასშტაბის ატმოსფერული პროცესების გამოკვლევის და გარემოს ობიექტებში მძიმე ლითონების ფონური კონცენტრაციების განსაზღვრის ამოცანა**  
ა.სურმავა, ლ.ინწკირველი, ნ.ბუაჩიძე, ლ.შავლიაშვილი, გ.კუჭავა, მ.ტაბატაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

### 1 შესავალი

გლობალური დათბობის და გარემოზე გავრდილი ანტროპოგენული ზემოქმედების პირობებში კახეთში დაიკვირვება საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური (ძლიერი ქარები, სეტყვიანობა, ინტენსიური ნალექები და სხვა) და ნეგატიური ეკოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაცია. ეს პროცესები იწვევენ მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს. ამიტომ, ამ პროცესების შესწავლა მნიშვნელოვანია მათი წარმოშობის, ევოლუციის, გავრცელების მექანიზმების დაზუსტების და პროგნოზირებისათვის. შესწავლა მოგვცემს საშუალებას წინასწარ დამუშავდეს გარემოსდაცვითი ღონისძიებები და მათი განხორციელებით მინიმუმირდეს შესაძლო ნეგატიური შედეგები, რაც უდაოდ მნიშვნელოვანი წინაპირობაა ქვეყნის სოფლის მეურნეობის და ეკონომიკის მდგრადი განვითარებისათვის.

დღეისათვის, არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ქსელის შემცირების პირობებში, პრაქტიკულად შეუძლებელია მხოლოდ დაკვირვების მონაცემების საშუალებით, საზღვარგარეთიდან მიღებული სტანდარტული პროგნოსტიკული და ადგილობრივი მეტეოროლოგიური ინფორმაციით აღნიშნული პრობლემების გადაწყვეტა. ამისათვის კომპლექსური მიდგომა საჭირო.

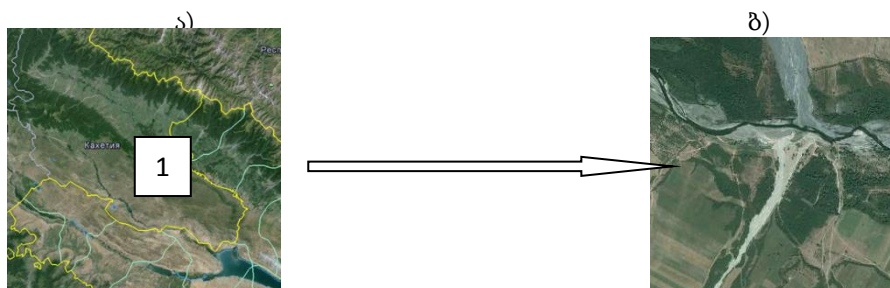
წარმოდგენილი სტატიის მიზანია, წარაჩინოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გარემოს დაბინძურების მონიტორინგისა და პროგნოზირების განყოფილებაში უახლოეს 3 წელის განმავლობაში დაგეგმილი სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოს ერთერთი მთავარი მიმართულება - საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების და ეკოლოგიური პროცესების წარმოშობისა და განვითარების გამოკვლევა.

დაგეგმილი კვლევისათვის ერთობლივად გამოიყენებული იქნება გარემოს კომპონენტების მდგომარეობის შესახებ არსებული სტანდარტული და სპეციალური ექსპერიმენტული მეტეოროლოგიური და ეკოლოგიური დაკვირვების მონაცემები, გარემოს ეროვნულ სააგენტოში საერთაშორისო ცენტრებიდან შემომავალი მეტეოროლოგიური ველების პროგნოზული მასალები, საქართველოში დამუშავებული ატმოსფერული ცირკულაციების განვითარების რიცხითი მოდელები.

### 2 ამოცანის დასმა

განიხილება კახეთის რეგიონი ფართობით დაახლოებით  $150 \times 150 \text{კმ}^2$  და ამ ტერიტორიაზე არსებული ცალკეული ტერიტორიები, რომელთა ზომებია  $10 \times 10 \text{კმ}^2$  (ნახ.1).

კახეთის რეგიონში (ნახ.1) ატმოსფერული პროცესების განვითარება მოდელირებული იქნება კავკასიაში ატმოსფერული პროცესების რეგიონალური მოდელის საშუალებით [1-5]. მოდელი იძლევა საშუალებას რთული რელიეფის რეგიონებში აღიწეროს  $\beta$ -მეზომასშტაბის ( $100 \text{კმ}$ ) ატმოსფერული და ეკოლოგიური პროცესები კვაზისტატიკურ მიახლოებაში. რეგიონალური მოდელის შედეგად მიღებული მეტეოროლოგიური ველები შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც ფონური მონაცემები კახეთის ცალკეულ ტერიტორიებზე (ნახ.1ბ) ლოკალური ატმოსფერული პროცესების რიცხვითი მოდელის შესაქმნელად.



ნახაზი 1. კახეთის  $\beta$  (ა) და  $\gamma$  (ბ) მეზომასშტაბის მოდელირების არეების აეროსურათები.

ვინაიდან ლოკალური ატმოსფერული პროცესების (საშიში ქარები, სეტყვა, ლოკალური გრიგალური პროცესები) განვითარების არის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მასშტაბები ერთი რიგისაა ისინი უნდა აღიწერონ ატმოსფეროში ა.კიბელის მიერ მიღებული ჰიდროთერმოდინამიკის არაწრფივი არასტატიკური გამტოლებათა სისტემის საშუალებით (1) [6,7] :

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= \frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial y} - \frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial v'}{\partial y} - I_z U + I_z \tilde{u} + \mu \Delta v + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho v \frac{\partial v}{\partial z}, \\ \frac{dw}{dt} &= \frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} - \frac{\bar{P}}{\rho} \frac{\partial w'}{\partial z} + \lambda + I_y u' + I_y U + I_y W - I_z v' - I_z V + \mu \Delta w + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho w \frac{\partial w}{\partial z}, \\ \frac{\partial \theta'}{\partial t} + \text{div}(v \rho) + S w (1 - S) W &= \mu \Delta \theta + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho v \frac{\partial \theta'}{\partial z} + \frac{L}{C_p} \phi_{con} - \frac{\partial \theta}{\partial t}, \\ \frac{\partial q'}{\partial t} + \text{div}(q v \rho) &= \mu \Delta q + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho v \frac{\partial q'}{\partial z} - \phi_{con} - \frac{\partial Q}{\partial t}, \\ \frac{\partial m'}{\partial t} + \text{div}(m v \rho) &= \mu \Delta m + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \rho v \frac{\partial m}{\partial z} + \phi_{con} - \frac{\partial M}{\partial t} - \frac{\partial N}{\partial t}, \\ \frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} &= 0, \quad \psi = \psi' + \Psi, \quad \text{where } \psi = (u, v, w, \theta, q, m) \end{aligned}$$

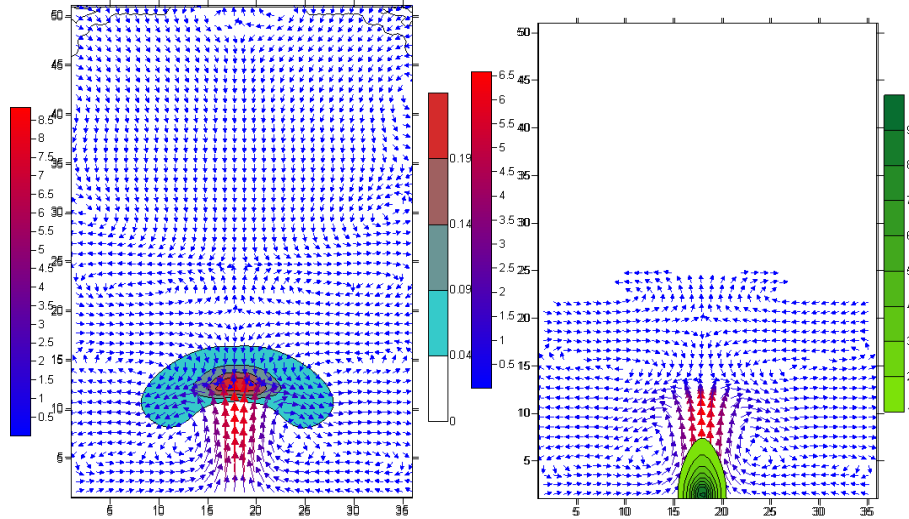
სადაც  $\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$ ,  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ ;  $t$  დროა;  $x, y$  და  $z$  აღმოსავლეთით,

ჩრდილოეთით და ვერტიკალურად ზევით მიმართული დეკარტეს კოორდინატა ღერძებია, შესაბამისად;  $u, v$  და  $w$  ქარის სიჩქარის მდგენელებია  $x, y$  და  $z$  ღერძების გასწვრივ;  $\theta = T' / \bar{T}$  და  $\phi = P' / \bar{P}(z)$  ტემპერატურისა და წნევის ანალოგებია;  $\bar{T} = 300K$ ;  $T', P'$  ტემპერატურის და წნევის გადახრებია მათი სტანდარტული ვერტიკალური განაწილებებიდან  $T(z) = \bar{T} - \gamma z$  და  $\bar{P}(z)$ , შესაბამისად;  $\gamma$  - ტემპერატურის სტანდარტული ვერტიკალური გრადიენტია;  $\theta$  და  $\theta'$  ტემპერატურის ანალოგის ლოკალური და ფონური შემადგენელი ნაწილებია;  $\theta' = \theta - \theta$ ;  $q$  და  $Q$  წყლის ორთქლის მასური ნაწილი და ფონური მასური ნაწილებია;  $q' = q - Q$ ;  $m$  და  $M$  ღრუბლის წყლის მასური ნაწილი და ფონური მასური ნაწილებია;  $m' = m - M$ ;  $\rho(z)$  მშრალი ჰაერის სიმკვრივის სტანდარტული ვერტიკალური განაწილება;  $S$  თერმული მდგრადობის პარამეტრია;  $L$  კონდენსაციის ფარული სითბოა;  $\phi_{con}$  კონდენსაციის სიჩქარეა;  $\mu$  და  $\nu$  ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტია;  $\partial N / \partial t$  - ნალექების მოსვლის ინტენსივობა.

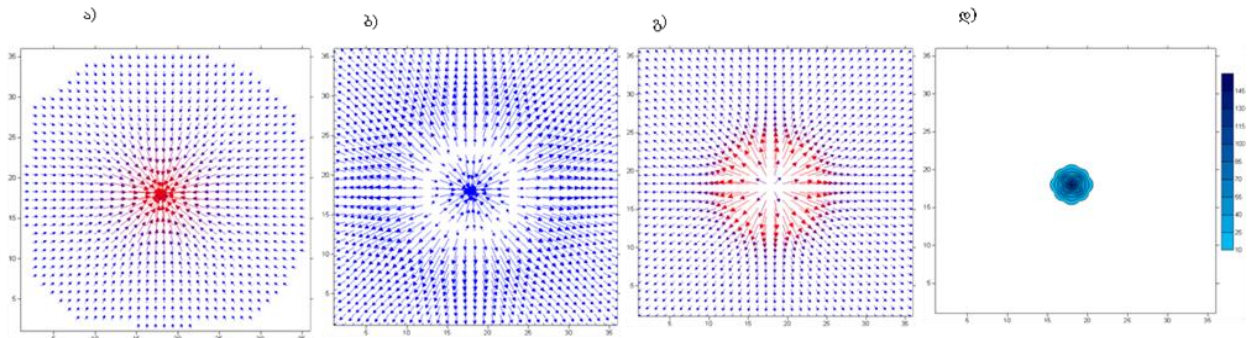
რიცხვითი მოდელის დამუშავების სტადიაში, როგორც საწყისი ეტაპი, შერჩეული საწყისი და სასაზღვრო პირობები შეესაბამებინათ თავისუფალი კონვექციის განვითარებას ფონური შტილური მეტეოროლოგიური სიტუაციის შემთხვევაში. კონვექციურ პროცესს იწვევს 2კმ X 2კმ ფართობის ნიადაგის ზედაპირის ლოკალური გათბობა 10 °C ტემპერატურამდე. რიცხვით მოდელში გამოყენებული პარამეტრებისათვის აღებულია ცნობილი სტანდარტული მნიშვნელობები. რიცხვითი ინტეგრირებისათვის გამოყენებულია ცხადი და არაცხადი რიცხვითი სქემები და კოორდინატებისა და სიბრტყეების მიხედვით გახლეჩის მეთოდი [8]. ჰორიზონტალური და ვერტიკალური რიცხვითი ბიჯები ტოლია 200 მ-ის, დროითი ბიჯი-5 წმ-ის.

### 3. მიღებული შედეგები

საცდელი ტესტური გამოთვლების შედეგები ილუსტრირებულია ნახ. 2-3. ნახ. 2-დან ჩანს, რომ ნიადაგის გათბობა იწვევს მშრალი კონვექციური ცირკულაციური სისტემის წარმოშობას, რომელიც კონვექციური პროცესის დაწყებიდან 5 საათისათვის წარმოშობს დაახლოებით 1 კმ სისქის და 2კმ რადიუსის მქონე ღრუბელს. აღსანიშნავია, აგრეთვე ქარის ვერტიკალური ცირკულაციური სისტემების წარმოქმნა. ქარის სიჩქარის ვერტიკალური განაწილება თვისობრივად ემთხვევა ცნობილ ფაქტს, რომ კონვექციური პროცესის განვითარებისას ნიადაგის ქვედა ფენებში ადგილი აქვს სიჩქარის კოვერგენციას, რომელიც იცვლება სიჩქარის დივერგენციით კონვექციური უჯრედის თავზე (ნახ.3.). მიღებულია ასევე ნალექები კონვექციური პროცესის ცენტრალურ ნაწილში.



ნახაზი 2. ქარის სიჩქარის ვექტორის, ტემპერატურის (გრად C, მწვანე) და წყლიანობის (გ/კგ, ლურჯი) განაწილება XOმ სიბრტყეში, როცა ა) t = 1 სთ და ბ) t = 5 სთ.



ნახაზი 3. ქარის სიჩქარის განაწილება ჰორიზონტალურ XOY სიბრტყეში Z= 400 მ -- ა), 800 მ -- ბ), 1200მ -- ც) და ნალექები როცა t = 5 სთ -- დ).

#### 4 დასკვნა

მოცემულია საქართველოს ერთ-ერთ ძირითად სასოფლო სამეურნეო დანიშნულების რეგიონისათვის ლოკალური ატმოსფერული პროცესების განვითარების სამგანზომილები არასტატიკური არაწრფივი რიცხვითი მოდელი და ნაჩვენებია პირველადი ტესტური გამოთვლების შედეგები. შედეგები აჩვენებენ, რომ რიცხვითი ინტერგრირების ალგორითმი შერჩეულია სწორად და მისი გამოყენებით შეიძლება დამუშავდეს დასახული ამოცანა.

#### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. A.A.Kordzadze, A.A.Surmava, D.I.Demetrashvili, and V.G.Kukhalashvili - Numerical investigation of the influence of the Caucasus relief on the distribution of hydrometeorological fields, Izvestia, Atmospheric and Oceanic Physics, Vol. 43, No. 6, 2007, pp. 783-791.
2. Kordzadze A., Surmava A. - The numerical investigation of a meteorological fields distribution in the Caucasian region in the presence of the background western wind. II. The wind and the vertical velocity fields. Georgian Geophys. Soc., v.7b, 2002,pp. 35-47.
3. Jandieri G., Surmava A., Gvelesiani A. - On the Wind and Turbulence in the Lower Atmosphere above Complex Terrain. Int. Journal of Geosciences. 2011, 2, pp.13-28.
4. Surmava A.A. - On the Caucasus terrain influence on the spatial and temporary evolution of the vortexes and displacementof the pollution clouds in the atmosphere. - Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue (B). Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. 2010, v. 14.
5. Surmava A. A. - Numerical Modeling of the  $\alpha$ - and  $\beta$ -Mesoscales Vortexes and Waves Generated by Influence of the Complex Terrain of the Caucasus and Georgia. - Proceedings of International Conference „Environment and Global Warming”. Collected Papers, New series, No. 3(82), 2011. pp. 432-437.
6. Гутман Л. Н. - Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов в атмосфере. - Л.: Гидрометеоиздат. 1969. 296 с.

7. Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. - Численные методы прогноза погоды. - Ленинград: Гидрометеиздат. 1989. 376 с.
8. Марчук Г.И. - Численное решение задач динамики атмосферы и океана. - Л.: Гидрометеиздат. 1974, 302 с.

შპპ 551.51; 556.12

კახეთის რეგიონში აქტიური ზემოქმედების რაიონებში მეზომასშტაბის ატმოსფერული პროცესების გამოკვლევის და გარემოს კომპონენტებში მძიმე ლითონების ფონური კონცენტრაციების განსაზღვრის ამოცანა /ა.სურმავა, ლ.ინცკირველი, ნ.ბუაჩიძე, ლ.შავლიაშვილი, გ.კუჭავა, მ.ტაბატაძე/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული – 2014. ტ.120.-გვ.78-81. ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის არაწრფივი არასტაციონალური განტოლებების გამოყენებით დასმულია კახეთის ტერიტორიაზე საშიში მეტეოროლოგიური პროცესების განვითარების და მძიმე მეტალების გავრცელების არაკვაზისტატიკური ამოცანა. პირველ მიახლოებაში რიცხობრივად მოდელირებულია კონვექციის სამგანზომილებიანი ამოცანა. მიღებულია შედეგები, რომლებიც თვისებრივად სწორად აღწერენ კონვექციის პროცესს.

UDC 551.51; 556.12

**Task of development of the mesoscale atmospheric process in the area of the active influence on clouds and a determination of the background concentration of heavy metals in Kakheti /A.Surmava, L.Intskirveli, N.Buachidze. I.Shavliashvili, G.Kuchava, M.Tabatadze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2014. -vol. 120. –pp.78-81.- Georg., Summ. Georg., Eng., Russ.**

The task of development of the hazard meteorological processes and distribution of the background concentration of the heavy metals the environment of Kakheti by the nonlinear, non- stationary equations of the hydro- thermodynamics of the atmosphere in the non-static approach is considered. The 3D task of the convection is modeled in the first approximation. It is shown the obtained result qualitatively well describes the real process of convection.

УДК 551.51; 556.12

**Исследование мезомасштабных атмосферных процессов в регионе активного воздействия Кахетии и решение задач определения фоновых концентрации тяжелых металлов в компонентах окружающей среды. /А.Сурмава, Л.Инцкирвели, Н.Буачидзе, Л.Шавлиашвили, Г.Кучава, М.Табатадзе/. Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2014, т.120. с.78-81. Груз. Рез. Груз., Англ., Рус.**

С помощью набора нелинейных, нестационарных уравнений гидротермодинамики атмосферы поставлена задача развития опасных метеорологических процессов на территории Кахетии и неквазистатическая задача распространения тяжелых металлов. В первом приближении численно моделировано трехмерная задача конвекции. Полученные результаты качественно правильно описывают процесс конвекции.